



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE *ULLUCUS TUBEROSUS*
(CALDAS 1809) Y *COLOCASIA ESCULENTA* ((L) SCHOTT 1832),
COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE
MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS: VERÓNICA LIZBETH SAMPEDRO BALSECA Y
MARLISS CAROLINA VELASTEGUI HERRERA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA Ph.D.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Verónica Lizbeth Sampedro Balseca & Marliss Carolina Velastegui Herrera

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

Nosotras, VERÓNICA LIZBETH SAMPEDRO BALSECA y MARLISS CAROLINA VELASTEGUI HERRERA, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de mayo de 2022



Verónica Lizbeth Sampedro Balseca

060459324-4

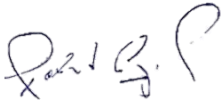




Marliss Carolina Velastegui Herrera

0603965831

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE ULLUCUS TUBEROSUS (CALDAS 1809) Y COLACASIA ESCULENTA ((L) SCHOTT 1832), COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE**, realizado por las señoritas: **VERÓNICA LIZBETH SAMPEDRO BALSECA Y MARLISS CAROLINA VELASTEGUI HERRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Robert Alcides Cazar Ramirez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-05-20
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-05-20
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-05-20

DEDICATORIA

El trabajo de integración curricular se lo dedico a mis padres Wilson Fernando y María Guadalupe, a mi familia y mis maestros que han formado parte del transcurso de mi carrera universitaria, que me han brindado conocimientos y valores para formarme en el ámbito profesional y humanístico.

Verónica

A mis maestros que formaron parte de mi vida estudiantil, que aportaron con sus conocimientos y dedicación a que pueda culminar esta etapa de mi vida. A mi familia, amigos y compañeros que siempre creyeron en mí y tuvieron una palabra de aliento cada vez que lo necesité y en especial a mi madre Dayse Marisol por su amor incondicional y fortaleza, nada de esto sería posible sin ella.

Carolina

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Ciencias por abrirnos sus puertas y brindarnos una educación de calidad. Finalmente, y por sobre todas las cosas agradecemos a nuestros padres por permitirnos cumplir una meta más en nuestra vida y por apoyarnos en todo momento.

Verónica & Carolina

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del Problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Antecedentes.....	3
1.5. Bases Teóricas.....	5
1.5.1. <i>Productos Agrícolas</i>.....	5
1.5.1.1. <i>Caracterización de Melloco y Malanga</i>.....	5
1.5.2. <i>Residuos Sólidos</i>.....	7
1.5.2.1. <i>Residuos Sólidos en Ecuador</i>.....	7
1.5.2.2. <i>Valorización de Residuos Agrícolas</i>.....	10
1.5.2.3. <i>Valorización de Residuos Agrícolas en el Ecuador</i>.....	12
1.5.3. <i>Plásticos</i>.....	13
1.5.3.1. <i>Producción de Material Plástico Biodegradable</i>.....	13
1.5.3.2. <i>Tiempo de degradación del Material Plástico Biodegradable</i>.....	14
1.5.3.3. <i>Producción de Material Plástico Biodegradable en el Ecuador</i>.....	16
1.5.3.4. <i>Elaboración de material plástico biodegradable a partir de residuos agrícolas</i>.....	18
1.5.3.5. <i>Principales métodos de extracción de Almidón</i>.....	22
1.5.3.6. <i>Extracción de almidón a partir de tubérculos en el Ecuador</i>.....	23
1.5.3.7. <i>Elaboración de bioplástico a partir de residuos agrícolas en el Ecuador</i>.....	27
1.5.3.8. <i>Combinación de aditivos y uso de óxido de grafeno para mejorar propiedades</i>.....	28
1.5.3.9. <i>Fundamentos para la Caracterización del Material Plástico Biodegradable</i>.....	29
2.1. Bases Conceptuales.....	29

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	32
2.1.	Tipo de Investigación	32
2.2.	Diseño del Estudio	33
2.3.	Población de Estudio	33
2.4.	Tamaño de Muestra	33
2.5.	Selección de la Muestra	33
2.6.	Localización del Estudio	33
2.7.	Etapas de la Investigación Experimental	34
2.7.1.	<i>Caracterización de la materia prima</i>	35
2.7.2.	<i>Extracción de almidón</i>	36
2.7.2.1.	<i>Diseño Factorial 2k para la Extracción de Almidón</i>	37
2.7.3.	<i>Caracterización de almidón</i>	37
2.7.4.	<i>Síntesis de Óxido de Grafeno</i>	41
2.7.4.1.	<i>Espectrofotometría Infrarroja</i>	42
2.7.5.	<i>Obtención del material plástico biodegradable</i>	42
2.7.6.	<i>Caracterización de las propiedades físico-mecánicas</i>	43
2.7.6.1.	<i>Diseño completamente al azar (DCA)</i>	46
2.7.7.	<i>Biodegradabilidad</i>	46

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1.	Datos Experimentales	47
3.1.1.	<i>Datos Caracterización materia prima</i>	47
3.1.2.	<i>Datos Extracción de almidón diseño factorial 2k</i>	48
3.1.3.	<i>Datos Caracterización de almidón</i>	48
3.1.4.	<i>Datos para la obtención del material plástico biodegradable</i>	50
3.1.5.	<i>Datos de la caracterización de las propiedades físico-mecánicas</i>	51
3.2.	Cálculos	55
3.2.1.	<i>Cálculos para la caracterización de materia prima</i>	55
3.2.1.1.	<i>Humedad</i>	55
3.2.1.2.	<i>Ceniza</i>	55
3.2.2.	<i>Cálculos para la caracterización de almidón</i>	56
3.2.2.1.	<i>Determinación de color</i>	56

3.2.2.2.	<i>Solubilidad</i>	56
3.2.2.3.	<i>pH</i>	57
3.2.2.4.	<i>Viscosidad</i>	57
3.2.2.5.	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	58
3.2.2.6.	<i>Fibra</i>	58
3.2.2.7.	<i>Amilopectina</i>	58
3.2.3.	<i>Cálculos de las propiedades físico-mecánicas del Bioplástico</i>	59
3.2.3.1.	<i>Solubilidad</i>	59
3.2.3.2.	<i>Permeabilidad</i>	59
3.3.	Resultados	60
3.3.1.	<i>Resultados de la caracterización del residuo de la materia prima</i>	60
3.3.2.	<i>Resultados de la extracción del almidón del melloco y la malanga</i>	62
3.3.3.	<i>Resultados de la caracterización del almidón del melloco y la malanga</i>	64
3.3.4.	<i>Resultados de las propiedades físico-mecánicas</i>	65
3.3.4.1.	<i>Resultados diseño completamente al azar</i>	66
3.3.5.	<i>Resultados de biodegradabilidad</i>	71
	CONCLUSIONES	72
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación Sistemática de <i>Colocassia esculenta</i>	5
Tabla 2-1: Clasificación sistemática del melloco (<i>Ullucus tuberosus</i>).....	6
Tabla 3-1: Lista de polímeros de base biológica comunes y descripción general de su producción.	13
Tabla 4-1: Tabla de materia prima, microorganismos y fuente de ácido láctico	20
Tabla 5-1: Características del almidón de algunos productos.....	23
Tabla 6-2: Caracterización de la materia prima	35
Tabla 7-2: Caracterización del almidón	38
Tabla 8-2: Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable.....	44
Tabla 9-2: Prueba de ANOVA (DCA).....	46
Tabla 10-3: Caracterización residuo de melloco y malanga	47
Tabla 11-3: Características de la materia prima.....	47
Tabla 12-3: Pruebas humedad-ceniza	48
Tabla 13-3: Datos de extracción de alimón factorial 2k	48
Tabla 14-3: Solubilidad melloco.....	49
Tabla 15-3: Solubilidad malanga	49
Tabla 16-3: Fibra melloco.....	49
Tabla 17-3: Fibra malanga	49
Tabla 18-3: pH melloco	49
Tabla 19-3: pH malanga.....	49
Tabla 20-3: Viscosidad melloco	50
Tabla 21-3: Viscosidad malanga.....	50
Tabla 22-3: Temperatura de gelatinización melloco.....	50
Tabla 23-3: Temperatura de gelatinización malanga.....	50
Tabla 24-3: Datos para obtener el material plástico biodegradable melloco	50
Tabla 25-3: Datos para obtener el material plástico biodegradable malanga	51
Tabla 26-3: Espesor, longitud y ancho (melloco)	51
Tabla 27-3: Espesor, longitud y ancho (malanga)	51
Tabla 28-3: Humedad melloco.....	52
Tabla 29-3: Humedad malanga	52
Tabla 30-3: Solubilidad melloco.....	52
Tabla 31-3: Solubilidad malanga	52

Tabla 32-3: Permeabilidad melloco	53
Tabla 33-3: Permeabilidad malanga	53
Tabla 34-3: Pruebas mecánicas melloco	54
Tabla 35-3: Pruebas mecánicas malanga	54
Tabla 36-3: Humedad y ceniza (melloco).....	61
Tabla 37-3: Humedad y ceniza (malanga)	61
Tabla 38-3: Resultados de extracción del almidón del melloco y malanga	62
Tabla 39-3: Resultados caracterización de almidón de melloco y malanga	64
Tabla 40-3: Resultados de las propiedades físico-mecánicas del plástico biodegradable melloco	65
Tabla 41-3: Resultados de las propiedades físico-mecánicas del plástico biodegradable malanga	66
Tabla 42-3: Carga máxima (melloco)	66
Tabla 43-3: Desplazamiento máximo (melloco).....	67
Tabla 44-3: Esfuerzo máximo (melloco)	67
Tabla 45-3: Deformación (melloco)	68
Tabla 46-3: Rotura máxima (melloco).....	68
Tabla 47-3: Carga máxima (malanga)	68
Tabla 48-3: Desplazamiento máximo (malanga)	69
Tabla 49-3: Esfuerzo máximo (malanga).....	69
Tabla 50-3: Deformación (malanga).....	70
Tabla 51-3: Rotura de carga (malanga).....	70
Tabla 52-3: Resultados de biodegradabilidad (melloco)	71
Tabla 53-3: Resultados de biodegradabilidad (malanga).....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Polímero plástico biodegradable.....	4
Figura 2-1: Ubicación <i>Colocassia esculenta</i>	5
Figura 3-1: Melloco (<i>Ullucus tuberosus</i>).....	7
Figura 4-1: Producción de residuos sólidos per cápita vs. densidad poblacional.	8
Figura 5-1: Plásticos que se arrojan en Ecuador	9
Figura 6-1: Provincias que más arrojan plásticos de un solo uso	9
Figura 7-1: Tipo de disposición final de los RSU en Ecuador.....	10
Figura 8-1: Modelo de economía circular	10
Figura 9-1: Biodegradación de polímeros, aerobia vs anaerobia	15
Figura 10-1: Formas de la lactida, componente de los bioplásticos	19
Figura 11-1: Estructura quitina y quitosano	20
Figura 12-1: Estructura del almidón	21
Figura 13-2: Representación gráfica del diseño factorial 2k	37
Figura 14-2: Síntesis de óxido de grafeno	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Métodos de valoración económica	11
Gráfico 2-1: Diagrama de la clasificación del valor económico total.....	11
Gráfico 3-1: Biodegradabilidad del maíz.....	16
Gráfico 4-1: Biodegradabilidad de la Quínuia	17
Gráfico 5-1: Diagrama para el aislamiento del almidón por vía alcalina.....	17
Gráfico 6-1: Principales productos utilizados en la extracción de almidón.....	22
Gráfico 7-1: Aislamiento y purificación del almidón de papa.....	23
Gráfico 8-1: Aislamiento y purificación del almidón de yuca.....	25
Gráfico 9-1: Diagrama de aislamiento del almidón de melloco.....	26
Gráfico 10-1: Diagrama de la extracción del almidón de la malanga.....	27
Gráfico 11-2: Etapas de la investigación experimental.....	34
Gráfico 12-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón.....	36
Gráfico 13-2: Diagrama de procedimiento obtención de bioplástico.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE MELLOCO (*Ullucus tuberosus*) Y MALANGA (*Colacasia esculenta*)
- ANEXO B:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MELLOCO (*Ullucus tuberosus*) Y MALANGA (*Colacasia esculenta*)
- ANEXO C:** ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO
- ANEXO D:** ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MALANGA
- ANEXO E:** EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE MELLOCO Y MALANGA
- ANEXO F:** SÍNTESIS ÓXIDO DE GRAFENO
- ANEXO G:** ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO Y MALANGA
- ANEXO H:** PRUEBAS MECÁNICAS DEL MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO Y MALANGA

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la valorización de residuos de melloco (*Ullucus tuberosus*) y malanga (*Colacasia esculenta*) para la elaboración de material plástico biodegradable. Mediante el diseño 2k se obtuvo el mejor tratamiento en la extracción de almidón, posteriormente se realizó una caracterización del almidón obtenido determinando su solubilidad, pH, viscosidad, temperatura de gelatinización, fibra, amilosa, amilopectina, hongos, levaduras y mohos y coliformes totales. Para la elaboración del material plástico se agregó aditivos como agua, glicerina, almidón y óxido de grafeno en donde se planteó 6 tratamientos en los cuales se fue dosificando progresivamente el óxido de grafeno de 0.5 a 3 mL, después se sometió a pruebas físico- mecánicas a las láminas de plástico obtenidas en donde se aplicó el diseño completamente al azar para determinar el punto de ajuste de óxido de grafeno a la que el plástico presenta mejores resultados en cada prueba de tracción según lo establecido en la norma INEN 2635 (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Con respecto a la biodegradabilidad se utilizó el programa IMAGEJ. Como resultado se determinó un rendimiento de almidón de 3.55% en melloco y 9.16% en malanga, en cuanto a su caracterización se cumplió con los parámetros establecidos; con respecto a las pruebas físico-mecánicas del bioplástico se obtuvo como mejor tratamiento el T4 (tratamiento 4) y para biodegradabilidad un resultado promedio en agua de 89.34% para melloco y 89.47% para malanga por un periodo de 30 días. Se concluyó que el bioplástico presenta grandes ventajas debido a su tiempo de degradabilidad con respecto al plástico sintético, además que la cantidad de óxido de grafeno agregado está directamente relacionada con la calidad del material plástico biodegradable. Finalmente, se recomienda aprovechar los residuos generados durante la extracción de almidón como compost.

Palabras clave: <BIOPLÁSTICO>, <ÓXIDO DE GRAFENO>, <ALMIDÓN>, <MELLOCO>, <*Ullucus tuberosus*>, <MALANGA>, <*Colacasia esculenta*>, <VALORIZACIÓN DE RESIDUOS>.



0858-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The aim of this research was to estimate ulluco (*Ullucus tuberosus*) and malanga (*Colocasia esculenta*) residues for the production of biodegradable plastic material. By means of the 2k design, the best starch extraction treatment was obtained, then it was necessary to carry out the characterization of the starch by determining its solubility, pH, viscosity, gelatinization temperature, fiber, amylose, amylopectin, fungi, yeasts, molds and total coliforms. For the plastic material processing, additives such as water, glycerin, starch and graphene oxide were added for 6 proposed treatments in which the graphene oxide was progressively dosed from 0.5 to 3 mL; then the plastic sheets obtained were tested in a physical and mechanical way with the use of a completely randomized design in order to determine the graphene oxide adjustment point at which the plastic presents better results in each traction test according to INEN 2635 (Ecuadorian Standardization Service). Regarding biodegradability, IMAGEJ program was used. As a result, a starch yield of 3.55% for ulluco and 9.16% for malanga was determined; as for its characterization, all the established parameters were achieved. Regarding physical and mechanical tests of bioplastic, T4 (treatment 4) was defined as the best treatment. For biodegradability, an average result of 89.34% for ulluco and 89.47% for malanga was obtained in water during a 30-day period. It was concluded that the bioplastic presents great advantages due to its degradability time compared with synthetic plastic. In addition, the amount of graphene oxide added is directly related to the quality of the biodegradable plastic material. Finally, it is recommended to use the residues generated during the starch extraction as compost.

Keywords: <BIOPLASTIC>, <GRAPHENE OXIDE>, <STARCH>, <ULLUCU>, <*Ullucus tuberosus*>, <MALANGA>, <*Colocasia esculenta*>, <WASTE EVALUATION>.



Formado electrónicamente por:
**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de la producción de plástico en el mundo no ha mermado desde el siglo XX, específicamente en la década de los 50, donde se observa un incremento abismal hasta la actualidad, esto debido a sus múltiples usos y accesibilidad.

Los plásticos provenientes de hidrocarburos los cuales son recursos no renovables tienden a acumularse en el ambiente causando graves daños en los ecosistemas a causa de su tiempo prolongado de degradación.

Debido a esto en la actualidad se han propuesto diferentes medidas para reducir el impacto que conlleva el desmesurado uso del plástico, una de ellas es la elaboración de plástico biodegradable el cual tiene un tiempo de degradación significativamente menor y se deriva de recursos renovables, además su producción es más limpia que la de los plásticos convencionales. Existe gran variedad de recursos renovables que pueden ser usados en la elaboración de este producto, en la presente investigación se utilizó almidón proveniente de residuos agrícolas.

En la búsqueda de optimizar la producción de plástico biodegradable, se ha encontrado ciertos compuestos como el Óxido de Grafeno, el cual pretende mejorar las propiedades del material, volviéndolo más competitivo dentro del mercado, por esta razón se optó por añadir el compuesto en la elaboración del producto.

La valorización de residuos agrícolas tiene la capacidad de reutilizar, reducir y brindar nuevos usos a productos descartados, convirtiéndolos de residuos vegetales a materia prima para la elaboración de nuevos productos (Aguilar Vera et al. 2019, p. 697).

En el Ecuador la agricultura es una de las principales fuentes económicas gracias a la alta productividad de sus tierras, por lo cual se plantea aprovechar los residuos generados en esta actividad, específicamente en el cultivo de los tubérculos de melloco y malanga. Así, a través de esta investigación se pretende otorgar un valor agregado a estos residuos, que beneficie tanto al agricultor como al ambiente.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

El excesivo consumo de plástico, su extenso tiempo de degradación en el ambiente y el desperdicio de residuos agrícolas son factores de gran importancia para implementar nuevas ideas en beneficio de la comunidad, por tal motivo, Leo Heileman, representante regional de PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), señala durante una entrevista que a nivel gobierno se tiene que dar la dirección, orientación y políticas, a nivel de industria se tiene que trabajar en términos de reciclaje y a nivel de productos en cambio se debe trabajar en su rediseño para reducir el impacto ambiental (PNUMA 2020).

El Ecuador es un país en vías de desarrollo, donde, según (Noboa y Quishpe 2019) aún queda mucho por hacer en cuanto a la gestión de residuos, por esta razón los plásticos se acumulan en el ambiente, tardando entre 100 y 1000 años en descomponerse.

Al tratarse de un país con alta producción agrícola, se generan varios residuos durante el proceso, los cuales no son aprovechados correctamente, ya sea por desconocimiento o falta de recursos económicos.

En este sentido, es necesario encontrar un material que sustituya al plástico convencional, tarde menor tiempo en descomponerse en el ambiente y además aprovechar a su vez los residuos generados en el sector agrícola, específicamente del melloco y la malanga, como se lo ha realizado en la presente investigación.

1.2. Justificación

La presente investigación pretende beneficiar tanto al ambiente, al agricultor y a la sociedad, pues a través de la elaboración de material plástico biodegradable se reducirá significativamente el tiempo de degradación en el ambiente, además que su producción es más limpia que la del plástico convencional, minimizando el impacto ambiental.

Por otro parte, al ser un material proveniente de residuos agrícolas se brinda la oportunidad al agricultor de aprovechar los residuos que genera durante su actividad económica, pudiendo generar un recurso extra, ya sea produciendo el material plástico biodegradable de manera autónoma o vendiendo sus residuos a terceros. Conjuntamente se impulsa al agricultor a cultivar más producto.

Finalmente se podrá contribuir a la sociedad, ya que actualmente se necesitan ideas innovadoras que beneficien al país tanto en el ámbito ambiental como económico, de acuerdo con Brito (2020, p.2), el Ecuador está atravesando una gran crisis económica, esto debido a que su principal fuente de ingresos hasta la fecha es el petróleo que bajó de precio a nivel mundial, por otra parte los endeudamientos con organismos internacionales y la pandemia actual, por tal motivo es necesario crear fuentes de trabajo mediante la ejecución de proyectos de emprendimiento como lo es la elaboración de material plástico biodegradable a partir de residuos agrícolas.

Asimismo, se pretende incentivar la investigación acerca del aprovechamiento de residuos, de esta forma seguir perfeccionando la elaboración de bioplásticos y optimizando sus propiedades. La presente investigación combina la solución, a través de la ciencia e ingeniería, a varias problemáticas actuales no solo en el Ecuador, sino también a nivel mundial.

1.3. Objetivos

General

Valorizar los residuos de melloco y malanga, como materia prima para la elaboración de material plástico biodegradable.

Específicos

- Determinar la incidencia que tiene la velocidad y tiempo de licuado en la extracción de almidón del residuo de melloco y malanga.
- Validar las características físico-mecánicas de las láminas de plástico biodegradable, estableciendo el punto de ajuste del óxido de grafeno
- Identificar el tiempo de biodegradabilidad de las láminas de plástico en el ambiente.

1.4. Antecedentes

La contaminación por plástico en ecosistemas marítimos y terrestres es un problema global existe amplia evidencia que los plásticos causan problemas a los seres que habitan este nicho, así como también evidencia del daño provocado en el plano terrestre (Cole et al., 2011, p.4). Los esfuerzos para reducir la subsecuente contaminación por plástico han sido abordados por décadas, para una instancia la Unión Europea tomó la iniciativa en 1975 de establecer directivas enfocadas al trabajo de los desechos, donde fue establecidas jerarquías sobre el manejo, y prácticas desde el más favorable al menos favorable: prevención, reusar, reciclar, recuperar y desechar (Unión Europea: Consejo Directivo, 1975, p. 14). Algunos gobiernos poseen políticas estrictas sobre la prevención de la

contaminación por plástico, prohibiendo ciertos objetos que contienen microplásticos en su estructura (Washington DC: Congress of the United States of América, 2015, p. 1).

Los bioplásticos son plásticos que pueden ser degradados por acción microbiana a CO_2 , CH_4 y biomasa microbiana, los microorganismos utilizan el sustrato de carbón de los polímeros que componen el plástico este es transformado y asimilado en forma de energía, este proceso puede ocurrir por un proceso aeróbico o anaeróbico, el rango de biodegradación puede ser cuantificado por la cantidad de CO_2 liberado que es medido mediante pruebas de laboratorio. (ASTM International, 2021 pág. 1), (ISO, 2005 pág. 1). En la figura 1-1 se puede observar la estructura común de un bioplástico.

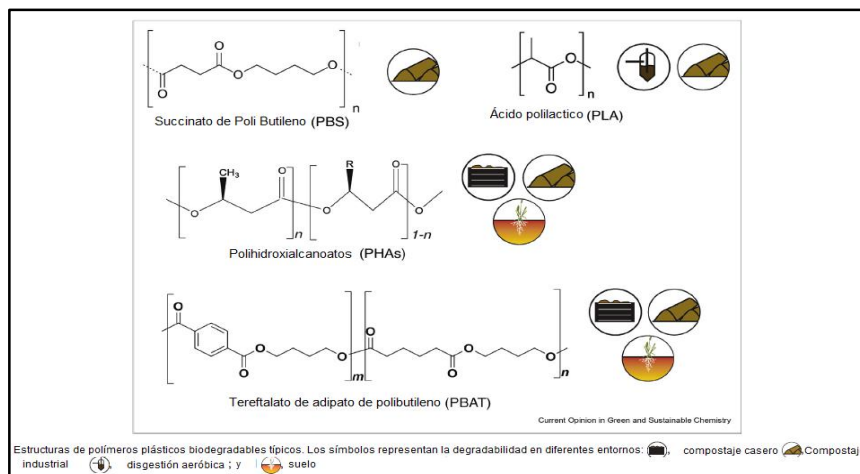


Figura 1-1: Polímero plástico biodegradable

Fuente: (bio-based, 2020).

En Ecuador existe el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos, en su último boletín realizado en 2020 se genera diariamente 14000 toneladas de desechos, al año más de 5 millones de toneladas, de esta cantidad 56.2% corresponde a residuos orgánicos y 43.8% a inorgánicos. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020).

Asignar un valor económico a los bienes y servicios que son resultados de una actividad productiva, y que no tenga relación con precios de mercado, es el objetivo de una valoración económica como fue expuesto por Barbier y sus colaboradores en 1997 (Barbier, et al, 1997, p. 6). Dar un valor económico provee de insumos y herramientas necesarias para la toma de decisiones como lo explica Tomasini en el año 2001 ya que al tener bases técnicas permiten la formulación de políticas facultativas en las que aparecen nuevas consideraciones tales como percepción del público sobre el valor tangible de bienes y servicio, es necesario tener una evaluación integral de las diversas oportunidades que existen en el medio natural, socioeconómico, para uso inmediato o futuro en distintos niveles de uso ya sea directo o indirecto, para así tener un valor estimado (Tomasini et al., 2019, p. 3).

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Productos agrícolas

1.5.1.1. Caracterización de melloco y malanga

Clasificación sistemática de la malanga (*Colocasia esculenta*)

La malanga, *Colocasia esculenta*, que también es conocida como, taro u oreja de elefante, es una planta perenne tuberosa, sin tallo, tierna para heladas de la familia de los *áceae* que típicamente crece de 3 a 6 pies de alto y del mismo ancho. Para los jardineros, se cultiva principalmente como una planta de follaje con hojas peltadas enormes, en forma de corazón o en forma de punta de flecha, con venas visibles, que apuntan hacia abajo (hasta 2' de largo) en tallos largos, fuertes y suculentos. Como sugiere el nombre común, cada hoja supuestamente se parece a la oreja de un elefante. El tipo típico de aroide con espatas y espádices de color blanco amarillento se produce con poca frecuencia y generalmente se oculta por el follaje cuando ocurren (Lovera, et al., 2017, p.1).

Tabla 1-1: Clasificación Sistemática de *Colocassia esculenta*

Reino:	<i>Plantae</i>
Clase:	<i>Angiosperma</i>
Familia:	<i>Aáceae</i>
Género:	<i>Colocasia</i>
Especie:	<i>Esculenta Schott</i>
Nombre Científico:	<i>Colocasia esculenta</i>

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.



Figura 2-1: Ubicación *Colocassia esculenta*

Fuente: Trópicos.org, 20227.

Producción de malanga a nivel nacional

Cultivado en: Santo Domingo de los Tsáchilas, Puyo, Morona Santiago. Este producto tiene gran acogida en los mercados internacionales ya que se emplea el cultivo orgánico, una buena parte de los productores destinan su producción para que el tubérculo sea exportado, sin comercializarlo dentro del país (Rentería et al., 2021, p. 2).

Esta planta crece en clima tropical, demanda de alta precipitación que oscila entre los 800 a 2500mm, a temperatura de 25 y 35°C en promedio, se la puede cultivar en suelos arcillosos con alta humedad como los que se encuentran en las provincias anteriormente mencionadas. (Zuñiga V., 2019, p. 22). En Ecuador el cultivo de malanga o papa china está presente como forma de ingresos de los agricultores de pocos y medianos recursos en la que existe una oportunidad para formar gremios que distribuyan el tubérculo a empresas y que estas pueden darle el valor agregado que es apetecido en el país y mercados internacionales además de la oportunidad de emprendedores, sugiere Vanessa Zuñiga en 2019 (Zuñiga V., 2019, p. 22).

Clasificación sistemática del melloco (*Ullucus tuberosus*)

El melloco (*Ullucus tuberosus*) es una planta que se cultiva como hortaliza de raíz y hoja normalmente a 2800 m sobre el nivel del mar. Es la única especie del género monotípico *Ullucus* perteneciente a la familia *Basellaceae*. El ulluco es uno de los tubérculos más ampliamente cultivados y económicamente importantes en la región andina de América del Sur, solo superado por la papa. También se le conoce con el nombre común de papa lisa o lisa, pero también con los nombres regionales melloco (Ecuador), olluco (Perú), chugua (Colombia) o ruba (Venezuela), entre otros. En cuanto a la morfología, la forma del ulluco varió entre oblonga y esférica, y crece sólo unos centímetros de largo (normalmente entre 2 y 15 cm) (Cejudo-Bastante et al., 2014, p. 2).

Tabla 2-1: Clasificación sistemática del melloco (*Ullucus tuberosus*)

División:	<i>Espermatofita</i>
Subdivisión:	<i>Angiosperma</i>
Clase:	<i>Dicotiledonea</i>
Orden:	<i>Cetrospermas</i>
Suborden:	<i>Portulacineas</i>
Familia:	<i>Basellaceae</i>
Género	<i>Ullucus</i>
Especie:	<i>Tuberosus</i>
Subespecie	<i>U. tuberosus aborigeus</i>

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.



Figura 3-1: Melloco (*Ullucus tuberosus*)

Fuente: (Cejudo-Bastante et al., 2014, p. 5).

Producción de melloco a nivel nacional

Es el segundo tubérculo que más se cultiva en la sierra ecuatoriana por detrás de la papa. Forma parte de la dieta de los ecuatorianos los pequeños productores son los encargados de distribuir este producto a los mercados locales, debido a que su sabor no es gustado por todos no posee una alta demanda a diferencia de la papa. *Ullucus tuberosus* en Ecuador, se lo puede cultivar entre los 2600 y 3800 m.s.n.m. la temperatura en la que crece es alrededor de 8 y 14°C, siguiendo en promedio las lluvias anuales de 600 a 1000 mm; existen otros autores que mencionan que el tubérculo crece con una precipitación de 800 y 1400 mm. En exceso o sequía la formación del mismo se ve afectada (Torres A., 2006, p. 17).

La planta que sobresale de la tierra es utilizada como alimento para ganado vacuno y constituye. El melloco posee la característica de ser resistente a las heladas, no así otras plantas de la serranía, es versátil para la adaptación de climas fríos. Esta planta andina es capaz de dar una gran cantidad de tubérculos constituye una buena fuente de alimento y de comercio en épocas de heladas o sequías y reemplaza a la papa que es débil a estas situaciones (Suquilanda M., 2017, p. 40).

1.5.2. Residuos sólidos

1.5.2.1. Residuos sólidos en Ecuador

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos de Ecuador mostraron en un informe revisados por la revista Plan V, que en el 2018 los ecuatorianos arrojaron 12.739,01 toneladas de basura diarias. De ellas, el 11,43% era plástico. Eso indica la cifra nada despreciable de 531.461 toneladas anuales de ese material que en su mayor parte son materia orgánica 100% reciclable, lo que equivale al peso de más de 350.000 vehículos medianos como una comparativa.

En 2018 la Asamblea Nacional del Ecuador, para los meses de noviembre aprobó la ley para la regulación de los plásticos de un solo uso.

Producción per cápita en residuos sólidos en Ecuador

La producción per cápita (PPC) se refiere a la producción de residuos sólidos per cápita para el consumo de bienes generales y alimentos, sus envases y el estilo de vida de la sociedad moderna. En Ecuador, la PPC se determinó entre 0,22 - 1,8 kg/persona/día, siendo el promedio nacional de 0,597 kg/persona/día. Los estados con mayor PPC (1.1-1.8 kg/persona/día) fueron Guayaquil, Salinas, Pichincha y Jipijapa (luego en la provincia de Manabí) y Quevedo. Quito forma parte del segundo grupo (0,67–1,0 kg/cápita/día), junto con los estados o pueblos satélites, por ejemplo, Samborondón, Durán adyacentes a Guayaquil, Manta, Rocafuerte, San Vicente y Playas. Estos pueblos satélites tienen poblaciones flotantes que no son permanentes pero que pueden viajar o intercambiar bienes y servicios a ciudades centrales como Quito, Guayaquil y Cuenca. (Solíz et al., 2020, p. 45).

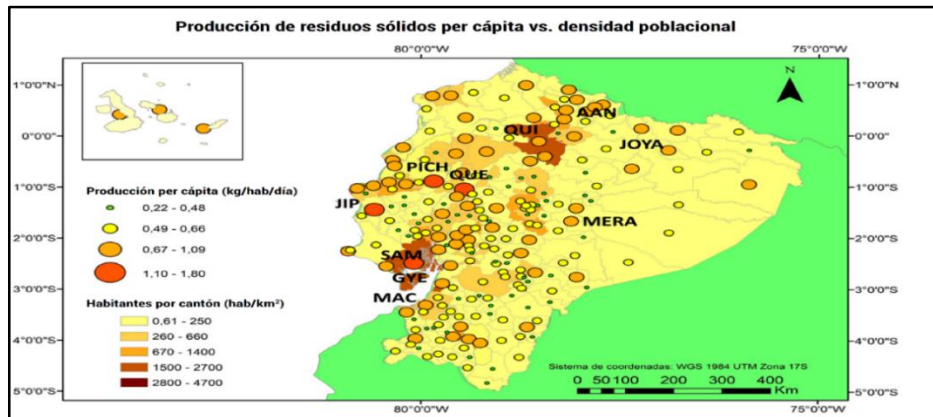


Figura 4-1: Producción de residuos sólidos per cápita vs. densidad poblacional.

Fuente: (Solíz et al., 2020, p. 45).

Los siguientes cuadros muestran los residuos generados en el Ecuador, con los datos disponibles que el INEC puede brindar. En Ecuador, el 55,65% de la producción de RSU son residuos sólidos orgánicos mientras que el 44,35% restante son residuos inorgánicos. Las características de los residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) varían según la región. En la costa la proporción de residuos inorgánicos generados es del 38%, en la Sierra del 44%, en la Amazonía del 45% y en las Galápagos el 85%, mientras que los residuos orgánicos son claramente el agregado. (Solíz et al., 2020, p. 45).

En la figura 5-1 se puede observar la cantidad de plástico entre orgánico e inorgánico que los ecuatorianos generamos, es una cantidad que no debe ser despreciada de las cuales pocas son las reúsan reutilizan o que se reciclan, parte de esta recolección se debe a los minadores. Convirtiéndose en un potencial problema sanitario, ya que se va reduciendo los lugares en donde se dé un destino final a los desechos sólidos, muchos municipios optan por trasladar a un nuevo lugar para la deposición final de la basura.



Figura 5-1: Plásticos que se arrojan en Ecuador

Fuente: Revista Plan V, 2018.

En cuanto a la disposición en el Ecuador, se gestionan de diferentes formas a lo largo del continente, en la mayoría de los países la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) es responsabilidad directa de los municipios, sin embargo, los servicios que se brindan en general son inadecuados en cuanto al acceso final y retiro. Condiciones. En Ecuador, los GAD estatales son los encargados de la gestión de los residuos sólidos, ya que esta es la autoridad directa especificada en la letra “d” del artículo 55 del COOTAD definida en 2010: “La pobreza es capacidad propia, autonomía descentralizada de las ciudades administradas centralmente, es la gestión integral de los residuos sólidos”. desperdicio". (Solíz et al., 2020, p. 45). Una alta cantidad de residuos inorgánicos que son recolectados son de tipo plásticos de un solo uso, como se puede apreciar en la figura 6-1 cuales son las provincias que generan una mayor cantidad de este tipo de material.

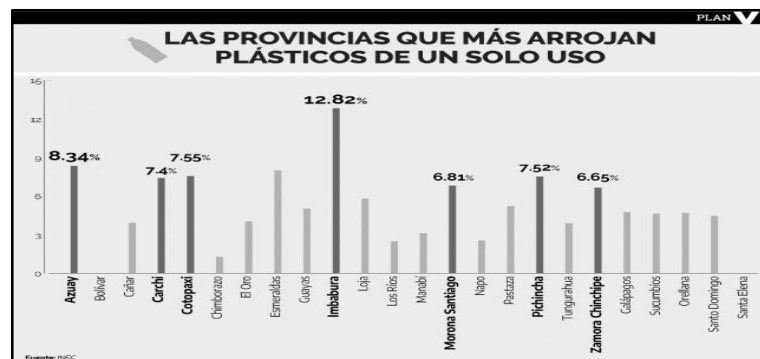


Figura 6-1: Provincias que más arrojan plásticos de un solo uso

Fuente: Revista Plan V, 2018.

El problema de la generación de residuos sólidos se debe al tipo de tratamiento final que se les da a los residuos sólidos municipales en el país, entre los que se encuentran muchos rellenos sanitarios, rellenos sanitarios o celdas flotantes, los cuales deben considerar que los impactos ambientales de no separar los materiales biodegradables de Los materiales no biodegradables, reduciendo la vida útil de cada uno de estos, son las provincias más pobladas del país las que

enfrentarán antes este problema. La Figura 7-1 muestra el tipo final de suministro elegido por diferentes provincias y estados para GIRS. (Solíz et al., 2020, p. 57).

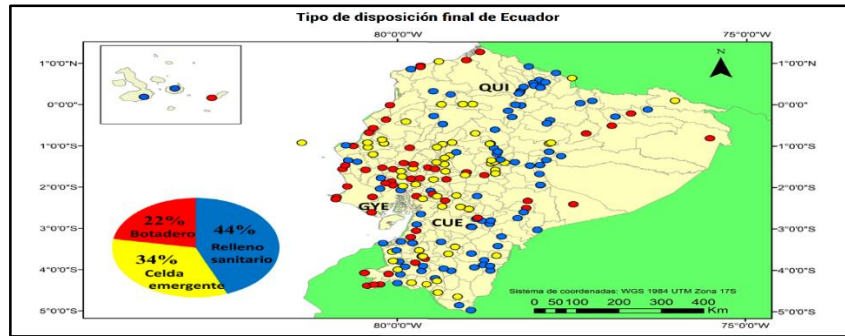


Figura 7-1: Tipo de disposición final de los RSU en Ecuador

Fuente: (Solíz et al., 2020, p. 60).

1.5.2.2. Valorización de residuos agrícolas

Los seres humanos hemos desarrollado un sistema en el cual nos permita desarrollar en diferentes áreas, hasta hace 2 siglos todos los seres humanos poseían granjas que abastecían sus necesidades, en la actualidad dependemos de las personas que se dedican a la agricultura para el abastecimiento de alimentos, es difícil imaginar una vida sin los productos que provienen del campo, el incremento poblacional demanda de mayor cantidad de alimento y es de esta manera que la abundante producción genera residuos o desechos (Sertgümeç, et al, 2020, p. 4).

El concepto de economía circular maneja el diseño de residuos, cambiando la forma de producción y uso con un enfoque holístico. Por lo tanto, tiene como objetivo reducir el uso de materias primas y reduce la cantidad de residuos. Nos dice que las tecnologías de reciclaje y reutilización deben desarrollarse e implementarse de manera efectiva, por lo tanto, su objetivo es garantizar la eficiencia de los recursos y lograr cero desperdicios (Malinauskaite et al., 2017, p. 3). El modelo de producción y consumo sostenibles pueden ser incorporados en la cadena económica como se ilustra en la figura 8-1.

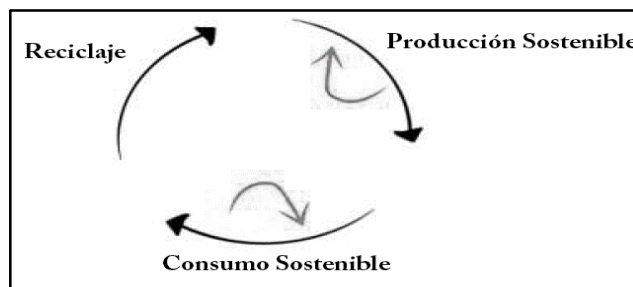


Figura 8-1: Modelo de economía circular

Fuente: (Sertgümeç, et al, 2020, p. 4).

Los residuos orgánicos tienen un valor ya que estos pueden ser utilizados de diversas formas, entre ellas para la fabricación de biogás, el residuo de la digestión anaeróbica de la producción del gas en cuestión puede ser usados en forma de biol un abono líquido para la agricultura, en forma de abono sólido (compost) para la misma. Se debe también tener un estimado de la cantidad de toneladas de desechos agrícolas se producen en las regiones para poder tener un estimado y que regiones el uso de estos residuos no conlleve a pérdidas en la cadena económica. Se hace uso y apalancamiento de los métodos de valoración económica ambiental. (Sertgümeç, et al, 2020, p. 4). En el gráfico 1-1 se muestra los métodos de valorización económica ambiental.

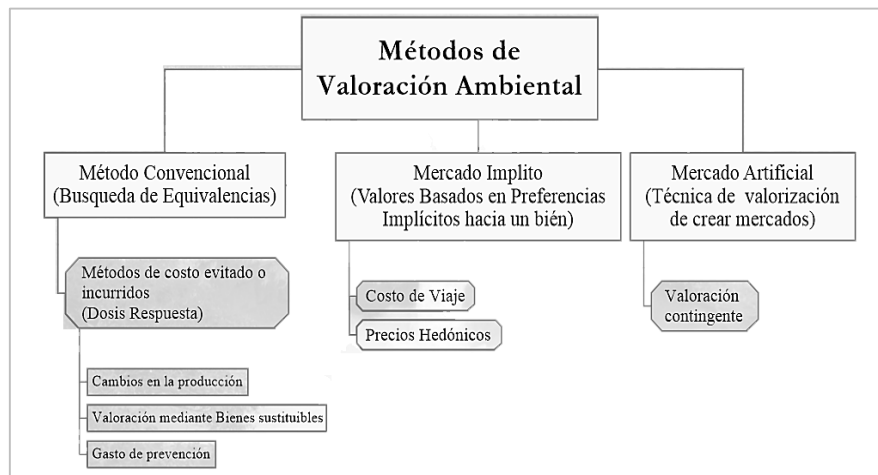


Gráfico 1-1: Métodos de valoración económica

Fuente: (Abad C., 1998, p. 17).

Para dar una explicación dirigida al tema de los métodos de valorización ambiental se le puede considerar al valor económico total, en donde trata de explicar los distintos aspectos que se toma en cuenta cuando se trata de realizar una evaluación de este tipo, esto se lo puede apreciar en el gráfico 2-1 sobre el valor económico total.

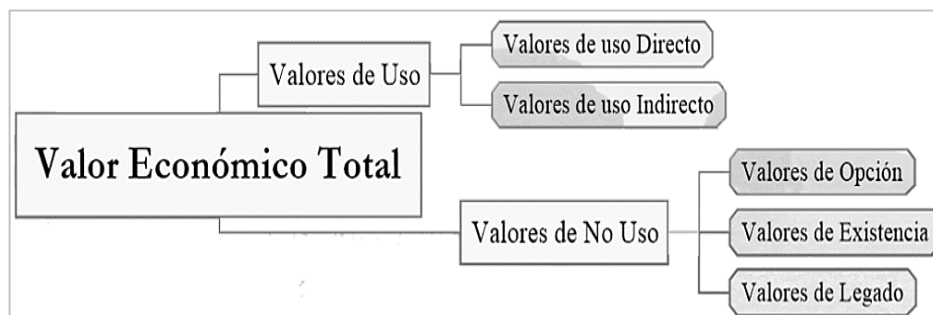


Gráfico 2-1: Diagrama de la clasificación del valor económico total

Fuente: (Calderón et al., 2017, p. 28).

1.5.2.3. Valorización de residuos agrícolas en el Ecuador

En Ecuador destaca un artículo publicado en el 2018 de La CEPAL en donde el investigador Marco Calderón Loor realiza una investigación que lleva el nombre de “Valorización económica de los beneficios del aprovechamiento de los residuos agrícolas en el Ecuador”, este artículo se enfoca en el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de electricidad con turbina por vapor, determinando la extensión de terreno, la cantidad de residuos necesarios, además de los beneficios indirectos, como generación de energía eléctrica, mejora de la calidad de vida, reducción de gases de efecto invernadero (GEI) (Calderón et al., 2017, p. 4).

Tomando como prefacio lo anteriormente expuesto en este trabajo acerca de los residuos agrícolas se expone a continuación una breve clasificación de tipos de residuos.

Biomasa con alto contenido de ácidos grasos: Este tipo de residuos posee alto contenido de lípidos, proveniente de residuos oleaginosos, tales como la palma africana, coco, soja, jatrofa. (Calderón et al., 2017, p. 4).

Biomasa con alto contenido de almidones y azúcares: Procedentes de la cosecha y post cosecha de frutas y hortalizas, productos de ciclo corto, como ejemplo se encuentra la papa, yuca, caña de azúcar etc. (Calderón et al., 2017, p. 4).

Biomasa con alto contenido de lignocelulosa: Desechos de la industria maderera, (hojas, palos, ramas, tallos) su estructura celular basada en lignina y celulosa hacen que sea de lenta degradación y no puedan retornar al ciclo del carbono de inmediato. El compostaje es una de las técnicas que acelera la degradación de este tipo de materia orgánica. (Calderón et al., 2017, p. 4).

Materia Orgánica con alto contenido de humedad: En esta categoría encontramos los desechos de legumbres, tallos hojas que tiene agua en su interior, así mismo se puede enmarcar a los animales muertos (camales), desechos pecuarios (excremento) los cuales contienen un alto contenido de nitrógeno, fosforo y microorganismos que fomentan la degradación de la materia. (Calderón et al., 2017, p. 4).

Entre las conclusiones a las que llegan en este estudio se encuentran las limitantes que poseen al momento de implementar esta estrategia debido a que su Valor Actual Neto (VAN) es positivo, pero su Tasa Interna de Retorno (TIR) es baja debido a las limitantes que incurren los precios de mercado, que los productores deben pagar, en el país la electricidad es subsidiada y no es factible nuevas formas de obtención de energía ya que entra en una competencia injusta, a pesar de demostrar la reducción de la generación de gases de efecto invernadero de los residuos agrícolas como la palma africana (Calderón et al., 2017, p. 4).

1.5.3. Plásticos

1.5.3.1. Producción de material plástico biodegradable

Un material plástico que sea biodegradable debe tener una base biológica esto incluye plantas, microorganismos, algas, así como residuos de alimentos. Ciertos plásticos se pueden encontrar en la propia naturaleza, dentro de microorganismos y plantas. La celulosa, el compuesto orgánico más abundante y el componente principal de las fibras vegetales, ha sido empleado desde el siglo XIX. Mientras que otros plásticos de base biológica son relativamente nuevos y su metodología de obtención es a través de rutas sintéticas utilizando recursos naturales para formular monómeros que luego se polimerizan. Se puede agrupar las tres rutas principales para la producción de plásticos biodegradables: (1) polimerización de monómeros de base biológica; (2) modificación de polímeros de origen natural; (3) extracción de polímeros de microorganismos. En la Tabla 3-1 se puede encontrar resumida los principales monómeros biodegradables agrupados por su metodología con una breve descripción. (di Bartolo, et al., 2021, p.5).

Tabla 3-1: Lista de polímeros de base biológica comunes y descripción general de su producción.

POLÍMERO	SÍNTESIS METODOLÓGICA	RUTA
Ácido poliláctico (PLA)	Fermentación de carbohidratos (ej. Almidón) produce ácido láctico que polimeriza a bajo M_n Ácido Poli láctico (PLA). Esto se despolimeriza a lactina, que polimeriza a PLA de M_n alto.	1
Succinato de polibutileno (PBS)	La fermentación bacteriana de los carbohidratos rinde. ácido succínico, que se esterifica para obtener también 1,4-butanodiol.	
Poliamidas (PA)	Los diácidos derivados del aceite de ricino se hacen reaccionar con una diamina para producir PA.	
Polietileno (PE)	La fermentación de sacáridos produce bioetanol, luego se deshidrata a etileno. La polimerización produce bio-PE.	
Almidón Termoplástico	Normalmente se obtiene por gelatinización de almidón (de maíz, papa, etc.) seguido de colada o por extrusión de pastillas de almidón y plastificantes.	2
Celulosa Regenerada	La celulosa se convierte en una forma soluble, luego regenerado para obtener una película (celofán) o una fibra (rayón).	
Polihidroxicarbonatos	Acumulado intracelularmente por diferentes bacterias. El polihidroxiobutirato fue el primero en ser descubierto.	3

Fuente: (di Bartolo, et al., 2021, p.5).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Ventajas del uso de material plástico biodegradable

- **Potencialmente una huella de carbono mucho menor**

Cabe señalar que la huella de carbono de un bioplástico depende fundamentalmente de si el plástico almacena de forma permanente el carbono extraído del aire por la planta en crecimiento. Un plástico elaborado a partir de una fuente biológica secuestra el CO₂ capturado por la planta en el proceso de fotosíntesis. Si el bioplástico resultante se vuelve a degradar en CO₂ y agua, este secuestro se revierte. Pero un bioplástico permanente, hecho para ser similar al polietileno u otros plásticos convencionales, almacena el CO₂ para siempre. Incluso si el plástico se recicla muchas veces, el CO₂ extraído inicialmente de la atmósfera permanece secuestrado (Chen Y., 2014, p. 3).

- **Reducción de los costes energéticos en la fabricación.**

Los plásticos se fabrican a partir de aproximadamente el 4% del petróleo que el mundo usa cada año. Con la escasez de petróleo, la fabricación de plásticos se ve cada vez más expuesta a precios fluctuantes (Chen Y., 2014, p. 3).

- **No utiliza petróleo escaso.**

En contraste, cada kilogramo de plástico requiere típicamente 20 kilovatios hora de energía para su fabricación, más que la cantidad necesaria para producir el mismo peso de acero. Casi todo esto proviene de fuentes fósiles (Chen Y., 2014, p. 3).

- **Reducción de la basura y mejor compostabilidad por el uso de bioplásticos biodegradables.**

La mejor ventaja de los bioplásticos biodegradables radica en la reducción de la basura permanente. Las bolsas de plástico de un solo uso para la compra son el ejemplo más obvio de cómo los plásticos pueden contaminar el medio ambiente con una persistencia enorme y antiestética. Una gran fracción de la basura en nuestros océanos es de bolsas de plástico desechables. Ciudades y países de todo el mundo están tomando medidas contra la basura, a veces prohibiendo por completo las bolsas de plástico no degradables. (Chen Y., 2014, p. 3).

1.5.3.2. Tiempo de degradación del material plástico biodegradable

Los compuestos orgánicos poseen 2 rutas de degradación la aerobia y la anaerobia, en la figura 9-1 se representa una síntesis de estos 2 procesos de degradación.

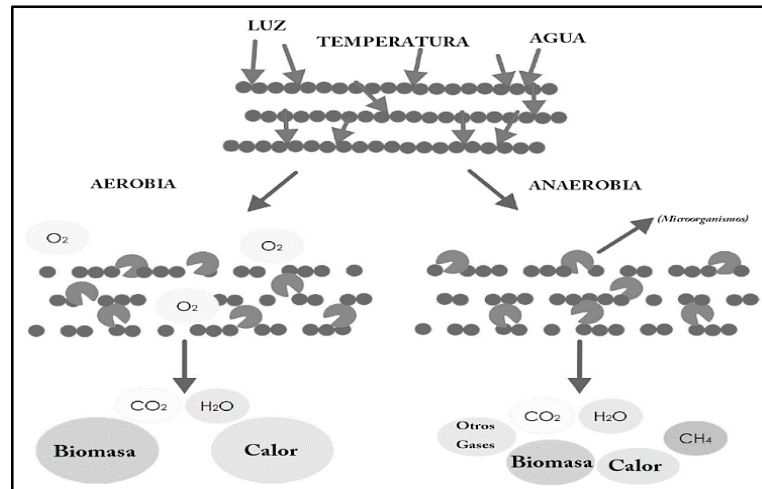


Figura 9-1: Biodegradación de polímeros, aerobia vs anaerobia

Fuente: (Bátori et al., 2018, p.4).

El plástico que proviene de un material vivo sea de plantas o microorganismos posee distintos tiempos para biodegradarse, dependerá del tipo de material con el que fue hecho, a continuación, un recuento de los materiales más comunes y su tiempo de degradación.

- **Almidón**

El plástico compuesto por una base de almidón empieza su descomposición a los 3 días de haber entrado en contacto con el suelo, sin embargo, puede tomar semanas o incluso 1 año hasta que el almidón se degrade completamente, todo dependerá de la concentración de almidón presente en la estructura del plástico (Haslam, 2004, p.4).

- **Termoplástico de almidón**

El termoplástico hecho con almidón de yuca se ve completamente degrada a las 7 semanas de haber sido introducido dentro del compostaje, el termoplástico hecho con fruta de palma, se ve que se ha degradado a las 18 semanas de haber sido enterrado en el suelo a condiciones de laboratorio (Polman et al., 2021, p.5).

- **Celulosa**

Se conoce a la celulosa como fácil o relativamente fácil de degradar en clima tropical, el tiempo que la celulosa perdura es de 81 a 495 días, en condiciones de laboratorio aplicando la técnica de compostaje para la degradación de la materia orgánica la celulosa puede permanecer hasta 47 días después de haber iniciado el proceso (Polman et al., 2021, p.6).

- **Acetato de celulosa**

El acetato de celulosa se descompone a una mayor velocidad que la celulosa bajo condiciones de laboratorio y empleando la técnica de compostaje el proceso de degradación dura alrededor de 14 días, y se ha encontrado que el acetato de celulosa proveniente de cascarilla de arroz, se ha degradado en 105 días cuando ha sido enterrado en el suelo, y en condiciones de laboratorio a 90 días (Mostafa et al., 2018, p. 7).

- **Lignina**

Compuestos basados en lignina poseen diverso tiempo de degradación dependiendo de la materia prima que haya sido usada para la elaboración del bioplástico, en un experimento liderado por Polman en el 2018 muestra que un termoplástico basado en lignina en condiciones de laboratorio fue degradado en 120 días, pero no existen experimentos en donde el plástico haya sido enterrado o compostado para tener una referencia del tiempo de degradación (Polman et al., 2021, p. 8).

- **Ácido poliláctico**

El ácido láctico (PLA) es un poliéster termoplástico biodegradable y de base biológica, y el monómero, el ácido láctico, que se utiliza en los procesos de polimerización, se produce comúnmente por fermentación. A pesar de su naturaleza biocompatible, la degradación del PLA en el medio ambiente no es fácil porque, en condiciones ambientales, se encontró que el PLA en el suelo o en las aguas residuales es resistente a los ataques microbianos, debe primero hidrolizarse, para reducir el peso molecular, este componente es biodegradado en condiciones anaerobias a los 170 días (Bátori et al., 2018, p.5).

1.5.3.3. Producción de material plástico biodegradable en el Ecuador

En Ecuador existen varias investigaciones dedicadas a la elaboración de bioplástico como es el caso de Alexandra Ledesma que, en 2021, publicó un artículo sobre la elaboración de bioplástico a base de maíz y quinua a ser empleados en la elaboración extrayendo el almidón con metodología humedad seca, utilizando la norma INEN 1456 para la caracterización fisicoquímica, la combinación se realizó mediante un diseño factorial de 2k con su debido análisis estadístico. Como resultados obtuvieron que los respectivos tratamientos TQ (Tratamiento Quinua 1) y TM3 (Tratamiento Maíz 3) son los que arrojaron mejores características a estos ensayos, además de haber sido realizada la prueba de biodegradabilidad que demostraron que la vía humedad es la más eficiente como se muestra en el gráfico 3-1 y 4-1 sobre la degradación, siguiendo los protocolos de la norma técnica INEN2635 consiguieron que las pruebas de tracción cumplan con los requisitos para el uso al que va a ser destinado (Ledesma et al., 2021, p. 1)

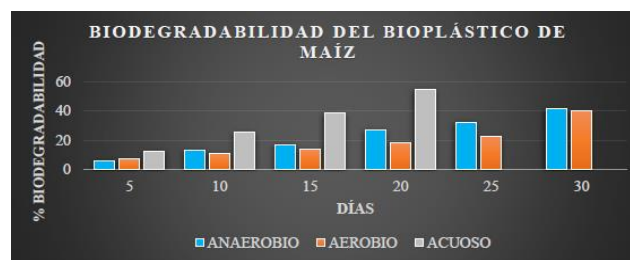


Gráfico 3-1: Biodegradabilidad del maíz

Fuente: (Ledesma et al., 2021, p. 1).



Gráfico 4-1: Biodegradabilidad de la Quínoa

Fuente: (Ledesma et al., 2021, p. 1).

Existe otra experiencia con bioplásticos en el país, Nivaldo Cedeño y Carlos Zambrano, realizan una investigación en el año 2021 donde diseñan una línea de producción para la elaboración de bioplástico aprovechando los residuos de café, desde el cantón Quevedo, ellos utilizaron los residuos del café y aprovecharon la celulosa, empleando la metodología de hidrólisis alcalina y ácida que puede ser apreciada en la figura 14-1 y 15-1, los tratamientos con mejores resultados a las pruebas físico químicas, y de degradabilidad fue la que pusieron a consideración de los usuarios en donde mediante un estudio de mercado conocieron la demanda que existe sobre un plástico biodegradable que resulto en 62277 unidades mensuales, y para el diseño de la línea de producción con una distribución en “U” de una superficie de 294.84m² y con capacidad de producción de 2600 unidades diarias para lo cual la demanda de materia prima es de 570 kg. Y finalmente realizaron pruebas de factibilidad económica con un VAN de \$4623727.92 y un TIR de 34.42% con estos datos se puede ver que su proyecto es rentable (Cedeño and Zambrano, 2021, p. 8).

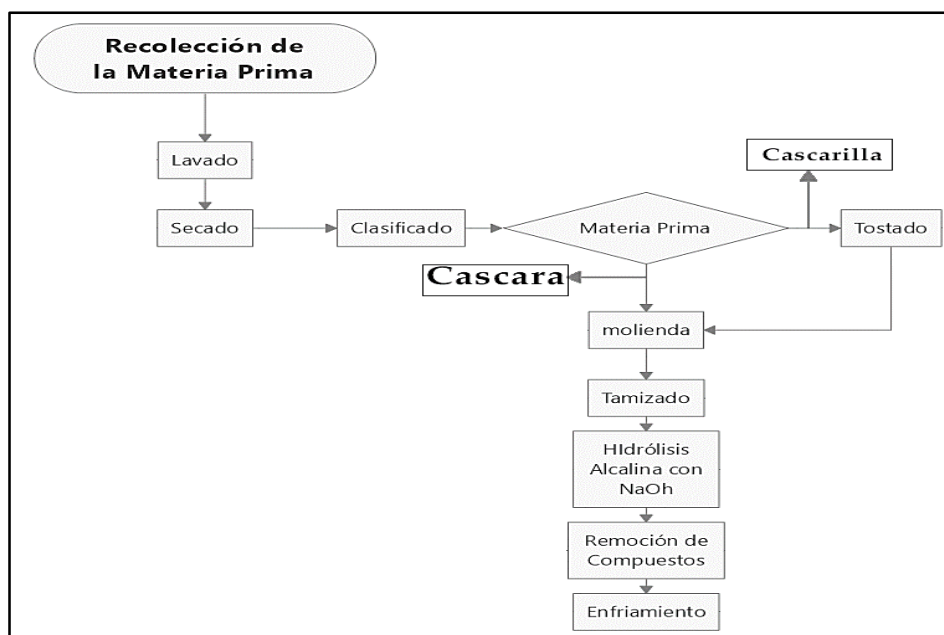


Gráfico 5-1: Diagrama para el aislamiento del almidón por vía alcalina

Fuente: (Cedeño and Zambrano, 2021, p. 8).

Leaf Packs es un emprendimiento que elabora platos biodegradables, a base de fibra vegetal originaria de la costa ecuatoriana, la responsable de estos productos es Soledad Jaramillo de Ambato formó una alianza con la cooperación técnica alemana, la cual aportó con la maquinaria necesaria para la elaboración de estos productos, mensualmente pueden crear 70000 platos, en el 2018 obtuvo el primer lugar en la feria llamada IMPAQTO consiguiendo \$10000 USD como capital que fue invertido para la colocación de puntos de venta para sus productos. La propietaria decidió mudarse con su fábrica a la costa en donde minimizará costos de transporte y también generar puestos de trabajo. Tienen varias presentaciones y el material con que está hecho permite conservar el calor y mantenerlos en refrigeración (Revista Lideres, 2020).

1.5.3.4. Elaboración de material plástico biodegradable a partir de residuos agrícolas

Se puede utilizar los desechos agroindustriales para la elaboración de bioplásticos, se debe tomar en cuenta el material con el que se va a trabajar, los más comunes como desechos agroindustriales son el ácido poliláctico, el almidón y el quitosano, se da a continuación una descripción de cada componente.

Bioplásticos a partir de ácido poliláctico (PLA)

El desarrollo de polímeros sintéticos que utilizan monómeros de base biológica proporciona una alternativa al crecimiento del mercado de bioplásticos. Uno de los polímeros más conocidos a este respecto es el PLA, también conocido como polilactida. PLA es un poliéster alifático y un termoplástico biocompatible. Es un polímero biodegradable derivado de microorganismos, donde la bioactividad de las bacterias se utiliza para convertir productos agrícolas en monómeros de base biológica para la polimerización. Básicamente, el ácido láctico es ácido hidroxil carboxílico. Puede producirse a partir de la fermentación de la dextrosa, que puede derivarse del almidón vegetal, por bacterias. Ejemplos de productos agrícolas utilizados para preparar PLA son la caña de azúcar, el maíz y la remolacha azucarera (Chan et al., 2021, p. 4).

El PLA posee una celda unitaria ortorrómbica que se arregla para formar una estructura de hélice polimérica como se ejemplifica en la figura 15-1. Al igual que otros termoplásticos, las propiedades del PLA varían con el peso molecular, la temperatura de procesamiento y el tiempo de recocido diferentes (Farah, Anderson and Langer 2016). Además, sus propiedades dependen de la naturaleza estereoquímica de los monómeros y su proporción, lo que puede afectar el grado de cristalinidad del polímero. A veces, se utilizarán catalizadores estereoespecíficos para producir PLA heterotáctico de alta cristalinidad para determinadas aplicaciones.

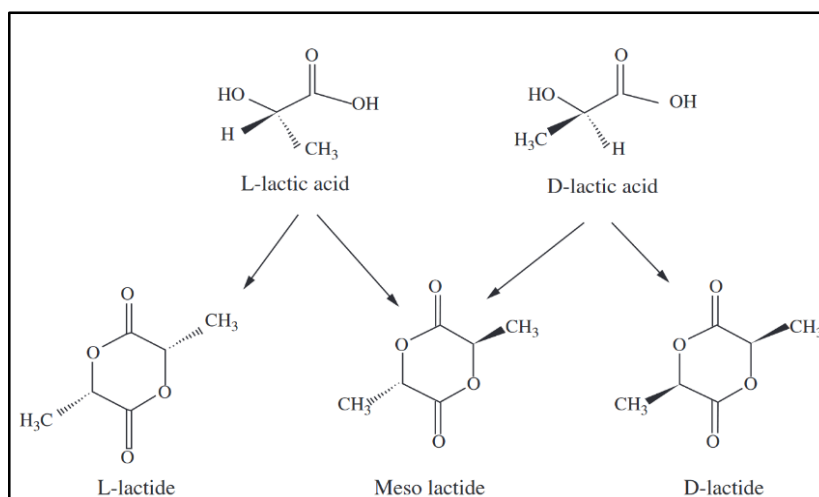


Figura 10-1: Formas de la lactida, componente de los bioplásticos

Fuente: (Chan et al., 2021, p. 4).

El costo de la materia prima y el uso de residuos agroindustriales como fuente alternativa para reemplazar las costosas materias primas han sido los principales desafíos en la producción a gran escala de ácido láctico (Rojan et al., 2006, p. 4). Esto se debe a que la economía de la producción de ácido láctico y sus derivados depende significativamente del coste de las materias primas. Panesar y Kaur (Panesar and Kaur 2015) revisaron la bioutilización de residuos agroindustriales para la producción de ácido láctico. Se encontró que la fermentación convencional en dos etapas puede ser reemplazada por sacarificación y fermentación simultáneas. Al agregar inóculo junto con las enzimas que degradan el sustrato, la sacarificación de la biomasa almidonada o celulósica y la conversión en ácido láctico pueden ocurrir al mismo tiempo. Este proceso simultáneo no solo reduce el costo de producción de PLA, al mismo tiempo, también mejora la productividad al proporcionar una liberación adecuada de azúcar (John et al., 2009, p. 8). Las bacterias con carácter amilolítico y productor de ácido láctico pueden convertir directamente la biomasa de almidón en ácido láctico y hacer que el proceso sea económico. Los materiales celulósicos y con almidón se encuentran entre las materias primas baratas más populares que se han utilizado para la producción de ácido láctico. Los microorganismos utilizados y su rendimiento se dan en la Tabla 3-1. En lugar de materiales con almidón que pueden actuar como fuentes de alimento, los residuos agrícolas tienen un mayor potencial como sustratos de bajo costo para la producción de ácido láctico. Por ejemplo, bagazo de yuca (Chan et al., 2021, p. 6), bagazo de caña de azúcar, mazorca de maíz, desechos de madera procesada y racimos de frutas vacíos (EFB) de palmeras aceiteras, se han utilizado en la producción de ácido láctico.

Tabla 4-1: Tabla de materia prima, microorganismos y fuente de ácido láctico

Materia Prima	Microorganismos	Fuente de ácido Láctico
Almidón de trigo	<i>Lactococcus lactis ssp. Lactis</i> ATCC 19435	0.77–1 g/g sustrato
Trigo (integral)	<i>L. lactis and Lactobacillus delbrueckii</i>	0.93–0.95 g/g sustrato
Maiz, arroz, trigo, almidones	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	<0.70 g/g sustrato
Almidón de papa	<i>Rhizopus oryzae, R. arrhizu</i>	0.87–0.97 g/g sustrato
Almidón de maíz	<i>L. amylovorus</i> NRRL B-4542	0.935 g/g sustrato
Residuos agroindustriales con almidón	<i>Enterococcus faecalis</i> RKY1	0.93 g/g sustrato
Madera	<i>Rhizopus oryzae</i> NRRL 395	>0.85 g/g sustrato
Papel Usado	<i>Rhizopus oryzae</i>	>0.80 g/g sustrato
Celulosa	<i>Lactobacillus coryniformis ssp. torquens</i> ATCC25600	0.89 g/g substrate

Fuente: (Rojan et al., 2006, p. 6).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Bioplásticos a partir de quitosano

El quitosano es un polisacárido catiónico lineal de alto peso molecular. Está compuesto por N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada) y D-glucosamina enlazada con β - (1,4) (unidad desacetilada) que se distribuyen aleatoriamente. El quitosano se deriva de la quitina por desacetilación mediante un tratamiento alcalino y sus estructuras se muestran en la figura 16-1 (Panesar and Kaur, 2015, p. 5). La quitina es uno de los polisacáridos más abundantes que se encuentran en la naturaleza junto a la celulosa, y las principales fuentes son los desechos biológicos como el exoesqueleto de crustáceos e insectos, la cutícula de algunos artrópodos y la pared celular de los hongos (Chan et al. 2021, p. 8).

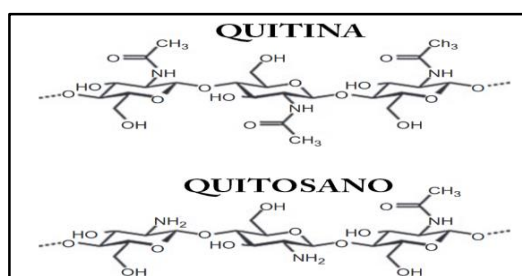


Figura 11-1: Estructura quitina y quitosano

Fuente: (Chan et al., 2021, p. 7).

El quitosano se usa ampliamente en muchas aplicaciones, pero las que utilizan quitosano como bioplástico se centran en esta sección. El material a base de quitosano se utiliza generalmente para aplicaciones biomédicas y alimentarias, en lugar de incorporarse a otro material como relleno. En el campo de la aplicación biomédica, se puede utilizar una película a base de quitosano para revestir el catéter (Islam, et al., 2017, p. 3), un tubo delgado que se puede insertar en el cuerpo del paciente para tratar enfermedades o realizar un procedimiento quirúrgico. Debido a las capacidades antiadherentes y antibacterianas del quitosano, se recubre la superficie del catéter de PET o polietileno (PE) (Lo, Lange and Chew 2014). Sin embargo, para superar la naturaleza poco soluble del quitosano y mejorar su compatibilidad con la sangre, es necesario heparinizarlo antes de recubrir la superficie del catéter. Por lo tanto, el catéter recubierto de quitosano-heparina capaz de exhibir excelentes propiedades interfaciales compatibles con los tejidos y fluidos circundantes cuando está en uso, así como propiedades de tromborresistencia. Además del catéter, el quitosano se puede utilizar para fabricar lentes de contacto en el campo de la oftalmología (Hamed, et al., 2016, p. 9). Esto se debe a que puede cumplir los requisitos como material para fabricar lentes de contacto. Los lentes de contacto hechos de quitosano son transparentes, resistentes, poseen suficientes propiedades físicas (resistencia a la tracción, módulo de tensión, resistencia al desgarro y alargamiento), humectabilidad, permeabilidad al oxígeno y compatibilidad inmunológica.

Bioplásticos a partir del almidón

El almidón es un polímero de base biológica natural que se presenta como gránulos discretos. Es la forma principal de carbohidratos que se reserva en las plantas y la segunda biomasa más grande producida en la tierra después de la celulosa. El almidón consta de glucopiranosas (glucosa de anillo de seis miembros) como sus monómeros que están unidos por enlaces α -1-4 y enlaces α -1-6, como se ilustra en la figura 17-1 que se clasifican como moléculas de polisacárido amilosa lineal y moléculas de polisacárido amilopectina ramificada, respectivamente. Son los dos componentes principales que se encuentran al lado del gránulo de almidón. En el almidón también existen trazas de lípidos, residuos de proteínas y fósforo. Además, el almidón tiene rangos de peso molecular de 10^4 a 10^7 Da (Chan et al., 2021, p. 7).

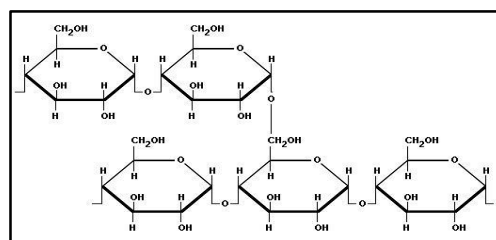


Figura 12-1: Estructura del almidón

Fuente: (Chan et al., 2021, p. 7).

Los bioplásticos a base de almidón se encuentran entre los primeros plásticos de base biológica comercializados. La producción mundial de plásticos a base de almidón representó aproximadamente el 10,3% de la capacidad mundial de producción de plásticos de origen biológico en 2016, que fue de aproximadamente 430 kilo toneladas métricas en ese año (Chan et al., 2021, p. 6). Además, se informa del tamaño del mercado mundial de almidón termoplástico de 850 millones de dólares en 2018. Se estima que este tamaño de mercado se expandirá a una tasa compuesta anual del 4,4% de 2019 a 2025. los principales cultivos utilizados como fuentes de almidón se muestran en el gráfico 1-1.

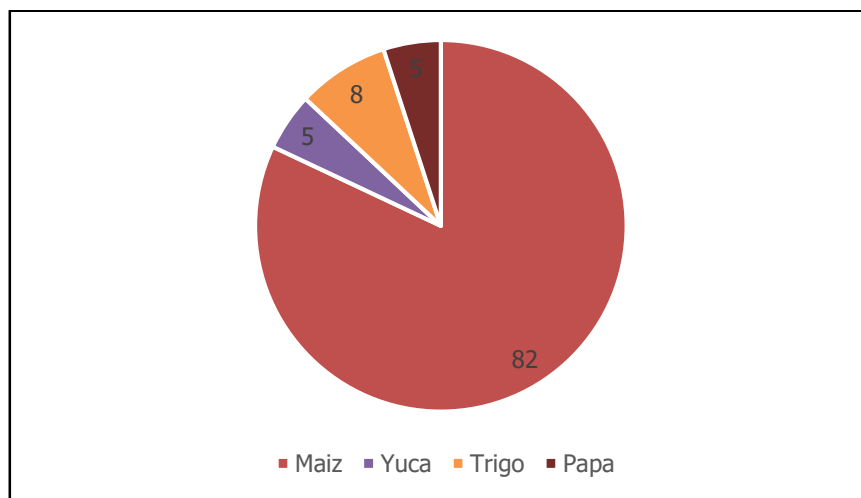


Gráfico 6-1: Principales productos utilizados en la extracción de almidón

Fuente: (Chan et al., 2021, p. 7).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

1.5.3.5. Principales métodos de extracción de almidón

Al almidón se lo puede encontrar en diversas partes de una planta desde las semillas, frutas y tubérculos. (Rico et al. 2016, p. 1). El aislamiento del almidón ha sido limitado a productos tradicionales como el maíz, arroz blanco, papa, yuca. (L. Santana and Angela A. Meireles 2014). Científicos de diversos países han estudiado otras fuentes de obtención de almidón, tales como raíces, legumbres y tubérculos de donde son originarias. (Lovera, et al., 2017, p. 2) En la tabla 5-1 se puede visualizar el contenido y las características del almidón de algunos productos: leguminosas, tubérculos y raíces y otras fuentes no tradicionales.

Tabla 5-1: Características del almidón de algunos productos

Fuente	Contenido de Almidón (%)	Morfología	Diámetro del granulo (µm)	Contenido de Amilosa (%)
Frejol	30	Oval o redonda	20	20 – 25
Papa	10-25	cóncavo, convexo, combado	10 – 110	19 – 23
Yuca	25-30	Ovalado, alargado o redondo	3 – 43	18 – 25
Quinua	52.2-60.2	Irregular (poligonal y angular)	Menor a 3	3.5 – 22.5

Fuente: (Kringel et al. 2020, p. 33).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

1.5.3.6. Extracción de almidón a partir de tubérculos en el Ecuador

En Ecuador existen diversas investigaciones dedicadas a la extracción de almidón provenientes de tubérculos, entre ellas destacan la extracción en yuca, papa, papa china, melloco, zanahoria blanca, entre las más destacadas (Mogrovejo A., 2019; Zuñiga V., 2019; Vera and Chavarría, 2020; Rentería et al., 2021; Quizhpi P., 2018). En esta investigación se plantea la utilización de tubérculos, por tanto, se describen a continuación metodologías para la extracción de almidón de diversos tubérculos.

- **Extracción de almidón de papa (*Solanum tuberosum*)**

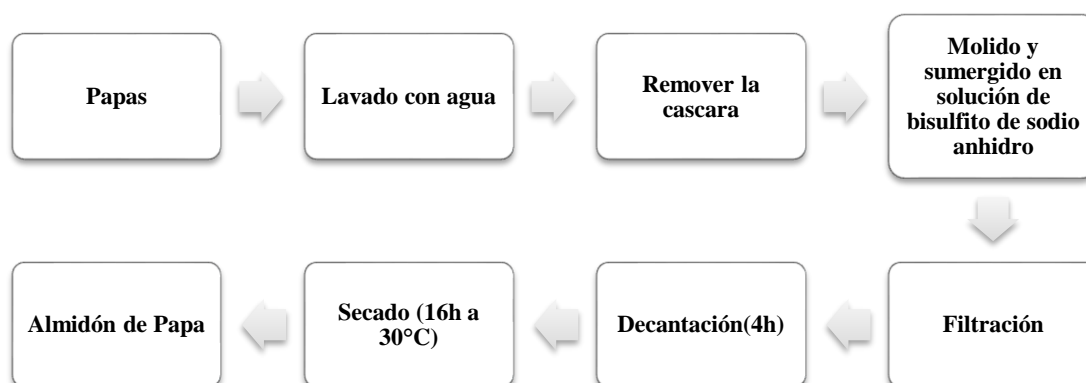


Gráfico 7-1: Aislamiento y purificación del almidón de papa

Fuente: (Kringel et al. 2020, p. 39).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

La papa es uno de los productos más importantes en la alimentación de la población mundial, es cuarta en la producción global, después del arroz, trigo y maíz, menos del 50% de las papas son consumidas al natural, el resto es industrializado en productos como comida empacada, papas.

congeladas, hojuelas, harina, alcohol y almidón (dos Santos et al., 2016, p. 2) La extracción del almidón de papa es relativamente simple debido al tejido celular, la baja proteína, y su bajo contenido lipídico en su estructura (valores por debajo del 4%). Para la extracción del almidón, los pasos que son únicamente molienda, decantación, centrifugación, lavados constantes del almidón con agua destilada y secado, que se los expone en el gráfico 2-1.

En algunos estudios se ha utilizado la metodología propuesta por Singh & Singh en el año 2002. En este método las papas son lavadas y bañadas en agua caliente para remover cualquier rastro de tierra o suciedad antes de ser peladas. Las papas son molidas y sumergidas en una solución de (0.35g de bisulfito de sodio anhidro/1000 ml de agua destilada). La molienda de las papas promueve la destrucción de la estructura celular que se encuentra combinada a gránulos de almidón. El contenido celular son proteínas solubles en agua, aminoácidos azúcares, y sales. El bisulfito de sodio anhidro está destinado a reprimir la oxidación de la tirosina, la dihidroxifenilalanina y / o el ácido clorogénico es catalizado por el polifenol oxidasa y previene la formación de melanina, que tiene un color marrón rojizo. El jugo es extraído de la papa en partes usando filtro de laboratorio, el residuo sobrante es lavado en agua para la extracción máxima de almidón, el residuo es descartado y lo filtrado se recolecta en placas de vidrio templado que se pasa a través de dos tamices finos (tamaño de malla de 200 y 100 mm, respectivamente), antes de dejarse en reposo durante cuatro horas. A continuación, se eliminan los sedimentos de almidón y el sobrenadante y el almidón sedimentado se suspendido en agua para su sedimentación. Este proceso se realiza 5 veces. El almidón sedimentado final se seca en un horno a 40 ° C (Singh et al., 2002, p. 3).

- **Extracción del almidón del camote (*Ipomea batatas L.*)**

El camote (*Ipomea batatas L.*) es una dicotiledónea que pertenece a la familia de las *Convolvulaceae* originaria de América latina, en la actualidad, China es la responsable por el 90% de la producción mundial del camote (Li et al., 2019, p. 2).

El aislamiento del almidón de los tubérculos es influenciado por los compuestos fenólicos y la pigmentación. Diversos métodos han sido descritos para el aislamiento del almidón de algunas variedades de camotes con diferente coloración, extracción por medio de NaOH al 0.2% en solución acuosa, 0.2%(w/v) de Na₂S₂O₅, 0.1%(w/v) NaHSO₃, también con soluciones alcalinas usadas para remover el almidón de la proteína, el Na₂S₂O₅ y el NaHSO₃ son los más comunes en este proceso. (Kim et al., 2013, p. 2). El investigador Xu y sus colaboradores aislaron el almidón de camote de color púrpura, amarillo y blanco usando el método de extracción: H₂O 0.5% Na₂S₂O₅, 0.2% NaOH ambos 0.5% de Na₂S₂O₅ y 0.2% NaOH. (Xu et al., 2018, p.3). El método por H₂O es el más apropiado para el aislamiento del almidón de tubérculos para las distintas variedades de camotes que existen, el NaOH y el Na₂S₂O₅ hizo que el almidón fuera blanqueado de los camotes que tenían una coloración amarilla y púrpura, sugiere Xu (Xu et al., 2018, p.5).

- **Extracción del almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*)**

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) es un tubérculo que pertenece a la familia de las *Eurphorbiaceae* crece en las regiones tropicales, la yuca es considerada como la fuente más importante de almidón a lo largo del mundo por sus características a la alta tolerancia a las sequías y a las inundaciones en condiciones climáticas difíciles y alta productividad en suelos pobres (Liu et al., 2018, p. 2). La extracción del almidón de este tubérculo es la más sencilla de las debido a su baja concentración lípidos y proteínas a comparación del resto de tubérculos (Kringel et al., 2020, p.10). El investigador Zhu, en el año 2015 publicó un método para el aislamiento de almidón de yuca, el aislamiento del almidón implica lavar los tubérculos, luego picarlas y rallarlas en agua que contiene azufre para separar el almidón de la pulpa en un extractor como se aprecia en el gráfico 3-1. Después de esto, la fracción de almidón se separa de la pulpa y se deshidrata antes de secar. Previo al secado del almidón, se puede adicionar una solución de bisulfito de sodio anhidro para inhibir el crecimiento microbiano (Zhu 2015).

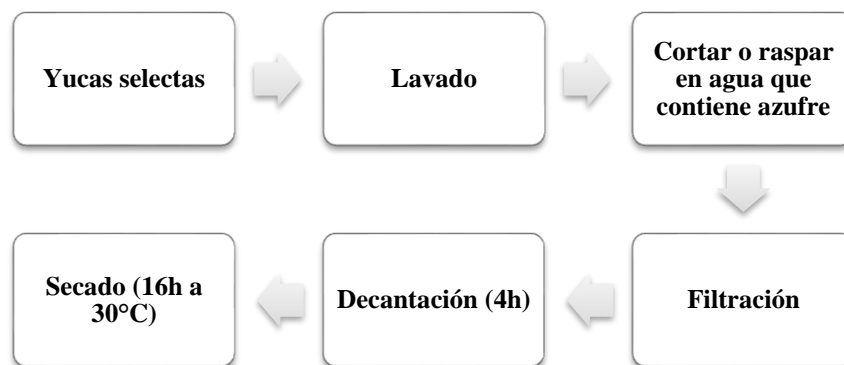


Gráfico 8-1: Aislamiento y purificación del almidón de yuca

Fuente: (Kringel et al., 2020, p. 39).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

La región de Manabí es uno de los grandes productores de yuca durante todo el año. El almidón, producido en empresas han elaborado 4 variedades de almidón, todo en función a la utilidad a la que sea asignada, parámetros como calidad, granulometría consumo (humano, ganado o acuícola). Desde el año de 1986 que se establecen pequeñas ralladoras de yuca en esta provincia, actualmente se encuentra tecnificado al punto de tener en miras la exportación de almidón (Sabando M., 2017, p.2).

En Ecuador las variedades de almidón que se producen y comercializan son las siguientes:

Almidón dulce: empleado en alimentos, con enfoque a la elaboración de yogurt, harina, snacks, etc. Se lo puede encontrar también en la industria de cartón o de balanceado para el ganado, las provincias de Manabí y Guayas son las que demandan de este tipo de almidón al ser provincias de ganaderas y comerciales (Sabando M., 2017, p. 2).

Almidón fuerte: En Chone, cantón de la provincia de Manabí se cultiva y procesa este tipo de almidón, sus características son de mayor calidad al que se utiliza para la elaboración del almidón dulce, este producto tiene mayor demanda y es comercializado a un precio superior. El proceso dura 2 semanas, hasta obtener el producto final.

Almidón agrio: se produce en mayor escala por las ralladoras y es utilizado en diversos usos tanto para ganado como suplementos (Sabando M., 2017, p.3).

- **Extracción de almidón proveniente de melloco (*Ullucus tuberosus*)**

Ullucus tuberosus se extiende por toda la región de Sudamérica tomando diversos nombres en una misma región en otros países también poseen diversos nombres, en el 2006 Ana Torres describe formas de como es conocido este tubérculo en su estudio y también sobre metodologías recopiladas para la extracción de almidón, a continuación, se da a conocer los nombres más comunes en los países donde es cultivado este tubérculo de norte a sur (Torres A., 2006, p. 20).

Venezuela: michirui, michuri, miguri, michunchi, micuchi, rubas, tigiño, timbo;

Colombia: ruba, tigiño, timbo, chigua, chuguas, hubas, melluco, olluco;

Ecuador: melloco, olluco, melluco, millucu;

Perú: olluco, ulluco, papa lisa;

Bolivia: papa lisa, olluco, ulluco, lisas

Argentina: ulluma.

En el gráfico 9-1 es descrito la forma de extracción de almidón del melloco

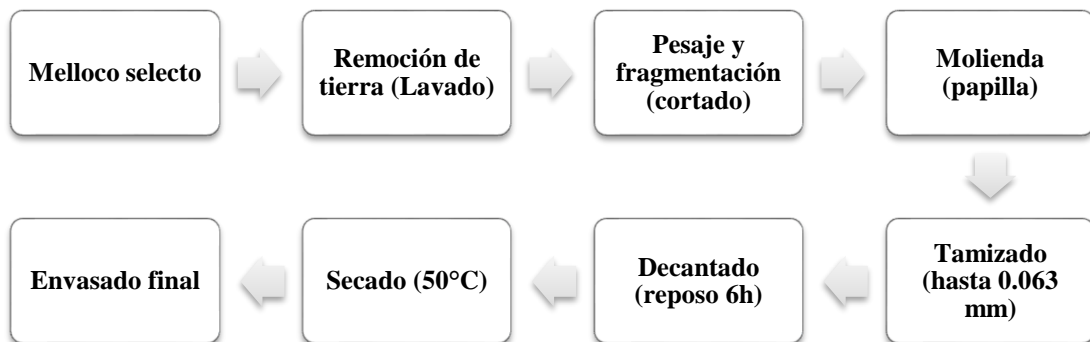


Gráfico 9-1: Diagrama de aislamiento del almidón de melloco

Fuente: (Torres A., 2006, p. 26).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

- **Extracción de almidón proveniente de malanga (*Colocasia esculenta*)**

El cultivo de la malanga en Ecuador aparece como uno no tradicional, la malanga blanca se ha destacado en los últimos años ya que su producción se ha incrementado y es exportada sin ser industrializada haciendo se pierda valor al producto, esto no permite que las regiones, comunidades, que se dedican al cultivo de este tubérculo puedan percibir mejores regalías por su

producto (González García et al., 2020, p. 3) Chávez en el 2015 expone una metodología para la extracción de almidón de malanga se presenta en el gráfico 10-1.

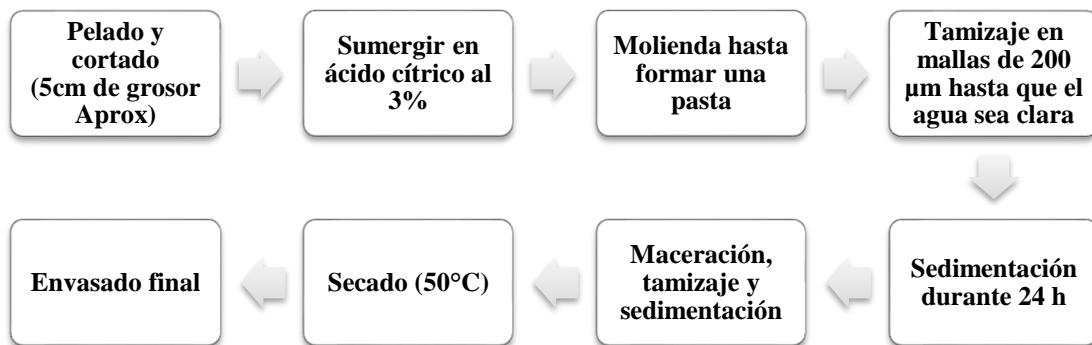


Gráfico 10-1: Diagrama de la extracción del almidón de la malanga

Fuente: (Torres A., 2006, p. 26).

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

1.5.3.7. Elaboración de material plástico biodegradable a partir de residuos agrícolas en el Ecuador

El Ecuador se ha caracterizado por el sector agrícola, es una de las principales actividades económicas de muchas familias ecuatorianas. Es la base económica no solo de los productores sino también de los intermediarios y contribuye a la seguridad alimentaria, es por ello que se busca sostener esta actividad y la productividad ante una creciente población que demanda de mayor cantidad de alimentos. En el año 2017 se ocuparon 2.334.721 hectáreas de suelo para destinarlos a la agricultura entre cultivos transitorios, permanentes y barbechos son los que se puede encontrar a lo largo de todo el territorio nacional. Los 10 principales cultivos a pequeña, gran escala y escala industrial fueron cacao, maíz duro seco, palma africana, banano, café, plátano, caña de azúcar, maíz suave seco, maíz suave choclo y frejol muchos de estos son procesados y exportados a mercados internacionales siendo estados Unidos el que mayor demanda tiene de todos estos productos, con 1.737.517 hectáreas, con una producción total de 21.178.970 toneladas.

Ecuador en el año 2021 se ha convertido en el productor número 1 a nivel mundial de camarón, rubro importante de la economía ecuatoriana, para las empresas y familias ecuatorianas que proveen de empleos, y dinamizan la economía local y nacional, reportó el uso de 207 mil hectáreas para esta actividad, generando US\$ 1.434.432 por producción de camarón y US\$ 3.202.811 por procesamiento, son grandes los hitos que está marcando esta industria en el país. Cada actividad productiva genera grandes cantidades de desechos orgánicos, que terminan en botaderos y en una gran parte estos son 100% aprovechables. Se habla de economía circular, una forma de

internalizar las externalidades para garantizar el cuidado del medio ambiente y la distribución de nuevas tecnologías para la conservación del mismo.

Los residuos agrícolas, poseen propiedades que pueden ser aprovechadas para la para obtener bioplásticos que sirvan para reemplazar algunos de los comerciales que contribuyen a la contaminación ambiental. Diversos estudios avalan la posibilidad de usar residuos agroalimentarios incluidos derivados de celulosa, para reemplazar los plásticos convencionales que tienen larga tasa de degradación, por otros materiales de rápida degradación.

Considerando que en el Ecuador se genera a nivel nacional un aproximado de 6.660.820 Tm/año de residuos agrícolas según datos del PNGIDS desarrollado por el Ministerio del Ambiente en el año 2017. Ya existen pequeñas empresas que está utilizando materiales biodegradables para la fabricación de plásticos, y es que esta industria mueve millones de dólares a lo largo del territorio nacional haciendo atractiva la idea de poder ingresar a este mercado (Riera, y otros, 2018 pág. 4).

1.5.3.8. Combinación de aditivos y uso de óxido de grafeno para mejorar las propiedades de los bioplásticos

El grafeno es una forma alotrópica del carbono. Es un material en auge, cuya estructura molecular es bidimensional, organizado en una red hexagonal con el espesor de un átomo. Tras un análisis de la estructura química del grafeno, sus formas } de obtención y sus propiedades, en este trabajo se examinan las aplicaciones existentes de dicho material. Gracias a su conductividad eléctrica y térmica, el grafeno puede utilizarse en aplicaciones electrónicas. Este material se encuentra entre los conductores y los semiconductores, haciéndolo idóneo para la creación de pantallas y circuitos flexibles, etc (Ortega I., 2018, p. 3).

Una investigación desarrollada por Chen en el 2018 sobre un gel de grafeno y celulosa dio buenos resultados, El bioplástico de celulosa se fabricó fácilmente impregnando aerogel de grafeno tridimensional (GA) en la solución de celulosa y luego se prensó en caliente. Los compuestos de celulosa / GA exhibieron una conductividad térmica isotrópica mejorada y un buen rendimiento mecánico. El rendimiento integrado de los compuestos podría atribuirse a la formación de una red eficiente conductora térmica y a la buena adhesión entre la pared celular de grafeno y la celulosa (Chen et al., 2018, p. 8).

También existe una experiencia con bioplásticos usando el almidón de yuca adicionado grafeno. Las propiedades del bioplástico a base de almidón de yuca mejoraron con éxito mediante la adición de un relleno de óxido de grafeno (GO). El material compuesto se sintetizó mediante el método de intercalación de almidón usando plastificante de glicerol con una variación de 5 - 15% v / v de relleno GO y un tiempo de mezcla de 30 y 60 minutos. Se estudiaron los efectos del contenido de GO y el tiempo de mezcla sobre la absorción mecánica, de agua y la biodegradación. También se aclararon la síntesis de GO y su integración en el compuesto bioplástico. El aumento

del contenido de GO y el tiempo de mezcla mejoraron las propiedades mecánicas del material compuesto debido principalmente a la buena homogeneidad entre los componentes del material compuesto, como lo indica la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la espectroscopía infrarroja de Fourier Transform (FTIR). El bioplástico producido utilizando 15% de GO y 60 minutos de tiempo de mezcla tuvo las propiedades mecánicas más altas con resistencia a la tracción de 3,92 Mpa, alargamiento de 13,22% y módulo joven de 29,66 MPa. La absorción de agua y la biodegradación aumentaron a medida que aumentaba el contenido de GO y disminuyeron a medida que aumentaba el tiempo de mezcla. El óxido de grafeno es el relleno prometedor para un mayor desarrollo de bioplásticos a base de almidón de yuca (Amri et al., 2018, p.1).

1.5.3.9. Fundamentos para la caracterización del material plástico biodegradable

En Ecuador se encuentran bases para la caracterización de materiales plásticos biodegradable o compostables es la norma técnica NTE INEN 2643:2012, por cuestiones prácticas solo se hará mención a la normativa, en lugar de colocarla en este trabajo.

También se puede tomar como referencia a las normativas internacionales como:

- **ISO** (International Organization for Standardization),
- **CEN** (European Committee for Standardization)
- **ASTM** (American Society for Testing and Materials).

Y es que las normativas internacionales proveen de información que puede ser pasada por alto por los investigadores, ya que en muchos casos resulta que se logra el diseño del producto deseado, pero no cumple con los lineamientos que la norma sugiere, el bioplástico busca remplazar al tradicional, ya que existe un mercado para el uso del material, pero se debe cumplir con los parámetros para poder ser confiable para el usuario (Karan et al., 2019, p. 2).

2.1 Bases conceptuales

Almidón: sustancia química orgánica granular blanca que producen todas las plantas verdes. El almidón es un polvo suave, blanco e insípido que es insoluble en agua fría, alcohol u otros solventes. La fórmula química básica de la molécula de almidón es $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Kringel, et al., 2020, p.2).

Bioplástico: Material plástico moldeable formado por compuestos químicos derivados o sintetizados por microbios como bacterias o por plantas modificadas genéticamente. A diferencia de los plásticos tradicionales, que se derivan del petróleo, los bioplásticos se obtienen a partir de recursos renovables y algunos bioplásticos son biodegradables (Bátori et al., 2018, p. 1).

Contaminación: La adición de cualquier sustancia (sólida, líquida o gaseosa) o cualquier forma de energía (como calor, sonido o radiactividad) al medio ambiente a un ritmo más rápido de lo que se puede dispersar, diluir, descomponer, reciclar o almacenar en alguna forma inofensiva. Los principales tipos de contaminación, generalmente clasificados por medio ambiente, son la contaminación del aire, la contaminación del agua y la contaminación de la tierra (Cole et al., 2011, p. 1).

Residuo: Un residuo es todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar según los tipos de residuo. En este entendido, se supone, por lo tanto, que el residuo carece de valor económico.

Residuo Sólido: Constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo.

Residuo orgánico: Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario.

Materia prima: Una materia prima es todo bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo.

Plastificante: Un plastificante es una sustancia que cuando se añade a un material, normalmente a un plástico, da como resultado un producto flexible, resistente y más fácil de manejar.

Glicerol: glicerol, un líquido transparente, incoloro, viscoso y de sabor dulce que pertenece a la familia de los compuestos orgánicos de los alcoholes; fórmula molecular $\text{HOCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$.

Óxido de grafeno: es la forma oxidada del grafeno. Es un material de una sola capa atómica que se forma mediante la oxidación del grafito, que es barato y fácilmente disponible. El óxido de grafeno es fácil de procesar ya que se puede dispersar en agua y otros disolventes. Debido al oxígeno en su red, el óxido de grafeno no es conductor, pero puede reducirse a grafeno mediante métodos químicos.

Tubérculo: Un tallo corto, carnoso, generalmente subterráneo, con diminutas hojas, cada una de las cuales tiene un brote en su axila y es potencialmente capaz de producir una nueva planta.

Biodegradabilidad: Capaz de descomponerse especialmente en productos inocuos por la acción de seres vivos (como microorganismos).

Humedad: humedad, la cantidad de vapor de agua en el aire. Es la característica más variable de la atmósfera y constituye un factor importante en el clima y el tiempo. Conocida también como la cantidad de agua presente en un objeto o ser vivo.

Ceniza: el residuo sólido que queda cuando el material combustible se quema completamente o se oxida por medios químicos.

Solubilidad: grado en el que una sustancia se disuelve en un solvente para formar una solución (generalmente expresada como gramos de soluto por litro de solvente).

pH: Medida cuantitativa de la acidez o basicidad de soluciones acuosas u otras soluciones líquidas. El término, ampliamente utilizado en química, biología y agronomía, traduce los valores de la concentración del ion hidrógeno, que normalmente oscila entre aproximadamente 1 y 10⁻¹⁴ equivalentes gramo por litro, en números entre 0 y 14.

Fibra: un vacío de células vegetales de paredes gruesas alargadas y ahusadas en la madurez que imparte elasticidad, flexibilidad y resistencia a la tracción.

Proteína: Sustancia de gran complejidad que se encuentra presente en todos los organismos vivos. Las proteínas tienen un gran valor nutricional y están directamente involucradas en los procesos químicos esenciales para la vida.

Viscosidad: Resistencia de un fluido (líquido o gas) a un cambio de forma o movimiento de partes vecinas entre sí. La viscosidad denota oposición al flujo. El recíproco de la viscosidad se llama fluidez, una medida de la facilidad de flujo.

Temperatura de gelatinización: medida que indica que una sustancia a alcanzado el punto óptimo del proceso de conversión de una sustancia gelatinosa o gelatina.

Amilosa: un componente del almidón que se caracteriza por sus cadenas lineales de unidades de glucosa.

Amilopectina: un componente de almidón que tiene un peso molecular alto y una estructura ramificada y no tiende a gelificarse en soluciones acuosas.

Hongos: organismos eucariotas típicamente filamentosos productores de esporas saprofitas y parásitas, anteriormente clasificados como plantas que carecen de clorofila e incluyen mohos, royas, mildiúes, tintes, hongos y levaduras.

Levaduras y mohos: organismos eucariotas típicamente filamentosos productores de esporas saprofitas y parásitas, anteriormente clasificados como plantas que carecen de clorofila e incluyen mohos, royas, mildiúes, tintes, hongos y levaduras

Coliformes totales: Son bacterias gramnegativas en forma de bastoncillo (como E. coli) normalmente presentes en el intestino

Elasticidad (Mpa): la capacidad de un cuerpo tenso para recuperar su tamaño y forma después de la deformación.

Carga de fluencia (N): Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica.

Esfuerzo de fluencia (MPa): El límite de fluencia R_e es un valor característico del material que se determina a través del ensayo de tracción.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

- Por el método de investigación: mixto

La presente investigación tiene un enfoque mixto, en otras palabras, es cualitativo debido a que se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos del material plástico biodegradable obtenido para determinar su calidad; y a su vez es cuantitativo ya que los análisis realizados brindan datos numéricos.

- Por el objetivo de investigación: aplicada

Según el objetivo de la presente investigación es aplicada debido a que se solucionará problemas delimitados como la acumulación de plástico en el ambiente, el desperdicio de residuos agrícolas; y además problemas prácticos de la sociedad como la valorización de residuos, a través de investigaciones teóricas previas.

- Por el nivel de profundización en el objeto de estudio: exploratoria

Las investigaciones de carácter exploratorio son aquellas que procuran dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada situación, la cual es el tiempo de degradación del plástico convencional, a través de la presente investigación se pretende elaborar un plástico biodegradable a partir de residuos de melloco y malanga para reducir relativamente el tiempo de degradación, y por ende el impacto en el ambiente.

- Por la manipulación de variables: experimental

La investigación es de carácter experimental ya que se realizó en laboratorio tanto la obtención de almidón como las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y mecánicas del material plástico biodegradable obtenido.

- Por el tipo de inferencia: deductiva

Es deductiva debido a que se usó principios generales para lograr alcanzar una conclusión específica, se conoce que los tubérculos usados en la presente investigación poseen un alto porcentaje de almidón el cual, al combinarse con agua, glicerol y ácido acético producirá plástico, se parte de este principio para sustituir el ácido acético por óxido de grafeno y así mejorar las propiedades físicas del material plástico obtenido.

- Por el periodo temporal: longitudinal

Una investigación longitudinal, es en la cual el investigador lleva a cabo un estudio manipulando diferentes variables a lo largo de un ciclo de tiempo y compila datos basados en estos estudios,

para la determinación de la calidad tanto del almidón extraído como del material plástico obtenido, se usó diferentes variables que se analizaron durante seis meses.

2.2. Diseño del estudio

El diseño de estudio de la presente investigación consta de un diseño factorial con dos factores los cuales son velocidad (6800 y 20000 RPM) y tiempo (5 y 25 s) para el proceso de extracción de almidón, y en cuanto a la obtención del material plástico biodegradable el diseño experimental es totalmente al azar, para la verificación de la tendencia positiva o negativa que presente el material obtenido.

2.3. Población de estudio

En la presente investigación se consideró como población de estudio al Melloco obtenido del mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba y a la Malanga obtenida del mercado municipal de Santo Domingo de los Colorados.

2.4. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra en la obtención de material plástico biodegradable, corresponde a 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, es decir se obtendrá un total de 24 unidades experimentales.

2.5. Selección de la muestra

La selección de la muestra empleada en la presente investigación es de tipo no probabilístico, debido a que la cantidad de almidón en gramos que se obtuvo de los residuos, tanto de melloco como de malanga, dependió exclusivamente del proceso de extracción.

La selección de muestra para la obtención de almidón consistió para el melloco, en escoger el producto más defectuoso, es decir, no apto para consumo; para la malanga en cambio se utilizó el residuo (cáscara).

2.6. Localización del estudio

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la panamericana Sur km $1\frac{1}{2}$ vía Guayaquil, en la ciudad de Riobamba, la cual presenta las siguientes características geográficas y meteorológicas:

- **Coordenadas geográficas:** 17 M X: 758313 Y: 9816729
- **Superficie:** 97800 hectáreas
- **Altitud:** 2756 m.s.n.m
- **Temperatura promedio:** Durante el lapso del año la temperatura en la ciudad varía de 8°C a 19°C, estas temperaturas inusualmente descienden a menos de 5°C o ascienden a más de 22°C.
- **Precipitación promedio:** 1462 mm

2.7. Etapas de la investigación experimental

En la presente investigación en la fase de laboratorio se siguieron las etapas detalladas en el gráfico 11-2.

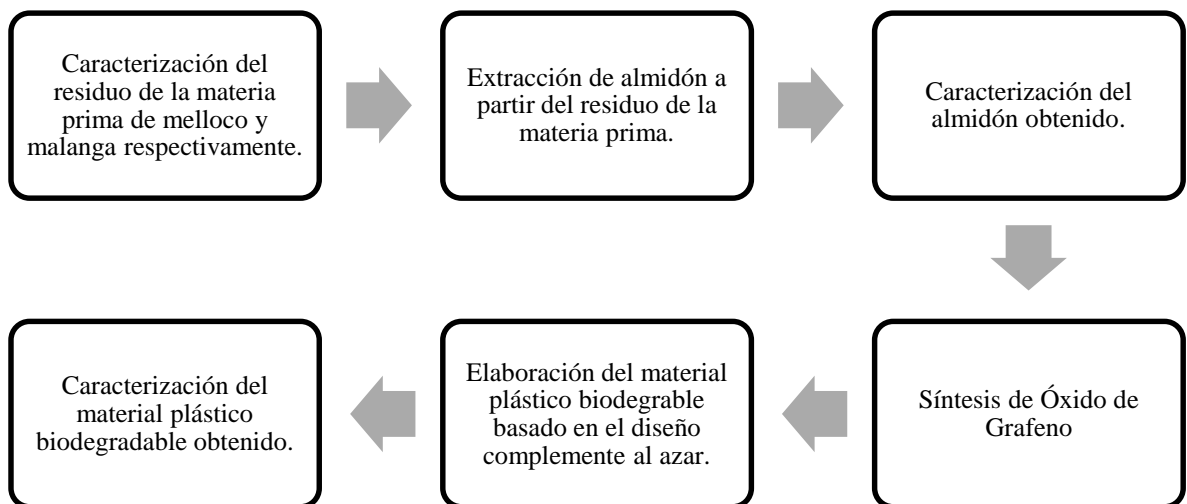


Gráfico 11-2: Etapas de la investigación experimental

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.1. Caracterización de la materia prima

Para la caracterización del residuo tanto de melloco como de malanga se procedió a realizar las siguientes pruebas en laboratorio:

Tabla 6-2: Caracterización de la materia prima

Análisis	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
Humedad (%)	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Crisoles Estufa Desecador con un agente de secado 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante 24 horas en una estufa a 80 °C (P1). Pesar en el crisol vacío y 5 g de la muestra de almidón (P2) Colocar el crisol con la muestra de almidón en la estufa a 150 °C durante 24 horas. Enfriar los crisoles hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3). Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca. 	$\% \text{ materia seca} = \frac{100 \times (P3 - P1)}{(P2 - P1)}$	El contenido de materia seca de los almidones debe estar entre 87-90 por ciento.	Técnica usada (ICONTEC, 2002)
Ceniza (%)	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01g Crisoles de porcelana Desecador Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar aproximadamente 1.0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. 	$\% \text{ ceniza} = \frac{\text{Peso de las cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$	En general, el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0,12 por ciento	Técnica usada (AOAC, 2000)

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.2. Extracción de almidón

Para la extracción de almidón se siguió el método definido por Melian (2010), el cual se basó en Aristizábal y Sánchez (2007), el proceso se detalla a continuación:

- **Selección de la materia prima:** Para la extracción de almidón se utilizó el residuo de melloco y malanga respectivamente. En el caso de la malanga se utilizó la cáscara, en cambio, con el melloco se realizó un análisis de calidad donde se escogió el producto menos apto para el consumo, esto debido a que el melloco normalmente se consume con cáscara.
- **Lavado:** En esta etapa se pretende eliminar impurezas en los residuos escogidos generalmente tierra.
- **Secado y pesado:** En esta etapa se deben secar los residuos para seguidamente pesarlos en la balanza analítica hasta llegar 3200 g de melloco y 3200 g de malanga.
- **Licuido:** A través de la licuadora de tipo doméstico se trituró los residuos de melloco y malanga respectivamente adicionando agua.
- **Filtrado:** En esta etapa se filtra a través de un cernidor plástico la mezcla obtenida después de licuar el residuo con agua.
- **Decantado:** Se coloca la mezcla en un vaso plástico de 500 mL durante 24 horas hasta que por decantación natural el almidón se deposite al fondo del recipiente, después se elimina el sobrenadante.
- **Secado:** En esta etapa se procede a secar el almidón decantado en el paso anterior mediante una estufa a 50° durante 24 horas.
- **Acondicionamiento:** Finalmente en esta etapa se procede a moler el almidón hasta obtener un polvo homogéneo que se tamizará a través de un tamiz de 290 para eliminar impurezas, después se empaqueta en fundas ziploc, debidamente etiquetadas, en un lugar fresco.

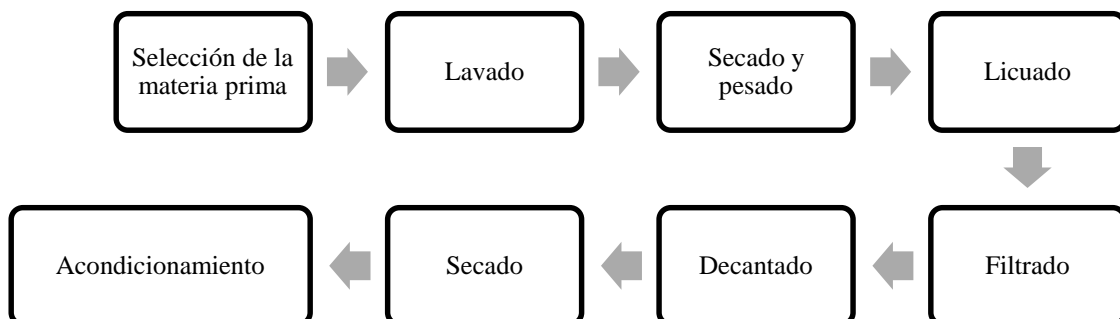


Gráfico 12-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.2.1. Diseño factorial 2k para la extracción de almidón

En la presente investigación se aplicó un diseño factorial 2k, el cual consistió en 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, en total se obtuvieron 16 unidades experimentales.

A partir del tratamiento con mejor rendimiento se obtuvo la mayor cantidad de almidón necesaria para la realización de las láminas de plástico biodegradable.

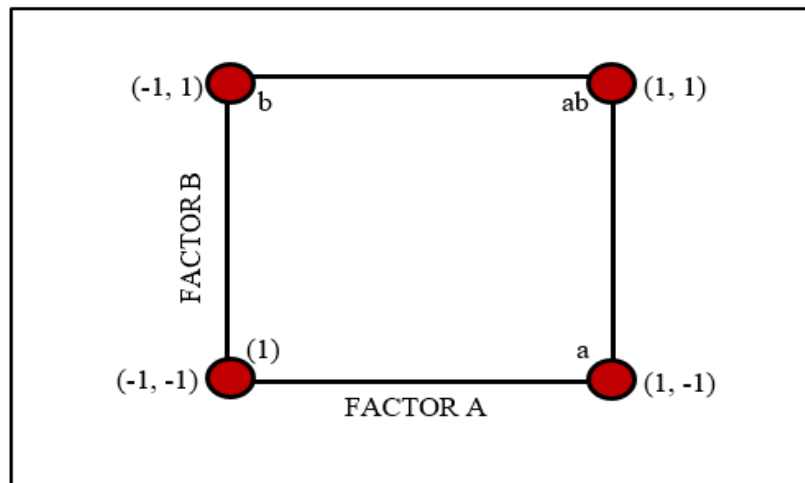


Figura 13-2: Representación gráfica del diseño factorial 2k

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.3. Caracterización de almidón

Para la caracterización del almidón obtenido se realizaron una serie de pruebas en laboratorio, basadas en la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO, en 2007. A continuación, se detalla cada una de ellas:

Tabla 7-2: Caracterización del almidón

Análisis	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
Determinación del color	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón patrón • Hojas de papel blancas y limpias • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una cantidad suficiente de almidón con una espátula sobre una hoja de papel blanco. • Formar un rectángulo • Formar un rectángulo igual con un almidón patrón. • Igualar la superficie superior. • Comparar la muestra de almidón y el almidón patrón visualmente, utilizando una luz neutral sin reflejos directos y sin sombra. 	<p>Determinación cualitativa El color es un indicativo del grado de la calidad, contaminación o de infestación del almidón</p>	El almidón debe tener un color blanco	Técnica usada (Grace, 1977)
Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño con calentamiento constante • Centrífuga • Tubos de centrífuga plásticos de 50 mL • Vasos de precipitado de vidrio de 50 mL • Horno con temperatura constante • Pipeta volumétrica de 10 mL • Pipeteador de 30 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C. Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar. • Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 3000 RPM durante 60 minutos. • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen. • Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL • Secar el sobrenadante a 70 °C. • Pesar el tubo de centrifuga con el gel. • Pesar el vaso de precipitados con los insolubles. 	$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}}$	Almidones de buena calidad, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento.	Técnica usada (Anderson et al., 1969)
pH	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Medidor de pH (rango de 0 a 14) • Soluciones tampón de pH 4 y 7 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4 y pH 7 • Mezclar en un tubo falcon 20 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada 	El valor de pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una muestra	El valor del pH en un almidón nativo debe	Técnica usada (ISI, 1999)

	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos falcon • Agua destilada 	<p>(previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centrifugar durante 10 minutos a 3000 RPM • Medir el pH en el sobrenadante de los tubos 		estar entre 6.0-6.5.	
Viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Viscosímetro • Aguja para el Brookfield N° 21 • Baño de agua con temperatura constante • Vaso de precipitado de vidrio de 600 mL • Termómetro • Baño maría 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL. • Llevarlo a baño maría hasta llegar a la temperatura de gelatinización • Enfriar el gel hasta 25 °C • Medir la viscosidad a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM. 	Reportar la viscosidad sin decimales en centipoises (cP).	En general el valor de la viscosidad en los geles a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM, varía entre 840 -1 500 cP.	Técnica usada (ISI, 2002)
Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño maría • Vasos de precipitado de vidrio de y 250 mL • Pinzas de acero inoxidable • Termómetro con escala de 0-100 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 mL. • Calentar el baño maría y verificar que su temperatura llegue a los 85 °C. • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C. • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. • Leer la temperatura de gelatinización. 	La temperatura de gelatinización se lee directamente en el termómetro	El valor de la temperatura de gelatinización en almidones varía entre 57.5- 70 °C.	Técnica usada (Grace, 1977)

Fibra	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo Dosi-Fiber • Balanza analítica • Trompa o bomba de vacío • Kitasato • Crisoles porosos • Horno de mufla de 500°C • Estufa 150°C • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1 g de muestra (W₀) en un crisol. Introducir los crisoles en el Dosi-Fiber • Asegurarse de que las válvulas están en la posición “cerrado” y añadir de 100 mL de H₂SO₄ caliente en cada columna y unas gotas de anti-espumante. • Abrir el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras. • Parar la calefacción. Abrir el circuito de vacío y poner los mandos de las válvulas en posición “absorción”. Lavar con agua destilada y filtrar. Repetir este proceso 3 veces. • Poner las muestras a secar en la estufa a 150°C durante 1 h. • Dejar enfriar en el desecador y pesar (W₁). • Incinerar las muestras de los crisoles en el horno de mufla a 500°C durante un mínimo de 3h. • Dejar enfriar en el desecador y pesar los crisoles. La cantidad pesada es W₂. 	$\%Fibra\ Bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100$	Un almidón de buena calidad no debe exceder 0,3 por ciento de fibra.	Método de Weede, 2009.
Amilosa	El análisis de amilosa fue realizado en el Laboratorio De Servicio De Análisis E Investigación En Alimentos Del Departamento De Nutrición Y Calidad En El Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).				
Amilopectina	-	-	$Amilopectina = 100\% - amilosa$	U. FLORIDA 1970 MO-LSAIA-01.01	
Hongos	Los análisis de estos parámetros se realizaron en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos SAQMIC®.				
Levaduras y mohos					
Coliformes totales					
Espectrofotometría Infrarroja	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro infrarrojo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca la muestra del almidón obtenido • Procede tomar los datos del monitor. 	El cálculo se emite de acuerdo con las curvas presentadas en el gráfico resultante y se interpreta según Shurvell, 2002.	Método Directo	

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.4. Síntesis de óxido de grafeno

Se realizó la síntesis de óxido de grafeno para posteriormente añadir la solución en la preparación del material plástico biodegradable con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas, el procedimiento seguido se detalla a continuación:



Figura 14-2: Síntesis de óxido de grafeno

Fuente: CienciAcierta UAdeC.

- Armar el sistema
- Colocar en un balón de aforo 70 mL de ácido sulfúrico H_2SO_4
- Pesar 3 g de polvo de grafito y colocar lentamente con constante agitación en un baño de hielo.
- Pesar 9 g de permanganato de potasio y durante 30 minutos adicionar lentamente el reactivo para evitar una reacción violenta.
- Retirar el baño de hielo y colocar en un baño de aceite durante 10 minutos, calentado previamente a $90\text{ }^\circ\text{C}$.
- Medir 150 mL de agua destilada y añadir gota a gota verificando que la temperatura de la solución no pase de $60\text{ }^\circ\text{C}$
- La solución debe tener una coloración marrón oscuro, después añadir 500 mL de agua destilada y continuar con la agitación.
- Adicionar lentamente 15 mL de peróxido de hidrógeno al 30% cambiando el color de la solución de marrón oscuro a amarillento, y dejar en agitación durante 10 minutos adicionales.
- Colocar la solución en tubos falcon de 50 ml y llevarlos a centrifugación (15 min a 3000 rpm).
- Retirar de los tubos la parte acuosa y juntarlos en frascos de residuos
- El precipitado debe ser lavado 15 minutos a 3000 rpm con solución de HCl al 10% de 3 a 4 veces, segundo se realizan los lavados 60 min a 3500 rpm con agua destilada.
- Secar el sólido para obtener el polvo de óxido de grafeno a $80\text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas y nos dará

como resultado una lámina de óxido de grafeno.

m) Anotar el peso seco y guardar en un frasco de vidrio.

2.7.4.1. Espectrofotometría infrarroja

Para el análisis se utilizó el espectrofotómetro infrarrojo, siguiendo estos pasos:

- a) Colocar la muestra del óxido de grafeno obtenido en el equipo.
- b) Esperar unos segundos y proceder a tomar los datos del monitor.

2.7.5. Obtención del material plástico biodegradable

Para la elaboración del material plástico biodegradable se siguió el procedimiento descrito en Charro (2015), sin embargo, en la presente investigación se adicionó Óxido de Grafeno en sustitución del ácido acético, a continuación, se detallan los pasos seguidos:

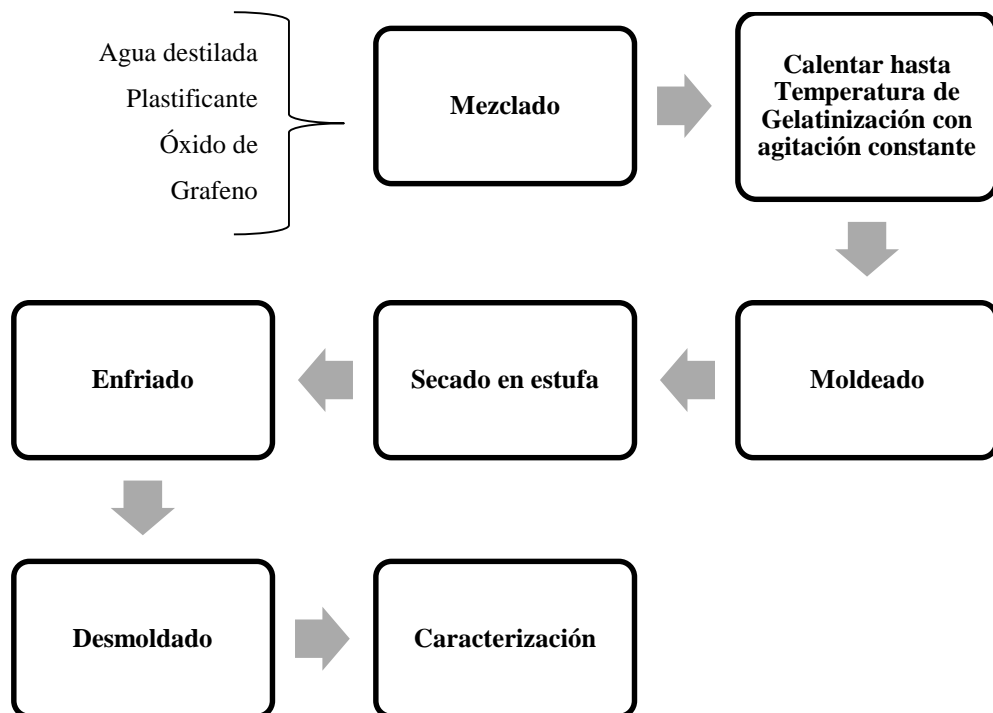


Gráfico 13-2: Diagrama de procedimiento obtención de bioplástico.

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

- a) Preparar una solución de agua destilada y almidón en un vaso de precipitación.
- b) Después se coloca la solución sobre un reverbero.
- c) Se debe agitar la solución de constantemente y de forma moderada hasta alcanzar su temperatura de gelatinización.

- d) Agregar el glicerol y el óxido de grafeno, agitar hasta homogenizar la mezcla y dejar enfriar.
- e) Verter la mezcla sobre un molde de acrílico, esperar un tiempo determinado hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas.

2.7.6. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable

Para caracterizar el bioplástico se ha considerado la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2635:2012 MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS, esta norma describe el método de ensayo para determinar las propiedades de tracción de los plásticos en forma de láminas delgadas y películas (menos de 1,0 mm de espesor).

Tabla 8-2: Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable

Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
Espesor, longitud y ancho	<ul style="list-style-type: none"> • Micrómetro digital 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el calibrador digital se toma las medidas de extremo a extremo considerando el largo, ancho y espesor de la probeta 	El calibrador consta de un cuerpo con un tope fijo y otro móvil provisto de una cabeza micrométrica y el resultado es en milímetros	Método Directo
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza térmica • Bioplástico de melloco y malanga 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tarar la balanza • Tomar una muestra del material plástico de 2x2 • Posteriormente se agrega la muestra a la balanza alrededor de 10 a 20 minutos, dependiendo de la humedad de la muestra • Anotar el resultado 	La medición es directa se toma el valor de la humedad en porcentaje	Método directo
Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 100 mL • Probeta • Papel filtro • Balanza analítica • Shaker 	<ul style="list-style-type: none"> • Las muestras para analizar deben estar previamente secadas. • Se coloca dichas muestras en un vaso de 100 mL con 80 mL de agua destilada. • Las muestras deben ser agitadas con ayuda de un shaker a condición de 100 rpm por una hora • Se procede a filtrar haciendo uso de papel filtro y posteriormente se lleva a la estufa a una temperatura de 40 °C. Al perder la mayor cantidad de agua se procede al pesado del mismo 	<p>Para determinar la solubilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula:</p> $\% = \frac{mi - mf}{mi} \times 100$ <p>Siendo: mi= masa inicial seco del plástico (g) mf= masa final seco del plástico (g)</p>	El método se basa de la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO

<p align="center">Permeabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo • Gradilla • Balanza analítica • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Acoplar el ambiente en un desecador • En un tubo de ensayo llenar las ¾ partes con sílice activo y sellar con el material plástico biodegradable • Pesar los tubos de ensayo con la muestra y el sílice • Colocarlos con ayuda de una gradilla en el desecador, mismo que debe contener una solución sobresaturada de NaCl. • Pesar cada hora hasta completar 6 repeticiones. 	<p>Para determinar la permeabilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula:</p> $WVP = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)}$ <p>P2= peso final P1= peso inicial</p>	<p>ASTM D1653-93:</p> <p>Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p>
<p align="center">Pruebas mecánicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina Universal 	<ul style="list-style-type: none"> • Se introduce la probeta en el equipo, sujetándola de ambos extremos. • Se introduce la Norma INEN 2635 y se deja correr el programa • Se toma los datos generados en el equipo. 	<p>El cálculo se genera de acuerdo con la carga máxima (N), desplazamiento máximo (mm), esfuerzo máximo (MPa), deformación máxima (%), rotura de carga (N).</p>	<p>Método Directo</p>
<p align="center">Espectrofotometría Infrarroja</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro infrarrojo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca la muestra del material obtenido en el equipo, aproximadamente un cuadrado de 0.5x0.5mm. • Esperar unos segundos y proceder a tomar los datos del monitor. 	<p>El cálculo se emite de acuerdo con las curvas presentadas en el gráfico resultante y se interpreta según Shurvell, 2002.</p>	<p>Método Directo</p>

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

2.7.6.1. Diseño completamente al azar (DCA)

Se utilizó el diseño completamente al azar para elegir el mejor tratamiento en la elaboración del material plástico biodegradable con adición de Óxido de Grafeno; es necesario este diseño puesto que las unidades experimentales en la presente investigación son homogéneas, la única diferencia que existe entre ellas es el tratamiento utilizado. A continuación, se detalla los tratamientos utilizados.

Tabla 9-2: Prueba de ANOVA (DCA)

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fc	Ft
Tratamientos	SC_{TRAT}	K-1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K-1}$	$Fc = Fo = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	=DISTR.F.INV (probabilidad; grados de libertad 1; grados de libertad 2)
Error	SC_E	N-K	$CM_E = \frac{SC_E}{N-K}$		
Total	SC_T	N-1			

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Criterio:

$$F_c < F_\alpha; \text{ Acepta la } H_0.$$

2.7.7. Biodegradabilidad

En cuanto al análisis de biodegradabilidad se realizó el siguiente procedimiento:

- Adecuar las cajas Petri con agua, suelo y aire
- En cada una de las cajas Petri agregar un cuadrado de 2x2 cm del material plástico biodegradable
- Llevar un registro fotográfico cada 3 días
- Mediante el programa Imagen J determinar el área que se va reduciendo en el tiempo establecido
- Tomar los datos del programa

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos experimentales

3.1.1. Datos caracterización materia prima

La caracterización de la materia prima de melloco y malanga se realizó tomando en cuenta el peso, longitud, diámetro, color, olor, sabor, textura, humedad y ceniza explicados en las siguientes tablas:

Tabla 10-3: Caracterización residuo de melloco y malanga

Producto	Características		
	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Melloco	9.23	40.400	19.4
	8.21	42,400	17.0
	7.97	39.300	18.4
	6.25	36.400	16.2
	5.67	46.900	13.4
	7.464	40.750	16.880
Malanga	20.30	151.30	46.90
	24.32	149.10	56.50
	23.42	161.90	50.90
	20.33	154.40	44.40
	22.89	156.20	49.60
	22.25	154.580	49.660

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 11-3: Características de la materia prima

Producto	Características				
	Color	Olor	Sabor	Textura i	Textura e
Melloco	Rosado	Inoloro	Dulce	Duro	Suave
Malanga	Café oscuro	Inoloro	Amargo	Duro	Duro

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 12-3: Pruebas humedad-ceniza

Pruebas	Datos	Mellico	Malanga
Humedad	Peso inicial de Crisol (g)	34,380	35,822
	Peso de Muestra (g)	5,067	5,038
	Peso final de Crisol (g)	35,221	36,177
Ceniza	Peso inicial de Crisol (g)	34,380	35,822
	Peso de Muestra (g)	5,067	5,038
	Peso final de Crisol (g)	35,221	36,177
	Peso final después de la mufla (g)	34,397	35,910

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

3.1.2. Datos extracción de almidón diseño factorial 2k

Tabla 13-3: Datos de extracción de alimón factorial 2k

Tratamiento	Variables	Cantidad de almidón de Mellico (g)	Variables	Cantidad de almidón de Malanga (g)
A	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 3 	4.82825	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 15 	15.78375
B	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 5 	5.7655	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 30 	11.60975
C	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 3 	6.165	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 68000 • Tiempo (s): 15 	18.32475
D	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM):20000 • Tiempo (s): 5 	7.09425	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM):20000 • Tiempo (s): 30 	12.811

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

3.1.3. Datos caracterización de almidón

Para la caracterización de almidón se realizaron las siguientes pruebas, cuyos datos experimentales se detallan a continuación:

Tabla 14-3: Solubilidad melloco

Producto	Repeticiones	Vasos peso inicial (g)	Vasos peso final (g)	Tubos peso inicial (g)	Tubos peso fina (g)	Volumen de los tubos (mL)
Melloco	R1	30.340	30.3346	12.684	20.184	18
	R2	35.046	35.054	12.907	21.683	22
	R3	36.220	36.224	12.521	20.891	22

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 15-3: Solubilidad malanga

Producto	Repeticiones	Vasos peso inicial (g)	Vasos peso final (g)	Tubos peso inicial (g)	Tubos peso fina (g)	Volumen de los tubos (mL)
Malanga	R1	20.134	20.139	12.890	18.270	24
	R2	28.784	28.788	12.680	19.202	24
	R3	31.450	31.465	12.819	18.193	24

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 16-3: Fibra melloco

Producto	Repeticiones	Peso Inicial W ₀ (g)	Peso final W ₁ (g)	Peso final (mufla) W ₂ (g)
Melloco	R1	30.237	30.220	30.151
	R2	30.222	30.193	30.117
	R3	31.002	30.995	30.887

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 17-3: Fibra malanga

Producto	Repeticiones	Peso Inicial W ₀ (g)	Peso final W ₁ (g)	Peso final (mufla) W ₂ (g)
Malanga	R1	33.181	33.170	33,087
	R2	32.922	32.899	32,918
	R3	32.889	32.794	32,823

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 18-3: pH melloco

Producto	Repeticiones	pH
Melloco	R1	6.28
	R2	6.29
	R3	6.78

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 19-3: pH malanga

Producto	Repeticiones	pH
Malanga	R1	6.35
	R2	6.72
	R3	6.85

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 20-3: Viscosidad melloco

Producto	Repeticiones	Viscosidad (mPa*s)
Melloco	R1	1491.00
	R2	1425.00
	R3	1424.00

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 21-3: Viscosidad malanga

Producto	Repeticiones	Viscosidad (mPa*s)
Malanga	R1	1424.00
	R2	1425.00
	R3	1424.00

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 22-3: Temperatura de gelatinización melloco

Producto	Repeticiones	Temperatura de gelatinización (°C)
Melloco	R1	60
	R2	62
	R3	58

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 23-3: Temperatura de gelatinización malanga

Producto	Repeticiones	Temperatura de gelatinización (°C)
Malanga	R1	59
	R2	59
	R3	59

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

3.1.4. Datos para la obtención del material plástico biodegradable

Para la elaboración del material plástico se utilizó la combinación de aditivos siguiente:

Tabla 24-3: Datos para obtener el material plástico biodegradable melloco

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Tratamientos	Óxido de grafeno (mL)
Melloco	40	2	1	T1	0.5
				T2	1
				T3	1.5
				T4	2
				T5	2.5
				T6	3

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

En el caso de la malanga se utilizó la misma combinación de aditivos y se varió únicamente el volumen de óxido de grafeno para el tratamiento correspondiente.

Tabla 25-3: Datos para obtener el material plástico biodegradable malanga

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Tratamientos	Óxido de grafeno (mL)
Malanga	40	2	1	T1	0.5
				T2	1
				T3	1.5
				T4	2
				T5	2.5
				T6	3

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

3.1.5. Datos de la caracterización de las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable

Para el análisis de las propiedades físico- mecánicas del material obtenido, se recopilaron los siguientes datos:

Tabla 26-3: Espesor, longitud y ancho (mellico)

Producto	Tratamiento	Espesor (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Mellico	T1	1.00	16.4	37.875
	T2	1.00	16.475	38.875
	T3	1.00	16.7	38.825
	T4	1.00	16.675	37.525
	T5	1.00	16.925	38.375
	T6	1.00	17.175	37.65

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 27-3: Espesor, longitud y ancho (malanga)

Producto	Tratamiento	Espesor (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Malanga	T1	1.00	16.7	37.6
	T2	1.00	16.625	37.7
	T3	1.00	16.525	37.825
	T4	1.00	17	38.125
	T5	1.00	17.05	38.25
	T6	1.00	17.275	38.05

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 28-3: Humedad melloco

Producto	Tratamientos	Humedad (%)
Melloco	T1	23.664
	T2	24.627
	T3	25.551
	T4	24.490
	T5	23.013
	T6	23.304

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 29-3: Humedad malanga

Producto	Tratamientos	Humedad (%)
Malanga	T1	23.950
	T2	21.212
	T3	24.223
	T4	28.571
	T5	22.525
	T6	27.217

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 30-3: Solubilidad melloco

Producto	Tratamientos	Peso del bioplástico inicial (g)	Peso del bioplástico final (g)
Melloco	T1	0.1156	0.1100
	T2	0.1176	0.1145
	T3	0.1913	0.1354
	T4	0.1549	0.1261
	T5	0.2313	0.2082
	T6	0.1014	0.0942

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 31-3: Solubilidad malanga

Producto	Tratamientos	Peso del bioplástico inicial	Peso del bioplástico final
Malanga	T1	0.1328	0.061
	T2	0.2017	0.185
	T3	0.1973	0.138
	T4	0.2175	0.168
	T5	0.3484	0.338
	T6	0.1296	0.101

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 32-3: Permeabilidad melloco

Melloco	T1	H1	31.7235	T4	H1	32.2085
		H2	31.7301		H2	32.1144
		H3	31.7330		H3	32.1172
		H4	31.7361		H4	32.1199
		H5	31.7386		H5	32.1222
		H6	31.7396		H6	32.1233
	T2	H1	32.5792	T5	H1	32.7277
		H2	32.5856		H2	32.7341
		H3	32.5880		H3	32.7362
		H4	32.5914		H4	32.7390
		H5	32.5937		H5	32.7412
		H6	32.5950		H6	32.7424
	T3	H1	31.3822	T6	H1	31.4292
		H2	31.3883		H2	31.4349
		H3	31.3912		H3	31.4372
		H4	31.3940		H4	31.4400
		H5	31.3963		H5	31.4423
		H6	31.3978		H6	31.4437

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 33-3: Permeabilidad malanga

Malanga	T1	H1	32.5729	T4	H1	32.1215
		H2	32.5783		H2	32.1275
		H3	32.5869		H3	32.1302
		H4	32.5838		H4	32.1333
		H5	32.5863		H5	32.1359
		H6	32.5873		H6	32.1369
	T2	H1	32.9407	T5	H1	31.8274
		H2	32.9459		H2	31.8334
		H3	32.9491		H3	31.8361
		H4	32.9521		H4	31.839
		H5	32.9546		H5	31.8417
		H6	32.956		H6	31.8425
	T3	H1	31.9844	T6	H1	31.5677
		H2	31.9906		H2	31.5727
		H3	31.9933		H3	31.5747
		H4	31.9962		H4	31.5775
		H5	31.9987		H5	31.5799
		H6	31.9996		H6	31.5812

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 34-3: Pruebas mecánicas melloco

Producto	Tratamiento	Carga máxima (n)	Desplazamiento máximo(mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura Carga (n)
Melloco	T1	1.7165	3.75375	0.215	10.01175	0.26
	T2	3.03825	6.986	1.4675	17.9925	0.99275
	T3	2.17075	6.67825	1.29925	17.392	0.69825
	T4	3.392	8.336	2.03025	22.35125	1.282
	T5	1.5075	7.3825	0.88925	18.5136667	0.48
	T6	1.39575	10.49075	0.808	27.85375	0.6245

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 35-3: Pruebas mecánicas malanga

Producto	Tratamiento	Carga máxima (n)	Desplazamiento máximo(mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura Carga (n)
Melloco	T1	2.56025	5.2315	1.5265	13.90775	0.69825
	T2	1.96275	6.5135	1.193	17.266	0.651
	T3	1.40525	4.0425	0.85575	10.666	0.4245
	T4	3.66275	8.1795	2.15825	21.4115	1.437
	T5	2.7795	9.3995	1.58475	24.59725	1.54775
	T6	0.67025	5.9235	0.3745	15.63675	0.17275

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos para la caracterización de materia prima

3.2.1.1. Humedad

Malanga

$$\% \text{ materia seca} = \frac{100 \times (P3 - P1)}{(P2 - P1)} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% \text{ materia seca} = \frac{100 \times (33.602 - 32.973)}{(37.973 - 32.973)}$$

$$\% \text{ materia seca 1} = 12.58 \%$$

Promedio de las muestras

$$\% \text{ Promedio} = \frac{\% \text{ materia seca 1} + \% \text{ materia seca 2} + \% \text{ materia seca 3}}{3} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\% \text{ Promedio} = \frac{12.58 \% + 13.5 \% + 13.04 \%}{3}$$

$$\% \text{ Promedio} = 13.04 \%$$

Mellico

$$\% \text{ materia seca} = \frac{100 \times (P3 - P1)}{(P2 - P1)} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\% \text{ materia seca} = \frac{100 \times (33.706 - 32.951)}{(37.951 - 32.951)}$$

$$\% \text{ materia seca 1} = 15.10 \%$$

Promedio de las muestras

$$\% \text{ Promedio} = \frac{\% \text{ materia seca 1} + \% \text{ materia seca 2} + \% \text{ materia seca 3}}{3} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\% \text{ Promedio} = \frac{15.10 \% + 16.54 \% + 16.86 \%}{3}$$

$$\% \text{ Promedio} = 16.17 \%$$

3.2.1.2. Ceniza

Malanga

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de las cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{Cenizas (\%)} = 89.28$$

Promedio de las muestras

$$\% \text{ Promedio} = \frac{\% \text{ cenizas 1} + \% \text{ cenizas 2} + \% \text{ cenizas 3}}{3} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\% \text{ Promedio} = \frac{89.28 \% + 89.34 \% + 87.32 \%}{3}$$

$$\% \text{ Promedio} = 88.65 \%$$

Meloco

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de las cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{32.975}{37.951} \times 100$$

$$\text{Cenizas (\%)} = 86.88$$

Promedio de la muestra

$$\% \text{ Promedio} = \frac{\% \text{ cenizas 1} + \% \text{ cenizas 2} + \% \text{ cenizas 3}}{3} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\% \text{ Promedio} = \frac{86.88 \% + 86.97 \% + 88.10 \%}{3}$$

$$\% \text{ Promedio} = 87.32 \%$$

3.2.2. Cálculos para la caracterización de almidón

3.2.2.1. Determinación de color

Meloco

Al comparar el almidón de meloco con el almidón patrón usando la luz del día se pudo observar un color blanco ligeramente rosado.

Malanga

Al comparar el almidón de malanga con el almidón patrón usando la luz del día se pudo observar un color blanco hueso

3.2.2.2. Solubilidad

Malanga

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{0.005 \times 24 \times 10}{1.25}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = 0.96$$

Promedio de la muestra

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = \frac{ISA1 + ISA2 + ISA3}{3} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = \frac{0.96 + 0.77 + 2.88}{3}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = 1.57$$

Meloco

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{0.006 \times 22 \times 10}{1.25}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = 1.056$$

Promedio de la muestra

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = \frac{ISA1 + ISA2 + ISA3}{3} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = \frac{1.05 + 1.408 + 0.704}{3}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA) Promedio} = 1.054$$

3.2.2.3. pH

pH promedio meloco

$$\text{pH promedio} = \frac{pH_1 + pH_2 + pH_3}{3} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$\text{pH promedio} = \frac{6.28 + 6.29 + 6.78}{3}$$

$$\text{pH promedio} = 6.45$$

pH promedio malanga

$$\text{pH promedio} = \frac{pH_1 + pH_2 + pH_3}{3} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$\text{pH promedio} = 6.64$$

3.2.2.4. Viscosidad

Malanga

$$\mu = 1424 \text{ mPa} \cdot \text{s} \quad a \quad 24.5^\circ \text{C}$$

Meloco

$$\mu = 1491 \text{ mPa} \cdot \text{s} \quad a \quad 24.5^\circ \text{C}$$

3.2.2.5. Temperatura de gelatinización

Temperatura de gelatinización promedio melloco

$$TeG_p = \frac{TeG_1 + TeG_2 + TeG_3}{3} \text{ (Ec. 15)}$$

$$TeG_p = \frac{60 + 62 + 58}{3}$$

$$TeG_p = 60^\circ C$$

Temperatura de gelatinización promedio malanga

$$TeG_p = \frac{TeG_1 + TeG_2 + TeG_3}{3} \text{ (Ec. 16)}$$

$$TeG_p = \frac{59 + 59 + 59}{3}$$

$$TeG_p = 59^\circ C$$

3.2.2.6. Fibra

Melloco

$$\%Fibra Bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100 \text{ (Ec. 17)}$$

$$\%Fibra Bruta = \frac{30.220 - 30.149}{30.237} \times 100$$

$$\%Fibra Bruta = 0.23 \%$$

Malanga

$$\%Fibra Bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100 \text{ (Ec. 18)}$$

$$\%Fibra Bruta = \frac{33.170 - 33.098}{33.181} \times 100$$

$$\%Fibra Bruta = 0.22 \%$$

3.2.2.7. Amilopectina

Melloco

$$Amilopectina = 100\% - amilosa \text{ (Ec. 19)}$$

$$Amilopectina = 100\% - 31.65\%$$

$$Amilopectina = 68.35\%$$

Malanga

$$Amilopectina = 70.28\%$$

3.2.3. Cálculos de las propiedades físico-mecánicas del bioplástico

3.2.3.1. Solubilidad

Meloco

$$\%solubilidad = \frac{mi - mf}{mi} \times 100 \quad (\text{Ec. 21})$$

$$\%solubilidad = \frac{0.1156 - 0.110}{0.1156} \times 100$$

$$\%solubilidad = 4.84\%$$

Solubilidad promedio meloco

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6}{6} \quad (\text{Ec. 22})$$

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{4.844 + 2.636 + 29.221 + 18.593 + 9.987 + 7.101}{6}$$

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{72.382}{6}$$

$$Solubilidad_{promedio} = 12.063\%$$

Malanga

$$\%solubilidad = \frac{mi - mf}{mi} \times 100 \quad (\text{Ec. 23})$$

$$\%solubilidad = \frac{0.2175 - 0.168}{0.2175} \times 100$$

$$\%solubilidad = 22.76\%$$

Solubilidad promedio malanga

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6}{6} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{454.066 + 8.280 + 30.056 + 22.759 + 2.985 + 22.068}{6}$$

$$Solubilidad_{promedio} = \frac{140.213}{6}$$

$$Solubilidad_{promedio} = 23.369$$

3.2.3.2. Permeabilidad

Meloco

$$WVP = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)} \quad (\text{Ec. 25})$$

$$WVP = \frac{(31.7301 - 31.7235) \times 0.1}{6 \times 0.0028 \times (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.000524 \frac{g \text{ mm}}{h \text{ MPa}}$$

Permeabilidad promedio melloco

$$WVP_{promedio} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6} \quad (\text{Ec. 26})$$

$$WVP_{promedio} = \frac{0.00128 + 0.00125 + 0.00124 + 0.00117 + 0.00117 + 0.00115}{6}$$

$$WVP_{promedio} = \frac{0.00726}{6}$$

$$WVP_{promedio} = 0.00121 \frac{g \text{ mm}}{h \text{ MPa}}$$

Malanga

$$WVP = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)} \quad (\text{Ec. 27})$$

$$WVP = \frac{(32.9560 - 32.9407) \times 0.1}{6 \times 0.0028 \times (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.00121 \frac{g \text{ mm}}{h \text{ MPa}}$$

Permeabilidad promedio malanga

$$WVP_{promedio} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6} \quad (\text{Ec. 28})$$

$$WVP_{promedio} = \frac{0.00114 + 0.00121 + 0.00121 + 0.00122 + 0.00120 + 0.00107}{6}$$

$$WVP_{promedio} = \frac{0.00706}{6}$$

$$WVP_{promedio} = 0.00118 \frac{g \text{ mm}}{h \text{ MPa}}$$

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados de la caracterización del residuo de la materia prima

En cuanto a la caracterización de los residuos de melloco y de malanga se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 36-3: Humedad y ceniza (mellico)

Producto	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Mellico	Humedad	%	16.17		FAO
	Ceniza		0.12	≤0,12	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 37-3: Humedad y ceniza (malanga)

Producto	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Malanga	Humedad	%	13.04		FAO
	Ceniza		0.12	≤0,12	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

En general, estos resultados indican la calidad previa de la materia prima utilizada en la presente investigación, la humedad no tiene un valor estándar pues este depende netamente de su contenido de agua, por otra parte, la ceniza nos indica ciertas propiedades del tubérculo, si se obtiene un valor que sobrepase el valor estándar significa que se tiene una procedencia inorgánica en la materia prima, en la caracterización realizada se obtuvo un valor igual al estándar demostrando su origen orgánico.

3.3.2. Resultados de la extracción del almidón del melloco y la malanga

Tabla 38-3: Resultados de extracción del almidón del melloco y malanga

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
			PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO			
				REPETICIONES	PROMEDIO			TOTAL		
Melloco	T1	400	200	R1	4.841	4.82825	19.313	2.421	2.414	6
				R2	4.814			2.407		
				R3	5.231			2.616		
				R4	4.427			2.214		
	T2			R1	4.653	5.7655	23.062	2.327	2.883	6.5
				R2	5.986			2.993		
				R3	6.098			3.049		
				R4	6.325			3.163		
	T3			R1	5.976	6.165	24.66	2.988	3.083	7
				R2	6.275			3.138		
				R3	6.1			3.050		
				R4	6.309			3.155		
	T4			R1	7.461	7.09425	28.377	3.731	3.547	7
				R2	7.447			3.724		
				R3	7.527			3.764		
				R4	5.942			2.971		
Malanga	T1	400	200	R1	10.574	15.784	63.135	5.287	7.892	10
				R2	18.417			9.209		
				R3	18.423			9.212		
				R4	15.721			7.861		
	T2			R1	13.146	11.60975	46.439	6.573	5.805	9
				R2	11.486			5.743		
				R3	11.047			5.524		
				R4	10.760			5.380		
	T3			R1	13.214	18.32475	73.299	6.607	9.162	10
				R2	20.461			10.231		
				R3	22.245			11.123		
				R4	17.379			8.690		
	T4			R1	11.297	12.811	51.244	5.649	6.406	8
				R2	14.777			7.389		
				R3	13.327			6.664		
				R4	11.843			5.922		

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

En base a los resultados obtenidos en la extracción de almidón de la materia prima, se evidenció la importancia de las variables tiempo y velocidad de licuado, el mejor rendimiento del melloco se obtuvo en el tratamiento 4 con un valor promedio de 3.547, en cambio en el caso de la malanga el mejor rendimiento se consiguió en el tratamiento 3 dando un valor promedio de 9.162. En este sentido, en el caso de la malanga al comparar su rendimiento con otros estudios similares como se evidencia un rendimiento menor debido a que se trabajó únicamente con su cáscara, no obstante, posee un mejor rendimiento que el melloco estudiado en la presente investigación (Rosales 2016).

De acuerdo con lo expuesto se demostró que existe un porcentaje de almidón en el melloco que depende del método de extracción, lo mismo sucede en el caso de la malanga, que, según (Torres, Carmona y Aguirre (2015) demuestra su contenido de almidón, de acuerdo al método empleado (p. 907).

3.3.3. Resultados de la caracterización del almidón del melloco y la malanga

Tabla 39-3: Resultados caracterización de almidón de melloco y malanga

PRODUCTO	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Melloco	Solubilidad	%	1.504	0.27-12.52	INEN 1456
	pH		6.45	6.00-7.00	INEN 1456
	Viscosidad		1491.00	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
	Temperatura de gelatinización	°C	60.00	57.5-70	INEN 1456
	Fibra	%	0.23	<0.3	FAO
	Amilosa	%	31.65		CINIAP
	Amilopectina	%	68.35		CINIAP
	Hongos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Levaduras y mohos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	FAO
Malanga	Solubilidad	%	1.57	0.27-12.52	INEN 1456
	pH		6.64	6.00-7.00	INEN 1456
	Viscosidad		1424.00	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
	Temperatura de gelatinización	°C	59.00	57.5-70	INEN 1456
	Fibra	%	0.22	<0.3	FAO
	Amilosa	%	29.72		CINIAP
	Amilopectina	%	20.28		CINIAP
	Hongos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Levaduras y mohos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Coliformes totales	UPC/g	<10	Ausencia	FAO

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

En base a los resultados obtenidos se cumple con los valores estándar sobre caracterización de almidón de acuerdo con la norma o institución, demostrando su calidad, misma que repercutirá en la calidad del material plástico biodegradable. Los parámetros más importantes encontrados en la caracterización fueron temperatura de gelatinización, ya que esta servirá posteriormente para la obtención del plástico; otro parámetro fue amilosa donde se obtuvo un valor de 31.65% en melloco y 29.72% en malanga, es un resultado favorable en comparación con otros estudios similares como en la obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascara de papa, donde se obtuvo un valor de 20.80% (Guamán Bravo 2019). Otro parámetro de importancia es coliformes fecales donde se obtuvo ausencia en el caso de melloco, cumpliendo con lo detallado en la norma FAO, sin embargo, en el caso de malanga se tiene un valor <10, el cual es un valor muy pequeño, no obstante, no se cumple con el estándar. En relación con los resultados obtenidos se observa una mejor calidad del almidón de melloco que de malanga. Finalmente, al no existir evidencia empírica previa de caracterización de almidón de melloco y malanga no se posee una base para realizar una comparación en cuanto a resultados, a pesar de ello se cumplieron los criterios establecidos en las normas correspondientes.

3.3.4. Resultados de las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable

Tabla 40-3: Resultados de las propiedades físico-mecánicas del plástico biodegradable melloco

Producto	Parámetros		Unidades	Valor
Melloco	Espesor, longitud, ancho	Espesor	Mm	0.1000
		Longitud	Mm	38.1900
		Ancho	Mm	16.7300
	Humedad		%	24.1100
	Solubilidad		%	12.0630
	Permeabilidad		gmm/ MPa	0.0012
	Pruebas mecánicas	Carga máxima	N	2.2033
		Desplazamiento máximo	Mm	7.2711
		Esfuerzo máximo	MPa	1.1182
		Deformación	%	19.0411
		Rotura carga	N	0.7228

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Tabla 41-3: Resultados de las propiedades físico-mecánicas del plástico biodegradable malanga

Producto	Parámetros		Unidades	Valor
Malanga	Espesor, Longitud, Ancho	Espesor	mm	0.1000
		Longitud	mm	37.9300
		Ancho	mm	16.8600
	Humedad		%	24.6200
	Solubilidad		%	23.3690
	Permeabilidad		g mm/ MPa	0.0012
	Pruebas mecánicas	Carga máxima	N	2.1732
		Desplazamiento máximo	mm	6.5483
		Esfuerzo máximo	MPa	1.2822
		Deformación	%	17.2475
Rotura carga		N	0.8217	

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

En el análisis de las propiedades físico-mecánicas se realizaron una serie de pruebas, para cada tratamiento del material plástico biodegradable. Según lo observado se expone la media de cada uno de los parámetros. Además, se comparó los valores obtenidos de melloco y malanga, siendo el melloco de mejor calidad en estas pruebas, esto puede deberse a su porcentaje de amilosa el cual es superior al de malanga.

Se plantea entonces que la cantidad de óxido de grafeno utilizada influye directamente en las propiedades físico-mecánicas del material plástico biodegradable obtenido. No existen investigaciones previas que utilicen óxido de grafeno como plastificante, por lo tanto, no se tiene una base sólida para la comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio, no obstante, a través de una revisión bibliográfica se encontró sus propiedades en la Norma NTE INEN 2635 :2012 Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas.

3.3.4.1. Resultados diseño completamente al azar

Tabla 42-3: Carga máxima (melloco)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13.9376208	5	2.78752416	2.7628465	0.05058976	2.77285315
Dentro de los grupos	18.160775	18	1.00893194			
Total	32.0983958	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la carga máxima del bioplástico de melloco de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 2.763$ menor que $F_\alpha = 2.773$ por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de carga máxima entre todos los tratamientos en las láminas de material plástico biodegradable.

Tabla 43-3: Desplazamiento máximo (melloco)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	97.2682550	5	19.4536510	3.3820941	0.02499651	2.7728531
Dentro de los grupos	103.535176	18	5.75195426			
Total	200.80343	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis del desplazamiento máximo del bioplástico de melloco de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 3.3821$ mayor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que el desplazamiento máximo en todos los tratamientos de las láminas de material plástico biodegradable es variable, por lo que se observó que dependiendo de la cantidad de óxido de grafeno que se agregó aumenta o disminuye su desplazamiento.

Tabla 44-3: Esfuerzo máximo (melloco)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7.80492097	5	1.56098419	4.64213735	0.00675839	2.77285315
Dentro de los grupos	6.05275400	18	0.33626411			
Total	13.8576749	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis del esfuerzo máximo del bioplástico de melloco de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 4.6421$ mayor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que el esfuerzo máximo en todos los tratamientos de las láminas de material plástico biodegradable es variable, por lo que se observó que dependiendo de la cantidad de óxido de grafeno que se agregó aumenta o disminuye su esfuerzo.

Tabla 45-3: Deformación (meloco)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	695.810896	5	139.162179	3.38570907	0.02489692	2.7728531
Dentro de los grupos	739.850699	18	41.1028166			
Total	1435.66159	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la deformación del bioplástico de meloco de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 3.3857$ mayor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la deformación en todos los tratamientos de las láminas de material plástico biodegradable es variable, por lo que se observó que dependiendo de la cantidad de óxido de grafeno que se agregó aumenta o disminuye su deformación.

Tabla 46-3: Rotura máxima (meloco)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.67484728	5	0.53496945	1.7403120	0.17644150	2.77285315
Dentro de los grupos	5.53317457	18	0.30739858			
Total	8.20802185	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la rotura de carga del bioplástico de meloco de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 1.7403$ menor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de rotura de carga entre todos los tratamientos en el bioplástico.

Tabla 47-3: Carga máxima (malanga)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	22.5168513	5	4.50337026	5.697356698	0.002540761	2.772853153
Dentro de los grupos	14.22776719	18	0.79043151			
Total	36.74461849	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la carga máxima del bioplástico de malanga de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 5.6974$ mayor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la carga máxima en todos los tratamientos de las láminas de material plástico biodegradable es variable, por lo que se observó que dependiendo de la cantidad de óxido de grafeno que se agregó y de la calidad del almidón aumenta o disminuye su carga.

Tabla 48-3: Desplazamiento máximo (malanga)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	76.7770479	5	15.3554095	2.27168666	0.091119699	2.77285315
Dentro de los grupos	121.670553	18	6.75947517			
Total	198.447601	23				

Realizado por: Sampedro, V.; Velastegui, C, 2022.

Se realizó el análisis del desplazamiento máximo del bioplástico de malanga de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 2.2717$ menor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de desplazamiento máximo entre todos los tratamientos en las láminas de material plástico biodegradable.

Tabla 49-3: Esfuerzo máximo (malanga)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7.72860152	5	1.54572030	5.67380544	0.00259415	2.77285315
Dentro de los grupos	4.90375741	18	0.27243096			
Total	12.6323589	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis del esfuerzo máximo del bioplástico de malanga de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 5.6738$ mayor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que el esfuerzo máximo en todos los tratamientos de las láminas de material plástico biodegradable es

variable, por lo que se observó que dependiendo de la cantidad de óxido de grafeno que se agregó y de la calidad del almidón aumenta o disminuye el esfuerzo.

Tabla 50-3: Deformación (malanga)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	513.696867	5	102.739373	2.2410906	0.09459637	2.77285315
Dentro de los grupos	825.182490	18	45.8434716			
Total	1338.87935	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la deformación del bioplástico de malanga de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 2.2411$ menor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa en la deformación entre todos los tratamientos en las láminas de material plástico biodegradable.

Tabla 51-3: Rotura de carga (malanga)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	6.11633037	5	1.22326607	2.30189605	0.087819822	2.77285315
Dentro de los grupos	9.56550113	18	0.5314167			
Total	15.6818315	23				

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Se realizó el análisis de la rotura de carga del bioplástico de malanga de los 6 tratamientos en donde se obtuvo como resultado que a un nivel de 95% de confianza tenemos un valor para $F_c = 2.3019$ menor que $F_\alpha = 2.7729$ por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa en la rotura entre todos los tratamientos en las láminas de material plástico biodegradable.

Según la norma INEN 2635:2012, describe el método de ensayo para determinar las propiedades de tracción de los plásticos en forma de láminas delgadas y películas indicando los estándares para cada parámetro, por lo que se usó este método para calibrar la máquina universal con todos los datos requeridos, además con los resultados obtenidos se encontró el punto de ajuste del óxido de grafeno en 2 mL (NTE INEN 2635 2012, p.3).

3.3.5. Resultados de biodegradabilidad

Tabla 52-3: Resultados de biodegradabilidad (melloco)

Producto	Tratamiento	Unidad	Agua	Aire	Suelo
Melloco	T1	%	93.78	2.41	61.37
	T2	%	94.14	2.18	47.63
	T3	%	87.91	3.04	67.33
	T4	%	87.65	1.95	51.43
	T5	%	83.66	1.99	57.91
	T6	%	88.86	1.64	52.99
Promedio			89.34	2.20	56.44

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Con ayuda del programa IMAGEJ se determinó el porcentaje de degradabilidad de las láminas de bioplástico hechas a partir de almidón de melloco, en donde se obtuvo como resultado promedio en agua del 89.34%, en aire del 2.20% y en suelo del 56.44%, este análisis se realizó durante un periodo de 30 días.

Tabla 53-3: Resultados de biodegradabilidad (malanga)

Producto	Tratamiento	Unidad	Agua	Aire	Suelo
Malanga	T1	%	94.05	2.41	50.31
	T2	%	94.27	2.18	41.19
	T3	%	87.94	3.04	54.65
	T4	%	87.93	1.95	43.61
	T5	%	83.51	1.99	48.04
	T6	%	89.09	1.64	44.82
Promedio			89.47	2.20	47.10

Realizado por: Sampedro, V; Velastegui, M, 2022.

Con ayuda del programa IMAGEJ se determinó el porcentaje de degradabilidad de las láminas de bioplástico hechas a partir de almidón de malanga, en donde se obtuvo como resultado promedio en agua del 89.47%, en aire del 2.20% y en suelo del 47.10%, este análisis se realizó durante un periodo de 30 días.

Al comparar los resultados de los diferentes productos se constató que los porcentajes de degradabilidad en los diferentes ambientes no tienen una variabilidad significativa, sin embargo, entre cada ambiente (agua, aire y suelo) difieren en un porcentaje elevado, esto se debe a los distintos factores ambientales, especialmente la humedad.

CONCLUSIONES

- Se valorizó los residuos de melloco y malanga a través del cumplimiento la norma INEN 2635:2012 Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas, donde se obtuvieron resultados favorables.
- Se determinó que el tratamiento con mejor rendimiento en la extracción de melloco es el T4 con un porcentaje de 3.55%, en cambio en el caso de la malanga el tratamiento con mejor rendimiento fue T3 con un porcentaje de 9.17%.
- Aplicando el diseño 2k, se obtuvo en el caso del melloco el mejor rendimiento en la extracción de almidón a una velocidad de 20000 RPM con un tiempo de 5s, por otra parte, en el caso de la malanga a una velocidad de 20000 RPM con un tiempo 15s.
- Las dosis de óxido de grafeno se fueron agregando progresivamente en los seis tratamientos realizados, posterior a ello, a partir de las pruebas mecánicas se estableció un análisis comparativo entre estos tratamientos, en el caso del porcentaje de deformación para el melloco fue de 19.04% y para la malanga de 17.25%, cumpliendo lo indicado en la Norma INEN 2635.
- A partir de las pruebas mecánicas (carga máxima, desplazamiento máximo, esfuerzo máximo, deformación y rotura de carga) se estableció que, con una dosis de 2 mL de óxido de grafeno, las láminas de plástico biodegradable mejoran sus propiedades mecánicas.
- Se identificó que el tiempo de biodegradabilidad del bioplástico varía dependiendo el ambiente; concluyéndose así que el ambiente con mayor degradación fue el agua con un porcentaje de 89.34% para melloco y 89.47% para malanga, por un periodo de 30 días.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar los residuos que se generan luego de la extracción de almidón en técnicas de compost, directamente como abono o como alimento para animales.
- Calibrar los equipos antes de usarlos cumpliendo con los estándares establecidos.
- Se recomienda verificar el número de tamiz para cernir el almidón hasta obtener un resultados más homogéneo y libre de residuos.
- Obtener bibliografía actualizada del tema de estudio para comparar los resultados obtenidos de manera práctica.
- Se recomienda agregar el óxido de grafeno al bioplástico en forma líquida para evitar grumos y la opacidad de las láminas de plástico biodegradable debido a su color oscuro.
- Es muy importante que para la prueba de biodegradabilidad se mantenga la humedad constante para obtener mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR VERA, R.A., CRAM HEYDRICH, S., SÁNCHEZ SALAZAR, M.T., MURILLO LÓPEZ, S.C. y ARAIZA AGUILAR, J.A. . *La valorización de los residuos sólidos urbanos en el estado de México, una visión geográfica*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 35, no. 3, , 2019 pp. 693-704. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2019.35.03.14.

AMRI, A., EKAWATI, L., HERMAN, S., YENTI, S.R., ZULTINIAR, AZIZ, Y., UTAMI, S.P. & BAHRUDDIN. *Properties enhancement of cassava starch based bioplastics with addition of graphene oxide*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. S.I. 2018: Institute of Physics Publishing, DOI 10.1088/1757-899X/345/1/012025.

BARBIER, E., ACREMAN, Mike. & KNOWLER, D., *Valoración económica de los humedales: guía para decisores y planificadores*. S.I.: Oficina de la Convención de Ramsar. ISBN 2940073252., 1997.

BÁTORI, V., ÅKESSON, D., ZAMANI, A., TAHERZADEH, M.J. & SÁRVÁRI HORVÁTH, I. *Anaerobic degradation of bioplastics: A review*. *Waste Management*, vol. 80, pp. 406–413., 2018. ISSN 18792456. DOI 10.1016/j.wasman.2018.09.040.

CALDERÓN, M., ANDRADE, F., LIZARZABURU, L. & MASACHE, M. *Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador*. S.I, 2017.

CEDEÑO, N. & ZAMBRANO, J. “*Diseño de una línea de producción para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos del café a escala industrial en la ciudad de Quevedo*”. S.I, 2021.

CEJUDO-BASTANTE, M.J., HURTADO, N., MOSQUERA, N. & HEREDIA, F.J. *Potential use of new Colombian sources of betalains. Color stability of ulluco (*Ullucus tuberosus*) extracts under different pH and thermal conditions*. *Food Research International*, vol. 64, pp. 465–471., 2014. ISSN 09639969. DOI 10.1016/j.foodres.2014.07.036.

CHAN, J.X., WONG, J.F., HASSAN, A. & ZAKARIA, Z. *Bioplastics from agricultural waste. Biopolymers and Biocomposites from Agro-Waste for Packaging Applications*. S.I.: Elsevier, pp. 141–169., 2021.

CHARRO, M.M. *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. En: Accepted: 2015-05-05T00:20:38Z, 2015 [en línea], [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>.

CHÁVEZ A. *Obtención de almidón modificado a partir de tres cultivares de musáceas*. Manizales: s.n., 2015.

CHEN, L., HOU, X., SONG, N., SHI, L. & DING, P. *Cellulose/graphene bioplastic for thermal management: Enhanced isotropic thermally conductive property by three-dimensional interconnected graphene aerogel*. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 107, pp. 189–196., 2018 ISSN 1359835X. DOI 10.1016/j.compositesa.2017.12.014.

CHEN, Y.J. *Bioplastics and their role in achieving global sustainability*. Available online www.jocpr.com *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 226–231., 2014. ISSN 0975-7384. Disponible en: www.jocpr.com.

COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C. & GALLOWAY, T.S. *Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*. December 2011. S.l.: s.n., 2011.

CRISTAN, A., IZE, I. & GAVILAN, A. *La situación de los envases de plástico en México*. *Gazeta Ecológica*, vol. 69, 2003. pp. 67–82.

DI BARTOLO, A., INFURNA, G. & DINTCHEVA, N.T. *A review of bioplastics and their adoption in the circular economy*. 2 April 2021. S.l.: MDPI AG., 2021.

DOS SANTOS, T.P.R., LEONEL, M., GARCIA, É.L., DO CARMO, E.L. & FRANCO, C.M.L. *Crystallinity, thermal and pasting properties of starches from different potato cultivars grown in Brazil*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 82, pp. 144–149., 2016. ISSN 18790003. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.091.

FARAH, S., ANDERSON, D.G. & LANGER, R. *Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review*. 15 December 2016. S.l.: Elsevier B.V., 2016.

GOBIERNO DE ANDALUCÍA. *Propiedades de los plásticos.*, pp. 1–4., 2017.

GONZÁLEZ GARCÍA, J.C., GODOY PONCE, S.C., HEREDIA JARA, A. & PULGAR ASTUDILLO, L.J. *Extracción de almidón de malanga blanca, una alternativa socioambiental*

para la producción de bases poliméricas biodegradables. ConcienciaDigital, vol. 3, no. 3, pp. 6–26., 2020 ISSN 0317-8471. DOI 10.33262/concienciadigital.v3i3.1263.

GUAMÁN BRAVO, J.M. *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascara de papa para su aplicación industrial.* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11069>., 2019.

HAMED, I., ÖZOGUL, F. & REGENSTEIN, J.M. *Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review.* 1 February 2016. S.l.: Elsevier Ltd., 2016.

HASLAM, M. *The decomposition of starch grains in soils: Implications for archaeological residue analyses.* *Journal of Archaeological Science*, vol. 31, no. 12, pp. 1715–1734., 2004. ISSN 03054403. DOI 10.1016/j.jas.2004.05.006.

IBÁÑEZ, J. & CORROPPOLI, M. *Valorización de residuos Valorización De Residuos Sólidos urbanos Líquidos Urbanos.* pp. 32., 2002.

INEC *Módulo de información ambiental en hogares.*, 2019.

ISLAM, S., BHUIYAN, M.A.R. & ISLAM, M.N. *Chitin and Chitosan: Structure, Properties and Applications in Biomedical Engineering.* 1 September 2017. S.l.: Springer New York LLC., 2017.

JOHN, R.P., G.S., A., NAMPOOTHIRI, K.M. & PANDEY, A. *Direct lactic acid fermentation: Focus on simultaneous saccharification and lactic acid production.* March 2009. S.l.: s.n., 2009.

KARAN, H., FUNK, C., GRABERT, M., OEY, M. & HANKAMER, B. *Green Bioplastics as Part of a Circular Bioeconomy.* 1 March 2019. S.l.: Elsevier Ltd., 2019.

KIM, J., REN, C. & SHIN, M. *Physicochemical properties of starch isolated from eight different varieties of Korean sweet potatoes.* *Starch/Staerke*, vol. 65, no. 11–12, pp. 923–930., 2013. ISSN 1521379X. DOI 10.1002/star.201200217.

KRINGEL, D.H., DIAS, A.R.G., ZAVAREZE, E. da R. & GANDRA, E.A. *Fruit Wastes as Promising Sources of Starch: Extraction, Properties, and Applications*. 1 March 2020. S.l.: Wiley-VCH Verlag., 2020.

KRINGEL, D.H., EL HALAL, S.L.M., ZAVAREZE, E. da R. & DIAS, A.R.G. *Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and Other Unconventional Starches Sources: A Review*. 1 November 2020. S.l.: Wiley-VCH Verlag., 2020.

SANTANA, Á. & ANGELA A. MEIRELES, M. *New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review*. *Food and Public Health*, vol. 4, no. 5, pp. 229–241., 2014. ISSN 2162-8440. DOI 10.5923/j.fph.20140405.04.

LEDESMA, A., DALGO, V., FLORES, L. & CHANGO, G. *Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables*. [en línea], vol. 7, pp. 39–56., 2021. DOI 10.23857/dc.v7i4.2080. Disponible en: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>.

LI, H., WANG, R., ZHANG, Q., LI, G., SHAN, Y. & DING, S. *Morphological, structural, and physicochemical properties of starch isolated from different lily cultivars grown in China*. *International Journal of Food Properties*, vol. 22, no. 1, pp. 737–757., 2019. ISSN 15322386. DOI 10.1080/10942912.2019.1603998.

LIU, K., ZU, Y., CHI, C., GU, B., CHEN, L. & LI, X. *Modulation of the digestibility and multi-scale structure of cassava starch by controlling the cassava growth period*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 120, pp. 346–353., 2018. ISSN 18790003. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2018.07.184.

LO, J., LANGE, D. & CHEW, B.H. *Ureteral stents and foley catheters-associated urinary tract infections: The role of coatings and materials in infection prevention*. 10 March 2014. S.l.: 2014. MDPI AG.

LOVERA, M., PÉREZ, E. & LAURENTIN, A. *Digestibility of starches isolated from stem and root tubers of arracacha, cassava, cush–cush yam, potato and taro*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 176, pp. 50–55., 2017. ISSN 01448617. DOI 10.1016/j.carbpol.2017.08.049.

MALINAUSKAITE, J., JOUHARA, H., CZAJCZYŃSKA, D., STANCHEV, P., KATSOU, E., ROSTKOWSKI, P., THORNE, R.J., COLÓN, J., PONSÁ, S., AL-MANSOUR, F.,

ANGUILANO, L., KRZYŻYŃSKA, R., LÓPEZ, I.C., AVILA, S. & SPENCER, N., *Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe*. *Energy*, vol. 141, pp. 2013–2044., 2017. ISSN 03605442. DOI 10.1016/j.energy.2017.11.128.

MOGROVEJO A., *Determinación de la Influencia de dos Métodos Distintos en la Obtención de Almidón a Partir de la Oca (Oxalis Tuberosamolina) Variedad Amarilla*. S.l.: s.n. 2019.

MOSTAFA, N.A., FARAG, A.A., ABO-DIEF, H.M. & TAYEB, A.M. *Production of biodegradable plastic from agricultural wastes*. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 4, pp. 546–553., 2018. ISSN 18785352. DOI 10.1016/j.arabjc.2015.04.008.

NOBOA, R.S. y QUISHPE, J.S. *Análisis deontológico aplicado a la gestión de residuos industriales en el medio ambiente*. *Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea], no. mayo. [Consulta: 15 febrero 2022]., 2019. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/analisis-deontologico-residuos.html>.

NTE INEN 2635, *Método de Ensayo para las Propiedades de*. *studylib.es* [en línea]. [Consulta: 15 febrero 2022]., 2012. Disponible en: <https://studylib.es/doc/8705012/nte-inen-2635--método-de-ensayo-para-las-propiedades>.

ORTEGA, I.P. *El grafeno posibilidades del grafeno en la arquitectura*. S.l.: 2018.

PANESAR, P.S. & KAUR, S. *Bioutilisation of agro-industrial waste for lactic acid production*. 1 October 2015. S.l.: s.n., 2015.

PNUMA *Reunión consultiva regional para los grupos principales y partes interesadas de américa latina y el caribe*. [en línea]. S.l.: [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34806/CSREPSP.pdf?sequence=,> 2020.

POLMAN, E.M.N., GRUTER, G.J.M., PARSONS, J.R. & TIETEMA, A. *Comparison of the aerobic biodegradation of biopolymers and the corresponding bioplastics: A review*. 20 January 2021. S.l.: Elsevier B.V., 2021.

QUIZHPI P. *Caracterización del almidón modificado por acetilación a partir de la oca (Oalis tuberosa)*. S.l.: 2018.

RENTERÍA, A.I., JAVIER BAÑO-AYALA, D.I., VINICIO PAREDES-PERALTA III, A. & ELIZABETH LÓPEZ-SAMPEDRO, S.I. Obtención de fécula de papa china (colocasia esculenta) mediante tres métodos de extracción. *Pol. Con* [en línea], vol. 6, no. 8, pp. 702–715., 2021. DOI 10.23857/pc.v6i8. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.

RICO, M., RODRÍGUEZ-LLAMAZARES, S., BARRAL, L., BOUZA, R. & MONTERO, B. *Processing and characterization of polyols plasticized-starch reinforced with microcrystalline cellulose. Carbohydrate Polymers*, vol. 149, pp. 83–93., 2016. ISSN 01448617. DOI 10.1016/j.carbpol.2016.04.087.

ROJAN, J., MADHVAN, N., ASHOK, P. & SMITH, W. *Solid-state fermentation for L-lactic acid production from agro wastes using Lactobacillus delbrueckii. Process Biochemistry*, vol. 41, no. 4, pp. 759–763., 2006. ISSN 13595113. DOI 10.1016/j.procbio.2005.09.013.

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*, Mayo –Abril 2016 [en línea]. Tesis. S.l.: s.n. [Consulta: 15 febrero 2022]., 2016. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

SABANDO M. *Plan de exportación de almidón de yuca desde el cantón Chone-Manabí al mercado de florida-Estados Unidos. Observatorio de la Economía Latinoamericana* [en línea], pp. 14–25., 2017. ISSN 1696-8352. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/yuca.html>.

SERTGÜMEÇ, S., NUR USTA, A. & ÖZARPA, C. *The Agricultural Waste Inventory On the Regional Basis in Turkey: Valuation of Agricultural Waste with Zero-Waste Concept in the Scope of Circular Economy*. S.l.:, 2020.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, L., SODHI, N.S. & GILL, S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. [en línea]. S.l.: Disponible en: www.elsevier.com/locate/foodchem., 2002.

SOLÍZ, M., DURANGO, J., SOLANO, J. & YÉPEZ, M. *Cartografía-residuos-sólidos-Ecuador-2020. Universidad Andina Simon Bolivar*, vol. 1, no. 978-9942-837-29–5, pp. 1–190., 2020.

SUQUILANDA, M., *PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE PRODUCTOS ANDINOS*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, pp. 1–199.,2017.

TOMASINI, D., LONGO, Lucía, PUHL, L., MAGGI, A. & CIRIGLIANO, S. *Sostenibilidad productiva y económica de la conservación de suelos en la región oriental de la provincia de entre ríos**. *Rev. Facultad de agronomía UBA*. S.l.:, 2019.

TORRES A. *El estudio de métodos de extracción de melloco (Ullucus tuberosus)*. [en línea]. S.l.: Disponible en: www.novaPDF.com., 2006.

TORRES, B., CARMONA, R. y AGUIRRE, A. *Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (Colocasia esculenta Schott)*., vol. 6, no. 4, pp. 905-912., 2015.

UNIÓN EUROPEA: CONSEJO DIRECTIVO, *Consejo Directivo 75/442/EEC de 15 de Julio 1975 sobre Desechos*. S.l.:, 1975.

VERA, A. & CHAVARRÍA, M. *Extracción y caracterización del almidón de papa (solanum tuberosum) variedad leona blanca*. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, vol. 10, no. 2, pp. 26–34., 2020. ISSN 2413-192X. DOI 10.5377/elhigo. v10i2.10550.


WASHINGTON DC: CONGRESS OF THE UNITED STATES OF AMÉRICA *One Hundred Fourteenth Congress of the united States of America; Microbead-Free Waters Act of 2015*. S.l.:, 2015.


XU, A., GUO, K., LIU, T., BIAN, X., ZHANG, L. & WEI, C. *Effects of different isolation media on structural and functional properties of starches from root tubers of purple, yellow and white sweet potatoes*. *Molecules*, vol. 23, no., 2018. 9. ISSN 14203049. DOI 10.3390/molecules23092135.

ZAPATA, J. & VELÁSQUEZ, C., *Estudio de la Producción y Comercialización de la Malanga: Estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil*. *Universidad Politécnica selesiana*, pp. 172., 2013.

ZHU, F. *Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch*. 20 May 2015. S.l.: Elsevier Ltd., 2015.

ZUÑIGA V. “*Extracción y análisis comparativo de las características del almidón de malanga (Xanthosoma Saggitifolium), YUCA (Manihot Esculenta) Y PAPA CHINA (Colocasia Esculenta).*”. S.l., 2019.



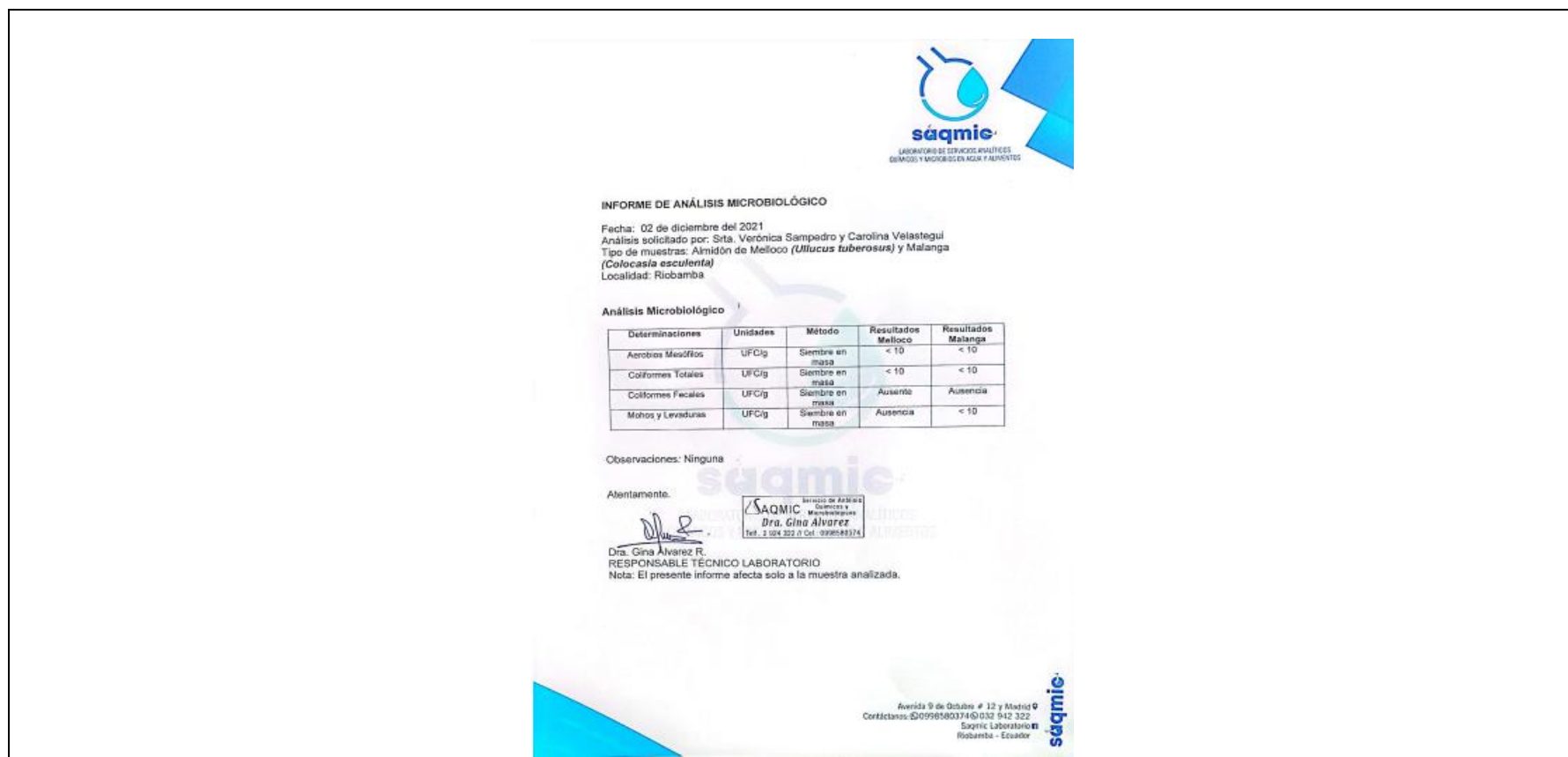
DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
 **Eng. Jhonatan Parreno Uquillas MPA**
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE MELLOCO (*Ullucus tuberosus*) Y MALANGA (*Colacasia esculenta*)

<p>MC-LSAIA-2201-06</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tfs. 2690661-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</small></p> </div> </div>																											
<p>INFORME DE ENSAYO No: 21-0217</p>																											
<p>**NOMBRE PETICIONARIO: **DIRECCIÓN: FECHA DE EMISIÓN: FECHA DE ANÁLISIS:</p>	<p>Marliss Carolina Velastegui Herrera Riobamba 21/12/2021 Del 9 al 21 de diciembre del 2021</p>	<p>**INSTITUCIÓN: **ATENCIÓN: FECHA DE RECEPCIÓN: HORA DE RECEPCIÓN: ANÁLISIS SOLICITADO:</p>	<p>Particular Marliss Carolina Velastegui Herrera 09/12/2021 14h30 Amilosa</p>																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS</th> <th>HUMEDAD</th> <th>AMILOSA^Ø</th> <th>**IDENTIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MÉTODO</td> <td>MO-LSAIA-01.01</td> <td>MO-LSAIA-04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>METODO REF.</td> <td>U. FLORIDA 1970</td> <td>Morrison y Laignelet 1963</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UNIDAD</td> <td>%</td> <td>%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21-1336</td> <td>15,22</td> <td>31,65</td> <td>Almidón de Melloco</td> </tr> <tr> <td>21-1337</td> <td>9,71</td> <td>29,72</td> <td>Almidón de Malanga</td> </tr> </tbody> </table>	ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ø	**IDENTIFICACIÓN	MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04		METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1963		UNIDAD	%	%		21-1336	15,22	31,65	Almidón de Melloco	21-1337	9,71	29,72	Almidón de Malanga	<p>Los ensayos marcados con Ø se reportan en base seca. OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente</p>		
ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ø	**IDENTIFICACIÓN																								
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04																									
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1963																									
UNIDAD	%	%																									
21-1336	15,22	31,65	Almidón de Melloco																								
21-1337	9,71	29,72	Almidón de Malanga																								
 <p>IVÁN RODRIGO SAMANIEGO MALDONADO Dr. MSc. Iván Samaniego RESPONSABLE TÉCNICO</p>	<p>RESPONSABLES DEL INFORME</p>		 <p>BLADIMIR EFRAÍN ORTIZ RAMOS Ing. Bladimir Ortiz RESPONSABLE CALIDAD</p>																								
<p><small>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.</small></p> <p><small>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 prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.</small></p>																											
<p>Página 1 de 1</p>																											
<p>Notas:</p>	<p>Categoría del diagrama</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p>REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.</p>	<p>Porcentaje de amilosa</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2022-02-15</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	01	1:1	2022-02-15																		
LÁMINA	ESCALA	FECHA																									
01	1:1	2022-02-15																									

ANEXO B: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MELLOCO (*Ullucus tuberosus*) Y MALANGA (*Colocasia esculenta*)



Notas:	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 POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.	Análisis microbiológico		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
		02	1:1	2022-02-15	

ANEXO C: ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO

ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO

Forma: Plana

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
INEN 2635	0,1000	16,5000	36,7000

Nombre	Max._Carga	Max._Despl	Max._Esfuerzo	Max._Deformacion	Rotura_Carga
Acep./Rech.	0, 0			0, 0	0, 0
Unidades	N	mm	MPa	%	N
INEN 2635	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Media	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Maximo	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Mínimo	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Mediana	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Media JIS	3,41250	8,27433	2,06818	22,5459	1,06000
Coef.Variacion	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000

Notas:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.	Análisis mecánico		
	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		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			03	1:1	2022-02-15

ANEXO D: ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MALANGA

ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MALANGA

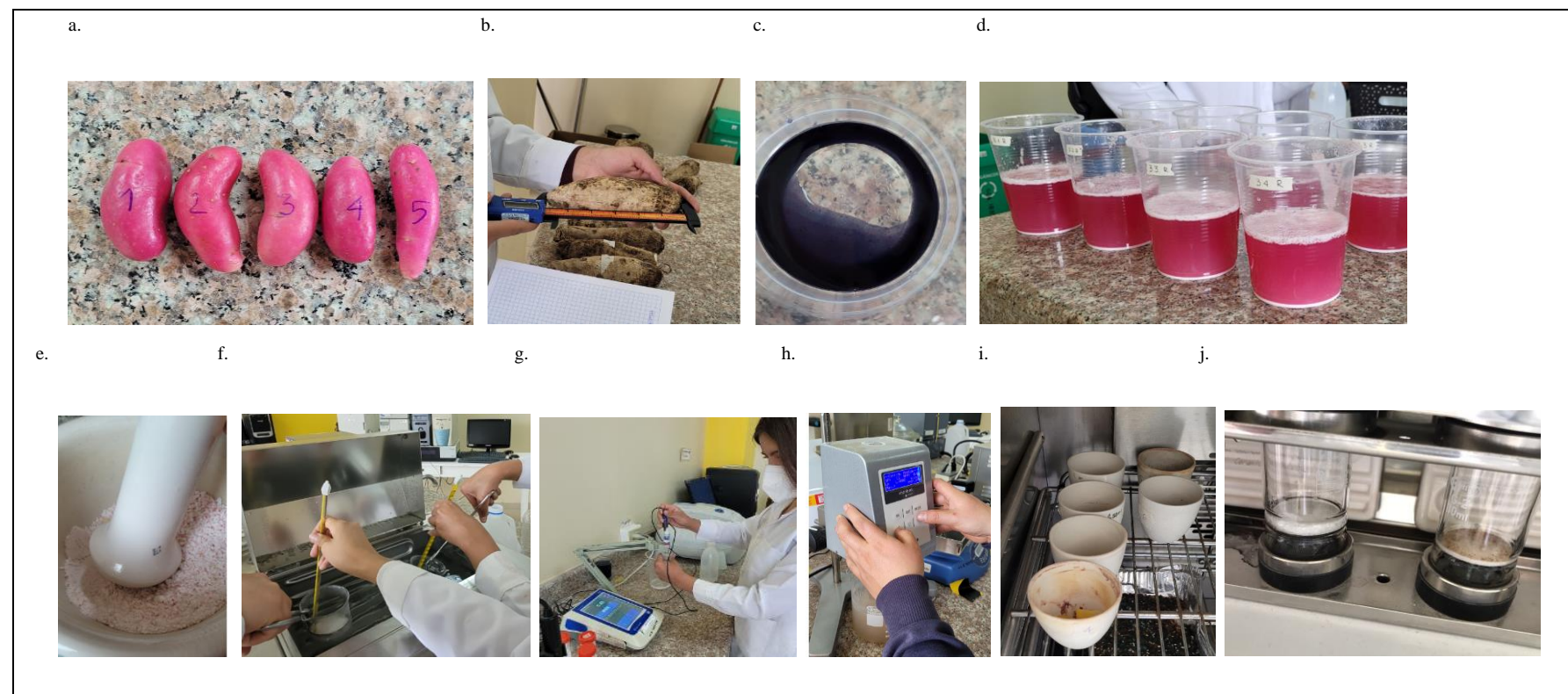
Forma: Plana

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
INEN 2635	0,1000	17,2000	37,3000

Nombre	Max._Carga	Max._Despl	Max._Esfuerzo	Max._Deformacion	Rotura_Carga
Acep./Rech.	0, 0			0, 0	0, 0
Unidades	N	mm	MPa	%	N
INEN 2635	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Media	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Maximo	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Mínimo	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Mediana	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Media JIS	2,04250	10,0833	1,20858	26,8889	1,03750
Coef.Variacion	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000

Notas:	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 POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.	Análisis mecánico		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			04	1:10	2022-02-15

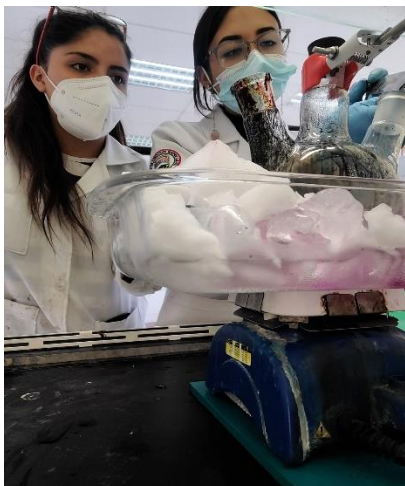
ANEXO E: EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE MELLOCO Y MALANGA



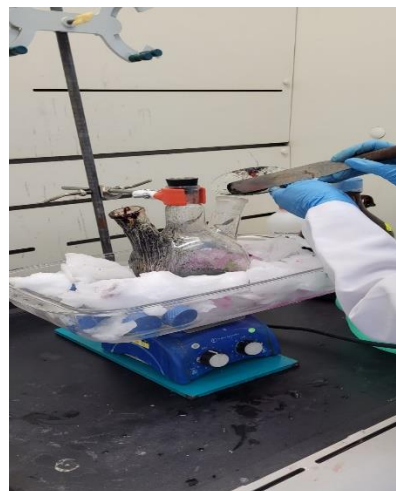
Notas:		Categoría del diagrama	Extracción y caracterización del almidón					
a. Elección de materia prima b. Medición de la materia prima c. Verificación del almidón d. Extracción del almidón vía húmeda e. Almidón seco, trituración y tamizado f. Determinación de temperatura de gelatinización g. Determinación del pH h. Determinación de la viscosidad i. Análisis de humedad y ceniza j. Determinación de fibra			<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 POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.			LÁMINA	ESCALA
			05	1:10	2022-02-15			

ANEXO F: SÍNTESIS ÓXIDO DE GRAFENO

a.



b.

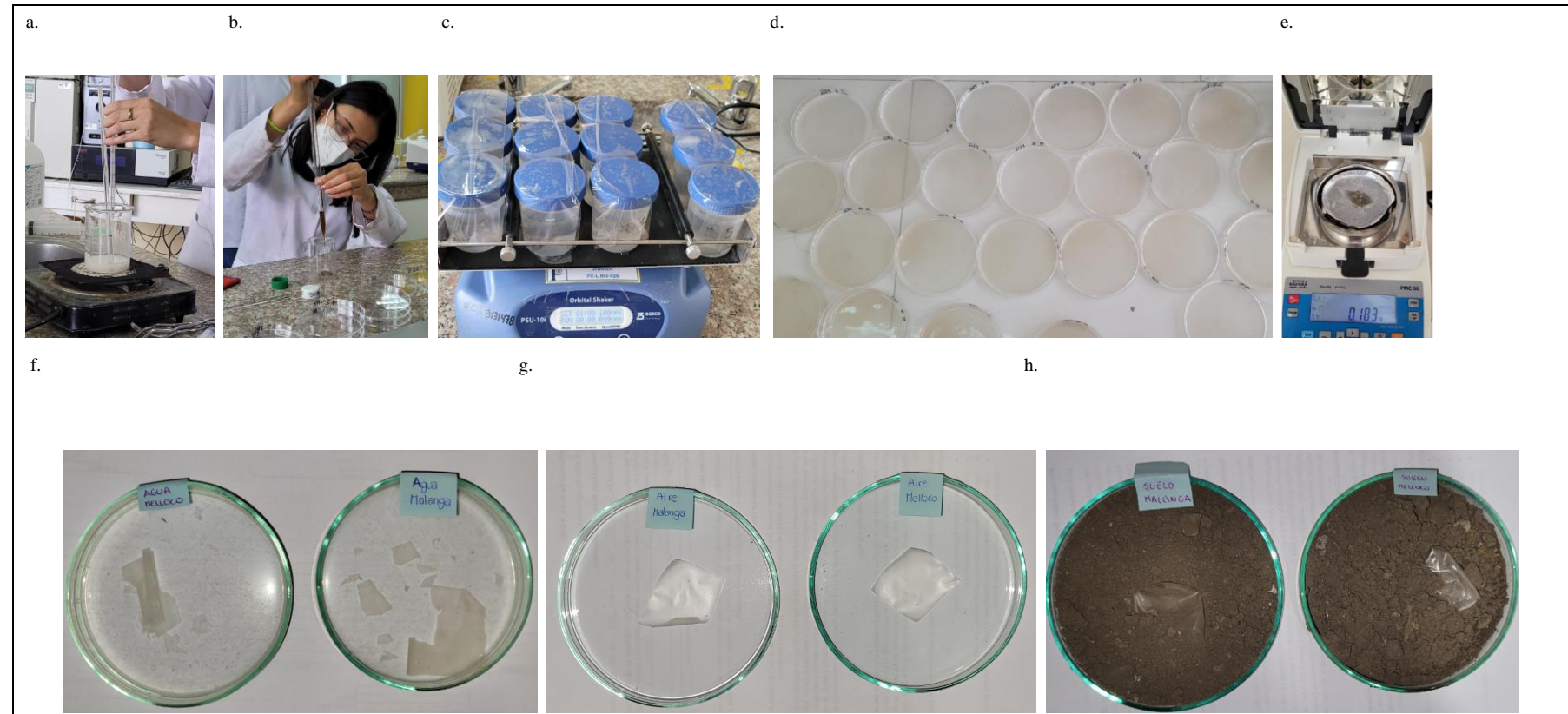


c.



Notas:		Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL			Síntesis Óxido de Grafeno		
a.	Colocación de estructura para el proceso		<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	REALIZADO POR: Sampetro V. y Velastegui M.			LÁMINA	ESCALA
b.	Adición de reactivos en el balón	06					1:10	2022-02-15
c.	Agitación de mezcla							

ANEXO G: ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO Y MALANGA



Notas:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL REALIZADO POR: Sampedro V. y Velastegui M.	Extracción y caracterización del almidón		
a. Elaboración de bioplástico b. Adición de óxido de grafeno c. Determinación de la solubilidad d. Determinación de la humedad e. Biodegradabilidad en agua f. Biodegradabilidad en aire g. Biodegradabilidad en suelo	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		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		07	1:10	2022-02-15	

ANEXO H: PRUEBAS MECÁNICAS DEL MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE MELLOCO Y MALANGA

a.



b.



Notas:		<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p align="center">REALIZADO POR: Sampetro V. y Velastegui M.</p>	Pruebas mecánicas		
a.	Probetas de meloco y malanga		LÁMINA	ESCALA	FECHA
b.	Máquina universal				
		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			



epoch

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: 24 / 05 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Verónica Lizbeth Sampedro Baboca Marliss Carolina Velastegui Herrera
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
E. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Nuste MSc.

X



0858-DBRA-UTP-2022