



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE QUÍMICA

**“COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE
ALMIDÓN DE *Colocasia esculenta* (*Malanga blanca*) PARA LA
OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE”**

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICO

AUTORES: DANIEL ALEJANDRO HEREDIA JARA

LESSLIE JOKASSTA PULGAR ASTUDILLO

DIRECTOR: PhD. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA

Riobamba – Ecuador

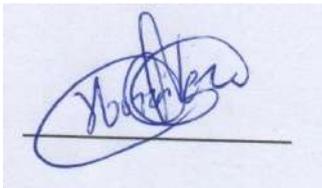
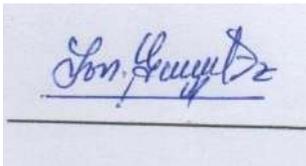
2019

© 2019, Daniel Alejandro Heredia Jara y Lesslie Jokašta Pulgar Astudillo

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE QUÍMICA

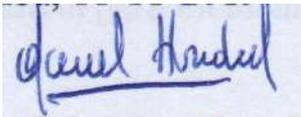
El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Investigativo, “**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE *Colocasia esculenta (Malanga blanca)* PARA LA OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE**”, realizado por el señor: **DANIEL ALEJANDRO HEREDIA JARA** y la señorita: **LESSLIE JOKASSTA PULGAR ASTUDILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
PhD. Juan Carlos González García DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION		2019-11-11 _____
Dra. Nelly I. Guananga Díaz M. Sc. MIEMBRO DE TRIBUNAL		2019-11-11 _____

Nosotros, DANIEL ALEJANDRO HEREDIA JARA Y LESSLIE JOKASSTA PULGAR ASTUDILLO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

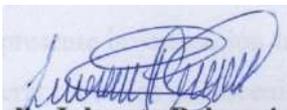
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11-11-2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniel Heredia", with a horizontal line underneath the name.

Daniel Alejandro Heredia Jara

CI: 060393288-0

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lesslie Pulgar", with a large, stylized flourish above the name.

Lesslie Jokassta Pulgar Astudillo

CI: 060460739-0

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser una fortaleza e inspiración para continuar y llegar a la culminación de este proyecto.

A mis padres, hermanas y demás familiares, por su trabajo, apoyo, sacrificio y por ser los promotores y no decaer durante la etapa de desarrollo de este proyecto y así ayudar a la realización de esta gran meta.

A mis docentes y a todas aquellas personas que me supieron brindar su conocimiento, enseñanza y constancia para inculcar sabiduría a lo largo de mi formación personal y académica.

Daniel

La presente investigación la dedico en primera instancia a Dios por ser mi guía y fortaleza para superar todos los inconvenientes que se presentaron y poder culminar con éxito este proyecto.

A mis padres, hermanos, tíos, primos y abuelitas que son la fuente de motivación, apoyo incondicional para no desmayar en el transcurso del proyecto y que con gran esfuerzo me han ayudado a cumplir mi meta profesional.

A mis profesores que son fuente de sabiduría, paciencia y que supieron transmitir sus conocimientos de la mejor manera para mi formación académica.

Lesslie

AGRADECIMIENTO

Son varias las personas que han contribuido al proceso y culminación de este proyecto. Doy gracias a Dios por ser una guía a lo largo de esta trayectoria profesional. Asimismo, agradezco a mi familia por el apoyo y por ser el eje fundamental en este trabajo.

De manera especial a mi tutor de tesis PhD. Juan Carlos Gonzáles García por sus conocimientos y haberme orientado en el desarrollo de esta investigación, junto con aquellas personas que han contribuido de varias formas en la culminación de este trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, autoridades y docentes por la paciencia y guiarme en esta etapa de mi vida.

Daniel

En primer lugar, agradezco a Dios por iluminarme durante todo el camino de mi preparación profesional.

A mi familia por ser mi apoyo en todo momento y fortalecer mi voluntad y perseverancia para alcanzar la meta propuesta.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Químicas, autoridades, profesores, a mi tutor PhD. Juan Carlos González García por la dirección constante durante el desarrollo del proyecto y a todas las personas que de alguna manera han colaborado en la realización del presente trabajo de titulación.

Lesslie

TABLA DE CONTENIDO

	Paginas
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	29
1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	29
1.1 Malanga	29
<i>1.1.1 Descripción</i>	29
<i>1.1.2 Fruto</i>	30
<i>1.1.3 Atributos morfológicos</i>	31
<i>1.1.4 Composición nutricional</i>	31
<i>1.1.5 Uso general: Alimentación humana</i>	32
1.2 Almidón	32
<i>1.2.1 Componentes del almidón</i>	33
<i>1.2.1.1 Amilosa</i>	33
<i>1.2.1.2 Amilopectina</i>	34
<i>1.2.2 Propiedades del almidón</i>	35
<i>1.2.2.1 Gelatinización</i>	35
<i>1.2.2.2 Desestructuración</i>	36
<i>1.2.2.3 Biodegradación</i>	36
<i>1.2.2.4 Retrogradación</i>	36
1.3. Métodos de extracción del almidón	36
<i>1.3.1 Método de extracción del almidón según Ganga et al. 1999</i>	36
<i>1.3.2 Método de extracción del almidón según Brenda et al. 2012</i>	37
<i>1.3.3 Método de extracción del almidón según Aparicio (2003)</i>	37

1.3.4	<i>Método de extracción del almidón según Medina et al. (2007)</i>	37
1.4	Aditivos usados para la obtención del polímero biodegradable	37
1.4.1	<i>Agua destilada (H₂O)</i>	37
1.4.2	<i>Cloruro de Sodio (NaCl)</i>	38
1.4.3	<i>Aceite</i>	38
1.4.4	<i>Glicerina (C₃H₈O₃)</i>	38
1.4.5	<i>Carboximetilcelulosa (CMC)</i>	38
1.4.6	<i>Ácido acético (CH₃COOH)</i>	38
1.5	Polímeros	39
1.5.1	<i>Clasificación de los polímeros</i>	39
1.5.2	<i>Estructura de los polímeros</i>	40
1.5.3	<i>Impacto ambiental de los polímeros</i>	42
1.6	Bioplástico	42
1.6.1	<i>Polímeros Biodegradables o biopolímero</i>	42
1.6.1.1	<i>Propiedades</i>	46
1.6.1.2	<i>Importancia de los biopolímeros</i>	47
1.6.1.3	<i>Polímeros biodegradables basados en almidón</i>	48
1.6.1.4	<i>Aplicaciones de los polímeros biodegradables</i>	49
1.6.2	<i>Polímeros biodegradables de origen petroquímico</i>	49
	CAPÍTULO II	51
2.	METODOLOGÍA Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN	51
2.1	Métodos de la investigación	51
2.2	Técnicas de investigación	52
2.3	Población y muestra	52
2.4	Unidad de Análisis	54
2.5	Descripción del experimento	54
2.5.1	<i>Selección de la Malanga blanca</i>	54
2.5.2	<i>Métodos para la extracción de almidón</i>	55
2.5.2.1	<i>Extracción del almidón por el método de Brenda</i>	56

2.5.2.2	<i>Extracción del almidón por el método de Ganga</i>	57
2.5.3	<i>Metodología para el análisis proximal del almidón de Malanga blanca</i>	58
2.5.4	<i>Dosificación de aditivos para la obtención del polímero biodegradable de Malanga blanca</i>	59
2.5.5	<i>Obtención del polímero biodegradable</i>	60
2.5.5.1	<i>Acetilación del almidón</i>	60
2.5.6	<i>Determinación de las propiedades del polímero biodegradable</i>	63
CAPÍTULO III		65
3.	RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	65
3.1	Evaluación del almidón de Malanga blanca obtenido por el método Brenda y Ganga	65
3.1.1	<i>Rendimiento del almidón de Malanga blanca</i>	65
3.1.2	<i>Caracterización del almidón de la Malanga blanca</i>	66
3.1.3	<i>Resumen y discusión del análisis de varianza del almidón extraído por el método de Brenda y Ganga</i>	68
3.2	Dosificación de aditivos	70
3.3	Evaluación de las propiedades del polímero biodegradable	73
3.3.1	<i>Evaluación de las propiedades mecánicas del polímero biodegradable</i>	73
3.3.2	<i>Evaluación de las propiedades físicas del polímero biodegradable</i>	74
3.3.3	<i>Evaluación de las propiedades químicas del polímero biodegradable</i>	75
3.3.4	<i>Evaluación de las propiedades funcionales del polímero biodegradable</i>	77
3.3.5	<i>Resumen y discusión del análisis de varianza de las propiedades del polímero biodegradable</i>	80
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		87
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Contenido de amilosa y amilopectina en almidones de distintas fuentes.....	32
Tabla 1-2 Técnicas aplicadas para el análisis proximal del almidón de Malanga blanca.....	58
Tabla 2-2 Determinación de la dosificación de aditivos para potenciar el polímero biodegradable.....	59
Tabla 3-2 Combinaciones experimentales con el almidón extraído por el método de Brenda y de Ganga.....	60
Tabla 4-2 Técnicas de determinación de las propiedades del polímero biodegradable.....	64
Tabla 1-3 Rendimiento de extracción del almidón de Malanga blanca por el método de Brenda.....	65
Tabla 2-3 Rendimiento de extracción del almidón de Malanga blanca por el método de Ganga.....	66
Tabla 3-3 Análisis proximal del Almidón de Malanga blanca por el método de Brenda.....	66
Tabla 4-3 Análisis proximal del almidón de Malanga blanca obtenido por el método de Ganga.....	67
Tabla 5-3 Porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón extraído por los métodos Brenda y Ganga.....	67
Tabla 6-3 Análisis de varianza de los análisis proximales del almidón de Malanga blanca extraído por el método de Brenda y Ganga.....	68
Tabla 7-3 Combinaciones de la dosificación de aditivos al almidón extraído por los dos métodos.....	71
Tabla 8-3 Densidad de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	73
Tabla 9-3 Dureza de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	74
Tabla 10-3 Elasticidad de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	74
Tabla 11-3 Espesor de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga mediante la técnica del SEM.....	75

Tabla 12-3 Transparencia de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	75
Tabla 13-3 Degradación en suelo de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	76
Tabla 14-3 Degradación hidrolítica de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.....	76
Tabla 15-3 Degradación térmica del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.	77
Tabla 16-3 Degradación térmica del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.	77
Tabla 17-3 Solubilidad en agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.....	78
Tabla 18-3 Solubilidad en agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.....	78
Tabla 19-3 Absorción de agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.....	79
Tabla 20-3 Absorción de agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.....	79
Tabla 21-3 Temperatura de gelatinización de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.	80
Tabla 22-3 Análisis de varianza de los polímeros biodegradables obtenidos por el método de Brenda y Ganga.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Planta de la malanga.....	30
Figura 2-1 Segmentos de una molécula de amilosa.....	33
Figura 3-1 Cadenas de amilosa formando hélices.....	34
Figura 4-1 Segmento de una molécula de amilopectina	34
Figura 5-1 Estructura ramificada de la amilopectina.....	35
Figura 6-1 Clasificación de los polímeros por su origen.....	40
Figura 7-1 Configuración sp^3 para los átomos de carbono de la cadena principal de la molécula de polietileno.....	41
Figura 8-1 Sistema amorfo (a), semicristalino (b) y cristalino (c).....	41
Figura 9-1 Clasificación de los bioplásticos según el origen de su materia prima.....	43
Figura 1-2 Proceso general de producción del polímero biodegradable a partir de la extracción del almidón de Malanga blanca utilizando el método de Brenda.....	56
Figura 2-2 Proceso general de producción del polímero biodegradable a partir de la extracción del almidón de Malanga blanca utilizando el método de Ganga.....	57
Figura 3-2 Estructura del almidón	61
Figura 4-2 Mecanismo de reacción de la amilosa y amilopectina	61
Figura 5-2 Acetilación del almidón	61
Figura 6-2 Mecanismo de reacción del almidón (deshidratación e hinchamiento).....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Clasificación de los polímeros por su origen.....	40
Gráfico 2-1 Clasificación de los bioplásticos según el origen de su materia prima.....	43
Gráfico 3-1 Capacidades de producción global de bioplásticos.....	44

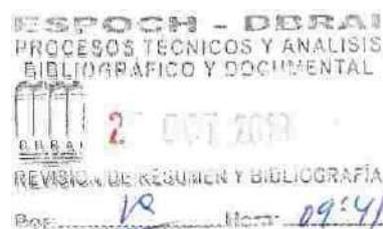
ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Extracción de almidón por el método de Brenda (Brenda et al. 2012).
- Anexo B** Extracción de almidón por el método Ganga (Ganga et al. 1999).
- Anexo C** Actividades para la obtención del almidón de Malanga blanca.
- Anexo D** Caracterización del almidón de la Malanga blanca extraído por el método de Brenda y Ganga.
- Anexo E** Dosificación de aditivos al almidón.
- Anexo F** Determinación de las propiedades del polímero biodegradable.
- Anexo G** Norma. Determinación del contenido de humedad.
- Anexo H** Determinación de humedad por el método de termobalanza.
- Anexo I** Norma. Determinación de ceniza.
- Anexo J** Norma. Determinación de proteína total.
- Anexo K** Norma. Determinación de grasa.
- Anexo L** Norma. Determinación de fibra cruda.
- Anexo M** Determinación de (ELnN) extracto libre no nitrogenado.
- Anexo N** Determinación de la cantidad de almidón.
- Anexo O** Determinación del contenido de amilosa.
- Anexo P** Determinación de la cantidad de amilopectina.
- Anexo Q** Análisis de varianza del almidón de Malanga blanca por el método de Brenda y Ganga.
- Anexo R** Determinación de las propiedades mecánicas del polímero biodegradable.
- Anexo S** Determinación de las propiedades físicas del polímero biodegradable.
- Anexo T** Determinación de las propiedades químicas del polímero biodegradable.
- Anexo U** Determinación de las propiedades funcionales del polímero biodegradable.
- Anexo V** Análisis de varianza para la evaluación de las propiedades del polímero biodegradable.

RESUMEN

El objetivo fue obtener un polímero biodegradable a partir de almidón extraído de la *Colocasia esculenta* o Malanga blanca, para lo cual se consideró los métodos de Brenda (2012) y Ganga (1999) con ácido cítrico al 3% y agua destilada respectivamente. Se realizó la caracterización del almidón extraído a través del análisis proximal del mismo, al tiempo que se determinó los rendimientos obtenidos. Con la ayuda de un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres factores, tres repeticiones y sus respectivos blancos, se añadió al almidón ciertas sustancias químicas en dosificaciones variables tales como: carboximetilcelulosa como extensor, glicerina como plastificante y ácido acético como estabilizante y modificador químico, así mismo, durante los ensayos se mantuvieron invariables ciertas sustancias como: agua destilada como plastificante y humectante, NaCl como potenciador de transparencia, antimicrobiano y aceite de girasol como lubricante y desmoldante. Se obtuvieron varios prototipos de polímeros biodegradables, algunos de ellos con características similares a las de un polímero convencional, luego, se evaluó las propiedades físicas, químicas, mecánicas y funcionales de los mismos, para el análisis estadístico utilizando el programa Infostat, lo más relevante fue que el polímero obtenido con menor cantidad de humedad tuvo un tiempo de degradación mayor, y a su vez este polímero necesita mayor temperatura para que pierda sus propiedades plastificantes y elásticas. Los polímeros obtenidos a partir del almidón extraído por el método de Brenda presentaron características y propiedades idóneas, recalcando la capacidad de degradación en agua y suelo, las propiedades de este polímero lo hacen idóneo para su posterior aplicación como materiales para envolturas, platos y bolsas que por ser de origen natural pueden biodegradarse rápidamente resultando inocuos para el medio ambiente, se recomienda para futuros trabajos utilizar sustancias químicas como el sorbitol o combinación entre glicerol y sorbitol para reducir aún más los períodos de degradación.

Palabras clave: QUÍMICA, POLÍMERO BIODEGRADABLE, ALMIDÓN, BRENDA (MÉTODO), GANGA (MÉTODO), MALANGA BLANCA (*Colocasia esculenta*), ADITIVOS.



ABSTRACT

The objective was to obtain a biodegradable polymer from starch extracted from *Colocasia esculenta* or Malanga White, for which the methods of Brenda (2012) and Ganga (1999) with 3% citric acid and distilled water respectively were considered. The characterization of the extracted starch was performed through its proximal analysis, and at the same time the yields obtained were determined. With the help of an experimental design of completely randomized blocks with three factors, three repetitions, and their respective targets, certain chemical substances were added to the starch in varying dosages such as: carboxymethyl cellulose as extender, glycerin as plasticizer and acetic acid as chemical stabilizer and modifier; likewise, during the tests certain substances remained unchanged such as: distilled water as a plasticizer and humectant, NaCl as a transparency enhancer, antimicrobial and sunflower oil as a lubricant and release agent. Several prototypes of biodegradable polymers were obtained, some of them with characteristics similar to those of a conventional one; then, the physical, chemical, mechanical and functional properties of these were evaluated for the statistical analysis using the Infostat program. The most relevant finding was that the polymer obtained with less moisture had a longer degradation time, and in turn this polymer needs a higher temperature to lose its plasticizing and elastic properties. The polymers obtained from the starch extracted by the Brenda method presented suitable characteristics and properties, emphasizing the degradation capacity in water and soil, the properties of this polymer make it suitable for its subsequent application as wrapping materials, plates, and bags which for being of natural origin, they can biodegrade quickly resulting in harmless to the environment. It is recommended, for future researches, to use chemical substances such as sorbitol or a combination of glycerol and sorbitol to further reduce the degradation periods.

Keywords: Chemistry, Biodegradable Polymer, Starch, Brenda (Method), Ganga (Method), Malanga White (*Colocasia esculenta*), Additives.



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo sugiere una alternativa para disminuir la creciente contaminación ambiental debido al gran porcentaje de desechos sólidos constituidos por polímeros sintéticos que se encuentran dispersos en el mundo, por lo que surge la necesidad de comparar métodos de extracción de almidón de *Colocasia esculenta* (Malanga blanca) que permitan obtener un polímero biodegradable que contribuya al cuidado del medio ambiente.

El objetivo principal de la presente investigación es realizar la comparación de los métodos de extracción de almidón de *Colocasia esculenta* (Malanga blanca), con la posterior caracterización de estos a fin de guiar la dosificación de los aditivos necesarios para la obtención de los polímeros biodegradables, finalizando con la evaluación de las propiedades físicas, químicas, mecánicas y funcionales de estos productos.

Se utiliza la metodología descriptiva, exploratoria y experimental por las características de la investigación, pues se considera la observación de los casos, la obtención de datos a partir de la manipulación de aditivos que otorgan características apropiadas al polímero biodegradable.

La presente investigación inicia con la detección del problema, así como la necesidad de aportar con una solución ambiental.

El capítulo I está constituido por un marco teórico conceptual que permite conocer las teorías científicas sobre las características del producto a ser analizado, los métodos de cultivo, extracción, el uso y las propiedades mecánicas, físicas, químicas y funcionales.

En el capítulo II se desarrolla la metodología de investigación, la aplicación de los métodos y las técnicas de investigación, así como los métodos, las técnicas de extracción y comparación que conducen a la determinación del análisis proximal del almidón de Malanga blanca. Con la obtención del polímero biodegradable se demuestra la hipótesis planteada y la determinación de sus propiedades.

En el capítulo III se realiza el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la comparación de los métodos de extracción del almidón de Malanga blanca, así como las recomendaciones para una posible aplicación industrial.

JUSTIFICACIÓN

En consideración de que el Ecuador se encuentra en una zona tropical y sus suelos contienen altos niveles de nutrientes que brindan grandes ventajas para cultivos no tradicionales, entre ellos la Malanga blanca, que es un fruto con alto contenido de almidón con características particulares tales como el tamaño de la partícula que se estima como una buena alternativa para la obtención de almidón, a partir de la aplicación de los métodos de extracción como el método de Brenda que utiliza una solución de ácido cítrico al 3%, procesos como molienda, tamizado, filtración, entre otros; el método de Ganga que utiliza agua destilada, procesos como licuado, sedimentación, decantación y filtración en los cuales se requieren reactivos y equipos que son fáciles de conseguir y de bajo costo.

El almidón de Malanga blanca tiene un gran potencial para la obtención de polímeros biodegradables con una inversión accesible para el cultivo y la cosecha lo cual es una alternativa favorable para la industrialización y producción masiva de este tipo de productos que permitirá obtener una representativa rentabilidad e ingresos monetarios.

La producción y comercialización de la Malanga blanca en el Ecuador es limitada por el desconocimiento sobre los beneficios alimenticios e industriales que este producto otorga a los ciudadanos, por tal razón se propone una alternativa para impulsar una producción masiva que permita satisfacer las necesidades industriales para la transformación en almidón como una fuente renovable de origen vegetal, el cual es de fácil extracción, lo que le otorga características como fuente importante para la producción de polímeros biodegradables.

En vista de que los métodos de extracción del almidón son varios se hace necesario experimentar como mínimo dos de ellos tales como el método de Brenda y el método de Ganga, que permitirán establecer el rendimiento más óptimo del procesamiento de la planta de Malanga blanca (*Colocasia esculenta*), que es una planta de rápido desarrollo vegetativo, abundante en zonas tropicales de nuestro país, aprovechable en su totalidad, de fácil propagación, aceptable valor nutricional y que brinda beneficios industriales para el Ecuador.

Utilizando tecnologías sencillas, es posible aprovechar este recurso agrícola obteniendo almidón de Malanga blanca, que sirve como materia prima para la elaboración de diversos productos

alimenticios. Debido a sus altas cantidades de almidón, superiores al 80 %, la Malanga blanca puede ser utilizada para reemplazar materias primas convencionales como maíz, yuca y papa en la industria alimentaria, beneficiando de esta manera a la población de la región tropical (Rapelo et al, 2013, p. 52-61).

Por lo tanto, con esta fuente vegetal natural al obtener un polímero biodegradable que tiene como base el almidón de Malanga blanca presenta una gran ventaja frente a los plásticos convencionales debido tienen un tiempo corto de degradación (Rapelo et al, 2013, p. 52-61).

Esta investigación desarrolla los dos métodos de extracción de almidón, calcula el porcentaje de rendimiento de cada método para realizar el análisis proximal del almidón obtenido, y la dosificación de sustancias químicas variables e invariables para obtener el polímero, cuyas propiedades se determinan y analizan para la aplicación industrial que coadyuva al desarrollo socioeconómico del país.

ANTECEDENTES

A nivel mundial existen varios países y empresas trasnacionales que impulsan investigaciones para desarrollar nuevos materiales y métodos de producción que permitan generar materiales poliméricos con similares propiedades, con un menor tiempo de degradación dando como resultado varios tipos de plásticos biodegradables como son: biodegradables sintéticos, semi-biodegradables, fotodegradables, y totalmente biodegradables naturales. En países como Japón, Francia, Estados Unidos, China, entre otros se han instalado plantas industriales que producen bioplásticos y los comercializan a nivel mundial sin embargo en el Ecuador no se muestran antecedentes de estudios de este tipo, ni tampoco tecnologías de implementación de procesos industriales (Angeles, 2015, p. 9-11).

Algunos investigadores han evaluado diferentes métodos para modificar el almidón y utilizarlo como materia prima para la elaboración de material de envasado biodegradable, debido a que es una fuente natural renovable, económica y altamente disponible. La funcionalidad del almidón se debe en gran parte a sus dos componentes de alto peso molecular: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es la responsable de la capacidad de formación de películas. El contenido de amilosa en el almidón de plátano es alrededor de 35% y ha sido utilizado para elaborar películas con el almidón nativo de plátano y oxidado (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

En un estudio realizado en Nicaragua para obtener un biopolímero a partir del almidón de Malanga blanca, partieron de un rendimiento de almidón del 22,6 %, posteriormente sintetizaron el polímero utilizando 10 g de almidón, 15 mL de ácido acético al 0,1 M, 10 mL de glicerina y 100 mL de agua, logrando un biopolímero con densidad de 0,93 g/cm³, dureza 11 HS, tardo 2 meses en degradarse en condiciones ambientales, flexibilidad de (1 – 5) mm, y con una humedad del (18,61 ± 2,01) %, concluyendo que este biopolímero es de dureza muy baja, por su densidad es competente con termoplásticos polietilenos, fácilmente degradable por su humedad, poco flexible respecto a los plásticos, y con muy buena biodegradabilidad (Rosales, 2016).

El otro método para la extracción de almidón (*xanthosoma sagittifolium*) es siguiendo el método descrito por Ganga *et al.* 1999, utilizando malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) proveniente de los cultivos de milpas de la comunidad de Héros del 47, municipio de Álamo Temapache, Veracruz, México. En este proceso los rizomas de malanga pasan por un proceso de lavado, pelado, cortado en pequeños cubos y sumergidos en agua destilada para posteriormente licuarlos; la suspensión

obtenida se decantó y el residuo al igual que el sedimento con el almidón fueron licuados por segunda ocasión, la mezcla se filtró y se dejó reposar para finalmente secar y triturar el almidón (Fallis, 2013, p. 1689-1699).

En la actualidad los residuos orgánicos generados en la industria agrícola provenientes de raíces, tallos, hojas o cualquier otra parte de la planta que no son utilizados, especialmente los que se generan en la producción de plátano son fuentes de celulosa y almidón, que pueden ser potencialmente útiles con un tratamiento químico, es por eso que, en el país, es una de las alternativas para aprovechar estos residuos y obtener beneficios que reduzcan el impacto ambiental (Chávez, 2015, p. 39).

La introducción del almidón en la obtención de polímeros biodegradables es de especial importancia por ser un recurso renovable que reemplaza los recursos no renovables como el petróleo, del cual se fabrican muchos polímeros sintéticos tradicionales. Los almidones que más se han utilizado son la papa y el maíz (Avilés, 2005, p. 15-22).

Ecuador desarrolló un biopolímero a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*). En esta investigación se elaboró un biopolímero resistente, flexible y elástico, con características similares a las de un plástico, a partir de almidón de corteza de yuca. Utilizando como plastificante una mezcla de agua, glicerina, como modificador químico, ácido acético. El biopolímero obtenido se constituyó de 19,36% de almidón, 6,31% de glicerina, 74,08% de agua y 0,25% de ácido acético. Presentó una densidad de 6,44 g/cm³ y 25,3% de aumento de peso por absorción de agua. La temperatura óptima a la cual se dio el proceso fue de 69°C (Rosales, 2016).

En Lima Perú realizaron unos estudios acerca de la obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz. Usaron como herramienta de diseño experimental el método Taguchi. Las películas de los biopolímeros fueron analizadas por espectroscopia de absorción atómica, concluyendo que los tres biopolímeros tienen las mismas funciones químicas a nivel molecular, y que estos biopolímeros obtenidas son inocuos, evitando futuros impactos ambientales por metales pesados (Rosales, 2016).

El Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (CITA-UCR), en el 2012 desarrolló un biopolímero a partir de desechos de piña y banano para

fabricar bolsas plásticas, cucharas y platos. En el que se realizó la fermentación láctica para obtener el ácido láctico y posteriormente someterlo al proceso de polimerización (Rosales, 2016).

La densidad de los polímeros derivados del almidón de (1.2 - 1.35) g/cm³ es superior a la de la mayoría de los polímeros termoplásticos convencionales y presentan baja resistencia a disolventes y aceites, aunque este aspecto se puede mejorar con mezclas, por ejemplo, PCL (Policaprolactona). En la actualidad también existen mezclas con otros biopolímeros como el PLA y con otros polímeros convencionales, constituyendo las resinas híbridas de almidón. El almidón es muy sensible a la humedad y al contacto con agua lo que limita el rango de sus aplicaciones. En cambio, por su estructura de polisacárido, ofrece propiedades moderadas de permeabilidad al oxígeno (Remar, 2011).

El almidón es 100% biodegradable según la normativa EN13432, sin embargo, determinados copolímeros, en un alto grado de sustitución, pueden afectar negativamente la biodegradabilidad por interacciones almidón-poliéster que ocurren a nivel molecular (Remar, 2011).

Se estudió el efecto de la concentración de almidón (5-10) % de ñame, plastificante (10-50) % y temperatura de proceso (300-315) K sobre las propiedades mecánicas, solubilidad y permeabilidad de películas. Las propiedades mecánicas fueron altamente influenciadas. Las propiedades de deformación y elongación obtuvieron valores más altos cuando se emplearon temperaturas más bajas y mayores concentraciones de plastificante (glicerol), y con relación a la fuerza de ruptura el efecto fue contrario, al disminuir el glicerol y aumentar la temperatura de secado, aumentó; también se evidenció que niveles más altos de almidón y glicerol aumentaron la solubilidad en agua de las películas, y la temperatura y el glicerol influenciaron positivamente la permeabilidad (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

Bajas concentraciones del plastificante aumentaron la resistencia a la tensión en las películas. Estos resultados fueron coincidentes con relación a que un incremento en la elongación y disminución en la resistencia a la tensión fue observado cuando se incrementó la concentración del plastificante, en películas basadas en almidón de maíz con alto contenido de amilosa gelatinizadas a baja temperatura y basadas en harina de maíz (genotipo azul), respectivamente (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

El incremento en la concentración del plastificante resultó en un aumento en el espesor, contenido de humedad y solubilidad, y, por el contrario, la densidad y absorción de agua de las películas disminuyó con el aumento de la concentración del plastificante. Mostraron mayor solubilidad las que contenían glicerol y glicerol-sorbitol y menor efecto sobre el contenido de humedad y absorción de agua las películas plastificadas con sorbitol (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

SITUACIÓN PROBLÉMICA

En la actualidad se consideran a la producción y comercialización de polímeros biodegradables como un campo de interés social que va en forma creciente con el pasar del tiempo, desde el punto de vista académico se utilizan los conocimientos de la ciencia química para desarrollar investigaciones que aporten al desarrollo del país. Desde el punto de vista ambiental, la utilización de los polímeros producidos a partir de recursos no renovables como los derivados del petróleo que por su baja biodegradabilidad generan la alta contaminación del medio ambiente (Menoscal y Rodríguez, 2017, p. 50).

En el mundo se estima que al año se producen 25 millones de toneladas de plásticos que persisten en el ambiente acumulándose en agua, suelo, fauna y flora dado que no son alterados estructuralmente y demoran en descomponerse hasta 500 años, China es el principal productor de plásticos seguido de Europa, Norteamérica y Asia. Dentro de Europa, más de dos tercios de la demanda de plásticos se concentran en cinco países: Alemania (24,9%), Italia (14,3%), Francia (9,6%), Reino Unido (7,7%) y España (7,4%) (Valero et al, 2013, p. 171-180).

En varios países de Latinoamérica como México, Chile, Argentina, entre otros, se están enfocando en buscar soluciones que permitan a corto y largo plazo la concientización sobre el manejo de los residuos (Haro et al, 2017, p. 506-525).

En Ecuador, actualmente la problemática radica en el inadecuado manejo de los residuos sólidos, pues aproximadamente se obtienen 277,35 toneladas diarias que corresponden a plásticos y según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Ecuador, realizado por la Organización Panamericana Salud (2002), la falta de infraestructura y la carencia de programas de servicios definidos para el manejo de los residuos son el motivo fundamental para que se registren coberturas sumamente ineficientes en cuanto a la recolección y disposición final de los polímeros (Menoscal y Rodríguez, 2017, p. 50).

Dentro del Ecuador no se registra trabajos donde intervenga la extracción de almidón de *Colocasia esculenta* (Malanga blanca), en la elaboración de polímeros biodegradables que representan una posible solución para reducir la contaminación ambiental pues están elaborados a base de material biológico cuyos métodos de extracción lo describe Ganga y Brenda con el fin

de utilizar el análisis proximal para guiar el porcentaje de sustancias químicas variables e invariables presentes en el producto final.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Comparar dos métodos de extracción de almidón de *Colocasia esculenta* (*Malanga blanca*) para la obtención de un polímero biodegradable.

Objetivos Específicos

- Extraer el almidón de la Malanga blanca comparando los métodos de Brenda (2012) y Ganga (1999).
- Caracterizar el almidón de la Malanga blanca para su análisis cualitativo.
- Dosificar aditivos necesarios para la obtención de un polímero biodegradable.
- Evaluar las propiedades físicas, químicas, mecánicas y funcionales del polímero biodegradable.

HIPÓTESIS Y VARIABLES

Hipótesis General

Las características de los polímeros biodegradables dependen del método de extracción del almidón de la *Colocasia esculenta* (Malanga blanca).

Identificación de Variables

Variable Independiente: Método de extracción del Almidón de *Colocasia esculenta* (Malanga blanca).

Variable Dependiente: Características del polímero biodegradable obtenido del almidón de *Colocasia esculenta* (Malanga blanca).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1 Malanga

Según la descripción de (Guaran, 2012, p. 2011-2012), la malanga pertenece a la familia de plantas aráceas del género *Xanthosoma*, entre las especies de mayor relevancia se encuentran la Malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*) y la Malanga lila (*Xanthosoma violaceum*).

La malanga se desarrolla regularmente en los climas cálidos húmedos a una temperatura entre 20 °C y 30 °C y altitudes entre cero y mil metros sobre el nivel del mar (Zapata y Velásquez, 2013, p. 172).

En el Ecuador la malanga es considerada un tipo de tubérculo que es muy conocido al momento de producirlo, comercializarlo y consumirlo. En función de su nombre y las características se le puede identificar y determinar de mejor forma a este tubérculo (Pillajo, 2016).

1.1.1 Descripción

La planta de la malanga es herbácea perenne, suculenta, los cormos poseen una corteza marrón oscuro, llega a una altura de 2 a 3 metros sin tallo aéreo en su diversidad de cultivos, la pulpa es blanca o amarilla, tienen anillos o nudos y en cada uno de ellos van insertas yemas (Guaran, 2012, p. 2011-2012).



Figura 1-1: Planta de la Malanga

Fuente: (Zapata y Velásquez, 2013, p. 172).

Entre las características de la malanga también se encuentra la facilidad de extracción del almidón, que presenta características muy particulares, como su forma redonda del gránulo y su tamaño que va desde $0.3\mu\text{m}$ (micrómetros) a $10\mu\text{m}$, lo que lo coloca entre los gránulos más pequeños observados en el reino vegetal, haciéndolos muy útiles en aplicaciones como son los plásticos biodegradables, los productos de tocador, los aerosoles, entre otros (Pillajo, 2016).

1.1.2 Fruto

Este tubérculo está formado por un cormo con rizomas secundarios de forma horizontal y laterales que crecen a partir del tallo principal y pueden ser comestibles, del cual se pueden obtener alrededor de 5 cormos secundarios o más, en la parte interna del fruto contiene una textura fibrosa, color blanco y una considerable cantidad de almidón (Guaran, 2012, p. 2011-2012).

El ciclo de cultivo de la Malanga blanca se desarrolla entre nueve y doce meses (Zapata y Velásquez, 2013, p. 172).



Fotografía 1-1: Fruto de la Malanga blanca

Realizado por: Heredia Daniel; Lesslie Pulgar, 2019.

1.1.3 Atributos morfológicos

La mayor parte de este tipo de tubérculos del género *Xanthosoma* a través de sus tejidos poseen pequeños cristales en forma de aguja de oxalato de calcio (CaC_2O_4) en grandes cantidades, los cuales se localizan en toda la planta como en las raíces, los rizomas, los frutos, las hojas y los tallos (Heindel, 2012).

La malanga a más de ser una fuente de almidón posee compuestos como glucósidos, saponinas, alcaloides, resinas, ácidos orgánicos y varios azúcares, considerados como una fuente importante de alimentación por la presencia de proteínas, grasas, carbohidratos esenciales y vitaminas (Heindel, 2012).

1.1.4 Composición nutricional

Los cormos de malanga en función a sus valores nutricionales son considerados alimento que brinda mucha energía, posee un alto contenido de vitamina A y vitamina C que se encuentran en las hojas, además una porción cocida de 100 gramos contiene 142 calorías (Pillajo, 2016).

1.1.5 Uso general: Alimentación humana

El “poi” es una pasta fermentada o fresca el cual es hipoalergénico y digerible, en Hawái se realizan cormos cocinados, pelados, lavados y molidos para crear una pasta gris y dependiendo del gusto de las personas se fermenta la preparación. Se utiliza también en la alimentación de niños con desnutrición, con alergias, en personas desdentadas y personas que tienen úlceras gástricas (Guaran, 2012, p. 2011-2012).

En países como Cuba, Costa Rica y Nicaragua existe una variedad de platos donde usan las hojas de malanga para ensaladas, puré y chicha, pues tiene la apariencia de la papa y después de someterla a cocción sirve como espesante en diferentes tipos de sopa (Guaran, 2012, p. 2011-2012).

1.2. Almidón

Es un carbohidrato de reserva que se sintetiza a partir de plantas superiores y se considera una fuente de energía para el hombre y otros organismos. Se encuentra en grandes cantidades dentro de los cereales cuyos porcentajes oscilan entre 30% al 80%, en las leguminosas en porcentajes de un 25% a 50% y en los tubérculos en porcentajes entre el 60% y 90%. El comportamiento del almidón es influenciado por la relación que existe entre amilosa de 20% a 39% y amilopectina 61% a 80% (Hernández, 2013).

Tabla 1-1: Contenido de amilosa y amilopectina en almidones de distintas fuentes.

Fuente de almidón	Contenido de amilosa (%)	Contenido de amilopectina (%)
Maíz	25	75
Mandioca	17	83
Papa	20	80
Trigo	25	75
Arroz	19	81
Maíz de alta amilosa	55 - 90	45 – 10
Maíz céreo	<1	>99
Yuca*	17	83
Malanga*	24	76

Fuente: (Andrade, 2017); (Guaran, 2012, p. 2011-2012) *

Para (Hernández, 2013)., las proporciones de los componentes principales que tiene el gránulo dentro de su estructura molecular y la proporción de las demás fracciones que desarrolla la planta influye en diferentes propiedades funcionales como: tendencia a la retrogradación, claridad, viscosidad, capacidad de formación de películas, capacidad de formación de gel, temperaturas, corte, estabilidad ácida, textura de gol, entre otras.

1.2.1 Componentes del almidón

La estructura química del almidón está compuesta por una mezcla de amilosa y amilopectina en diferentes proporciones (Hernández, 2013).

1.2.1.1 Amilosa

Es una α -D-(1,4)-glucano cuya unidad repetitiva es la α -maltosa producido por la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos (1,4) el cual forma cadenas lineales y largas con 200 a 2500 unidades y con pesos moleculares hasta de un millón g/mol. Esta estructura es una conformación tridimensional helicoidal, en el interior de la hélice que consta de seis moléculas de glucosa contiene átomos de hidrógeno lo que le da un carácter lipofílico y por lo tanto en el exterior de la hélice contiene grupos hidroxilos (Angeles, 2015, p. 9-11).

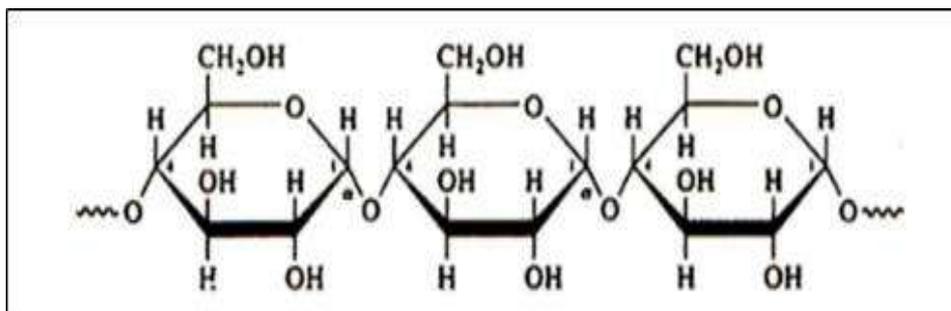


Figura 2-1: Segmentos de una molécula de amilosa.

Fuente: (Avilés, 2005, p. 15-22).

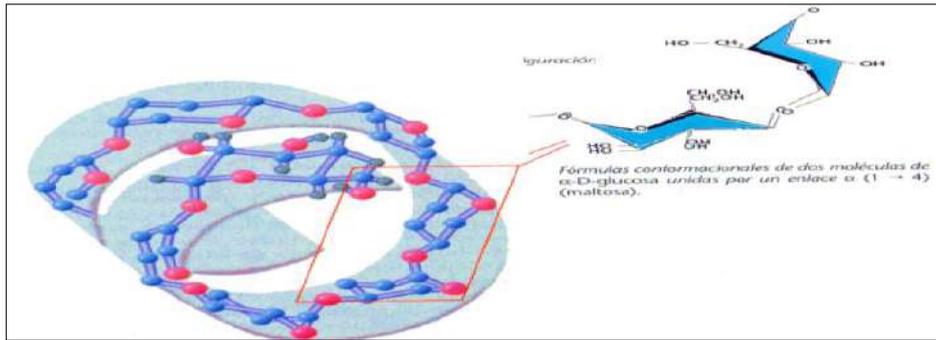


Figura 3-1: Cadenas de amilosa formando hélices.

Fuente: (Angeles, 2015, p. 9-11).

1.2.1.2 Amilopectina

La amilopectina es un polisacárido con el 75% a 83% en peso del almidón que posee ramificaciones, que por esta característica le otorga una forma molecular similar a un árbol que se asemeja a la amilosa, sus ramificaciones están unidas por enlaces α -D-(1,6) ubicados cada 25 a 30 unidades de glucosa de forma lineal y por contener fracciones que pueden tener hasta 200 millones de g/mol posee un peso molecular elevado (Angeles, 2015, p. 9-11).

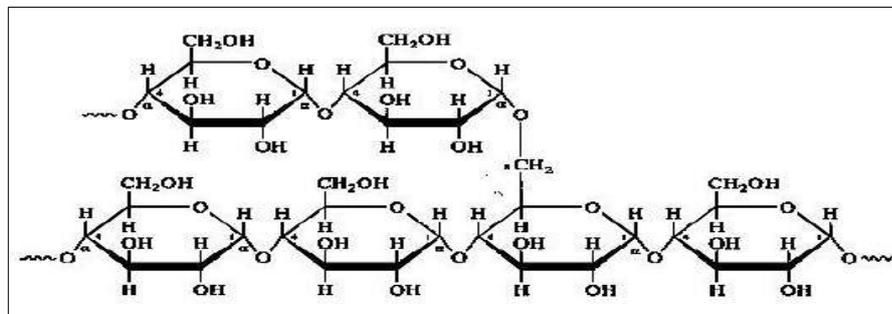


Figura 4-1: Segmento de una molécula de amilopectina

Fuente: (Avilés, 2005, p. 15-22).

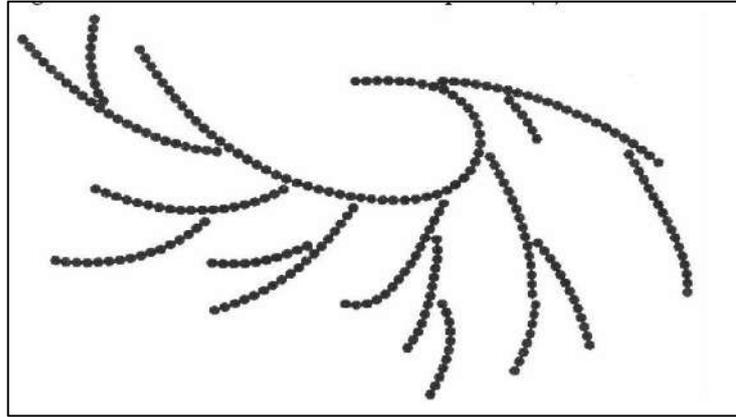


Figura 5-1: Estructura ramificada de la amilopectina.

Fuente: (Angeles, 2015, p. 9-11).

1.2.2 Propiedades del almidón

Entre las propiedades generales del almidón está la capacidad de gelificar que permite moldearlo y formar películas, éste puede provenir del maíz, papa, trigo, sorgo, yuca, caña, entre otros y puede encontrarse en concentraciones entre el 30 % y el 70 % de la composición polimérica. El almidón es utilizado en su estado nativo o modificado, las propiedades comunes del almidón son la gelatinización, desestructuración, biodegradación y retrogradación (Moreno, 2015).

Las propiedades de los almidones nativos se pueden mejorar por medio de modificaciones químicas, facilitando así propiedades de adhesión y formación de películas y a su vez lograr mayor resistencia de los almidones a la disminución de viscosidad por la adición de ácidos, temperatura y acción mecánica (esfuerzo cortante), disminución de la tendencia a la retrogradación y en el carácter iónico hidrofílico (Moreno, 2015).

1.2.2.1 Gelatinización

A mayor cantidad de agua con poca o ninguna despolimerización y presencia de calor existe pérdida de la cristalinidad de los gránulos del almidón. Estos gránulos son insolubles en solventes orgánicos y en agua. Por la presencia de calor los gránulos se hinchan por lo tanto pierden sus propiedades las cuales le confieren su estructura semicristalina y a temperatura crítica se constituye un gel (Quiñonez, 2015).

1.2.2.2 Desestructuración

Se basa en el cambio de los gránulos del almidón que se encuentran en la matriz uniforme del polímero imperfecto, por un lado acompañado de un quebramiento de puentes de hidrógeno situados en las moléculas, por otro lado, la despolimerización parcial de las moléculas (Meneses, 2007, p. 57-67).

1.2.2.3 Biodegradación

Es la transformación de contaminantes orgánicos en compuestos menos peligrosos gracias a la capacidad metabólica que poseen los microorganismos para que se puedan integrar en ciclos biogeoquímicos naturales (Quiñonez, 2015).

1.2.2.4 Retrogradación

Es la reorganización de los llamados puentes de hidrógeno y la reorientación de cadenas moleculares. Existe una disminución de la solubilidad en el agua y un aumento de turbiedad, posterior a la gelatinización, al momento que se deja de introducir calor inicia la fase de enfriamiento, aumenta nuevamente la viscosidad y se exhibe el fenómeno llamado retrogradación (Meneses, 2007, p. 57-67).

1.3 Métodos de extracción del almidón

Los métodos de extracción del almidón son varios, se puede extraer de diferentes fuentes de materia prima como el maíz, mango, yuca, papa, plátano, etc., dependiendo del tipo de empresa que la requiera, a mayor o menor escala, por lo que ésta se puede realizar de manera artesanal o tecnificada con métodos húmedos como el de Ganga, Brenda, Aparicio y seco como el de Medina (Meneses, 2007, p. 57-67).

1.3.1 Método de extracción del almidón según Ganga et al. 1999: Este procedimiento utiliza cubos de Malanga blanca de aproximadamente 3 cm sumergidos en agua destilada para posteriormente ser licuados.

1.3.2 Método de extracción del almidón según Brenda et al. 2012: Este procedimiento utiliza trozos de musáceas de tamaño de 5 a 6 cm³ sumergidos en una solución de ácido cítrico 3% para posteriormente ser licuados.

1.3.3 Método de extracción del almidón según Aparicio (2003): Este procedimiento utiliza trozos de Malanga blanca mezclados en agua para posteriormente ser licuados.

1.3.4 Método de extracción del almidón según Medina et al. (2007): Este procedimiento utiliza cubos de Malanga blanca de aproximadamente 3 cm de cada lado que no son sumergidos en ninguna sustancia para ser licuados.

1.4 Aditivos usados para la obtención del polímero biodegradable

Los aditivos son sustancias dispersas en una matriz polimérica sin afectar su estructura molecular, su función es mejorar las propiedades, comportamiento y calidad de los materiales plásticos, a diferencia de los materiales auxiliares o modificadores como por ejemplo catalizadores, agentes de curado y emulsificantes, entre otros, que se usan en la fabricación del polímero o para modificar su estructura química (Brown et al, 2000).

Los aditivos se agregan a los polímeros en cantidades relativamente pequeñas, de manera usual en proporciones menores al 5%, por otra parte, cuando se agregan en proporciones entre el 10 y el 70% reciben el nombre de ingredientes de mezclado (Brown et al, 2000).

Considerando los estudios realizados por diferentes autores que toman para su estudio como aditivo el agua destilada, el cloruro de sodio, el aceite, la glicerina, la carboximetilcelulosa y el ácido acético (Brown et al, 2000).

1.4.1 Agua destilada (H_2O): Ha sido considerada como el plastificante más efectivo, un mínimo de 20% de plastificantes es necesario para lograr plastificar exitosamente el almidón. La concentración del plastificante juega un rol crítico en la retrogradación del almidón, cuando el almidón del plastificante es mayor al 25% el plastificante limita esta retrogradación en el polímero, de otra forma, el plastificante favorecerá la cristalización de las cadenas del almidón (Carballo, 2017, p. 91).

1.4.2 Cloruro de Sodio ($NaCl$): Ciertas sales inorgánicas como el cloruro de sodio mejoran propiedades al polímero como la transparencia, el módulo de Young y la resistencia al esfuerzo cortante, cumple con la función de extensor dentro de la mezcla (Álvarez et al., 2017, p. 37-44).

1.4.3 Aceite: El uso de lubricantes (aceites vegetales) en la producción de termoplásticos ayuda a disminuir la degradación térmica del almidón generada por la despolimerización y mejora las condiciones de proceso (Villada et al, 2008, p. 3-14).

1.4.4 Glicerina ($C_3H_8O_3$): La glicerina o glicerol hace que el producto final (polímero) incremente su permeabilidad al vapor esto debido a la naturaleza hidrofílica del glicerol el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. Los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes (Enríquez et al, 2012, p. 182-192).

1.4.5 Carboximetilcelulosa (CMC): La adición de algunas sustancias estabilizantes al almidón como la carboximetilcelulosa, produce la disminución de la permeabilidad al vapor de agua, disminución de la solubilidad y aumento de la resistencia a la tensión de las películas (Enríquez et al, 2012, p. 182-192).

1.4.6 Ácido acético (CH_3COOH): En general la esterificación de los polisacáridos con ácidos orgánicos como el ácido acético es una de las transformaciones más versátiles en los biopolímeros. La introducción de un grupo éster en el polisacárido constituye un desarrollo importante debido a que permite modificar la naturaleza hidrofílica y obtener cambios significativos en las propiedades mecánicas y térmicas. El ácido acético es recomendado como modificador químico, puesto que su propiedad de disminuir el carácter hidrofílico del almidón, brindándole propiedades hidrofóbicas al material que lo hace más relevante (Rosales, 2016).

1.5 Polímeros

Según (Rosales, 2016), define a un polímero como una macromolécula compuesta por una o varias unidades químicas que se repiten a lo largo de toda una cadena, proviene del griego polys (muchos) y meros (parte). Varias sustancias orgánicas como: la quitina, la madera, las proteínas, el caucho, las resinas, así como también materiales sintéticos como el vidrio la porcelana, plásticos, adhesivos y fibras son considerados polímeros las cuales se rigen por la misma teoría y poseen una estructura interna similar en la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros y en material sintético el plástico, las fibras, los adhesivos, el vidrio y la porcelana.

Los polímeros se clasifican según su origen, tipo de polimerización estructura, composición química, aplicación, comportamiento, sin que estas clasificaciones sean excluyentes entre sí. En la industria de polímeros se consideran diferentes formas de llamarlos como plásticos, resinas, elastómeros y hules (Rosales, 2016).

La clasificación se resume de la siguiente manera:

1.5.1 Clasificación de los polímeros

Según su origen (Tolentino, 2012):

- Naturales
- Semisintéticos
- Sintéticos

Según la estructura de la cadena (Hermida., 2011, p. 70):

- Lineal
- Ramificado
- Entrecruzado
- Homopolímero
- Copolímero

Según su respuesta termo-mecánica (Hermida, 2011, p. 70):

- Termoplásticos
- Termorrígidos
- Elastómeros
- Adhesivos
- Recubrimientos de superficies
- Fibras

Los polímeros se subdividen según su origen en polímeros naturales y sintéticos. Cada una de estas clases de compuestos es subdividida en otras clases más específicas de acuerdo a su uso, propiedades y características físico-químicas (Rosales, 2016).

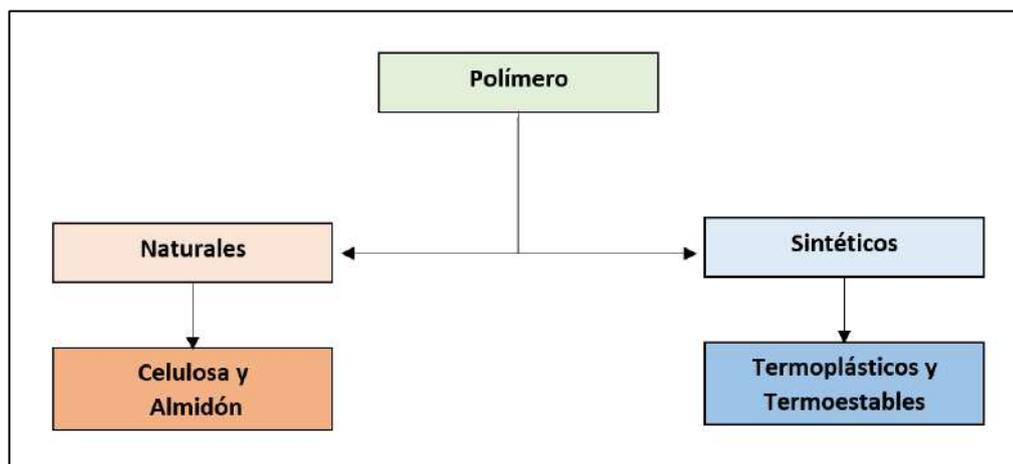


Figura 6-1: Clasificación de los polímeros por su origen.

Fuente: (Rosales, 2016).

Muchos de los polímeros naturales son degradables, el almidón, por ejemplo, ha recibido gran atención en los últimos años, ya que es un material termoplástico que posee algunas propiedades mecánicas y de barrera (Rosales, 2016).

1.5.2 Estructura de los polímeros

- **Estructura Química:** En los polímeros la unión entre monómeros se realiza siempre mediante enlaces covalentes. La figura 7-1 muestra un trozo de la cadena de polietileno. Los

átomos de carbono que constituyen la cadena principal presentan una configuración (sp^3) por tanto, sus orbitales se dispondrán formando un tetraedro en torno al átomo de carbono y el ángulo de enlace de dos carbonos consecutivos será de aproximadamente 109° , aunque en las siguientes representaciones consideraremos que se trata de moléculas planas (Beltrán, 2011, p. 1-42).

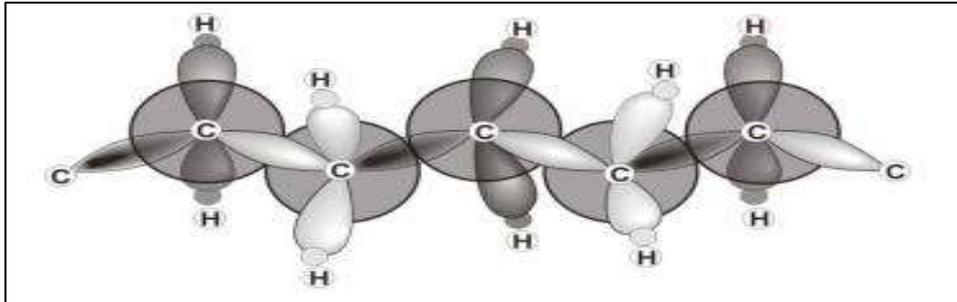


Figura 7-1: Configuración sp^3 para los átomos de carbono de la cadena principal de la molécula de polietileno

Fuente: (Beltrán, 2011, p. 1-42).

- **Estructura física:** Los términos cristalino y amorfo se utilizan normalmente para indicar las regiones ordenadas y desordenadas de los polímeros, respectivamente. La figura 8-1 muestra un esquema de un sistema amorfo, uno semicristalino y otro cristalino. En estado sólido algunos polímeros son completamente amorfos, otros son semicristalinos y, dependiendo de las condiciones de cristalización, un polímero con capacidad de cristalizar puede ser amorfo o semicristalino. Con frecuencia se utiliza el término cristalino en lugar de semicristalino, aunque ningún polímero es completamente cristalino (Mckeen, 2018, p. 35-52).

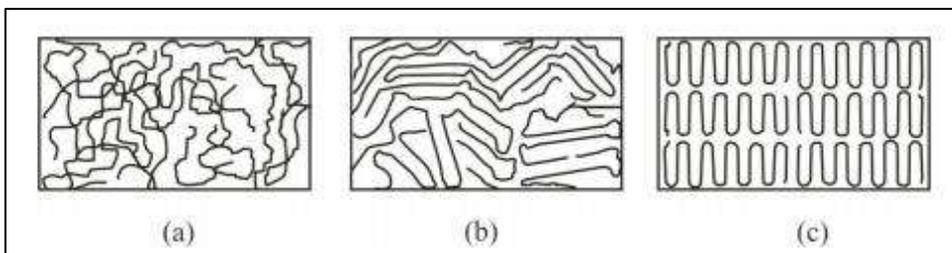


Figura 8-1: Sistema amorfo (a), semicristalino (b) y cristalino (c)

Fuente: (Beltrán, 2011, p. 1-42).

1.5.3 Impacto ambiental de los polímeros

Se han desarrollado múltiples estudios y discusiones relacionados con el impacto ambiental generado por los plásticos, tanto para compararlos con otros materiales, como para establecer diferencias entre distintos polímeros. A este respecto, es importante señalar que no existe un método universal para determinar el impacto ambiental de un producto, en el que intervienen muchos factores y que puede tener diferentes interpretaciones. Una de las metodologías de evaluación que ha cobrado fuerza en los últimos años es el análisis de ciclo de vida del producto (Morillas et al., 2015, p. 11).

1.6 Bioplástico

Un bioplástico se forma de recursos renovables que son de origen natural, como por ejemplo la celulosa, el almidón (papa, yuca, caña de azúcar). Para elaborar el bioplástico se necesitan estructuras químicas las cuales cumplan con la degradación mediante microorganismos como bacterias y hongos (Quiñonez, 2015).

1.6.1 Polímeros Biodegradables o biopolímero

Aquel polímero que se sintetiza a partir de monómeros biológicos renovables es considerado un plástico biodegradable, a diferencia de un bioplástico que es biodegradable o se elabora con una biomasa (base biológica), cuya estructura química debe otorgar la característica de degradación por microorganismos como bacterias y hongos al momento de desarrollar el bioplástico. Por tal motivo este tipo de materiales se consideran innovadores en la tecnología desarrollada para disminuir el impacto al ambiente (Moreno, 2015).

En ciertas investigaciones este tipo de materiales en comparación de los plásticos convencionales son capaces de disminuir en un 30% a 70% de gases que se producen como el CO₂, se puede considerar un material plastificado como un bioplástico basándose en su procedencia que puede ser de fuentes derivadas del petróleo, en el caso de considerarse un biopolímero se desarrollan a partir de fuentes naturales (Moreno, 2015).

Según la Norma Internacional ASTM D6400-04 (American Society for Testing Materials) para ensayos de materiales se considera un plástico biodegradable aquel material que se degrada de forma natural por la actividad de hongos, algas y bacterias, como se muestra en el gráfico 2-1 donde se menciona la clasificación de estos bioplásticos en función a la importancia comercial y su origen, destacándose los de mayor utilidad en la industria (Moreno, 2015).

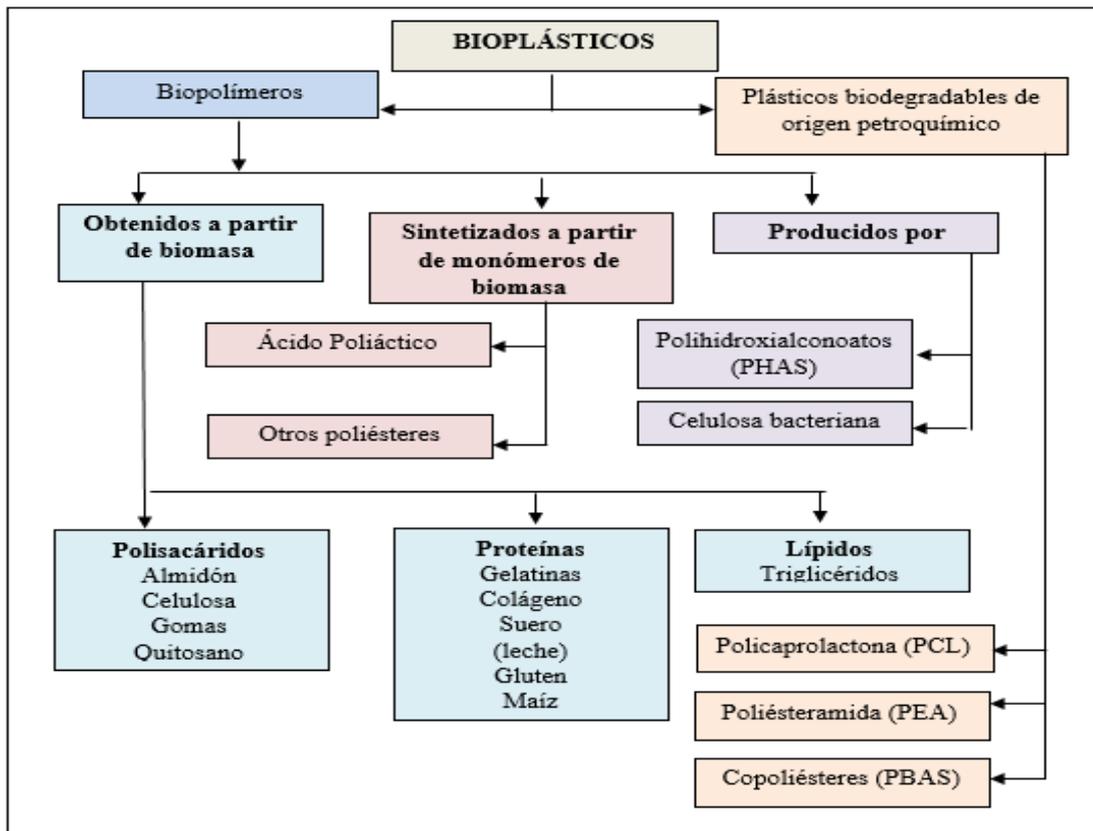


Figura 9-1: Clasificación de los bioplásticos según el origen de su materia prima.

Fuente: (Moreno, 2015).

En vista a que el precio de la producción de bioplásticos es mayor a los plásticos convencionales y al representar únicamente el 1.0 % de la producción a nivel mundial su manufactura es hoy en día limitada, es por eso que los materiales a partir de polímeros biodegradables poseen elevados costos comparándolos con los polímeros convencionales (Moreno, 2015).

Según (Interempresas, 2018), la capacidad de producción mundial de bioplásticos aumentará alrededor de 2,05 millones de toneladas en 2017 a aproximadamente 2,44 millones de toneladas en 2022. Los biopolímeros innovadores como el PLA (ácido poliláctico) y los PHA (polihidroxialcanoatos) son los principales impulsores de este crecimiento en el campo de los

bioplásticos biodegradables a base de agua. Los PHA son una importante familia de polímeros que ahora finalmente se lanzan al mercado a escala comercial, con capacidades de producción estimadas para triplicarse en los próximos cinco años. Estos poliésteres son 100% biodegradables y presentan una amplia gama de propiedades físicas y mecánicas en función de su composición química. También se prevé que las capacidades de producción de PLA crezcan un 50% para 2022 en comparación con 2017. El PLA es un material muy versátil que presenta excelentes propiedades de barrera y está disponible en los grados de PLA de alto rendimiento que son un reemplazo ideal para PS (poliestireno), PP (polipropileno) y ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) en aplicaciones más exigentes.

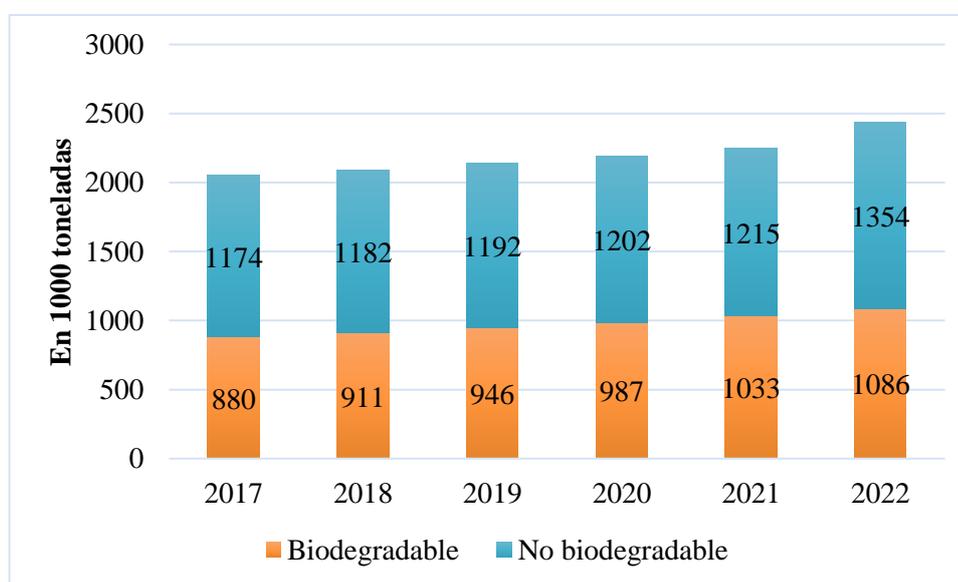


Gráfico 1-1: Capacidades de producción global de bioplásticos

Fuente: (Interempresas, 2018)

Según (Interempresas, 2018), los plásticos biodegradables y no biodegradables, incluidas las soluciones integrales de PE (polietileno) de base biológica y PET (tereftalato de polietileno) de base biológica, así como las PA (poliamidas) de base biológica, actualmente representan alrededor del 56 % (1,2 millones de toneladas) de las capacidades globales de producción de bioplásticos. Se prevé que la producción de PE de origen biológico seguirá creciendo a medida que se planifiquen nuevas capacidades en Europa en los próximos años. Sin embargo, las intenciones de aumentar la capacidad de producción de PET de base biológica no se han alcanzado al ritmo previsto en años anteriores.

Además según (Interempresas, 2018), el enfoque se ha desplazado hacia el desarrollo de PEF (furanoato de polietileno), un nuevo polímero que se espera que entre al mercado en 2020. El PEF es comparable al PET, pero al 100 % de base biológica y se dice que presenta una barrera superior y propiedades térmicas, esto lo convierte en un material ideal para el envasado de bebidas, alimentos y productos no alimentarios. En 2022, se espera que el PP (polipropileno) de base biológica entre al mercado a escala comercial con un fuerte potencial de crecimiento debido a su amplia aplicación.

Según (Énfasis Packaging, 2013), pasará de una capacidad de 426,780 toneladas anuales en 2013, a 1.3 millones en 2020.

Nova-Institute ha publicado un estudio que recoge los datos del mercado europeo con los últimos resultados de las capacidades de producción de polímeros de base biológica. Europa, hasta ahora, ha establecido una sólida posición principalmente en el campo de las mezclas de almidón (mezclas de polímeros de almidón natural o almidón termoplástico) y se espera que se mantenga fuerte en este sector para los próximos años (Énfasis Packaging, 2013).

Las instalaciones de producción de polímeros de base biológica para PLA (ácido poliláctico o poliácido láctico) y PHA (polihidroxialcanoatos) ubicadas en Europa son actualmente bastante pequeñas. Por otro lado, la producción de PA (protactinio) de base biológica ha ido despegando gradualmente en Europa y es probable que se mantenga estable con el fin de abastecer a los mercados en crecimiento de la construcción y la automoción. Europa acoge instalaciones de producción industrial para PBAT (tereftalato de adipato de polibutileno) pero aún basado en combustibles fósiles. Se esperan cuotas de PBAT de base biológica del 50% para el año 2020. También para PBT (tereftalato de polibutileno) la evolución reciente de la producción de butanodiol 1.4 de base biológica BDO (Binder, Dijker, Otte & Co) han demostrado que la ruta de base bio para el polímero es comercialmente viable y su producción está prevista para 2020. Actualmente, en vista de que los polímeros sintéticos convencionales tienen una actividad inerte a los ataques de microorganismos y por tener un porcentaje bajo de degradación son un problema para el medio ambiente, es por eso que crece el interés en la creación de los polímeros biodegradables (Velasco et al., 2012, p. 152-159).

Los polímeros de almidón dominan el mercado de los bioplásticos con un 75-80% del total de bioplásticos, siendo utilizados en un 75% para envases y embalajes. El 50% de los polímeros

basados en almidón están constituidos por mezclas de almidón con otros polímeros basados en petroquímica, aunque para el año 2020 se espera poder conseguir polímeros basados al 100% en almidón con similares propiedades gracias al desarrollo de procesos químicos o biológicos de modificación de almidón más eficientes. Los productores europeos no utilizan modificaciones genéticas del almidón debido al debate que ello conlleva y a la oposición pública a las modificaciones genéticas de cultivos (Gómez, 2007).

1.6.1.1 Propiedades

Propiedades Mecánicas

- **Dureza:** Es la fuerza máxima por área que una película puede soportar antes de romperse y se obtiene dividiendo la fuerza máxima entre el área transversal de la película (Domínguez, 2012, p. 110-121)
- **Densidad:** Es la cantidad de masa (bioplástico) en un determinado volumen de una sustancia (agua) (Rosales, 2016).
- **Elasticidad:** Es la determinación de la resistencia a la tensión de las películas del polímero sometidas a una fuerza máxima (Avilés, 2005, p. 15-22).

Propiedades Físicas

- **Transparencia:** Es la determinación de la apariencia u opacidad que poseen los polímeros (Rivera, 2014, p. 147).
- **Grosor:** Es una propiedad física que mide el espesor de las láminas del polímero (Niño et al., 2010, p. 124-134).

Propiedades Químicas

- **Degradación en suelo:** Es la determinación de la pérdida de peso o degradación sobre tiempo de las películas del polímero en tierra expuesto a diversas condiciones atmosféricas (luz, oscuridad, aire, etc.) (Râpă et al., 2014, p. 34-42).
- **Degradación hidrolítica:** Es la determinación de la pérdida de peso o degradación sobre tiempo de las películas del polímero en agua (Hernández, 2013).
- **Degradación térmica:** Es la determinación de cambio estructural o degradación sobre tiempo de las películas del polímero sometidos a altas temperaturas (Gonz, 2018, p. 35-44).

Propiedades Funcionales

- **Solubilidad en agua:** Se refiere a la estabilidad que posee el polímero frente a la exposición de una cantidad de agua (Gonz, 2018, p. 35-44).
- **Absorción de agua:** Es la capacidad que posee el polímero para absorber una cierta cantidad de agua aumentando su tamaño (Gonz, 2018, p. 35-44).
- **Temperatura de gelatinización:** Es aquella temperatura a la cual el polímero se calienta a altas temperaturas alcanzando una temperatura específica y sufre cambios en su estructura (Gonz, 2018, p. 35-44).

1.6.1.2 Importancia de los biopolímeros

Los biopolímeros han cobrado gran importancia debido a que pueden reemplazar materiales como el plástico los cuales actualmente generan gran acumulación de residuos y que se han convertido

en un alto foco de contaminación ambiental debido a su lenta degradabilidad (Valero et al, 2013, p. 171-180).

1.6.1.3 Polímeros biodegradables basados en almidón

La mayoría de las investigaciones se han realizado con base al almidón ya que éste es una mezcla de moléculas de carbohidratos: la amilosa y amilopectina, es por eso que casi el 100% de los polímeros biodegradables elaborados a partir del almidón son utilizados para fabricar embalajes y envases, casi la mitad de estos polímeros están constituidos por mezclas de almidón con otros polímeros como poliésteres alifáticos entre los cuales se pueden mencionar la Policaprolactona (PCL) y Poliésteres alifáticoaromáticos que mejora la biodegradabilidad y procesabilidad del polímero (Valero et al, 2013, p. 171-180).

Estos polímeros biodegradables por su estructura molecular se descomponen fácilmente donde se han utilizado materias primas como lípidos, proteínas y polisacáridos para fabricar recubrimientos y películas. No obstante, algunos materiales dependiendo del tipo de biopolímero utilizado presentan pobres propiedades mecánicas y de barrera ya que son elaborados solamente con un componente (Huang y Almeida, 2015).

En vista de este problema se necesitan realizar mezclas de dos o más componentes con el objetivo de mejorar las características y propiedades del material a obtener, también se adicionan otro tipo de sustancias como materiales de relleno y esfuerzo para lograr consistencia, cuerpo, elasticidad, rigidez, resistencia, biodegradabilidad, entre otras (Huang y Almeida, 2015).

Materiales poliméricos derivados de las plantas y animales, también materiales basados en gomas o en celulosa son algunos de estos materiales que se han reportado, así mismo con la adición de sustancias plastificantes que se insertan en la matriz del polímero lo que incrementa el espacio libre entre las cadenas y disminuye las fuerzas intermoleculares en la matriz y así lograr una mejora en su elasticidad y flexibilidad de las películas (Moreno, 2015).

1.6.1.4 Aplicaciones de los polímeros biodegradables

A partir del desarrollo de las pruebas físicas, químicas, mecánicas y funcionales del polímero que demuestra la posibilidad de aplicación a nivel industrial, y medicinal se propone las posibles aplicaciones de este producto (Ebnesajjad, 2013).

- Empaques biodegradables como envolturas, platos, cucharas (Ebnesajjad, 2013).
- Bolsas de plástico, embalajes industriales y domésticos (Ebnesajjad, 2013).
- En medicina como recubrimientos de fármacos, productos para agricultura y horticultura (Ebnesajjad, 2013).

1.6.2 Polímeros biodegradables de origen petroquímico

Debido a que los polímeros tienen enlaces carbono-carbono muestran poca o casi nada de sensibilidad a las reacciones catabolizadas por enzimas para la degradación sobre todo si tienen pesos moleculares elevados, se insertan grupos funcionales como esteres y grupos carbonilo en la cadena principal del polímero, estos puntos débiles están diseñados para permitir la degradación controlada de un peso molecular bajo y puede ser utilizada por los microorganismos como fuente de alimento. Varios informes técnicos mencionan que cuando se combinan aditivos con polímeros convencionales en los niveles adecuados para controlar la vida de las películas plásticas y otros artículos, la estabilidad se mantiene durante el procesamiento, almacenamiento y el uso final a corto plazo. Después de utilizar el plástico, la degradación iniciada por el calor, luz UV o la tensión mecánica en el medio ambiente se acelera llevando a cabo la fragmentación de los residuos plásticos (Tolentino, 2012).

Los polímeros sintéticos se pueden obtener a partir del petróleo y de otros productos e incluyen polímeros de poliéster y polietileno, uno de los polímeros biodegradables de origen petroquímico es la Policaprolactona (PCL) que es un poliéster alifático verdaderamente biodegradable sin el requerimiento previo de la fotodegradación. En ambiente de compost la policaprolactona es asimilada totalmente por los microorganismos y la velocidad de degradación depende de varios factores tales como espesor de la muestra, humedad, temperatura, oxígeno, etc. Existen también en el mercado mezclas de PCL con almidón tales como el Mater-bi™ que se usa para producir

películas, artículos inyectados, productos termoformados, etc. Se usa entre otras aplicaciones como reemplazo del yeso en aplicaciones ortopédicas (Tolentino, 2012).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es aplicada ya que según (Vargas, 2009, p. 155), es la utilización de los conocimientos adquiridos y a la vez que se adquieren otros, porque se utiliza la información obtenida de las teorías y estudios desarrollados sobre la aplicación de la Malanga blanca que permitieron al investigador describir las situaciones que se presentaron en cada uno de los experimentos realizados.

La investigación es experimental porque según (Gonz, 2018, p. 35-44), es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) porque el almidón obtenido se manipula y mejora con ciertos aditivos con el objetivo de otorgarle características apropiadas.

2.1 Métodos de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se utiliza los métodos científico, analítico y estadístico.

- **Método científico**

Requisitos apropiados para la mayor extracción de almidón de Malanga blanca y los aditivos necesarios para la obtención del polímero biodegradable con características adecuadas.

- **Método analítico**

Para la recolección de datos que fueron obtenidos de los diferentes equipos utilizados en el análisis proximal del almidón extraído por los dos métodos de extracción y también para la determinación de las propiedades del polímero biodegradable.

- **Método estadístico**

En esta investigación de tipo experimental se utiliza un diseño de bloques completamente al azar.

2.2 Técnicas de investigación

En primera instancia se necesita una revisión bibliográfica de fuentes primarias especializadas a partir de la cual se realizó la recopilación de información sobre métodos de extracción de almidón de Malanga blanca y tubérculos similares como yuca, papa, entre otros, estas técnicas se complementan con los procedimientos y aplicación de fórmulas para la obtención de polímeros biodegradables.

2.3. Población y muestra

- **Población de Estudio**

Planta de Malanga blanca (*Colocasia esculenta*) provenientes del Mercado Mariscal de la Comunidad de Chapinza, Parroquia Simón Bolívar, Provincia de Pastaza- Ecuador.

- **Tamaño de la Muestra**

Para la aplicación experimental del procedimiento de extracción de almidón se consideró una cantidad básica de 110.231 libras del fruto de Malanga blanca (*Colocasia esculenta*) con cáscara el cual fue dividido en dos porciones iguales para cada uno de los métodos extracción de almidón.

- **Método de Muestreo**

Las muestras son no probabilísticas discrecionales pues se seleccionó el fruto de acuerdo con el criterio del investigador considerando el peso, la madurez, el color, entre otros.

- **Recolección de datos**

Es importante desde el inicio del estudio tomar como base la revisión de la literatura especializada, debido a que este análisis permite conocer teóricamente procedimientos para la extracción del almidón de la Malanga blanca, así como aplicar los aditivos necesarios en proporciones adecuadas lo que facilita la recolección de datos cualitativos y cuantitativos y la realización de varias pruebas y ensayos de laboratorio sobre los métodos científicos de extracción de almidón y las propiedades del polímero obtenido.

- **Localización de Estudio**

La ejecución de la investigación experimental se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los laboratorios de Química Instrumental, laboratorio de Química Analítica, laboratorio de Bioquímica, laboratorio de Bromatología, laboratorio de Análisis Bioquímico y Bacteriológico, laboratorio de Impactos Ambientales, Ecología Natural y Aplicada de la Facultad de Ciencias y en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica.

2.4. Unidad de Análisis

Rizomas de Malanga blanca (*Colocasia esculenta*)

2.5. Descripción del experimento

A partir de la Malanga blanca seleccionada se extrajo el almidón considerando los métodos de extracción Ganga (1999) y Brenda (2012) empleando solventes como agua destilada y ácido cítrico al 3% respectivamente. Posteriormente se realizó un análisis proximal del almidón, que se expone a diferentes dosificaciones de sustancias químicas invariables como: agua destilada, NaCl y aceite de girasol y sustancias químicas variables como: carboximetilcelulosa (CMC), glicerina ($C_3H_8O_3$) y ácido acético (CH_3COOH), como resultado se obtuvo el polímero biodegradable con características similares a las de un polímero convencional que finalmente se evaluaron sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y funcionales.

2.5.1 Selección de la Malanga blanca

Se seleccionó de acuerdo con el peso considerando tres libras. Fotografía 1-2 y 2-2 adicionalmente con las siguientes características:

- Malangas blancas secas.
- Malangas de mayor tamaño con un peso aproximadamente de tres libras.
- Malangas que no estén deterioradas.
- Malangas que no se encuentren aplastadas.
- Malangas que no se encuentren podridas.
- Malangas no contaminadas.



Fotografía 1-2: Selección de los frutos con cáscara de la Malanga blanca

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.



Fotografía 2-2: Pesado de los frutos con cáscara de la Malanga blanca

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

2.5.2 Métodos para la extracción de almidón

La presente investigación compara los métodos de extracción del almidón utilizados por Brenda y Ganga por lo tanto se describen a continuación la técnica de cada uno.

De acuerdo al método Brenda *et al.* 2012, se utilizó una solución de ácido cítrico al 3%.

Según el método Ganga *et al.* 1999, se utilizó agua destilada a temperatura ambiente y en reposo durante 24 horas.

Los dos métodos son considerados de extracción con solvente.

2.5.2.1 Extracción del almidón por el método de Brenda

En la extracción del almidón aplicando el método (Brenda et al. 2012), los frutos se pelaron y cortaron en trozos de 5 a 6 centímetros cúbicos, luego se sumergen en una solución de ácido cítrico (3%) (600 g de pulpa/L de solución). Seguidamente la pulpa se homogenizó en un molino de marca CORONA, el homogenizado se tamizó por mallas de (300 y 150) μm hasta que el agua de lavado sea clara. Posteriormente se dejó sedimentar durante 24 horas. Los sedimentos retenidos en las mallas (300 y 150) μm se maceraron, tamizaron y se dejan sedimentar nuevamente. Luego el almidón se secó en una estufa modelo digital # YCO- N01 (53L) durante 24 horas a 60°C, se molió y tamizó (malla 300 μm) y finalmente se almacenó en frascos de plástico a temperatura ambiente. (Anexo A) (Chávez, 2015, p. 39).

A continuación, se presenta el esquema del proceso completo: extracción del almidón por el método Brenda y posterior producción del polímero biodegradable:

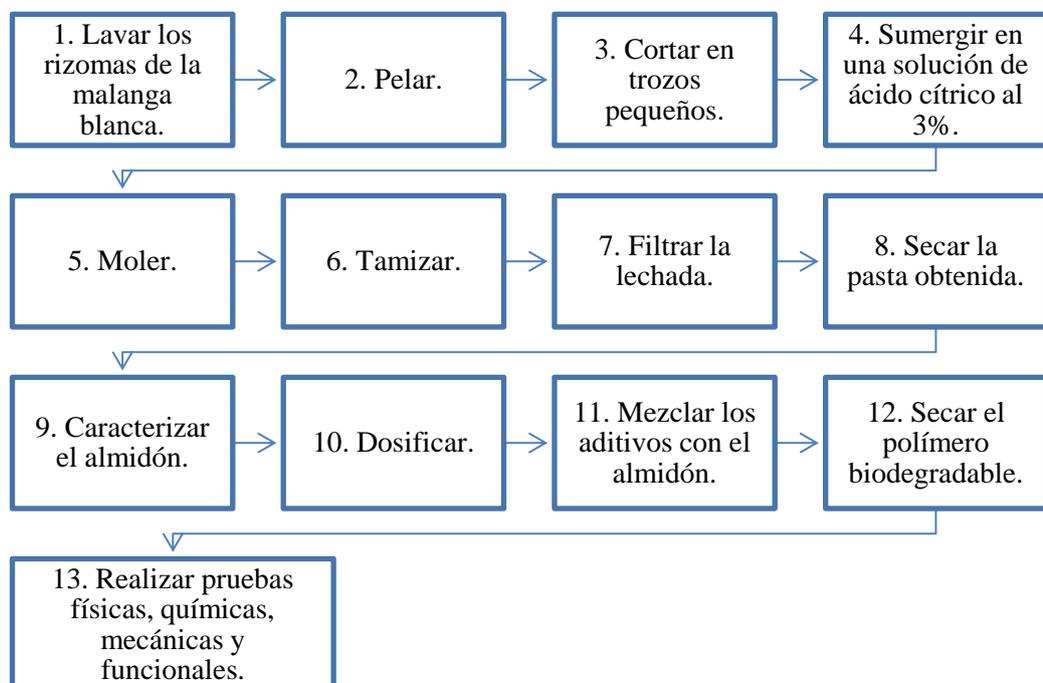


Figura 1-2: Proceso general de producción del polímero biodegradable a partir de la extracción del almidón de Malanga blanca utilizando el método de Brenda.

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

2.5.2.2 Extracción del almidón por el método de Ganga

La extracción del almidón aplicando el método (Ganga *et al.* 1999) se desarrolló de la siguiente manera: lavado, pelado y cortado de los rizomas de Malanga blanca, luego se licuó con agua destilada por 2 minutos en una licuadora industrial, manteniéndolo 24 horas en reposo para decantar la suspensión, a las dos fases resultantes se licuó por 1 minuto nuevamente por separado, los sólidos remanentes se filtraron a través de un tamiz de 300 μm y lavó hasta que el agua estuviera clara y se dejó sedimentar por 24 horas, la lechada de almidón obtenidas se dejaron reposar por 2 horas, se eliminó el sobrenadante y se mezclaron las partes. A continuación, se secó a 40 °C. por un día, se trituro y tamizó con una malla de 300 μm , se pesó el almidón obtenido y se almacenó en frascos de plásticos con tapa hermética a temperatura ambiente (Anexo B) (Fallis, 2013, p. 1689-1699).

El proceso completo de producción del polímero biodegradable a partir de la extracción del almidón de Malanga blanca utilizando el método de Ganga se esquematiza en la figura 2-2.

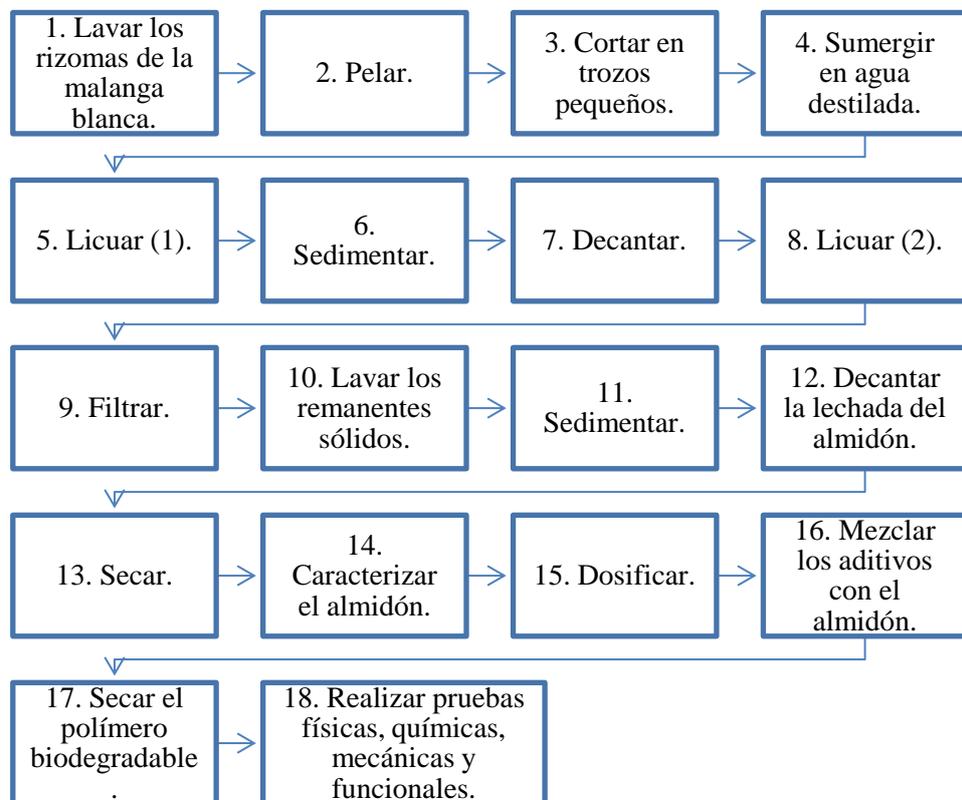


Figura 2-2: Proceso general de producción del polímero biodegradable a partir de la extracción del almidón de Malanga blanca utilizando el método de Ganga.

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Leslie, 2019.

2.5.3 Metodología para el análisis proximal del almidón de Malanga blanca

El análisis proximal del almidón de Malanga blanca es la determinación porcentual de diferentes análisis químicos que permiten establecer sus características esenciales, para lo cual se aplicaron los métodos analíticos que se presentan en la tabla 1-2:

Tabla 1-2: Técnicas aplicadas para el análisis proximal del almidón de Malanga blanca.

Norma	Técnica y protocolo	Equipos
(NTE INEN 1513:, 1987).	Determinación del porcentaje de materia seca y humedad.	Estufa de aire caliente modelo Digital #YCO-N01(53L).
-	Determinación de humedad por el método de termobalanza (Bianco et al, 2014, p. 29-36).	Termobalanza modelo RADWAG.
(INEN, 2013).	Determinación de ceniza.	Mufla marca VULCAN A-550.
(NTE INEN 0519, 1981)	Determinación de proteína cruda por el método de Macrokjeldhal.	Macrokjeldhal marca Gerhardt.
-	Determinación de (ELnN) extracto libre no nitrogenado (Guevara, 2016, p. 73).	$\% \text{ELnN} = 100 - \Sigma [\% \text{H (humedad)} + \% \text{C (cenizas)} + \% \text{F (fibra)} + \% \text{ExE (extracto etéreo o grasa)} + \% \text{P (proteína)}]$.
INEN 523 1980-12 (517, 1980, p. 1-5).	Determinación de grasa cruda o extracto etéreo por el método de Soxhlet.	Equipo de Soxhlet.
(INEN NTE 0522, 1981).	Determinación de fibra cruda por el método de Weende.	Equipo de Weende.
-	Determinación de la cantidad de almidón (Laboratorio de Alimentos I, 2008).	Espectrofotómetro.
-	Determinación del contenido de amilosa (Guadrón de delgado, 2013)	Espectrofotómetro.
-	Determinación de la cantidad de amilopectina (Gonz, 2018, p. 35-44).	Por diferencia entre la cantidad de almidón y amilosa.

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Leslie, 2019.

2.5.4 Dosificación de aditivos para la obtención del polímero biodegradable de Malanga blanca

Para obtener el polímero biodegradable se realizaron diferentes experimentos en los cuales se mantuvieron constantes las cantidades de: Almidón (2,5 g) como la base del polímero, agua destilada (40 mL) como plastificante y humectante, NaCl (1 g de sal de mesa) como un potenciador de transparencia y en cierto porcentaje es agente antimicrobiano y aceite de girasol (1mL) como un lubricante desmoldante. Para darle al polímero características de: resistencia, dureza, flexibilidad, extensión, se variaron las concentraciones de aditivos como: Carboximetilcelulosa (CMC) como extensor, Glicerina (C₃H₈O₃) como plastificante, ácido acético (CH₃COOH) como estabilizante, extensor y como modificador químico, ya que tiene la propiedad de disminuir el carácter hidrofílico del almidón, brindándole propiedades hidrofóbicas al material.

En la siguiente tabla 2-2 se presentan las dosificaciones de aditivos que se utilizan en la obtención del polímero biodegradable:

Tabla 2-2: Determinación de la dosificación de aditivos para potenciar el polímero biodegradable.

Aditivo y proporción recomendada					
Componentes de concentraciones constantes			Componentes de concentraciones variables		
H ₂ O Agua (35-40 %)	NaCl Cloruro de sodio (0,5-1 %)	Aceite de Girasol (0,5-1%)	Aditivo A C ₃ H ₈ O ₃ Glicerina (2,5 – 3,5 %)	Aditivo B CMC Carboximetilcelulosa (0,25 – 0,75 %)	Aditivo C CH ₃ COOH Ácido acético 3% (< 4%)
40	1	0.5	2.5	0.25	2.5
40	1	0.5	2.5	0.25	2.5
40	1	0.5	2.5	0.25	2.5
40	1	0.5	4	0.5	4
40	1	0.5	4	0.5	4
40	1	0.5	4	0.5	4
40	1	0.5	6	0,75	6
40	1	0.5	6	0,75	6
40	1	0.5	6	0,75	6

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Leslie, 2019.

A partir de los resultados obtenidos de los experimentos trifactoriales (3 aditivos), se constituyó el diseño de bloques completamente al azar, se realizaron las combinaciones requeridas en función del diseño planteado, estableciéndose los factores y sus respectivas variaciones del porcentaje de concentración de los aditivos A1, A2, y A3, cada experimento se realizó por triplicado, las combinaciones experimentales se presentan en la tabla 3-2:

Tabla 3-2: Combinaciones experimentales con el almidón extraído por el método de Brenda y de Ganga.

A1	A2	A3
A1B1C1	A2B1C1	A3B1C1
A1B1C2	A2B1C2	A3B1C2
A1B1C3	A2B1C3	A3B1C3
A1B2C1	A2B2C1	A3B2C1
A1B2C2	A2B2C2	A3B2C2
A1B2C3	A2B2C3	A3B2C3
A1B3C1	A2B3C1	A3B3C1
A1B3C2	A2B3C2	A3B3C2
A1B3C3	A2B3C3	A3B3C3

Fuente: (Gonz, 2018, p. 35-44).

Dónde:

- **A1** (2,5%), **A2** (4%), **A3** (6%): concentración de aditivo 1 en la experimentación.
- **B1** (0,25%), **B2** (0,5%), **B3** (0,75%): concentración de aditivo 2 en la experimentación.
- **C1** (2,5%), **C2** (4%), **C3** (6%): concentración de aditivo 3 en la experimentación.

2.5.5 Obtención del polímero biodegradable

2.5.5.1 Acetilación del almidón

La acetilación es una modificación química esterificación donde los grupos hidroxilo (OH) son sustituidos por grupos acetilo ($\text{CH}_3\text{-C=O}$), los mismos que se incorporan a la molécula según la fuente del almidón, concentración de reactivos, tiempo de reacción, pH, catalizador (de ser utilizado), brindando una mayor estabilidad al polímero, al variar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Cárdenas, 2018).

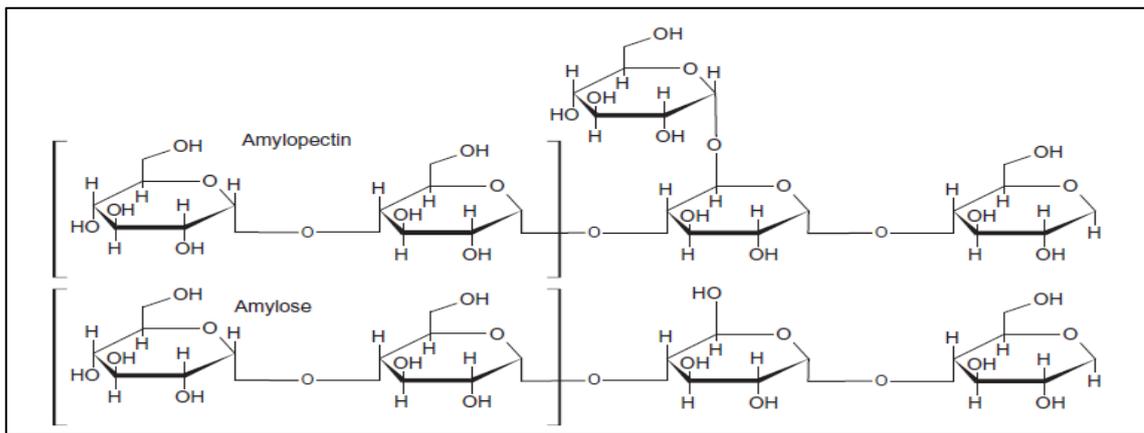


Figura 3-2: Estructura del almidón

Fuente: (Mckeen, 2018, p. 35-52).

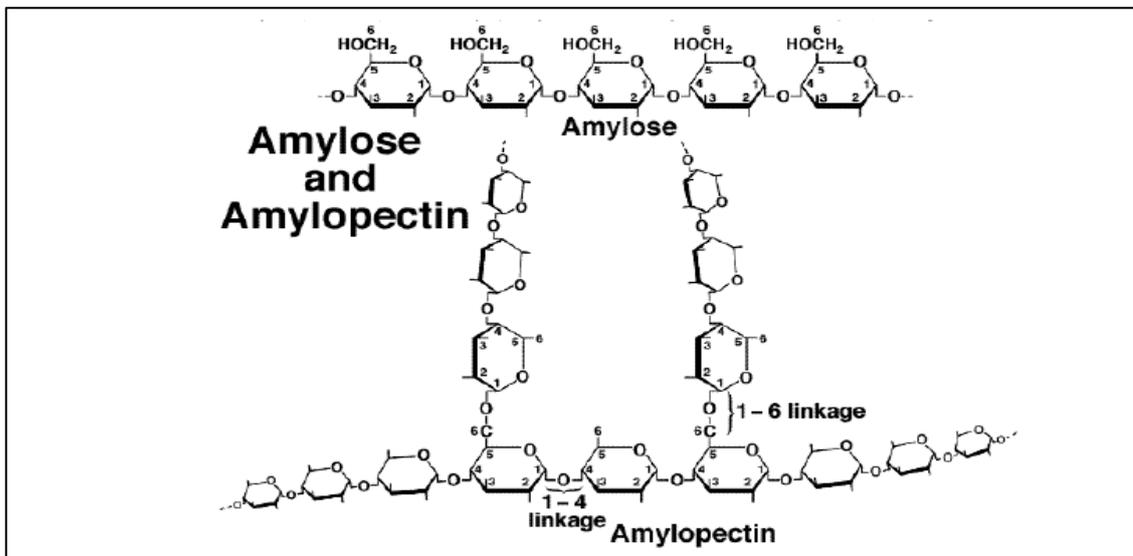


Figura 4-2: Mecanismo de reacción de la amilosa y amilopectina

Fuente: (Angeles, 2015, p. 9-11).

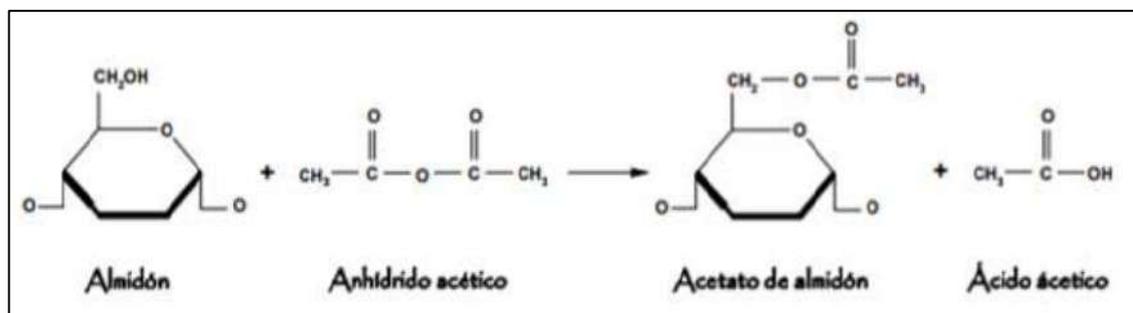


Figura 5-2: Acetilación del almidón

Fuente: (Cárdenas, 2018).

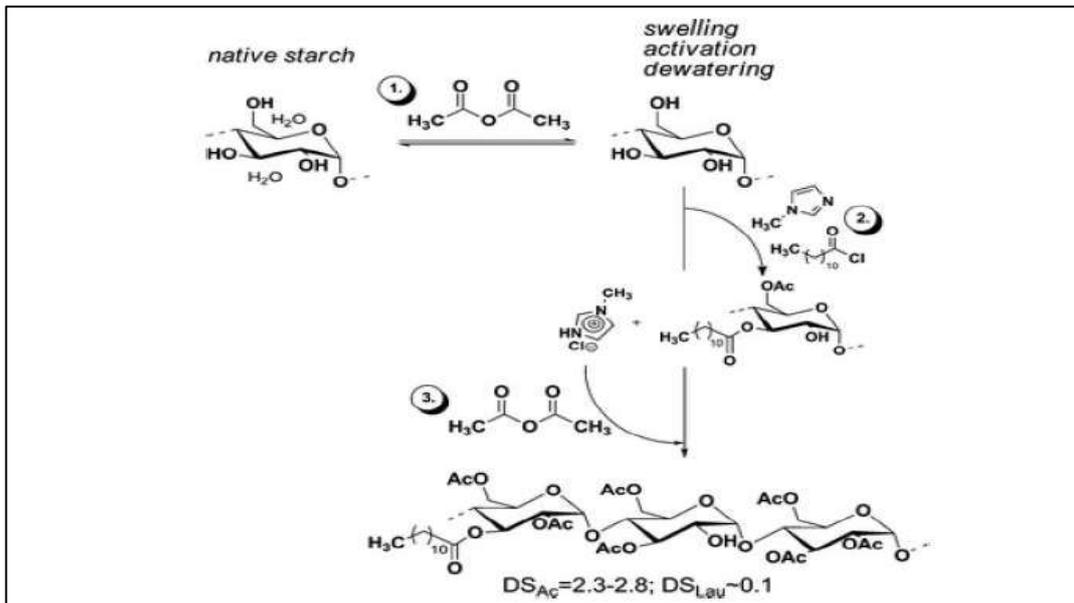


Figura 6-2. Mecanismo de reacción del almidón (deshidratación e hinchamiento)

Fuente: (Angeles, 2015, p. 9-11).

Entre las características del polímero biodegradable registrado por (Oropeza et al, 2016, p. 65-93), afirman que la disminución de resistencia a la tensión de películas basadas en almidón es directamente proporcional al aumento en la concentración del plastificante; inicialmente las películas de biopolímero de almidón con plastificante son muy flexibles y luego de varios días se estabilizan y tornan más resistentes a la rotura por tracción manual.

Para polímeros biodegradables los valores de permeabilidad al vapor de agua se relaciona con la adición de carboximetilcelulosa en base al almidón en concentraciones de (5, 10, 15 y 20) % (p/p), en las cuales esta característica disminuye en todas las concentraciones en comparación con una película empleada como control (sin carboximetilcelulosa), y el menor valor se obtuvo con concentración de 15 % (p/p); así mismo la resistencia a la tensión fue proporcional con el aumento de la concentración (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

Los polímeros biodegradables basados en almidón de alto contenido de amilosa presentan mayor temperatura de transición vítrea, resistencia a la tensión, módulo de elasticidad y elongación a la rotura (en general, mejores propiedades mecánicas) y menor absorción de agua, solubilidad en agua y permeabilidad al vapor de agua (en general, mayor resistencia al agua) que las películas con almidón de menor contenido de amilosa (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

Otro factor que afecta las propiedades mecánicas y microestructurales de las películas basadas en almidón es el envejecimiento (definido como tiempo de almacenamiento); además el envejecimiento de las películas afecta de manera significativa las propiedades mecánicas, se produce un aumento de la resistencia, pero también una reducción de la elasticidad (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

Según (Oropeza et al, 2016, p. 65-93)., el espesor del polímero biodegradable depende en gran medida de la naturaleza de la composición del mismo, ya que el grado de cristalinidad de los polímeros dependen de la habilidad de la cadena para formar cristales, también de la movilidad de las cadenas durante el proceso de cristalización y como consecuencia, las películas de mayor espesor requieren mayor tiempo de secado, a su vez el tiempo total de secado de películas basadas en almidón se reduce significativamente con el aumento de la temperatura del aire caliente. A medida que la temperatura aumenta (de 45 a 60) °C el secado se reduce y, por lo tanto, con el espesor del polímero se espera un aumento en la cristalinidad.

Las propiedades mecánicas son fuertemente dependientes del contenido de agua debido a la naturaleza hidrofílica de los polímeros de almidón porque el almidón posee gran cantidad de grupos hidroxilo en su estructura que le confiere una gran hidrofiliidad, la cual se mantiene en los productos biodegradables obtenidos a partir de él (Oropeza et al, 2016, p. 65-93).

2.5.6 Determinación de las propiedades del polímero biodegradable

La determinación de las propiedades de polímero biodegradable necesarias en la presente investigación se muestra en la tabla 4-2:

Tabla 4-2: Técnicas de determinación de las propiedades del polímero biodegradable.

Propiedades	Técnica	Equipos
Propiedades mecánicas.	Determinación de densidad (Gonz, 2018, p. 35-44).	Balanza analítica modelo PS 4500.R2.
	Determinación de dureza (Rosales, 2016).	Durómetro HUMBOLDT.
	Determinación de elasticidad (Meneses, 2007, p. 57-67).	Máquina Universal de Ensayos (MUE).
Propiedades físicas.	Determinación de grosor o espesor (Sánchez et al., 2015, p. 17-25).	SEM (Microscopía electrónica de Barrido) marca JSM-IT100.
	Determinación de transparencia (Rivera, 2014, p. 147).	-
Propiedades químicas.	Degradación con ensayo en suelo (Râpă et al., 2014, p. 34-42).	-
	Degradación hidrolítica (Hernández, 2013).	-
	Degradación térmica (Gonz, 2018, p. 35-44).	Estufa de aire caliente modelo digital #YCO-N01(53L).
Propiedades funcionales.	Solubilidad en agua (Moreno, 2015).	Balanza analítica modelo PS 4500.R2. Estufa marca #YCO-01(53L).
	Absorción de agua (Gonz, 2018, p. 35-44).	Balanza analítica modelo PS 4500.R2.
	Temperatura de gelatinización (Gonz, 2018, p. 35-44).	Estufa de aire caliente modelo digital #YCO-N01(53L).

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Las técnicas consideradas en la presente investigación que se describen en anexos son las que se aplican en el análisis proximal del almidón de Malanga blanca y en la determinación de las propiedades del polímero biodegradable.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.

3.1 Evaluación del almidón de Malanga blanca obtenido por el método Brenda y Ganga

Para este fin se realizó la extracción del almidón de Malanga blanca por el método de Brenda y el método de Ganga, luego se caracterizó los almidones obtenidos cuyos resultados se analizaron e interpretaron.

3.1.1 Rendimiento del almidón de Malanga blanca

En las tablas 1-3 y 2-3 se exponen los resultados obtenidos del rendimiento de almidón de malanga blanca obtenidos por los métodos Brenda y Ganga, respectivamente.

Tabla 1-3: Rendimiento de extracción del almidón de Malanga blanca por el método de Brenda

Día	Medición	Malanga con cáscara (g)	Malanga sin cáscara y en trozos (g)	Almidón (g)	Rendimiento (%)
1	A1	25.000,00	6.859,68	740,69	29,62
	A2			715,08	28,60
	A3			561,81	22,47
2	B1	25.000,00	6.859,68	762,30	30,49
	B2			722,10	28,88
	B3			568,70	22,74
3	C1	25.000,00	6.859,68	756,50	30,26
	C2			718,89	28,75
	C3			559,70	22,38
	Promedio	25.000,00	6.859,68	678,41	27,13

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 2-3: Rendimiento de extracción del almidón de Malanga blanca por el método de Ganga.

Día	Medición	Malanga con cáscara (g)	Malanga sin cáscara y en trozos (g)	Almidón (g)	Rendimiento (%)
1	D1	25.000,00	6.859,68	331,94	13,27
	D2			344,00	13,76
	D3			338,13	13,52
2	E1	25.000,00	6.859,68	337,60	13,50
	E2			339,34	13,57
	E3			335,23	13,40
3	F1	25.000,00	6.859,68	333,46	13,33
	F2			346,67	13,86
	F3			336,21	13,44
	Promedio	25.000,00	6.859,68	338,06	13,51

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

3.1.2 Caracterización del almidón de la Malanga blanca

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización del almidón de Malanga blanca obtenido por el método de Brenda (tabla 3-3) y Ganga, (tabla 4-3).

Tabla 3-3: Análisis proximal del Almidón de Malanga blanca por el método de Brenda.

Día	Medición	Humedad (termobalanza 1) %	Humedad (estufa) %	Cenizas %	Proteína %	Grasa %	Fibra cruda %	% ELnN (C. digeribles)
1	A1	14,06	10,99	0,73	2,36	0,039	0,29	82,521
	A2	14,02	11,13	0,59	2,17	0,049	0,35	82,821
	A3	13,94	11,32	0,61	2,18	0,044	0,31	82,916
2	B1	13,70	10,43	0,92	2,15	0,039	0,34	82,851
	B2	13,40	10,01	0,47	2,19	0,044	0,35	83,546
	B3	13,34	11,79	0,82	2,39	0,039	0,37	83,041
3	C1	13,37	10,59	0,47	2,19	0,044	0,28	83,646
	C2	13,16	10,77	0,46	2,18	0,039	0,29	83,871
	C3	13,09	11,25	0,40	2,39	0,039	0,32	83,761
	Pro medio	13,56	10,92	0,61	2,24	0,042	0,32	83,219

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 4-3: Análisis proximal del almidón de Malanga blanca obtenido por el método de Ganga.

Día	Medición	Humedad (termobalanza 1) %	Humedad (estufa) %	Cenizas %	Proteína %	Grasa %	Fibra cruda %	% ELnN (C. digeribles)
1	D1	19,41	15,31	0,49	2,63	0,044	0,29	77,136
	D2	19,17	15,49	0,47	2,42	0,049	0,31	77,611
	D3	18,79	15,99	0,94	2,31	0,049	0,33	77,581
2	E1	20,26	14,87	0,95	2,61	0,039	0,36	75,781
	E2	19,88	14,84	0,74	2,62	0,044	0,35	76,366
	E3	19,31	14,55	0,65	2,41	0,049	0,28	77,301
3	F1	19,71	15,70	0,34	2,41	0,039	0,33	77,171
	F2	19,59	16,02	0,35	2,58	0,044	0,31	77,126
	F3	19,61	14,62	0,39	2,60	0,044	0,32	77,036
	Promedio	19,53	15,27	0,59	2,51	0,045	0,32	77,012

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Los resultados obtenidos respecto al contenido de amilosa y amilopectina en los almidones obtenidos por los métodos de extracción Brenda y Ganga, se presentan en la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón extraído por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda			
Día	Medición	% Amilosa	% Amilopectina
1	A1	27,28	72,72
	A2	26,24	73,76
	A3	26,76	73,24
2	B1	26,30	73,70
	B2	25,26	74,74
	B3	25,78	74,22
3	C1	28,26	71,74
	C2	27,22	72,78
	C3	27,74	72,26
	Promedio	26,76	73,24
Método Ganga			
1	D1	25,30	74,70
	D2	24,26	75,74
	D3	24,78	75,22
2	E1	25,99	74,01
	E2	24,95	75,05
	E3	25,47	74,53
3	F1	24,62	75,38
	F2	23,58	76,42
	F3	24,10	75,90
	Promedio	24,78	75,21

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

3.1.3 Resumen y discusión del análisis de varianza por el método de Brenda y Ganga

En la tabla 6-3 se tomaron en consideración los resultados más significativos del análisis de varianza o anova que permitieron comparar las medias del rendimiento y cada uno de los análisis proximales del almidón de Malanga blanca procedente de los dos métodos de extracción ensayados, en el anexo Q se presentan todos los datos de este análisis estadístico.

Tabla 6-3: Análisis de varianza de los análisis proximales del almidón de Malanga blanca extraído por el método de Brenda y Ganga.

Métodos	Análisis	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Medias	Significancia
Brenda	% R rendimiento del almidón	34,54	0,0042	±27,37	**
Ganga				±13,49	
Brenda	% H Humedad método de termobalanza	774,06	<0,0001	±14,01	**
Ganga				±19,12	
Brenda	% H Humedad método desecación en estufa	53,78	<0,0018	±10,74	**
Ganga				±14,75	
Brenda	% C cenizas	0,07	0,8033	±0,74	ns
Ganga				±0,78	
Brenda	% P proteína	3,72	0,1260	±2,24	ns
Ganga				±2,45	
Brenda	% G grasa o extracto etéreo	1,00	0,3739	±0,04	ns
Ganga				±0,04	
Brenda	% F fibra	3,06	0,1550	±0,30	ns
Ganga				±0,32	
Brenda	(ELnN) Extracto libre no nitrogenado	7628,05	<0,0001	±83,76	**
Ganga				±77,11	
Brenda	% amilosa	0,53	0,5058	±25,78	ns
Ganga				±25,47	
Brenda	% amilopectina	0,53	0,5058	±74,53	ns
Ganga				±74,22	
Brenda	% de almidón	19,94	0,0111	±74,06	*
Ganga				±65,21	

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

ns: no significativo

*: significativo

** : altamente significativo

A continuación, se muestran las condiciones de la tabla 6-3:

CONDICIONES:

- p-valor $>0,01$; $> 0,05$ ns
- p-valor $>0,01$; $< 0,05$ *
- p-valor $<0,01$; $< 0,05$ **

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Discusión de los resultados del análisis de varianza del almidón de Malanga blanca obtenido por los métodos Brenda y Ganga

En el análisis de varianza del almidón de Malanga blanca de la tabla 6-3 el porcentaje del rendimiento del almidón depende del método que se utiliza, ya que el p-valor es 0,0042, lo que indica que existen diferencias altamente significativas, por lo tanto el método de Brenda es más factible porque se obtuvo un rendimiento del almidón de 27,37 % en comparación al rendimiento del almidón extraído por el método de Ganga de 13,49 %; lo que significa que estos valores son relativamente bajos comparados en literatura donde el porcentaje de rendimiento del almidón de malanga oscila entre (38 - 42) % (Saldaña y Salinas, 2017, p. 58). Sin embargo en otros estudios obtuvieron un rendimiento del 22.6 % (Rosales, 2016), una diferencia importante a señalar es que el método Brenda utiliza ácido cítrico al 3% para remojar los trozos de Malanga blanca ya pelada y en Ganga solo agua destilada.

El porcentaje de humedad del almidón depende del método que se utiliza, ya que el p-valor es $<0,0001$, lo que indica que existen diferencias altamente significativas, por lo tanto el porcentaje de humedad del almidón extraído por el método de Brenda con un valor de 14,01 % es similar al reportado en literatura para almidón de Malanga blanca con un rango de humedad de $(14,49 \pm 0,04)$ % y el porcentaje de humedad del almidón extraído por el método de Ganga con un valor de 19,12 % excede los valores reportados. Sin embargo los valores obtenidos en esta investigación están en el rango de humedad que se acepta para productos secos con una vida de anaquel deseable porque son menor al valor permitido (< 20) % (Rapelo et al, 2013, p. 52-61). (Rosales, 2016), obtuvo un porcentaje de humedad de $(18,6 \pm 2,01)$ %, en su proceso de sedimentación mantuvo 48 horas continuas a 4 ° C, mientras en Brenda se intercalo sedimentación 24 horas – decantación – sedimentación 24 horas a temperatura ambiente.

El porcentaje de cenizas, proteína, grasa, fibra, amilosa y amilopectina establecidos para el almidón no dependen del método que se utiliza, ya que no existe diferencias significativas, el porcentaje de ceniza del almidón obtenidos tanto por el método de Brenda y Ganga en esta investigación no se atribuyen diferencias significativas porque este parámetro es característico de cada especie y en esta investigación se tomó la misma especie (*Colocasia esculenta*) para la extracción del almidón, cabe recalcar que estos valores de ceniza son mayores a los reportados en literatura para almidón nativo de Malanga blanca de $(0,27 \pm 0,01)$ %, al igual para el porcentaje de proteína no existe diferencia significativa en los métodos de extracción de almidón pero son mayores a los reportados en literatura de $(1,5 \pm 0,03)$ % ya que la proteína es un componente que está presente en mínimas cantidades en el almidón aún después del proceso de extracción porque forma complejos con los compuestos moleculares de los gránulos de almidón; para los valores de fibra no existe diferencia significativa en los métodos de extracción de almidón y son menores a los mencionados en bibliografía 0,57%, es por eso que el almidón obtenido en nuestra investigación presenta una mínima impureza debido a que la fibra es considerada como impureza (Rapelo et al, 2013, p. 52-61).

El porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón no depende del método que se utiliza, ya que el p-valor es 0,5058, lo que indica que no existe diferencias significativas, el porcentaje de amilosa del almidón obtenidos son mayores comparados con los almidones de yuca que presentan valores $(17-24)$ % (Angeles, 2015, p. 9-11).

3.2 Dosificación de aditivos

Con la finalidad de obtener el polímero biodegradable se aplicó la dosificación de aditivos al almidón de Malanga blanca extraído por los métodos propuestos, para lo cual se desarrollaron las combinaciones siguientes.

Tabla 7-3: Combinaciones de la dosificación de aditivos al almidón extraído por los dos métodos.

N.º	Combinaciones	Componentes	Resultados	
			Método de extracción de Brenda	Método de extracción de Ganga
1	A1B1C1	A1: 2,50 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético.	Mezcla altamente densa, homogénea, sin grumos.	Mezcla altamente densa, homogénea, sin grumos.
2	A1B1C2	A1: 2,50 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C1: 4 mL ácido acético.	Mezcla medianamente densa, homogénea, sin grumos.	Mezcla medianamente densa, homogénea, sin grumos.
3	A1B1C3	A1: 2,50 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC C3: 6 mL ácido acético.	Mezcla poca densa, y altamente homogénea, sin grumos y burbujas a diferencia de las dos anteriores	Mezcla poca densa, y altamente homogénea, sin grumos y burbujas a diferencia de las dos anteriores
4	A1B2C1	A1: 2,50 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético.	Mezcla altamente densa, bajo grado de homogeneidad, cantidad media de grumos	Mezcla altamente densa y homogénea, cantidad media de grumos
5	A1B2C2	A1: 2,50 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C2: 4 mL ácido acético.	Mezcla medianamente densa y homogénea, cantidad media de grumos.	Mezcla medianamente densa altamente homogénea, sin grumos.
6	A1B2C3	A1: 2,50 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla poca densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla poca densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.
7	A1B3C1	A1: 2,50 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla altamente densa, bajo grado de homogeneidad, con alta cantidad de grumos.	Mezcla altamente densa, bajo grado de homogeneidad, sin grumos
8	A1B3C2	A1: 2,50 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla altamente densa, grado medio de homogeneidad, cantidad media de grumos.	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, sin grumos.
9	A1B3C3	A1: 2,50 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla altamente densa, bajo grado de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla medianamente densa y homogénea, sin grumos.
10	A2B1C1	A2: 4 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla medianamente densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos
11	A2B1C2	A2: 4 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla poca densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla poca densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.
12	A2B1C3	A2: 4 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla muy poco densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla poca densa, alto grado de homogeneidad, sin grumos.
13	A2B2C1	A2: 4 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla poca densa, grado medio de homogeneidad, poca cantidad de grumos.	Mezcla altamente densa, grado medio de homogeneidad, poca cantidad de grumos.
14	A2B2C2	A2: 4 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla poca densa, grado medio de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla poca densa, altamente homogénea, sin grumos.
15	A2B2C3	A2: 4 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla poca densa, grado medio de homogeneidad, sin grumos.	Mezcla poca densa, grado medio de homogeneidad, sin grumos.

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Continuación: Tabla 7-3

N.º	Combinaciones	Componentes	Resultados	
			Método de extracción de Brenda	Método de extracción de Brenda
16	A2B3C1	A2: 4 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla altamente densa y homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla altamente densa, medianamente homogénea, cantidad media de grumos.
17	A2B3C2	A2: 4 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa y homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla altamente densa, poco homogénea, sin grumos.
18	A2B3C3	A2: 4 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla poco densa, altamente homogénea, alta cantidad de grumos	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, alta cantidad de grumos
19	A3B1C1	A3: 6 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla altamente densa y homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla medianamente densa y altamente homogénea, poca cantidad de grumos.
20	A3B1C2	A3: 6 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa y homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla medianamente densa y altamente homogénea, sin grumos.
21	A3B1C3	A3: 6 mL glicerina. B1: 0,25 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla poca densa y altamente homogénea, sin grumos.
22	A3B2C1	A3: 6 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla altamente densa, medianamente homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla altamente densa, poco homogénea, alta cantidad de grumos
23	A3B2C2	A3: 6 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, poca cantidad de grumos.	Mezcla medianamente densa, medianamente homogénea, poca cantidad de grumos.
24	A3B2C3	A3: 6 mL glicerina. B2: 0,50 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla poca densa, altamente homogénea, sin grumos.	Mezcla poca densa, altamente homogénea, sin grumos.
25	A3B3C1	A3: 6 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C1: 2,50 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, sin grumos.	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, pocos grumos.
26	A3B3C2	A3: 6 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C2: 4 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, medianamente homogénea, pocos grumos.	Mezcla medianamente densa, altamente homogénea, pocos grumos.
27	A3B3C3	A3: 6 mL glicerina. B3: 0,75 g CMC. C3: 6 mL ácido acético	Mezcla medianamente densa, poco homogénea, pocos grumos.	Mezcla medianamente densa y homogénea, pocos grumos.

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Discusión de la dosificación del almidón de Malanga blanca

En la tabla 7-3 la mejor combinación de aditivos para el almidón extraído por el método de Brenda es: A3: 6 mL glicerina, B3: 0,75 g CMC, C1: 2,50 mL ácido acético porque la mezcla es medianamente densa, altamente homogénea, sin grumos. La combinación de aditivos óptima para

el almidón extraído por el método de Ganga es: A1: 2,50 mL glicerina, B3: 0,75 g CMC, C2: 4 mL ácido acético porque la mezcla es medianamente densa, altamente homogénea, sin grumos.

Una vez establecido las combinaciones A3B3C1 y A1B3C2 es necesario realizar la evaluación de las propiedades del polímero biodegradable tomando en consideración que brindan características adecuadas como: dureza, elasticidad, densidad, entre otras.

3.3 Evaluación de las propiedades del polímero biodegradable

3.3.1 Evaluación de las propiedades mecánicas del polímero biodegradable

Se evaluaron las propiedades mecánicas como densidad, dureza y elasticidad del polímero biodegradable obtenido cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 8-3: Densidad de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda				
N.º caja Petri	Muestras	Masa del biopolímero	Volumen de agua	Densidad (g/cm ³)
1	A1	0,07	0,21	0,33
	A2	0,07	0,21	0,33
	A3	0,09	0,24	0,37
2	B1	0,06	0,20	0,30
	B2	0,08	0,23	0,34
	B3	0,07	0,21	0,33
3	C1	0,08	0,23	0,34
	C2	0,08	0,23	0,34
	C3	0,10	0,25	0,40
	Promedio	0,07	0,22	0,34
Método Ganga				
1	D1	0,05	0,19	0,26
	D2	0,05	0,19	0,26
	D3	0,04	0,18	0,22
2	E1	0,06	0,20	0,30
	E2	0,04	0,18	0,22
	E3	0,05	0,19	0,26
3	F1	0,05	0,19	0,26
	F2	0,06	0,20	0,30
	F3	0,06	0,20	0,30
	Promedio	0,05	0,19	0,26

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 9-3: Dureza de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda			Método Ganga		
N.º caja Petri	Muestras	Dureza shore A	N.º caja Petri	Muestras	Dureza shore A
1	A1	9	1	D1	12
	A2	10		D2	13
	A3	9		D3	12
2	B1	10	2	E1	13
	B2	11		E2	13
	B3	10		E3	12
3	C1	11	3	F1	11
	C2	9		F2	12
	C3	10		F3	11
	Promedio	10		Promedio	12

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 10-3: Elasticidad de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda			Método Ganga		
N.º caja Petri	Muestras	Elasticidad (MPa)	N.º caja Petri	Muestras	Elasticidad (MPa)
1	A1	2,44	1	D1	2,40
	A2	2,23		D2	2,20
	A3	1,80		D3	1,73
2	B1	2,28	2	E1	2,25
	B2	2,09		E2	2,05
	B3	1,70		E3	1,68
3	C1	2,20	3	F1	2,18
	C2	2,03		F2	2,00
	C3	1,64		F3	1,61
	Promedio	2,05		Promedio	2,01

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

3.3.2 Evaluación de las propiedades físicas del polímero biodegradable

Se evaluaron propiedades físicas como espesor y transparencia del polímero biodegradable obtenido cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 11-3: Espesor de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga mediante la técnica del SEM.

Método Brenda			Método Ganga		
N.º caja Petri	Muestras	Espesor (µm)	N.º caja Petri	Muestras	Espesor (µm)
1	A1	626,143	1	D1	273,130
	A2	758,024		D2	377,197
	A3	776,924		D3	315,876
2	B1	783,390	2	E1	210,106
	B2	700,135		E2	230,266
	B3	611,782		E3	240,924
3	C1	572,142	3	F1	602,080
	C2	554,315		F2	564,161
	C3	560,866		F3	502,184
	Promedio	660,413		Promedio	368,436

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 12-3: Transparencia de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda		Método Ganga	
Muestras	Apariencia	Muestras	Apariencia
A1	Transparente	D1	Opaco
A2	Transparente	D2	Opaco
A3	Transparente	D3	Opaco
B1	Transparente	E1	Opaco
B2	Transparente	E2	Opaco
B3	Transparente	E3	Opaco
C1	Transparente	F1	Opaco
C2	Transparente	F2	Opaco
C3	Transparente	F3	Opaco

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

3.3.3 Evaluación de las propiedades químicas del polímero biodegradable

Se evaluaron propiedades químicas como degradación en suelo, degradación hidrolítica y degradación térmica del polímero biodegradable obtenido cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 13-3: Degradación en suelo de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda			Método Ganga		
Muestra	Tiempo de degradación (día)	Apariencia	Muestra	Tiempo de degradación (día)	Apariencia
A1	140	Degradación total	D1	120	Degradación total
A2	140	Degradación total	D2	120	Degradación total
A3	140	Degradación total	D3	120	Degradación total
B1	140	Degradación total	E1	120	Degradación total
B2	140	Degradación total	E2	120	Degradación total
B3	140	Degradación total	E3	120	Degradación total
C1	140	Degradación total	F1	120	Degradación total
C2	140	Degradación total	F2	120	Degradación total
C3	140	Degradación total	F3	140	Degradación total

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 14-3: Degradación hidrolítica de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda			Método Ganga		
Muestra	Tiempo de degradación (día)	Apariencia	Muestra	Tiempo de degradación (día)	Apariencia
A1	35	Degradación total	D1	31	Degradación total
A2	35	Degradación total	D2	31	Degradación total
A3	35	Degradación total	D3	31	Degradación total
B1	35	Degradación total	E1	31	Degradación total
B2	35	Degradación total	E2	31	Degradación total
B3	35	Degradación total	E3	31	Degradación total
C1	35	Degradación total	F1	31	Degradación total
C2	35	Degradación total	F2	31	Degradación total
C3	35	Degradación total	F3	31	Degradación total

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

En la tabla 13-3 muestra un menor tiempo de degradación hidrolítica de las películas del polímero biodegradable por el método de Brenda. En la tabla 14-3 se muestra un mayor tiempo de degradación hidrolítica de las películas del polímero biodegradable por el método de Ganga.

Tabla 15-3: Degradación térmica del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.

Muestra	Rango de temperatura de degradación de las películas (°C)	Variación de tiempo (hora)	Apariencia
A1	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
A2	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
A3	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
B1	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
B2	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
B3	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
C1	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
C2	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura
C3	60-80-100-120-155	Cada 2 horas	Presenta fractura

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Leslie, 2019.

Tabla 16-3: Degradación térmica del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.

Muestra	Rango de temperatura de degradación de las películas (°C)	Variación de tiempo (hora)	Apariencia
D1	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
D2	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
D3	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
E1	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
E2	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
E3	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
F1	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
F2	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura
F3	60-80-100-120	Cada 2 horas	Presenta fractura

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Leslie, 2019.

3.3.4 Evaluación de las propiedades funcionales del polímero biodegradable

Se evaluaron propiedades funcionales como solubilidad en agua, absorción en agua, temperatura de gelatinización del polímero biodegradable obtenido cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 17-3: Solubilidad en agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.

Factor	Peso papel filtro	Peso inicial de las muestras (W_0)	Peso de papel filtro + muestra	Peso final de las muestras del residuo desecado (W_t)	% Solubilidad de las películas (SP)
A1	0,2235	0,5316	0,3000	0,0765	85,61
A2	0,2179	0,5320	0,3018	0,0839	84,22
A3	0,2207	0,5340	0,2996	0,0789	85,22
B1	0,2191	0,4105	0,2819	0,0628	84,70
B2	0,2087	0,4150	0,2803	0,0616	85,16
B3	0,2178	0,4148	0,2824	0,0646	84,42
C1	0,2140	0,3153	0,2620	0,0480	84,78
C2	0,2116	0,3112	0,2637	0,0461	85,19
C3	0,2102	0,3108	0,2645	0,0473	84,78
Promedio	0,2159	0,4194	0,2818	0,0633	84,90

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 18-3: Solubilidad en agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.

Factor	Peso papel filtro	Peso de las muestras (W_0)	Peso de papel filtro + muestra	Peso final de las muestras del residuo desecado (W_t)	% Solubilidad de las películas (SP)
D1	0,2081	0,1367	0,2390	0,0309	77,39
D2	0,2074	0,1364	0,2388	0,0314	76,98
D3	0,2066	0,1356	0,2386	0,0320	76,40
E1	0,2085	0,2028	0,2552	0,0467	76,97
E2	0,2065	0,2023	0,2547	0,0482	76,17
E3	0,2076	0,2013	0,2544	0,0468	76,75
F1	0,2366	0,2757	0,3012	0,0646	76,57
F2	0,2358	0,2755	0,3008	0,0650	76,41
F3	0,2364	0,2749	0,3015	0,0651	76,32
Promedio	0,2170	0,2045	0,2649	0,0478	76,66

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 19-3: Absorción de agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda.

Muestra	m_0 (g)	Dimensiones iniciales (cm ²)	Dimensiones finales (cm ²)	Volumen de agua (mL)	Absorción de agua (g de almidón/ g de muestra)
A1	0,323	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,826
A2	0,356	2cmx2cm= 4cm ²	2,4cm x 2,5cm= 6,00cm ²	40	0,845
A3	0,375	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,867
B1	0,296	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,6cm= 6,76 cm ²	40	0,806
B2	0,289	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,795
B3	0,291	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,7cm= 7,02cm ²	40	0,801
C1	0,240	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,766
C2	0,267	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,778
C3	0,223	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,5cm= 6,50cm ²	40	0,698
Promedio	0,295	4	6,39	40	0,798

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 20-3: Absorción de agua del polímero obtenido a partir del almidón extraído por el método de Ganga.

Muestra	m_0 (g)	Dimensiones iniciales (cm ²)	Dimensiones finales (cm ²)	Volumen de agua (mL)	Absorción de agua (g de almidón/ g de muestra)
D1	0,192	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,5cm= 6,50cm ²	40	0,678
D2	0,165	2cmx2cm= 4cm ²	2,4cm x 2,5cm= 6,00cm ²	40	0,646
D3	0,156	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,635
E1	0,196	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,6cm= 6,76 cm ²	40	0,682
E2	0,189	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,664
E3	0,178	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,659
F1	0,147	2cmx2cm= 4cm ²	2,6cm x 2,6cm= 6,76 cm ²	40	0,616
F2	0,168	2cmx2cm= 4cm ²	2,4cm x 2,5cm= 6,00cm ²	40	0,648
F3	0,135	2cmx2cm= 4cm ²	2,5cm x 2,5cm= 6,25cm ²	40	0,597
Promedio	0,169	4	6,34	40	0,647

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

Tabla 21-3: Temperatura de gelatinización de los polímeros biodegradables obtenidos por los métodos Brenda y Ganga.

Método Brenda		Método Ganga	
Muestras	Temperatura de gelatinización (°C)	Muestras	Temperatura de gelatinización (°C)
A1	155,00	D1	120,00
A2	154,60	D2	119,00
A3	154,00	D3	120,00
B1	154,50	E1	119,50
B2	155,00	E2	119,00
B3	154,60	E3	119,00
C1	155,00	F1	120,00
C2	155,00	F2	119,50
C3	154,00	F3	120,00

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

3.3.5 *Resumen y discusión del análisis de varianza de las propiedades del polímero biodegradable.*

En la tabla 22-3 se tomaron en consideración los resultados más significativos de las propiedades del polímero biodegradable a partir del almidón de Malanga blanca extraído por el método Brenda y Ganga, en el anexo V se exponen los datos del análisis de varianza para la evaluación de las propiedades del polímero biodegradable.

Tabla 22-3: Análisis de varianza de los polímeros biodegradables obtenidos por el método de Brenda y Ganga.

Métodos	Análisis	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Medias	Significancia	
Brenda	Propiedades mecánicas	Densidad	26,28	0,0069	0,25	**
Ganga					0,34	
Brenda		Dureza	4,00	0,1161	10,00	ns
Ganga					11,33	
Brenda		Elasticidad	0,03	0,8729	2,16	ns
Ganga					2,11	
Brenda	Propiedades físicas	Espesor	0,05	0,8418	562,44	ns
Ganga					556,14	
Brenda	Propiedades funcionales	Solubilidad en agua	258,06	0,0001	85,02	**
Ganga					76,92	
Brenda		Absorción en agua	19,16	0,0119	0,75	*
Ganga					0,62	
Brenda		Temperatura de gelatinización	6216,57	<0,0001	154,53	**
Ganga					119,67	

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019.

ns: no significativo

*: significativo

** : altamente significativo

Discusión de los resultados del análisis de varianza de las propiedades del polímero biodegradable obtenido.

En el análisis de varianza del polímero biodegradable el porcentaje de densidad del polímero biodegradable depende del método que se utiliza, porque existen diferencias altamente significativas, por lo tanto, la densidad del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Brenda con 6 mL de plastificante (glicerina) es menor a la densidad del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Ganga con 2,5 mL de plastificante (glicerina) porque según literatura la densidad del polímero biodegradable disminuye con el aumento de la concentración del plastificante (Oropeza et al, 2016, p. 65-93). Los valores obtenidos en esta investigación son bajos en comparación a la densidad de los polímeros derivados del almidón de (1.2-1.35) g/cm³ ya que este valor es superior a la mayoría de los polímeros termoplásticos convencionales y presentan baja resistencia a disolventes y aceites (Remar, 2011).

La dureza del polímero biodegradable no depende del método que se utiliza, lo que indica que no existen diferencias altamente significativas, por lo tanto, los valores de dureza en escala Shore A obtenidos por los polímeros a partir del almidón extraído por el método de Brenda y Ganga son bajos, ya que comparados con los reportados en literatura cumple con la norma Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868) en el rango de los plásticos blandos y a su vez se menciona que los datos deben medir más de 10 HS (Escala de dureza) para que sean precisos, ya que por debajo de esta cifra los datos son imprecisos (Rosales, 2016).

La elasticidad o resistencia tensil del polímero biodegradable no depende del método que se utiliza, lo que indica que no existen diferencias altamente significativas, aunque los valores de resistencia tensil obtenidos en esta investigación para el polímero con base de almidón extraído por el método de Brenda y Ganga resultan deficientes en comparación con los plásticos convencionales porque según la norma ASTM D 638 los valores de elasticidad están entre (14-140) Mpa para plásticos comerciales sin plastificar (Quiñonez, 2015). Cabe recalcar que los valores de esta investigación son mayores en comparación a los reportados en literatura para polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca de 1,284 Mpa (Meneses, 2007, p. 57-67).

El espesor del polímero biodegradable no depende del método que se utiliza, lo que indica que no existen diferencias altamente significativas, los valores de espesor obtenidos del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Brenda y Ganga son altos en comparación a los reportados en literatura acerca de plásticos convencionales donde mencionan que el polietileno presenta valores de espesor entre (15 – 50) μm , así mismo los valores de esta investigación son mayores comparando con literatura de polímeros biodegradables a base de puré de mango (170) μm , pectina (150-250) μm , almidón de mango (127) μm y plátano (113) μm (Sánchez et al. 2015); cabe mencionar que las películas biodegradables de esta investigación no fueron uniformes si se compara con un plástico convencional, este aspecto se presentó porque no se disponía de una maquina extrusora que es la encargada de otorgar un espesor definido a los plásticos convencionales (Quiñonez, 2015).

En la degradación del polímero biodegradable según (Rosales, 2016), el porcentaje de humedad del almidón es muy importante porque mayor porcentaje de humedad menor tiempo de degradación y viceversa, lo que significa que el polímero biodegradable con base del almidón extraído por el método de Brenda con un porcentaje de humedad del almidón menor tarda más tiempo en degradarse a diferencia del polímero biodegradable con base del almidón extraído por el método

de Ganga con un porcentaje de humedad del almidón mayor que tarda menos tiempo en degradarse.

La solubilidad en agua del polímero biodegradable depende del método que se utiliza, lo que indica que existen diferencias altamente significativas, donde la solubilidad en agua del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Brenda con 6 ml de plastificante (glicerina) es mayor a la solubilidad en agua del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Ganga con 2,5 ml de plastificante (glicerina), esto se debe porque según literatura reportada el tipo de plastificante y su concentración afectan el coeficiente de solubilidad de agua en las películas y consecuentemente la permeabilidad al vapor de agua por lo que se evidenció que niveles más altos de almidón y glicerol aumentaron la solubilidad en agua de las películas (Oropeza et al, 2016, p. 65-93). A su vez la permeabilidad del agua está relacionada a la difusividad y a la solubilidad del material en el agua, por lo tanto, si el material es altamente soluble en agua, la permeabilidad será mayor, pero cabe mencionar que, en ocasiones, esta alta solubilidad en agua de los materiales es deseada, como es el caso en el que la película o el recubrimiento será consumida simultáneamente con el alimento, es decir, cuando el material es aplicado como una matriz comestible (Sánchez et al., 2015, p. 17-25).

La absorción de agua del polímero biodegradable depende del método que se utiliza, lo que indica que existen diferencias significativas, donde el polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Brenda absorbe mayor cantidad de agua a diferencia del polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Ganga, ya que según literatura reportada (Oropeza et al, 2016, p. 65-93), se puede tomar en cuenta que un incremento en la concentración del plastificante puede disminuir la absorción de agua en los polímeros biodegradables; también según (Gonz, 2018, p. 35-44), mayor contenido de glicerina, alcohol polivinílico, hidroximetilcelulosa los polímeros biodegradables se vuelven más resistentes al ataque del agua, esto se atribuye a que son sustancias que repelen al agua por lo tanto disminuyen la absorción de agua al almidón lo que evita que el material sea frágil, además propiedades como esfuerzo y elongación pueden mantenerse constantes.

La temperatura de gelatinización del polímero biodegradable depende del método que se utiliza, lo que indica que existen diferencias altamente significativas, donde los datos obtenidos en esta investigación el polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Brenda necesita mayor temperatura para que se gelatinice y pérdida de sus propiedades plastificantes y

elasticidad que el polímero biodegradable a partir del almidón extraído por el método de Ganga; porque según literatura reportada (Gonz, 2018, p. 35-44), la temperatura actúa como deshidratante, en lo cual la pérdida de masa solo se atribuye al proceso de secado, donde en experimentación el polímero biodegradable se vuelve cada vez más duro y quebradizo porque poco a poco pierde sus propiedades plastificantes y elasticidad, este fenómeno se atribuye a la deshidratación y transición vítrea que sufre el almidón al exponerse a temperaturas altas, en los ensayos de estabilidad térmica no se rebasaron los 70 °C.

CONCLUSIONES

- Se realizó la comparación de los métodos de extracción de Brenda y Ganga del almidón de Malanga blanca y se obtuvo dos diferentes polímeros biodegradables, donde el método de Brenda utiliza una solución de ácido cítrico al 3 % y el método de Ganga utiliza agua destilada.
- Utilizando el método de extracción de Brenda se extrajo la mayor cantidad de almidón de Malanga blanca con un 27,37 % pero cabe mencionar que este porcentaje es bajo comparado con otro estudio donde el porcentaje de rendimiento del almidón de malanga oscila entre (38-42) %.
- Una vez concluido el procedimiento de extracción del almidón de Malanga blanca por los dos métodos se realizó la caracterización de los mismos en cual el almidón extraído por el método de Brenda presentó un porcentaje de humedad del 14,01 % que ocasiona que la degradación del polímero se prolongue lo que lo puede hacer útil para aplicaciones en envases o envolturas de alimentos, así mismo este almidón contiene menor porcentaje de impurezas en su estructura.
- Se estableció la dosificación de 6 mL de glicerina, 0,75 g de CMC y 2,5 mL de ácido acético agregadas al almidón extraído por el método de Brenda y la dosificación de 2,50 mL de glicerina, 0,75 g de CMC y 4 mL de ácido acético agregadas al almidón extraído por el método de Ganga como las dosificaciones más óptimas para obtener polímeros biodegradables de buenas características.
- Se evaluó las propiedades mecánicas, físicas, químicas y funcionales de los polímeros biodegradables, para lo cual el polímero biodegradable obtenido a partir del almidón extraído por el método de Brenda presentó propiedades adecuadas entre las más importantes se recalca una dureza similar a la de los plásticos biodegradables y a la de los plásticos blandos convencionales, la elasticidad está en los rangos similares con polímeros biodegradables obtenidos a partir de otros almidones, otras propiedades en dependencia del plastificante posee menor densidad, alta solubilidad en agua y mayor absorción de agua, además este polímero biodegradable necesita mayor temperatura para que ocurra la pérdida de sus

propiedades plastificantes y elasticidad, todas estas propiedades las hacen útiles en aplicaciones industriales como en bolsas plásticas, envasado y embalaje de alimentos.

- Se concluye que las diferentes características de los polímeros biodegradables analizadas dependen del método de extracción del almidón el cual le otorga características específicas al mismo en base a los diferentes procesos utilizados en la extracción, así como la dosificación que se le agrega para lograr la obtención del polímero biodegradable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar como plastificante el sorbitol en lugar del glicerol o realizar una combinación entre ambos para obtener menor contenido de humedad y elevará la temperatura de degradación lo cual puede aumentar la estabilidad térmica en los polímeros biodegradables.
- Utilizar almidones con alto contenido de amilosa para obtener polímeros biodegradables pueden presentar mayor temperatura de transición vítrea, resistencia a la tensión, elasticidad y menor elongación a la rotura.
- Debido a la naturaleza hidrofílica de las películas de almidón para reducir este aspecto se recomienda realizar modificaciones en el almidón mediante reacciones químicas que alteran los grupos hidroxilo, asociándolos con otros polímeros menos hidrofílicos o modificando la superficie de los productos finales o mediante vía física empleando sistemas de bloqueo como recubrimientos superficiales.
- Las películas biodegradables no se deben mantener en almacenamiento más de ocho semanas debido a que afecta a la resistencia y a la elasticidad.
- Continuar con estudios de obtención de polímeros biodegradables a partir del almidón de Malanga blanca ya que pueden ser de gran utilidad a nivel industrial como empaques, bolsas de plástico y a nivel medicinal como envolturas de fármacos.

GLOSARIO

Polímero: Es una macromolécula que se originan por la unión de pequeñas moléculas denominadas monómeros las cuales crean largas cadenas de diversas formas.

Amilosa: Es una α -D-(1,4)-glucano cuya unidad repetitiva es la α -maltosa producido por la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos (1,4) el cual forma cadenas lineales y largas.

Amilopectina: Es un polisacárido que posee ramificaciones las cuales están unidas por enlaces α -D-(1,6) y constituye el 75% a 83% en peso del almidón.

Plástico Biodegradable: Es aquel polímero que se sintetiza a partir de monómeros biológicos renovales.

Desestructuración: Es el cambio de los gránulos del almidón que se encuentran en la matriz uniforme del polímero imperfecto, acompañado de un quebramiento de puentes de hidrógeno situados en las moléculas.

Retrogradación: Es la reorganización de los llamados puentes de hidrógeno y la reorientación de cadenas moleculares.

BIBLIOGRAFÍA

Interempresas. "El mercado internacional de bioplásticos crecerá un 20% en 5 años - *Química*". [en línea], [06/03/2018]. [Consulta: 25 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/210110-El-mercado-internacional-de-bioplasticos-crecera-un-20-por-ciento-en-5-anos.html>.

Énfasis Packaging. "Europa triplicará producción de bioplásticos en 2020". [en línea], [14/08/2013]. [Consulta: 25 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/notas/67608-europa-triplicara-produccion-bioplasticos-2020>.

ÁLVAREZ, Ruth. "Alternativa ecológica en la obtención de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca dulce". Agrollanía, 2017. vol. 14, no. pp. 37-44.

ANGELES CHERO, Pedro. *Diseño de un proceso industrial para obtener plástico biodegradable (TPS) a partir de almidón de yuca manihot esculenta.* (tesis). (Doctorado) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Escuela de Post Grado, Lambayeque, Perú. 2015. pp. 9-11.

AVILÉS RUIZ, Gladys. *Polímeros Biodegradables a partir del almidón de yuca* (tesis) Universidad EAFIT, Medellín. 2005. vol. 1, pp. 15-22.

BELTRÁN, M. *Tema 1. Estructura y propiedades de los polímeros.* Polímeros, 2011. pp. 1-42.

BIANCO, H., CAPOTE, T. y GARBENDIA, C., "Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico". *Revista del Instituto Nacional de Higiene «Rafael Rangel»*, vol. 45, no. 2 (2014), pp. 29-36.

BROWN, P., FORREST, M. y SOULAGNET, G. "Biopolymers". *Rapra Review Reports 10.* [en línea], 2000. vol. 14, no. 3. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Rapra+Review+Re+ports#2>.

CÁRDENAS FREIRE, Marcos. *Extracción de almidón a partir de residuos de banano (Musa paradisiaca) para la elaboración de un biopolímero* (tesis) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2018.

CARBALLO CUEVAS, B.Z., Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables [en línea], (tesis). (Doctorado) Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C, Mérida, Yucatán, México. 2017. pp. 91. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/466/1/PCM_D_Tesis_2017_Cuevas_Zujey.pdf.

CHÁVEZ SALAZAR, Andrés *Obtención de almidón modificado a partir de tres cultivares de musáceas* (tesis) (Doctorado) Universidad de Caldas, Manizales. 2015. pp. 39.

DOMÍNGUEZ, M.; JIMENEZ, M., "Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones". *Temas selectos de ingeniería de alimentos* [en línea], 2012. vol. 6, no. 2, pp. 110-121. Disponible en: mariaf.dominguezcy@udlap.mx.

EBNESAJJAD, Sina. "Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics properties, processing, and applications" *Elsevier* [en línea]. 2013. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455728343000094>.

ENRÍQUEZ, Mario, VELASCO, Reinaldo y ORTIZ, Vicente. "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 10, no. 1, (2012), pp. 182-192.

FALLIS, A. "Elaboración de una bebida instantánea altamente nutritiva a base de almidón de malanga (*Xanthosoma Sagittifolium*) y leche de soya (*Glycine Max*)". *Journal of Chemical Information and Modeling*. (2013).

GONZ, J.C., *Análisis comparativo de los métodos húmedo y alcalino en la extracción de almidón de semillas de *Amaranthus quitensis* L* (tesis). (Doctorado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú 2018. vol. 21. pp. 35-44.

GÓMEZ OCHOA, José R et al. "Bióplásticos" *Centro de Desarrollo Tecnológico*, 2007.

GUARAN, S.I.U. *Obtención y caracterización de almidones fosfatados de malanga criolla (*Colocasia esculenta* (L) Schott) y maíz (*Zea mays*) y su utilización en yogurt* (tesis) Universidad Veracruzana, Xapala, Veracruz. 2012. no. 03, pp. 2011-2012.

GUADRÓN DE DELGADO, Erika. *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (*musa sp. variedad cuadrado*), para su uso en la industria de alimentos* (tesis) Universidad del Salvador, Ciudad Universitaria, El Salvador. 2013.

GUEVARA, S., *Elaboración y evaluación nutricional de cupcake funcional a base de harina de arveja (*Pisum sativum*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*), para fortalecer la dieta diaria* [en línea] (tesis) 2016. vol. Bachelor, pp. 73. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4947>.

HARO-VELASTEGUÍ ¹, A.J., BORJA-ARÉVALO ², A.E. y TRIVIÑO-BLOISSE ³, S.Y., "Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables". *Revista Científica Dominio de Los Andes*, . vol. 3, no. 2 (2017), (Ecuador) pp. 506-525.

HEINDEL ANNE, Teresa., *The Mystery of Malanga: Possible Roles of Xanthosoma violaceum in Ancient Maya Diet, Culture, and Agriculture*. (tesis) (Master) B.A. University of Colorado, Boulder. 2012.

HERMIDA, Éliida. *Polímeros* [en línea]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires-Argentina, 2011. pp. 70. Disponible en: http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf.

HERNÁNDEZ, Tomas. K. *Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo- biodegradables* (tesis) Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F, México. 2013.

HUANG, T.H. y ALMEIDA STREITWIESER, D. "Estudio comparativo de la compostabilidad de fundas plásticas de PEBD, oxo-biodegradables y de papel distribuidas en el Distrito Metropolitano de Quito". *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 7, no. 1 (2015).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM). *Laboratorio de Alimentos I. Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos*. México 2008.

MCKEEN W, Laurence. "Methods of Preparation of Biopolymer Electrolytes". *Elsevier*. 2018. pp. 35-52.

MENOSCAL CHINCHANDA, Steven y RODRÍGUEZ MENDOZA, Elvin. *Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (manihot esculenta)* (tesis) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí. 2017. pp. 50.

MENESES, Juliana, CORRALES, C.M. y VALENCIA, Marco "Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca.". *Revista EIA* [en línea], 2007. no. 8, pp. 57-67. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006.

MORENO TOASA, Gabriel. *Utilización de harina de plátano (musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas* (tesis) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2015.

MORILLAS VÁZQUEZ, Alethis, et al. "Bioplásticos y plásticos degradables". *Universidad Autónoma Metropolitana*, 2015. pp. 11.

NTE INEN 1513. *Granos y cereales. Maíz. Determinación del contenido de humedad.*

NTE INEN 0519 *Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína*

NTE INEN 517. *Harinas de origen vegetal determinación del tamaño de las partículas.*

NTE INEN 520. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 520. Harinas de origen vegetal. determinación de la ceniza.*

NTE INEN 0522. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0522 Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda.*

NIÑO, K.A, et al. "Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos: propuesta de empaques activos". *Rev Latinoamericana Biotecnología Ambiental* [en línea], 2010. vol. 1, pp. 124-134. Disponible en: http://www3.inecol.edu.mx/solabiaa/ARCHIVOS/documentos/re/baa/arevalo_et_al_revlatinoambioteconolambalgal_v1n2.pdf.

OROPEZA, R., MONTES, A. y PADRÓN, C., "Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación Biodegradable". *Revista venezolana de ciencia y tecnología de alimentos* [en línea], 2016. vol. 7, no. 1, pp. 65-93. Disponible en: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA14_ARTORIG4.pdf.

PILLAJO ANAGUANO, Denisse. Aplicación y utilización gastronómica de la malanga. [en línea] (tesis) Universidad de las Américas, 2016. Disponible en: <http://200.24.220.94/handle/33000/5960>.

QUIÑONEZ GARCÍA, Alma. *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de maíz.* Escuela Especializada En Ingeniería ITCA-FEPADE, Santa Tecla, El Salvador.2015.

RÂPĂ, M., GROSU, E., ANDREICA, M. y HETVARY, M. "Polyvinyl alcohol and starch blends: properties and biodegradation behavior". *ECOTERRA -Journal of Environmental Research and Protection*, 2014. vol. 11, no. 1, pp. 34-42.

RAPELO, A.T., CASTILLO, P.M. y LENGUA, M.D. "Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*)". *Revista Lasallista de Investigación*, 2013. vol. 10, no. 2, pp. 52-61.

REMAR. "Bioplásticos". *Red de Energía y Medio Ambiente* [en línea], 2011. vol. 2. Disponible en: www.redremar.com.

RIVERA Cinthya, T.T., "Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos"., 2014. pp. 147.

ROSALES, Abigail. *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio de la UNAM-Managua, Mayo – Abril 2016* (tesis) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua Unam-Managua, Nicaragua. 2016.

SALINAS, María. L y SALDAÑA Reyna. L. *Caracterización de harina y almidón de malanga (colocasia esculenta)* (tesis) Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México. 2017. pp. 58.

SÁNCHEZ Aldana et al. "Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón mexicano". *CYTA - Journal of Food* [en línea], 2015. vol. 13, no. 1, pp. 17-25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.904929>.

TOLENTINO LÓPEZ, Gorgonio. *Especialización En Química Aplicada* [en línea] (tesis) Centro de Investigación en Química Aplicada, Santillo, Coahuila. 2012. Disponible en: [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio López Tolentino.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio_López_Tolentino.pdf).

VALERO-VALDIVIESO, M.F., ORTEGÓN, Y. y USCATEGUI, Y. "Biopolímeros: Avances y perspectivas". *DYNA*, vol. 80, no. 181 (2013) (Colombia, pp. 171-180.

VARGAS CORDERO, Z.R. "La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica". *Revista Educación*, vol. 33, no. 1, (2009) pp. 155.

VILLADA, H.S., ACOSTA, H.A. y VELASCO, R.J., "Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables". *Información Tecnológica*, vol. 19, no. 2, (2008) pp. 3-14.

ZAPATA, J. y 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* (tesis) (Maestría). Universidad Politécnica salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2013. pp. 172.

ANEXOS

Anexo A Extracción de almidón por el método de Brenda (Chávez, 2015, p. 39).

Materiales y Equipos

- Balanza analítica modelo PS 4500.R2.
- Cepillo grande
- Cuchillos
- Molino
- Tamices de 300 μm y 150 μm
- Baldes plásticos transparentes de 6L
- Estufa
- Frascos plásticos

Reactivos

- Ácido cítrico al 3%
- Agua común

Procedimiento

- Seleccionar previamente los rizomas de Malanga blanca de los $\frac{3}{4}$ quintales, de un tamaño aproximado de 2 a 3 lb (907,19 g a 1370,78 g) con la ayuda de una balanza analítica modelo PS 4500.R2.
- Limpiar los rizomas de la Malanga blanca con un cepillo grande.
- Pelar los rizomas y cortar en trozos de 1cm x 1cm, con la ayuda de un cuchillo.
- Pesar los trozos de Malanga blanca sin cáscara 20579,05 g (20,57905 Kg), dividir en tres partes de 6859,68 g cada uno.
- Sumergir las tres partes por separado en una solución de ácido cítrico al 3%.
- Homogenizar la pulpa con la ayuda de un molino marca CORONA para posteriormente tamizar en mallas de 300 μm y 150 μm hasta que el agua quede clara.
- Sedimentar durante 24 horas.
- Decantar el líquido sobrenadante para posteriormente sedimentar nuevamente durante 24 horas la capa lechosa que se localiza sobre el almidón.
- Macerar los sedimentos retenidos en tamices de 300 μm y 150 μm .
- Tamizar y sedimentar nuevamente.
- Secar durante 24 horas en una estufa modelo Digital #YCO-N01(53L) a 60° C.
- Decantar y almacenar en frascos de plástico el almidón conseguido.

Anexo B Extracción de almidón por el método Ganga (Fallis, 2013, p. 1689-1699).

Materiales y Equipos

- Cuchillos
- Balanza analítica
- Licuadora industrial
- Tamiz 250 mm
- Estufa
- Mortero y pistilo
- Frascos de vidrio

Reactivos

- Agua común
- Agua destilada

Procedimiento

- Lavar los rizomas de Malanga blanca, pelar y cortar en trozos de 3cm x 3cm.
- Pesar en una balanza analítica modelo PS 4500.R2.
- Mezclar en agua destilada los trozos de Malanga blanca.
- Licuar por 3 minutos los trozos de Malanga blanca con una licuadora industrial.
- Mantener 1 hora en reposo la suspensión obtenida en baldes plásticos transparentes de 6L
- Decantar la suspensión, licuar por separado nuevamente (sedimento y residuo con el almidón) durante 60 segundos.
- Filtrar el homogenizado con la ayuda de un tamiz de 250 mm.
- Lavar la pulpa hasta que el agua sea clara y eliminar la pulpa.
- Reposar durante 2 horas la lechada del almidón.
- Eliminar el sobrenadante y mezclar las partes.
- Secar durante 1 día en una estufa modelo Digital #YCO-N01(53L) a 40 °C.
- Triturar el almidón seco con un mortero y pistilo, tamizar con una malla de 250mm.
- Pesar en una balanza analítica modelo PS 4500.R2 el almidón conseguido para calcular el rendimiento.
- Almacenar el almidón en frascos de vidrio con tapa hermética a temperatura de 21-24 °C almacenar

Anexo C Actividades para la obtención del almidón de Malanga blanca

Selección de los rizomas de la Malanga blanca



Lavado de los rizomas de la Malanga blanca previamente seleccionados



Pelada y cortada de los rizomas de la Malanga blanca lavados



Pesada y molida los trozos de la Malanga blanca



Tamizado y lavado de la molida de los trozos de la Malanga blanca



Decantación del líquido sobrenadante y sedimentación



Obtención y secado en la estufa de aire caliente del almidón



ESTUFA DE
AIRE
CALIENTE

Molida y triturada del almidón seco



Anexo D Caracterización del almidón de la Malanga blanca extraído por el método de Brenda y Ganga.

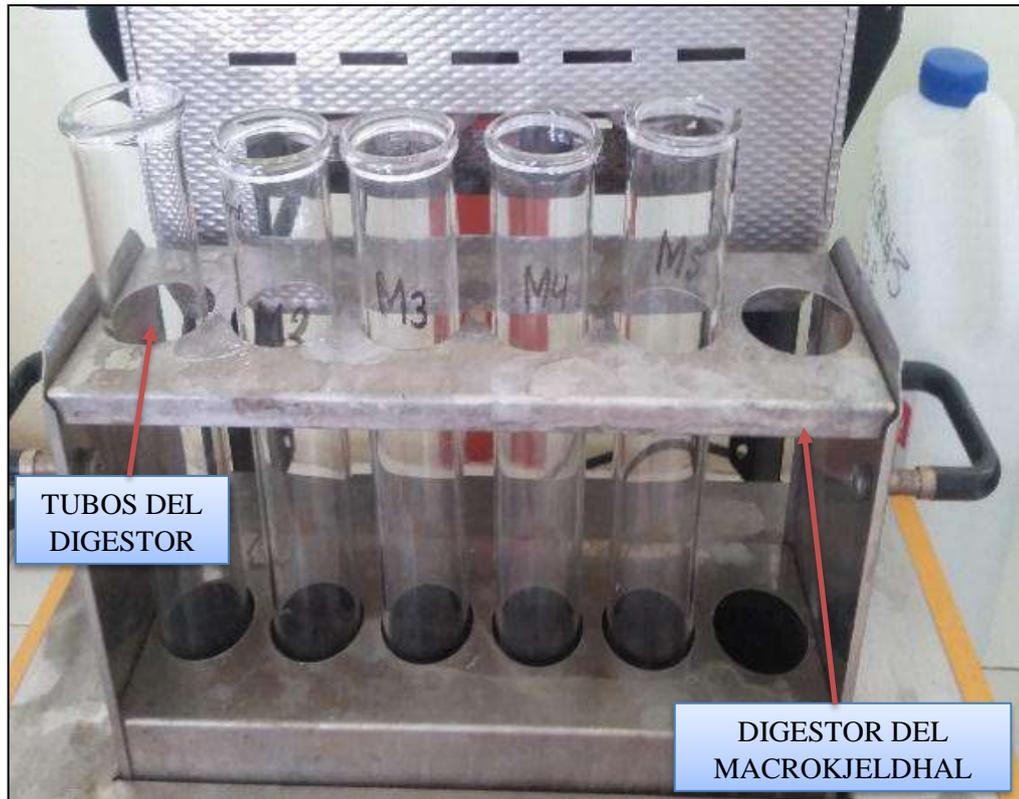
Determinación de humedad por el método de termobalanza y desecación por estufa de aire caliente



Determinación de cenizas del almidón utilizando la mufla



Determinación de proteína del almidón por el método de Macrokjeldhal



Determinación de grasa del almidón por el método de Soxhlet



Determinación de fibra del almidón por el método de Weende





Determinación de la cantidad de almidón por el método del espectrofotómetro





Determinación de la cantidad de amilosa por el método de espectrofotómetro

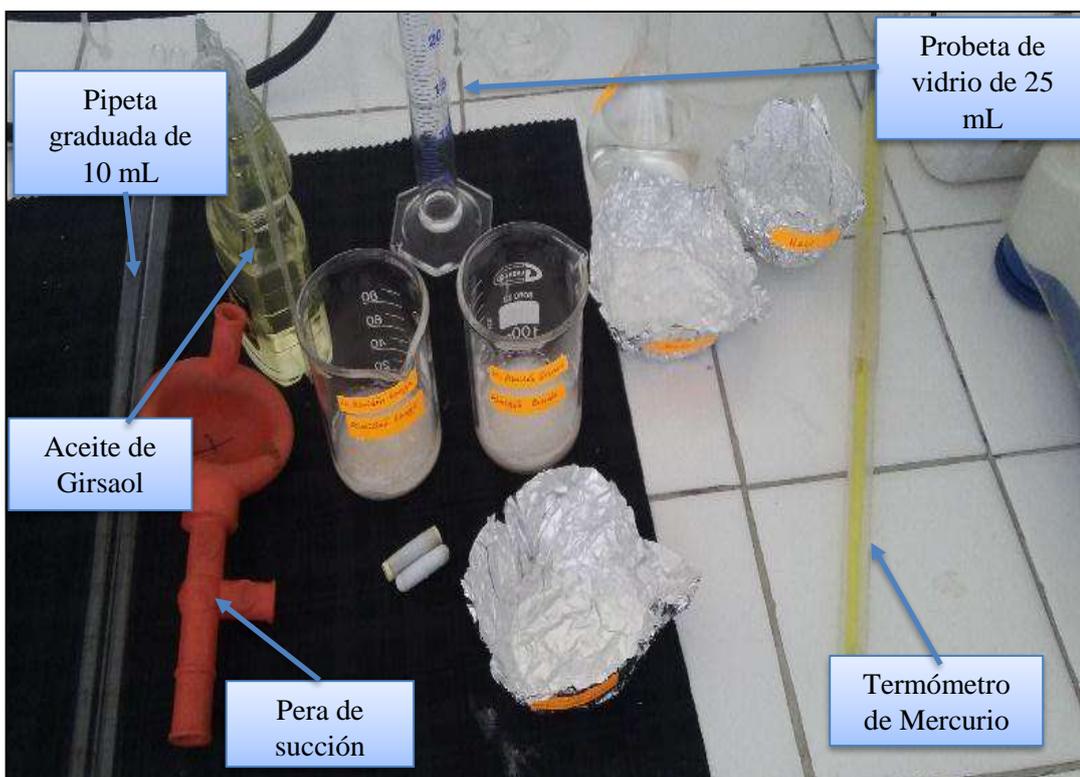
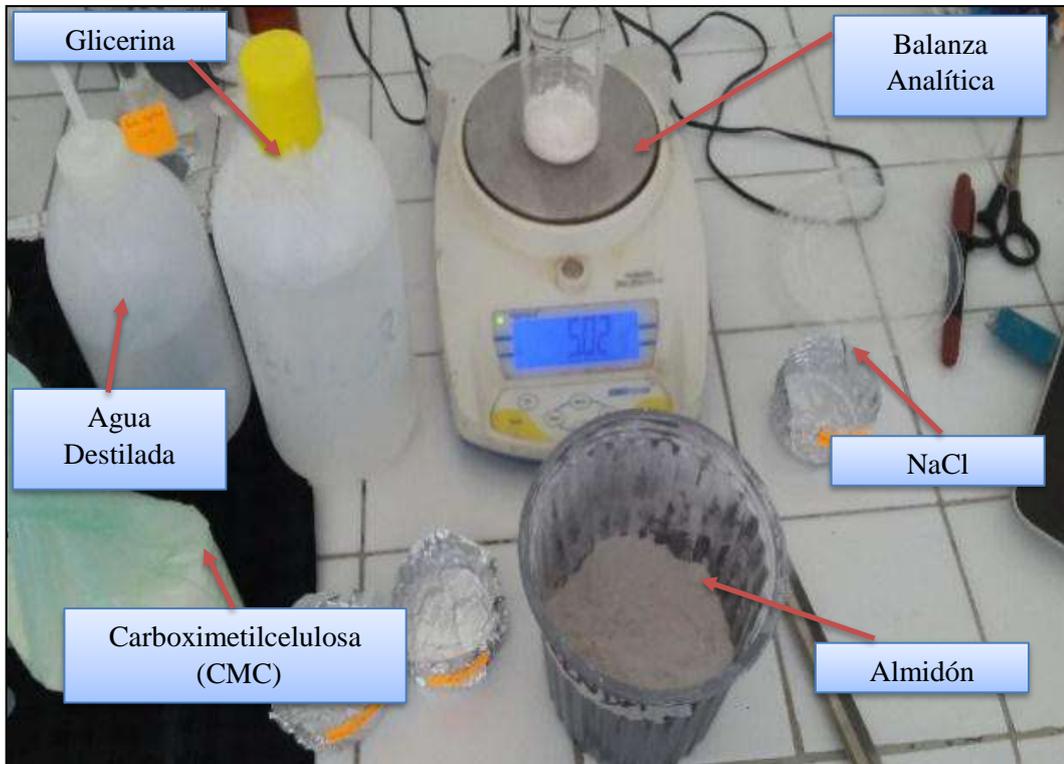


ESPECTROFOTÓMETRO
UV-VISIBLE

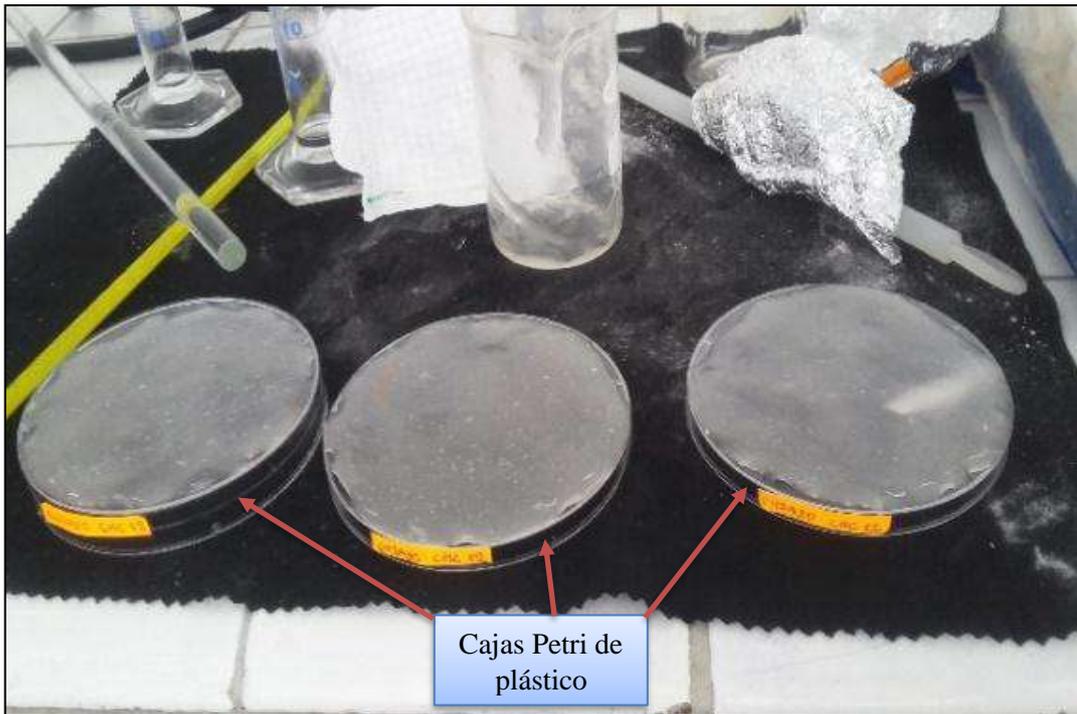


Anexo E Dosificación de aditivos al almidón

Materiales y reactivos utilizados en la dosificación del almidón para la obtención del polímero biodegradable.



Preparación y secado del polímero biodegradable.

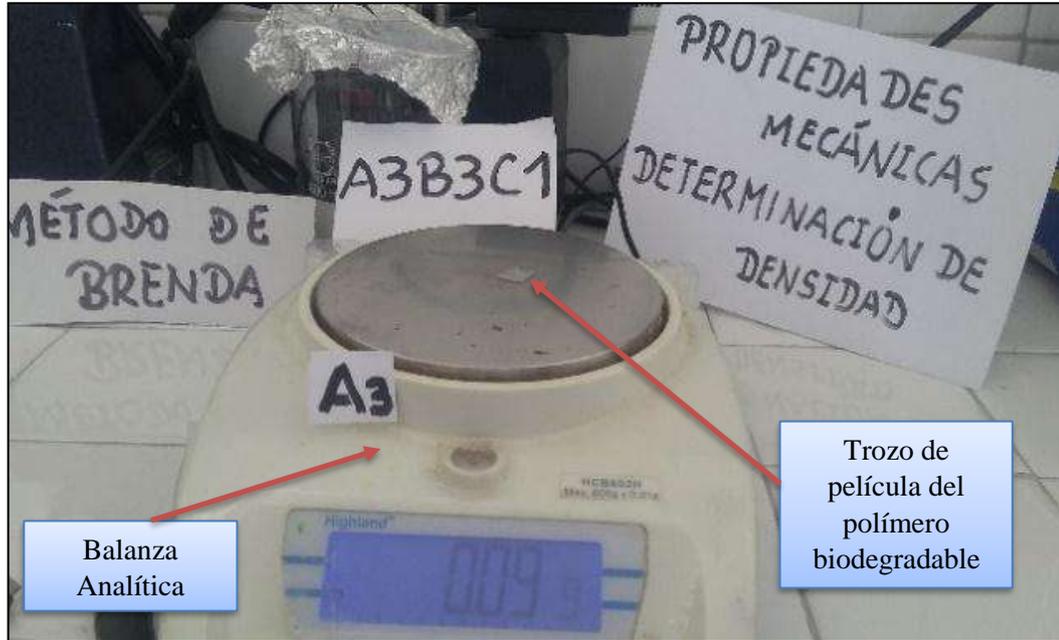




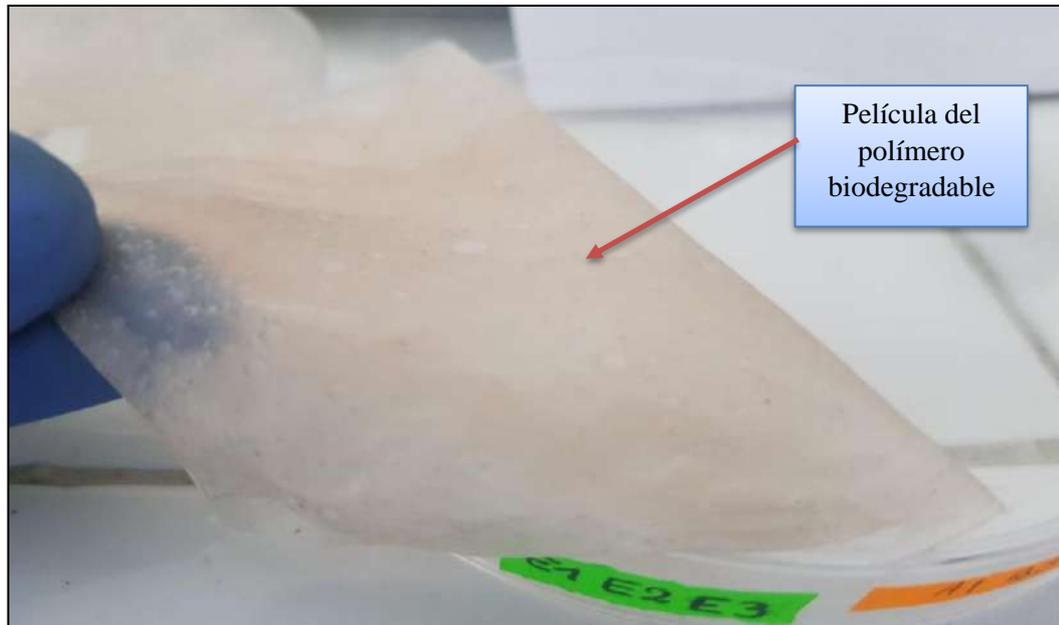
Estufa de Aire Caliente

Anexo F Determinación de las propiedades del polímero biodegradable.

Determinación de la densidad del polímero biodegradable



Determinación de la transparencia del polímero biodegradable



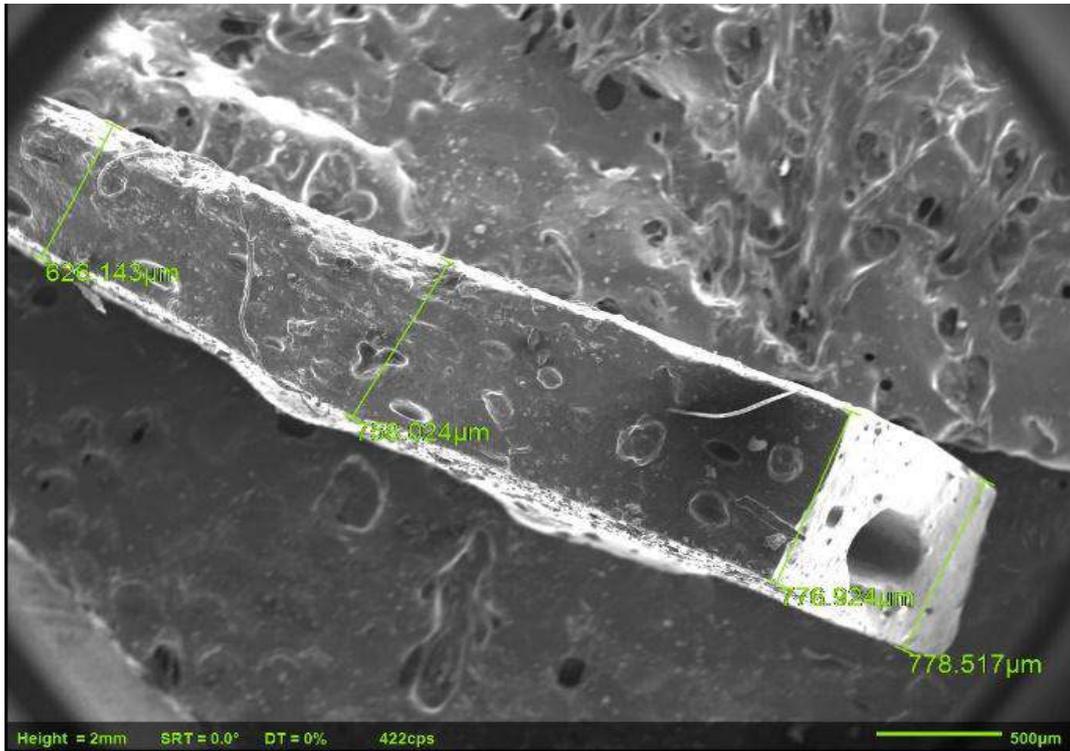
Polímero biodegradable obtenido por el método de Brenda



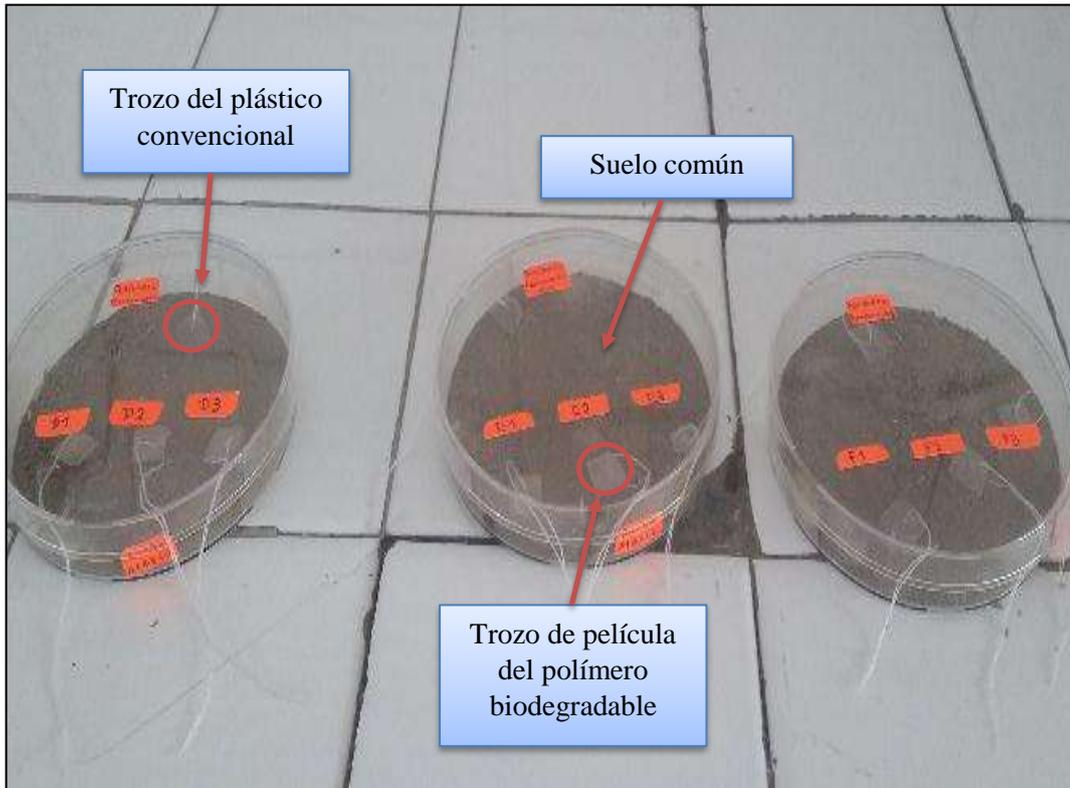
Polímero biodegradable obtenido por el método de Ganga



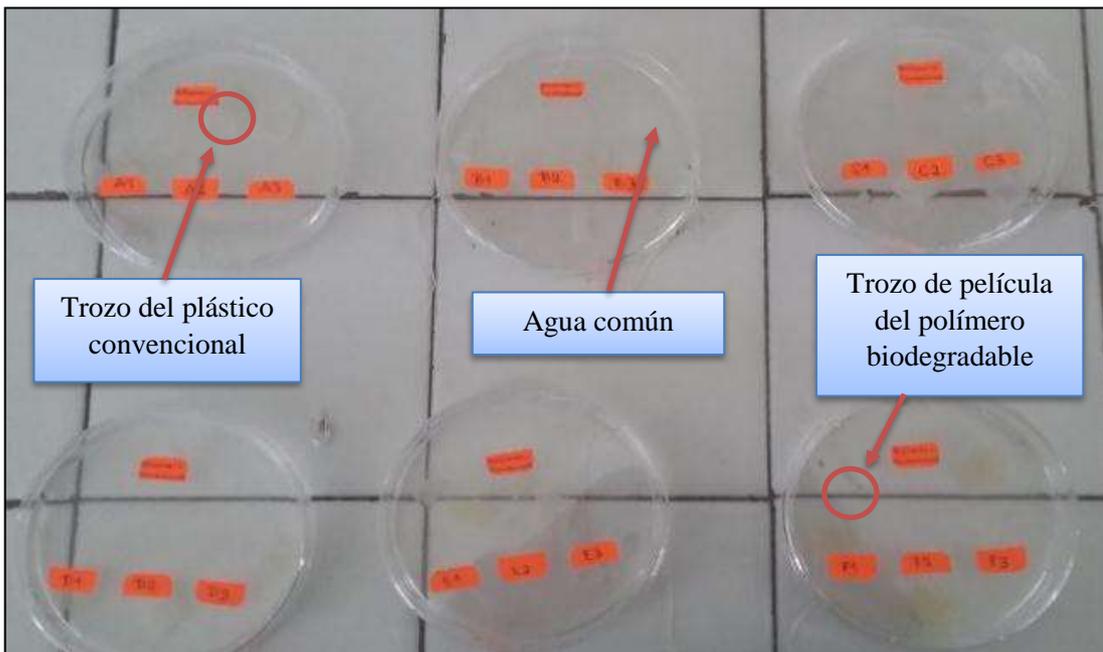
Determinación del espesor del polímero biodegradable



Determinación de la degradación en suelo del polímero biodegradable



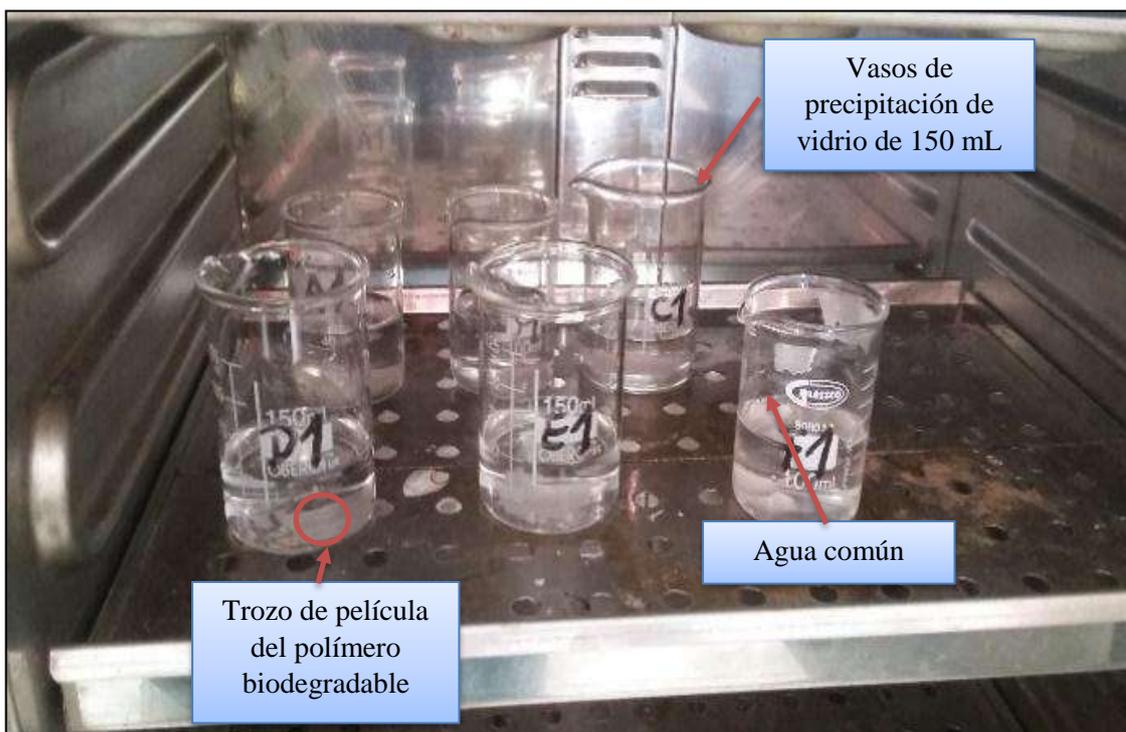
Determinación de la degradación hidrolítica del polímero biodegradable



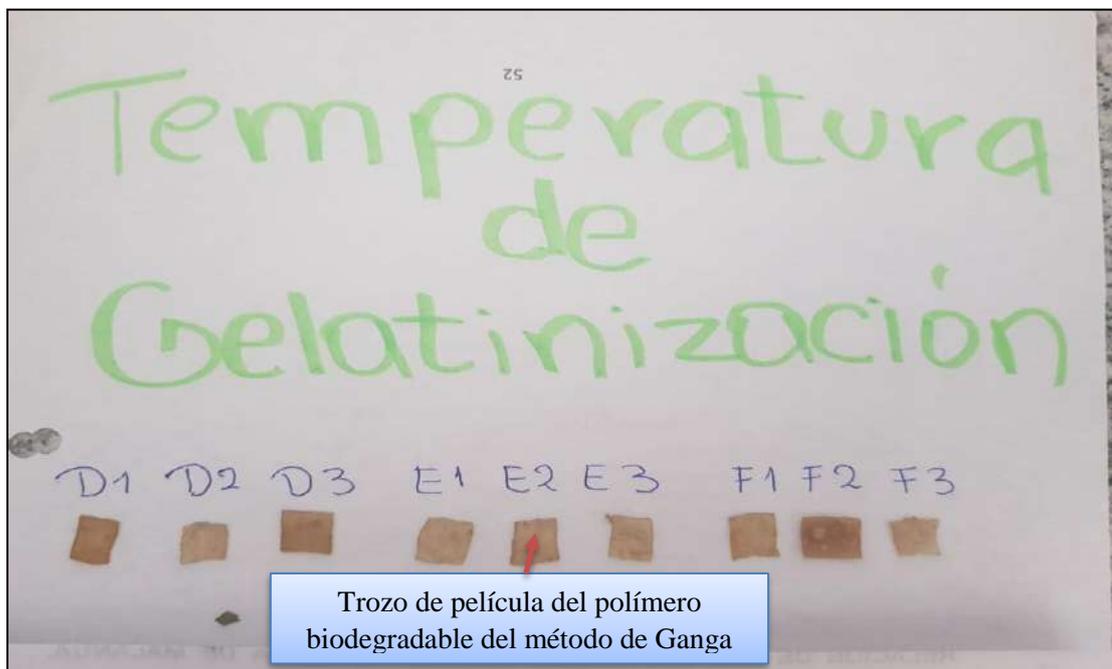
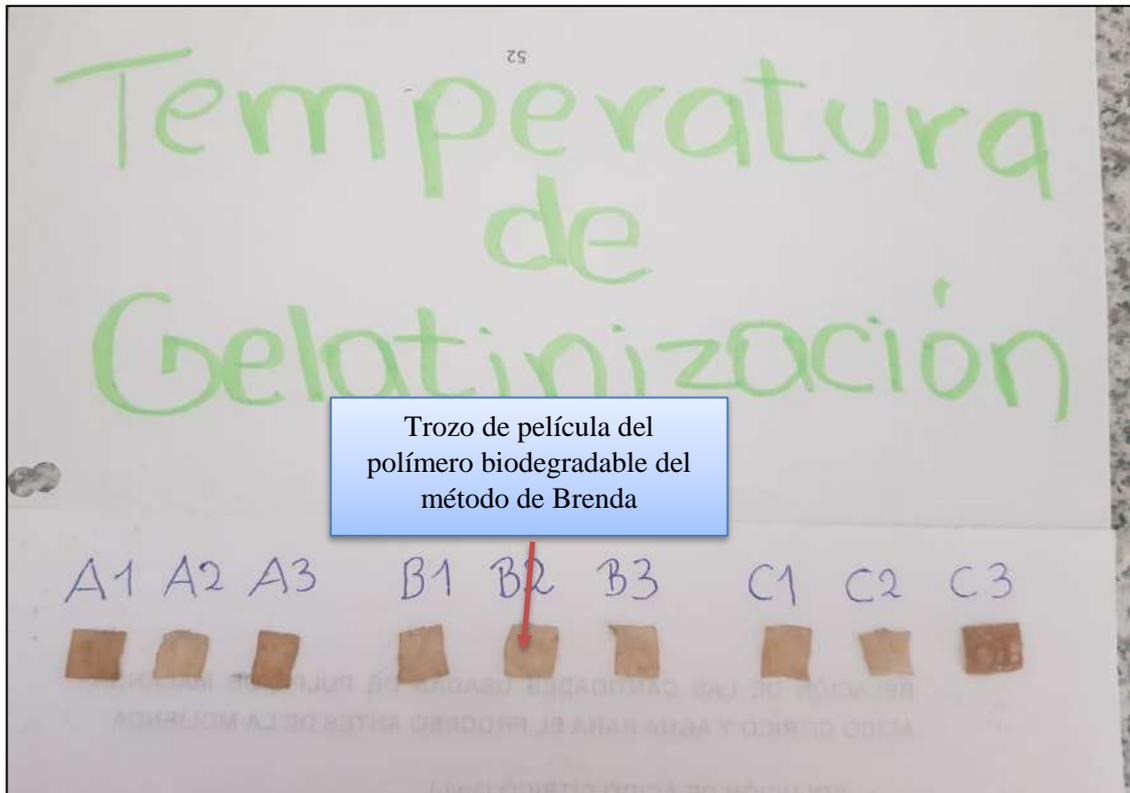
Determinación de la degradación térmica del polímero biodegradable



Determinación de la solubilidad del polímero biodegradable



Determinación de la temperatura de gelatinización del polímero biodegradable



Anexo G Norma. Determinación del contenido de humedad



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 712:2013

NÚMERO DE REFERENCIA ISO 712:2009(E)

**CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES. DETERMINACIÓN
DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. MÉTODO DE REFERENCIA
(IDT)**

Primera edición

CEREALS AND CEREAL PRODUCTS. DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT. REFERENCE METHOD (IDT)

First edition

DESCRIPTORES: Cereales, productos cereales, humedad, análisis.
ICS: 67.060

Contenido

	Página
Prólogo	I
Prólogo nacional.....	I
1. Objeto	1
2. Términos y definiciones.....	1
3. Principio.....	1
4. Equipos.....	1
5. Muestreo.....	2
6. Preparación de la muestra para análisis.....	2
6.1. Productos que no requieren molienda	2
6.2. Productos que requieren molienda	3
6.2.1. General.....	3
6.2.2. Molienda sin acondicionamiento previo	3
6.2.3. Molienda con acondicionamiento previo.....	3
7. Procedimiento.....	3
7.1. Número de determinaciones	3
7.2. Porción para análisis	4
7.3. Secado	4
7.4. Pesaje.....	4
8. Expresión de los resultados	4
8.1. Sin acondicionamiento previo	4
8.2. Con acondicionamiento previo.....	4
9. Precisión.....	5
9.1. Análisis interlaboratorios.....	5
9.2. Repetibilidad.....	5
9.3. Reproducibilidad.....	5
9.4. Comparación entre dos grupos de mediciones dentro de un mismo laboratorio	5
9.5. Comparación entre dos grupos de mediciones realizadas en dos laboratorios diferentes	6
9.6. Incertidumbre.....	6
10. Informe del análisis.....	6
ANEXO A (Informativo) Resultados del análisis interlaboratorios	7
ANEXO B (Informativo) Cereales y productos derivados de los cereales - Determinación del contenido de humedad. Método absoluto	9
Bibliografía	15
Apéndice Z	16

Prólogo

ISO (la Organización Internacional de normalización) es una Federación Mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representados en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las Normas Internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar Normas Internacionales. Los Proyectos de Normas Internacionales adoptados por los comités técnicos son enviados a los organismos miembros para votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros con derecho a voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de ningún derecho de patente.

La Norma Internacional ISO 712 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 34, Productos alimenticios, Subcomité SC 14, Cereales y legumbres.

Esta cuarta edición cancela y reemplaza la tercera edición (ISO 712:1998), la cual ha sido técnicamente revisada.

Prólogo nacional

Esta norma internacional NTE NEN-ISO 712 es una traducción idéntica a (la versión E) la norma internacional ISO 712:2009, Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia. El subcomité nacional responsable de esta norma es el subcomité Técnico Granos y cereales.

Esta norma reemplaza a la NTE NEN 1235:1987, Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad (Método de rutina).

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD MÉTODO DE REFERENCIA (IDT)	NTE INEN-180 712-2013 2013-04
<p>1. Objeto</p> <p>Esta norma internacional especifica un método de rutina de referencia para la determinación del contenido de humedad en cereales y productos cereales.</p> <p>Esta norma internacional se aplica a: trigo, amoz (con cáscara, descascarado y pulido), cebada, mijo (<i>Panicum millaceum</i>), centeno, avena, triticale (híbrido de trigo y centeno) y sorgo en forma de granos, granos molidos, sémola o harina.</p> <p>El método no es aplicable a maíz ni legumbres.</p> <p>NOTA: Para la determinación del contenido de humedad en maíz, véase la ISO 6450¹⁾ y para legumbres, véase la ISO 24358¹⁾.</p> <p>2. Términos y definiciones</p> <p>Para los propósitos de esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones:</p> <p>2.1 contenido de humedad pérdida de masa sufrida por un producto bajo las condiciones descritas en esta norma internacional.</p> <p>NOTA: el contenido de humedad se expresa en tanto por ciento.</p> <p>3. Principio</p> <p>Cuando se requiera, se muele y acondiciona la muestra de laboratorio. Se seca una porción para análisis a una temperatura entre 130 °C y 133 °C, bajo condiciones que permitan obtener un resultado comparable al obtenido con el método absoluto descrito en el Anexo B.</p> <p>NOTA INEN: Véase la NTE INEN 180 Cereales y productos de cereales – Determinación del contenido de humedad – Método básico de referencia.</p> <p>4. Equipos</p> <p>4.1 Balanza analítica, capaz de pesar con una precisión de $\pm 0,001$ g.</p> <p>4.2 Molino, de las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> fabricado de un material que no absorba la humedad; fácil de limpiar y con el mínimo espacio muerto; que permita realizar una molenda rápida y uniforme, sin una generación apreciable de calor (una diferencia de temperaturas antes y después de la molenda igual o menor a 5 °C); <p>NOTA: Un molino equipado con un sistema de refrigeración puede cumplir con este requisito.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Cereales, productos cereales, humedad, análisis</p>		

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 712 **TÍTULO:** CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES. **Código:** DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. ICS: 67.060
MÉTODO DE REFERENCIA (IDT)

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-09-01	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Directorio Oficialización con el Caracter de por Resolución No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de a

Subcomité Técnico: GRANOS Y CEREALES

Fecha de iniciación: 2011-09-01

Fecha de aprobación: 2011-09-14

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Dr. Fernando Alvarado (Presidente)

Ing. Diana Cruz

Ing. Elizabeth Heredia

Ing. Daniel Rivero

Ing. Saskia Simba

Ing. Marta del Carmen Bonifaz

Ing. Yolanda Arguello

Ing. Evelyn Andrade (Secretaría Técnica)

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS -UCE

LA INDUSTRIA HARINERA S. A.

MOLINOS POULTIER S. A.

MOLINOS POULTIER S. A.

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS -UCE

INDUSTRIAL HARINERA

UNIVERSIDAD TÉCNICA EQUINOCCIAL-

QIAP

INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN-ISO 712:2013, reemplaza a las NTE INEN 518:1980 y NTE INEN 1235:1978

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 13040 de 2013-03-13

Registro Oficial Suplemento No. 924 de 2013-04-02

Anexo H Determinación de humedad por el método de termobalanza

Según (Bianco et al, 2014, p. 29-36):

Materiales y Equipos

- Vidrio reloj
- Espátula
- Termobalanza modelo RADWAG

Procedimiento

- Homogenizar el almidón de Malanga blanca a través de la técnica de cuarteo.
- Pesar 5 g de la muestra en un vidrio reloj.
- Secar la muestra en la termobalanza modelo RADWAG a 110°C hasta llegar al peso constante durante 10 minutos anotar el peso del almidón de Malanga blanca.
- Repetir las pruebas tres veces.

Anexo I Norma. Determinación de ceniza



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 520:2013

Primera revisión

HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA CENIZA

Primera edición

VEGETAL FLOUR. ASH DETERMINATION

First edition

DESCRIPTORES: Harina, vegetal, ceniza, métodos de ensayo
AL: 02.02-304
CDU: 664.2:543
ICS: 67.060

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
DETERMINACIÓN DE LA CENIZA

NTE INEN
620:2013
Primera revisión
2013-09

1. OBJETO

1.1 Esta norma describe el método para determinar el contenido de cenizas en las harinas de origen vegetal.

2. DEFINICIONES

2.1 Ceniza. Es el residuo obtenido después de incinerar la muestra, dentro de las condiciones descritas en la presente norma.

3. MÉTODO DE ENSAYO

3.1 Resumen

3.1.1 Incinerar la muestra a $(550 \pm 15^{\circ}\text{C})$ y pesar el residuo que corresponde a las cenizas en las harinas de origen vegetal.

3.2 Equipos

3.2.1 Crisol de porcelana, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo.

3.2.2 Mufa, con regulador de temperatura, ajustado a $550^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$.

3.2.3 Desecador, con óxido de calcio u otro deshidratante adecuado.

3.2.4 Pinza, para la cápsula.

3.2.5 Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.

3.3 Preparación de la muestra

3.3.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.

3.3.2 La cantidad de muestra de harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.

3.3.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

3.4 Procedimiento

3.4.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

3.4.2 Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufa ajustada a $(550 \pm 15^{\circ}\text{C})$, durante 30 min. Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg.

3.4.3 Transferir al crisol y pesar, con aproximación al 0,1 mg, 3 g a 5 g de la muestra.

3.4.4 Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufa abierta y mantenerla allí durante pocos minutos, para evitar pérdidas por proyección de material, lo que podría ocurrir si el crisol se introduce directamente a la mufa.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Harina, vegetal, ceniza, métodos de ensayo.

3.4.6 Introducir el crisol en la mufla a $(550 \pm 15^\circ\text{C})$ hasta obtener cenizas de un color gris claro o hasta que el peso sea constante. No deben fundirse las cenizas.

3.4.8 Sacar de la mufla el crisol con la muestra, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente, con aproximación al 0,1 mg.

3.5 Cálculos

3.5.1 El contenido de cenizas en muestras de harinas de origen vegetal, en base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$$

En donde:

C = contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m_1 = masa del crisol vacío, en g.

m_2 = masa del crisol con la muestra, en g.

m_3 = masa del crisol con las cenizas, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

3.8 Errores de método

3.8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,01 %; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

3.7 Informe de resultados

3.7.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación.

3.7.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.7.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no necesita de otras para su aplicación

Z.2 BASES DE ESTUDIO

CODEX ALIMENTARIUS - CODEX STAN 234-1999 *Métodos Recomendados de Análisis y de Muestreo Recomendados*

AOAC INTERNATIONAL - Official Methods of Analysis, 18th Edition, 2005, Current through Revision 4, 2011. AOAC International, Maryland, USA. Cereal foods. Chapter 32. Pag. 2: AOAC Official Method 923.03 Ash of flour.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 520 Primera revisión	TÍTULO: HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA CENIZA	Código: AL 02.02-304
---	---	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISION: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1980-12-11 Oficialización con el Caracter de por Acuerdo Ministerial No. 125 de 1984-02-05 publicado en el Registro Oficial No. 390 de 1981-03-04 Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-19
--	--

Fecha de consulta pública: 2012-11-20 al 2012-12-20

Subcomité Técnico:
 Fecha de iniciación:
 Integrantes del Subcomité:

Fecha de aprobación:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un periodo de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

Otros trámites: * Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 520:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 520:1980.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
 Registro Oficial No. (S) 84 de 2013-09-19

Por Resolución No. 13286 de 2013-08-13

Anexo J Norma. Determinación de proteína total



CDU: 6331

AG 05.04-314

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	QUINUA. DETERMINACIÓN DE LA PROTEINA TOTAL (PROTEINA CRUDA)	INEN 1 670 1988-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo Kjeldahl para la determinación del contenido de proteína total en la quinua en grano.</p> <p style="text-align: center;">2. FUNDAMENTO</p> <p>2.1 Mineralizar la muestra por vía húmeda y alcalinizar por medio de una solución de hidróxido de sodio. El amonio liberado es arrastrado por destilación y recogido en una cantidad determinada de ácido sulfúrico, valorando el exceso con una solución de hidróxido de sodio.</p> <p style="text-align: center;">3. INSTRUMENTAL</p> <p>3.1 Material y equipos.</p> <p>3.1.1 <i>Mineralizador y destilador Kjeldahl.</i></p> <p>3.1.2 <i>Molino de laboratorio</i>, de manera de obtener un tamaño de partícula de 1,0 mm (ver INEN 154).</p> <p style="text-align: center;">4. REACTIVOS</p> <p>4.1 Todos los reactivos deben ser reconocidos en cuanto a su calidad analítica. El agua utilizada será destilada o agua de pureza equivalente.</p> <p>4.1.1 <i>Sulfato de potasio.</i></p> <p>4.1.2 <i>Catalizador: óxido de cobre (CuO) o sulfato de cobre cristalizado (SO₄Cu.5H₂O).</i></p> <p>4.1.3 <i>Cinc granulado.</i></p> <p>4.1.4 <i>Acido sulfúrico, d = 1,84</i></p> <p>4.1.5 <i>Acido sulfúrico 0,1 N</i></p> <p>4.1.6 <i>Acido sulfúrico 0,5N</i></p> <p>4.1.7 <i>Indicador de fenoltaleína.</i> Disolver 100 mg de fenoltaleína en 100 cm³ de etanol de 70 % (V/V).</p> <p>4.1.8 <i>Rojo de metilo.</i> Disolver 300 mg de rojo de metilo en 100 cm³ de etanol del 95 - 96%(V/V).</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

4.1.9 *Solución de hidróxido de sodio al 30%(m/V).*

4.1.10 *Solución de hidróxido de sodio 0,1N*

4.1.11 *Solución de hidróxido de sodio 0,25N*

4.1.12 *Solución saturada de sulfato de sodio.*

4.1.13 *Solución de sulfato de potasio al 4% (m/V).*

4.1.14 *Solución de tiosulfato de sodio al 8 % (m/V).*

4.1.15 *Núcleos de ebullición.*

5. METODO DE ENSAYO

5.1 Preparación de la muestra.

5.1.1 Moler la muestra de manera que el 99% de las partículas pasen a través del tamiz de 1,0 mm (No. 18).

5.2 Procedimiento.

5.2.1 Mineralización.

5.2.1.1 Pesar con precisión de 1 mg, aproximadamente, 1 g de muestra e introducir en el matraz de mineralización. Añadir 10 a 15 g de sulfato potásico, 0,3 a 0,4 g del catalizador óxido de cobre a 0,9 a 1,2 g de sulfato córico, 25 cm³ de ácido sulfúrico y algunos núcleos de ebullición. Homogenizar. Calentar el matraz inicialmente con moderación, agitando, de vez en cuando, hasta carbonización de la masa y desaparición de espuma, calentar más intensamente hasta ebullición, evitando el sobrecalentamiento y adherencia de partículas orgánicas.

Cuando la solución aparece transparente e incolora (verde claro en presencia de catalizador a base de cobre), mantener la ebullición una hora, dejando enfriar a continuación.

5.2.2 Destilación.

5.2.2.1 Añadir con precaución y agitando 250 a 350 cm³ de agua, comprobando que los sulfatos estén disueltos totalmente. Dejar enfriar, añadir algunos gránulos de cinc y algunas gotas de indicador de fenoltaleína

5.2.2.2 Introducir en la matraz colector del equipo de destilar 25 cm³ exactamente medidos, de ácido sulfúrico 0,1 N ó 0,5N, según que el producto sea pobre o rico en materias nitrogenadas y algunas gotas de indicador rojo de metilo.

(Continúa)

5.2.2.3 Unir el matraz al refrigerante del equipo de destilación, sumergiendo la parte extrema de éste en el líquido del matraz colector por lo menos 1 cm. Introducir lentamente en el matraz, por medio de un embudo con llave, 120 cm³ de solución de hidróxido de sodio, al 30% o más cantidad, si fuera necesario, debiéndose mantener la coloración roja, hasta el fin de la destilación.

5.2.2.4 Calentar el matraz de manera que se destile 150 cm³ de líquido en 30 minutos. Después de este tiempo comprobar la neutralidad del destilado por medio del papel de tornasol. Si la reacción es alcalina, continuar con la destilación hasta que el papel de tornasol indique neutralidad en la solución. Al final de la destilación, observar, de vez en cuando, la coloración de la solución en el colector. Si vira a amarillo, añadir enseguida un volumen exactamente medido de ácido sulfúrico 0,1 N ó 0, 5N.

5.2.3 Valoración.

5.2.3.1 Valorar en el matraz colector el exceso de ácido sulfúrico con la solución de hidróxido sódico 0,1 N ó 0,25N, según la normalidad del ácido sulfúrico utilizado hasta que la solución vire al amarillo claro.

5.3 Cálculos.

5.3.1 El contenido de proteína total en porcentaje se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$PT = \frac{1,4 \times 6,25(V \times N - V' \times N')}{m}$$

Donde:

- PT = contenido de proteína total
- V = volumen, en cm³ de ácido sulfúrico introducido en el vaso
- N = normalidad de la solución de ácido sulfúrico
- V' = volumen, en cm³ de NaOH consumido en la valoración
- N' = normalidad de la solución de NaOH.
- m = masa de la muestra, en gramos

6. INFORME DE RESULTADOS

6.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de las determinaciones efectuadas por duplicado.

6.2 En el informe de resultados, debe indicarse el resultado obtenido. Además, debe mencionarse cualquier condición de operación no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influenciado sobre el resultado.

6.3 El informe incluirá todos los detalles necesarios para una completa identificación de la muestra

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 154 *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma española UNE 004 *Piensos compuestos y primeras materias. Proteína total.* Instituto Nacional de Racionalización. Madrid, 1978.

Norma peruana ITINTEC 2005.005 *Cereales y Menestras. Determinación de Proteínas totales.* Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Lima, 1979.

D. Pearson. *Técnicas de Laboratorio para el Análisis de los alimentos.* Editorial Acribia. Zaragoza, 1976.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 670	TÍTULO: QUINUA. DETERMINACIÓN DE LA PROTEINA TOTAL. (PROTEINA CRUDA)	Código: AG 05.04-314
-------------------------------------	---	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1987-12-16	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

La Dirección General considerando la necesidad de contar con método de ensayo que permita determinar el valor nutritivo de la quinua dispuso la elaboración de esta norma.

Subcomité Técnico: AG 05.04 QUINUA

Fecha de iniciación: _____ Fecha de aprobación: 1988-02-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

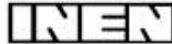
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Carlos Nieto (Vicepresidente)	INIAP
Ing. Samuel Von Rutte	LATINRECO S.A.
Dr. Renato Andrade	QUINUASA
Ing. Oswaldo Acuña	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Ing. César Cáceres	MAG - CEREALES
Sr. Leo Hamburger	AGROINDUSTRIAL CHIMBORAZO S.A.
Ing. Alberto Espinosa (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites: ♦⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1988-07-26

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No.11 de 1988-08-25

Por Acuerdo Ministerial No. 360 de 1988-08-09

Anexo K Norma. Determinación de grasa



CDU: 664.2:

AL 02.02-307

Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE GRASA	INEN 523 1980-12
<p style="text-align: center;">1. OBJ ETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de grasa o extracto etéreo en harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;">2. RESUMEN</p> <p>2.1 El contenido de materia grasa es extraído de una muestra de harina de origen vegetal mediante un solvente orgánico.</p> <p style="text-align: center;">3. INSTRUMENTAL</p> <p>3.1 <i>Estufa</i>, con regulador de temperatura, ajustado a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$.</p> <p>3.2 <i>Desecador</i>, con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.</p> <p>3.3 <i>Aparato de extracción</i>, tipo Soxhlet u otro similar.</p> <p>3.4 <i>Plancha eléctrica</i> de calentamiento.</p> <p>3.5 <i>Pincel</i>.</p> <p>3.6 <i>Dedal de Soxhlet</i> de porosidad adecuada.</p> <p>3.7 <i>Vaso de precipitación</i>.</p> <p>3.8 <i>Espátula</i> de acero inoxidable.</p> <p>3.9 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;">4. REACTIVOS</p> <p>4.1 <i>Eter anhidro</i>. Preparar lavando éter etílico comercial con dos o tres porciones de agua; agregar hidróxido de sodio o hidróxido de potasio sólidos y dejar en reposo hasta que toda el agua sea extraída del éter. Transferir a un frasco que previamente ha sido limpiado con cuidado y agregar pequeños pedazos de sodio metálico; cuando ya no se observe desprendimiento de hidrógeno, guardar el éter deshidratado sobre sodio metálico en el mismo frasco, sin ajustar la tapa.</p> <p>4.2 <i>Arena purificada con ácido y calcinada</i>, con un tamaño de grano entre 0,1 y 0,3 mm.</p>		

5. PREPARACION DE LA MUESTRA

- 5.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
- 5.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.
- 5.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1 La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- 6.2 Lavar el balón del aparato Soxhlet y secarlo en la estufa calentada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, por el tiempo de una hora. Transferir al desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg, cuando haya alcanzado la temperatura ambiente.
- 6.3 En el dedal de Soxhlet, pesar, con aproximación al 0,1 mg, 2,35 g de la muestra de harina, 2 g de arena bien seca; mezclar íntimamente con la espátula, limpiando ésta con el pincel.
- 6.4 Colocar algodón hidrófilo en la parte superior del dedal a manera de tapa e introducir en la estufa calentada a $130 \pm 5^\circ\text{C}$, por el tiempo de una hora, y luego transferir el dedal con su contenido al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- 6.5 Colocar el dedal y su contenido en el aparato Soxhlet, agregar suficiente cantidad de éter anhidro y extraer durante cuatro horas, si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo, o durante 16 h, si dicha velocidad es de 2 a 3 gotas por segundo.
- 6.6 Terminada la extracción, recuperar el disolvente por destilación en el mismo aparato y eliminar los restos de disolvente en baño María.
- 6.7 Colocar el balón que contiene la grasa, durante 30 min, en la estufa calentada a $100 \pm 5^\circ\text{C}$; enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador y pesar.
- 6.8 Repetir el calentamiento por períodos de 30 min, enfriando y pesando, hasta que la diferencia entre los resultados de dos operaciones de pesaje sucesivas no exceda de 0,2 mg.

7. CALCULOS

- 7.1 El contenido de grasa en muestras de harina de origen vegetal, en porcentaje de masa sobre base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$G = \frac{(m_2 - m_1)}{m(100 - H)} \times 100$$

Siendo:

G = contenido de grasa en la harina de origen vegetal, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra, en g.

m_1 = masa del balón vacío, en g.

m_2 = masa del balón con grasa, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

8. ERRORES DE MÉTODO

8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,2%; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

9. INFORME DE RESULTADOS

9.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación.

9.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

9.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 518 *Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Método AOAC de análisis 14 *Cereal Wheat flour. Crude fat of Ether Extract.* Official Final Action. Association of Official Analytical Chemist. Washington, 1975.

Norma Centroamericana ICAITI 34086 h 5. *Harinas de origen vegetal. Determinación del contenido de grasa bruta o extracto etéreo.* Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala, 1974.

A.A.C.C. *Approved Methods 30.26. Crude fat in soy flours.* American Association of Cereal Chemists. Minnesota U.S.A., 1969.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: HARINA DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE GRASA.	Código:
NTE INEN 523		AL 02.02-307

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: 1978-04-25 a 1978-06-09

Subcomité Técnico: AL 02.02, HARINAS DE ORIGEN VEGETAL

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1979-06-20

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Sr. Patricio Hidalgo P.	MOLINEROS DE LA SIERRA
Sr. Godifrey Berry	INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
Sr. Gustavo Negrete	INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
Dra. Marlene de San Lucas	INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
Sr. Pedro Novillo	MICEI
Ing. Edgar Alvarado	MICEI
Ing. Poema Jiménez	MICEI (Guayaquil)
Sr. Rafael Clavijo	CENDES
Ing. César Cáceres	MAG
Sr. Wilfredo Llaguno	MAG (Guayaquil)
Ing. Jaime Gallegos	MAG
Ing. Peter Alter	FAO
Dr. Luis Vallejo	INSTITUTO NAC. DE NUTRICION
Ing. Washington Moreno	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS (Guayaquil)
Sra. Lourdes Chamorro	ESCUELA POLITECTICA NACIONAL
Sr. José Bueno	MOLINOS POULTIER
Dra. Iclea de Rodríguez	INSTITUTO IZQUIETA PEREZ
Sr. Rafael Aguirre	INEN
Ing. Iván Navarrete	INEN
Lic. María Eugenia de Mora	INEN
Dra. Leonor Orozco	INEN

Otros trámites: *⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1980-12-11

Oficializada como: OBLIGATORIA
 Registro Oficial No. 389 de 1981-02-27

Por Acuerdo Ministerial No. 128 de 1981-02-05

Anexo L Norma. Determinación de fibra cruda



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 522:2013
Primera revisión

HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA FIBRA CRUDA

Primera edición

VEGETAL FLOUR. DETERMINATION OF CRUDE FIBER

First edition

DESCRIPTORES: Harinas, fibra cruda, vegetal, método de ensayo
AL 02.02-306
CDU: 664.2
ICS: 67.060

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACIÓN DE LA FIBRA CRUDA	NTE INEN 522:2013 Primera revisión 2013-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma describe el método para determinar el contenido de fibra cruda en harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;">2. DEFINICIONES</p> <p>2.1 Fibra cruda. Es el residuo insoluble obtenido después del tratamiento de la muestra de harina de origen vegetal y determinada mediante procedimientos normalizados.</p> <p style="text-align: center;">3. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>3.1 Resumen</p> <p>3.1.1 Digerir la muestra sin grasa con solución de ácido sulfúrico, lavar y nuevamente digerir con solución de hidróxido de sodio, lavar, secar y pesar. Calcinar hasta destrucción de la materia orgánica. La pérdida de peso después de la calcinación es el contenido de fibra cruda en la muestra.</p> <p>3.2 Equipos</p> <p>3.2.1 <i>Estufa</i>, con regulador de temperatura, ajustada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$.</p> <p>3.2.2 <i>Desecador</i>, con sulfato de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.</p> <p>3.2.3 <i>Aparato de extracción tipo Soxhlet</i> u otro similar.</p> <p>3.2.4 <i>Cápsula de porcelana</i> o de sílice.</p> <p>3.2.5 <i>Muffa</i> con regulador de temperatura ajustado a $600 \pm 15^\circ\text{C}$.</p> <p>3.2.6 <i>Embudo</i> de 12 cm de diámetro, con una tela de algodón de tejido fino (tela de lino) para filtración.</p> <p>3.2.7 <i>Matraz Erlenmeyer</i> de 1000 cm³.</p> <p>3.2.8 <i>Filtro de succión</i>, compuesto de crisol de Gooch, colocado sobre un frasco de succión conectado a una trampa, y éste, a su vez, a cualquier aparato para efectuar el vacío. Debe estar dotado de una válvula para romper el vacío.</p> <p>3.2.9 <i>Pipeta volumétrica</i>, de 25 cm³.</p> <p>3.2.10 <i>Aparato de digestión</i>, compuesto por un condensador adaptado a la boca de balón de precipitación de 600 cm³, con diámetro de 82 mm y altura de 151 mm, y una plancha eléctrica de calentamiento con regulador de temperatura ajustado en tal forma que eleve la temperatura de 200 cm³ de agua, desde 25 °C hasta la ebullición durante 15 ± 2 min.</p> <p>3.2.11 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p>3.3 Reactivos y materiales</p> <p>3.3.1 <i>Eter anhidro.</i> Preparar lavando éter etílico comercial con dos o tres porciones de agua; agregar hidróxido de sodio o hidróxido de potasio sólidos y dejar en reposo hasta que todo el agua sea extraída del éter. Transferir a un frasco seco que previamente ha sido limpiado con cuidado y agregar pequeños pedazos de sodio metálico; cuando ya no se observe desprendimiento de hidrógeno, guardar el éter deshidratado sobre sodio metálico, en el mismo frasco, sin ajustar la tapa.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Harinas, fibra cruda, vegetal, método de ensayo.</p>		

3.3.2 Solución 0,255 N de ácido sulfúrico. Disolver 1,25 g de ácido sulfúrico, reactivo para análisis, en 80 cm³ de agua destilada y completar a 100 cm³.

3.3.3 Solución 0,313 N de hidróxido de sodio. Disolver 1,25 g de hidróxido de sodio, libre de carbonato de sodio, en 80 cm³ de agua destilada y completar a 100 cm³.

3.3.4 Alcohol etílico al 95 %. (Puede usarse alcohol metílico o alcohol isopropílico).

3.3.5 Antiespumante, apropiado, a base de silicones.

3.3.6 Perlas de vidrio

3.3.7 Asbesto preparado. Colocar en la cápsula de porcelana las fibras de asbesto tratadas para usarse en análisis (ver Anexo A), calentar 16 h a 600 °C en la mufla, sacar de la mufla y transferir a un balón de precipitación, hervir durante 30 min con solución 0,255 N de ácido sulfúrico, filtrar, lavar con agua destilada y transferir a un balón de precipitación para hervir durante 30 min con solución 0,313 N de hidróxido de sodio, filtrar, lavar con la solución 0,255 N de ácido sulfúrico, lavar nuevamente con abundante agua, secar e incinerar a 600 °C en la mufla, por un tiempo de dos horas.

3.4 Preparación de la muestra

3.4.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.

3.4.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.

3.4.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

3.5 Procedimiento

3.5.1 La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

3.5.2 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 3 g de muestra y transferir a un dedal de porosidad adecuada, tapar con algodón, colocar en la estufa calentada a $130 \pm 2^\circ\text{C}$, por el tiempo de una hora.

3.5.3 Transferir al desecador el dedal que contiene la muestra, dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

3.5.4 Colocar en el aparato Soxhlet y llevar a cabo la extracción de la grasa, con una cantidad suficiente de éter anhidro; el tiempo de extracción será de cuatro horas, si la velocidad de condensación es de cinco a seis gotas por segundo, o por un tiempo de 16 h, si dicha velocidad es de dos a tres gotas por segundo.

3.5.5 Sacar el dedal con la muestra sin grasa, dejar en el medio ambiente para que se evapore el solvente, colocarlo en la estufa y llevar a una temperatura de 100 °C, por el tiempo de dos horas. Transferir al desecador y dejar enfriar a la temperatura ambiente.

3.5.6 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, aproximadamente 2 g de la muestra desengrasada y transferir al balón de precipitación de 600 cm³, con mucho cuidado.

3.5.7 Agregar aproximadamente 1 g de asbesto preparado, 200 cm³ de solución hirviendo, 0,255 N de ácido sulfúrico, una gota de antiespumante diluido o perlas de vidrio (ver Nota 1).

3.5.8 Colocar el balón de precipitación y su contenido en el aparato de digestión, dejar hervir durante 30 min exactos, girando el balón periódicamente, para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes.

NOTA 1. Un exceso de antiespumante puede dar resultados altos, por lo que se debe usar solamente, si es necesario, para controlar la espuma

(Continúa)

3.5.9 Filtrar a través de la tela de tejido fino puesta en el embudo, el que, a su vez, se coloca en el Erlenmeyer de 1 000 cm³, lavar el residuo con agua destilada caliente, hasta que las aguas de lavado no den reacción ácida.

3.5.10 Colocar el residuo en el balón de precipitación, agregar 200 cm³ de solución 0,313 N de hidróxido de sodio hirviendo, colocar en el aparato de digestión y llevar a ebullición durante 30 min exactos.

3.5.11 Filtrar a través de la tela de tejido fino, lavar el residuo con 25 cm³ de la solución 0,255 N de ácido sulfúrico hirviendo y luego con agua destilada hirviendo, hasta que las aguas de lavado no den reacción alcalina.

3.5.12 El residuo es transferido cuantitativamente al crisol de Gooch que contiene asbesto, y previamente pesado, agregar 25 cm³ de alcohol etílico poco a poco y filtrar aplicando el vacío.

3.5.13 Colocar el crisol Gooch y su contenido en la estufa calentada a 130 ± 2°C por el tiempo de dos horas, transferir al desecador, dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar.

3.5.14 Colocar el crisol con la muestra seca en la mufla e incinerar a una temperatura de 500 ± 50°C, por el tiempo de 30 min; enfriar en desecador y pesar.

3.5.15 Realizar un solo ensayo en blanco con todos los reactivos, sin la muestra y siguiendo el mismo procedimiento descrito a partir de 3.5.7 para cada determinación o serie de determinaciones.

3.6 Cálculos

3.6.1 El contenido de fibra cruda en muestras de harina de origen vegetal se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100$$

En donde:

F_c = contenido de fibra cruda, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra desengrasada y seca, en g.

m_1 = masa de crisol conteniendo asbestos y la fibra seca, en g.

m_2 = masa de crisol contiendo asbesto después de ser incinerado, en g.

m_3 = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbestos, en g.

m_4 = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbesto, después de ser incinerado, en g.

3.7 Errores de método

3.7.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,1 %; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

3.8 Informe de resultados

3.8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a centésimas.

3.8.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.8.3 Deben incluirse, además, todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

ANEXO A**PREPARACION DEL ASBESTO**

A.1 La fibra del asbesto en bruto se desmenuza con una navaja que se desliza sobre las fibras, sujetando éstas por un extremo; en esta forma se separan las pequeñas fibrillas unas de otras. Luego hervirlas en ácido sulfúrico concentrado, por el tiempo de dos horas, y lavar completamente con suficiente agua corriente; colocar en una cápsula de porcelana, calentar durante 16 h en la mufla calentada a $600 \pm 1^\circ\text{C}$ y proceder como en 3.3.7

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Método AOAC de análisis 14 Cereal Food Wheat Flour. Crude fiber (f8) Official First Action. American Oil Chemists Society Association of Official Analytical Chemists. Washington, 1975.

Norma Centroamericana ICAITI 34086 h 3. Harinas de origen vegetal. Determinación del contenido de fibra cruda. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala, 1974.

A.A.C.C. Approved methods 32-17. Crude fiber in soy flour. American Association of Cereal Chemists. Minnesota U.S.A., 1969.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 522 **TÍTULO:** HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. **Código:** AL 02.02-306
DETERMINACION DE LA FIBRA CRUDA

Primera revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1980-12-11 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 127 de 1981-02-05 publicado en el Registro Oficial No. 389 de 1981-02-27 Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-19
--	--

Fechas de consulta pública: 2012-11-20 al 2012-12-20

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación:

Integrantes del Subcomité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un período de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

Otros trámites: ♦ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 522:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 522:1981.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 84 de 2013-09-19

Por Resolución No. 13286 de 2013-08-13

Anexo M Determinación de (ELnN) extracto libre no nitrogenado

Según (Guevara, 2016, p. 73);

Este método tiene como objetivo determinar los carbohidratos digeribles y se calcula restando de 100 la sumatoria de los porcentajes de humedad, cenizas, fibra extracto etéreo o grasa y proteína.

Cálculo

$$\% \text{ELnN} = 100 - \Sigma (\%H + \%C + \%F + \% \text{ExE} + \%P)$$

Anexo N Determinación de la cantidad de almidón

Aplicando la Norma (Laboratorio de Alimentos I, 2008), modificada:

Materiales y Equipos

- Tubo de ensayo
- Balón de aforo
- Espectrofotómetro

Reactivos

- Solución de I/KI
- Solución de almidón
- Agua destilada

Procedimiento

- Colocar en un tubo de ensayo 2 mL de la solución de almidón y se adiciona 3 mL de la solución de I/KI y se afora a 100 mL.
- Medir con la ayuda del espectrofotómetro a 600 nm.
- Calcular a partir de la curva patrón con el intervalo de 0.02-0.2 mg de almidón soluble/mL.
- Repetir las pruebas tres veces.

Anexo O Determinación del contenido de amilosa

Aplicando la Norma (Guadrón de delgado, 2013), modificada:

Materiales y Equipos

- Beaker de 50
- Balanza analítica
- Balón aforado
- Agitador de vidrio
- Piceta
- Gotero

- Vidrio reloj pequeño

Reactivos

- Solución de Yodo al 0.1N
- Agua destilada

Procedimiento

- Preparar 1,4 g de yodo y se disuelva en 3,6 g de KI en 10 mL de agua destilada y se afora a 100 mL.
- Pesar 5 g de la muestra.
- Colocar 50 mL de agua en el reverbero, se agrega la muestra y se deja enfriar.
- Añadir 2 gotas de la solución de yodo.
- Pesar 1.26 g de yodo y 1,8 de IK, se disuelven en un balón de 100 mL y se afora con agua destilada. (Solución 1)
- Agregar 2 mL de la solución 1 en un balón y se afora a 100 mL (Solución 2).
- Repetir las pruebas tres veces.

Cálculos

- Se realiza de la curva estándar y se expresa en porcentaje.

Anexo P Determinación de la cantidad de amilopectina

Según (Gonz, 2018, p. 35-44):

El cálculo de amilopectina se obtiene de la resta entre la cantidad de amilosa y almidón.

Anexo Q Análisis de varianza del almidón de Malanga blanca por el método de Brenda y Ganga.

Rendimiento del almidón de Malanga blanca

Análisis de Varianza para rendimiento de extracción de almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	288,98	1	288,98	34,54	0,0042	**
Error	33,47	4	8,37			
Total	322,45	5				
C.V	14,16					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para rendimiento de extracción del almidón

Métodos	Medias	Grupo	
Brenda	27,37	A	
Ganga	13,49		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Caracterización del almidón de la Malanga blanca por los métodos de extracción de Brenda y Ganga.

Análisis de varianza para humedad del almidón por el método de termobalanza

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	39,27	1	39,27	774,06	<0,0001	**
Error	0,20	4	0,05			
Total	39,47	5				
C.V	1,36					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para humedad del almidón por el método de termobalanza

Métodos	Medias	Grupo	
Ganga	19,12	A	
Brenda	14,01		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para humedad del almidón por el método de desecación en estufa de aire caliente.

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	24,12	1	24,12	53,78	<0,0018	**
Error	1,79	4	0,45			
Total	25,91	5				
C.V	5,25					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para humedad del almidón por el método de desecación en estufa de aire caliente.

Métodos	Medias	Grupo	
Ganga	14,75	A	
Brenda	10,74		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para cenizas del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	2,8E-03	1	2,8E-03	0,07	0,8033	ns
Error	0,16	4	0,04			
Total	0,16	5				
C.V	26,30					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para cenizas del almidón

Métodos	Medias	Grupo	
Ganga	0,78	A	
Brenda	0,74	A	

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para proteínas del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	0,07	1	0,07	3,72	0,1260	ns
Error	0,08	4	0,02			
Total	0,15	5				
C.V	5,87					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para proteínas del almidón

Métodos	Medias	Grupo
Ganga	2,45	A
Brenda	2,24	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para grasa o extracto etéreo del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	1,7E-05	1	1,7E-05	1,00	0,3739	ns
Error	6,7E-05	4	1,7E-05			
Total	8,3E-05	5				
C.V	9,64					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para grasa o extracto etéreo del almidón

Métodos	Medias	Grupo
Ganga	0,04	A
Brenda	0,04	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para fibra del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	8,2E-04	1	8,2E-04	3,06	0,1550	ns
Error	1,1E-03	4	2,7E-04			
Total	1,9E-03	5				
C.V	5,30					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para fibra del almidón

Métodos	Medias	Grupo
Ganga	0,32	A
Brenda	0,30	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para extracto libre no nitrogenado (ELnN) del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	66,30	1	66,30	7628,05	<0,0001	**
Error	0,03	4	0,01			
Total	66,34	5				
C.V	0,12					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para extracto libre no nitrogenado (ELnN) del almidón

Métodos	Medias	Grupo	
Brenda	83,76	A	
Ganga	77,11		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza de amilosa del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	0,14	1	0,14	0,53	0,5058	ns
Error	1,08	4	0,27			
Total	1,23	5				
C.V	2,03					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para amilosa del almidón

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	25,78	A
Ganga	25,47	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza de amilopectina del almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	0,14	1	0,14	0,53	0,5058	ns
Error	1,08	4	0,27			
Total	1,23	5				
C.V	0,07					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para amilopectina del almidón

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	74,53	A
Ganga	74,22	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para porcentaje de almidón

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	117,57	1	117,57	19,94	0,0111	*
Error	23,58	4	5,89			
Total	141,15	5				
C.V	3,49					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para porcentaje de almidón

Métodos	Medias	Grupo	
Brenda	74,06	A	
Ganga	65,21		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Anexo R Determinación de las propiedades mecánicas del polímero biodegradable

Determinación de densidad

Según (Gonz, 2018, p. 35-44):

Materiales y equipos

- Probeta
- Tijeras
- Balanza analítica modelo PS 4500.R2

Reactivos

- Agua destilada

Procedimiento

- Tomar la muestra de 1cm x 1cm del bioplástico.
- Pesar 5 g en una balanza analítica modelo PS 4500.R2
- Tomar 50 mL de agua destilada en una probeta.
- Introducir al biopolímero hasta que se sumerja.
- Registrar cuanto aumenta el nivel del agua, el cual es el volumen del bioplástico.
- Repetir las pruebas tres veces.

Cálculos

$$d: m/v$$

Dónde:

- d : densidad
- m : masa del bioplástico
- v : volumen en cm^3

Determinación de dureza

Según (Rosales, 2016):

Materiales y Equipos

- Durómetro HUMBOLDT
- Tijera

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Tomar de diferentes partes del bioplástico los trozos para medir la dureza en escala shore.
- Repetir las pruebas tres veces.

Determinación de elasticidad del polímero biodegradable

Según(Meneses, 2007, p. 57-67):

Materiales y Equipos

- Tijeras
- Máquina Universal de Ensayos (MUE)

Procedimiento

- Realizar la forma de una probeta de 5cm x 10cm con el polímero biodegradable.
- Realizar el análisis con la ayuda de la máquina Universal de Ensayos (MUE)
- Repetir las pruebas tres veces.

Anexo S Determinación de las propiedades físicas del polímero biodegradable

Determinación de grosor o espesor mediante SEM (Microscopía electrónica de Barrido)

Según (Sánchez et al., 2015, p. 17-25).

Materiales y Equipos

- Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) marca JSM-IT100.
- Balanza analítica
- Porta muestras metálicas
- Cinta conductora
- Tijeras

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 2mm x 2mm.
- Fijar al bioplástico en un porta muestras metálicas y recubrir con cinta conductora.
- Definir la resolución de las imágenes del bioplástico a de 500 μm con la ayuda del equipo Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) marca JSM-IT100.
- Repetir las pruebas tres veces.

Determinación de transparencia

Según (Rivera, 2014, p. 147):

Materiales y Equipos

- Tijeras

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Observar las diferentes características del bioplástico.
- Repetir las pruebas tres veces.

Anexo T Determinación de las propiedades químicas del polímero biodegradable

Degradación con ensayo en suelo

Según (Râpă et al., 2014, p. 34-42):

Materiales y Equipos

- Cajas Petri
- Láminas de plástico convencional
- Tijeras

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm
- Colocar en cajas Petri el bioplástico con suelo común.
- Rotular las cajas Petri.
- Observar la degradación del bioplástico.
- Repetir las pruebas tres veces.

Degradación hidrolítica

Según (Hernández, 2013):

Materiales y Equipos

- Cajas Petri
- Tijeras
- Láminas de plástico convencional

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Colocar en cajas Petri el bioplástico con agua común.
- Observar los cambios del bioplástico en el transcurso del tiempo.
- Repetir las pruebas tres veces.

Degradación térmica

Según (Gonz, 2018, p. 35-44):

Materiales y Equipos

- Estufa de aire caliente modelo digital #YCO-N01(53L)
- Tijeras

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Colocar las muestras en diferentes rangos de temperatura en la estufa de aire caliente modelo digital #YCO-N01(53L): 60 °C, 80°C, 100°C y 120°C cada variación dejar por un tiempo de 2 horas.
- Registrar los cambios en la estructura de las muestras.
- Repetir las pruebas tres veces.

Anexo U Determinación de las propiedades funcionales del polímero biodegradable

Determinación de solubilidad en agua

Según (Moreno, 2015):

Materiales y Equipos

- Balanza analítica modelo PS 4500.R2
- Estufa marca #YCO-01(53L)
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Papel filtro
- Embudo Buchner
- Bomba de vacío

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Pesar los trozos del bioplástico con la balanza analítica modelo PS 4500.R2
- Colocar el bioplástico a 22°C durante 24 horas en un vaso de precipitación con agua destilada.
- Filtrar la solución con una bomba al vacío.
- Desechar la solución durante 24 horas a una temperatura de 105 °C con la ayuda de una estufa #YCO-01(53L)
- Repetir las pruebas tres veces.

Cálculos

$$[(W_o - W_f) / W_0] \times 100$$

Dónde:

- W_o = peso inicial del bioplástico expresada como materia.
- W_f = peso del residuo desecado sin disolver el bioplástico.

Determinación de absorción de agua

Según (Gonz, 2018, p. 35-44):

Materiales y Equipos

- Balanza analítica modelo PS 4500.R2.
- Tijeras
- Cajas Petri

Procedimiento

- Pesar las cajas Petri.
- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm.
- Pesar al bioplástico con una balanza analítica modelo PS 4500.R2.
- Colocar en cajas Petri el bioplástico con agua común
- Medir las dimensiones del bioplástico en el transcurso del tiempo.
- Repetir las pruebas tres veces.

Determinación de temperatura de gelatinización

Según (Gonz, 2018, p. 35-44):

Materiales y Equipos

- Estufa modelo Digital #YCO-N01(53L)
- Tijera

Procedimiento

- Cortar al bioplástico en trozos de 1cm x 1cm
- Colocar las muestras en una estufa modelo Digital #YCO-N01(53L) durante 4 horas a 150 °C
- Registrar los cambios en la estructura de las películas.
- Repetir las pruebas tres veces.
-

Anexo V Análisis de varianza para la evaluación de las propiedades del polímero biodegradable.

Evaluación de las propiedades mecánicas del polímero biodegradable

Análisis de varianza para densidad del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	0,01	1	0,01	26,28	0,0069	**
Error	2,1E-03	4	5,3E-04			
Total	0,02	5				
C.V	7,83					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para para densidad del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	0,25	A
Ganga	0,34	B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para dureza del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	2,67	1	2,67	4,00	0,1161	ns
Error	2,67	4	0,67			
Total	5,33	5				
C.V	7,65					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para dureza del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo
Ganga	11,33	A
Brenda	10,00	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para elasticidad del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	3,3E-03	1	3,3E-03	0,03	0,8729	ns
Error	0,45	4	0,11			
Total	0,45	5				
C.V	15,71					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para elasticidad del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	2,16	A
Ganga	2,11	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Evaluación de las propiedades físicas del polímero biodegradable

Análisis de varianza para espesor del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	59,52	1	59,52	0,05	0,8418	ns
Error	5248,69	4	1312,17			
Total	5308,21	5				
C.V	6,48					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para espesor del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	562,44	A
Ganga	556,14	A

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Evaluación de las propiedades funcionales del polímero biodegradable

Análisis de varianza para solubilidad en agua del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	98,25	1	98,25	258,06	0,0001	**
Error	1,52	4	0,38			
Total	99,78	5				
C.V	0,76					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para solubilidad en agua del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo
Brenda	85,02	A
Ganga	76,92	B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para absorción en agua del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	0,02	1	0,02	19,16	0,0119	*
Error	0,01	4	1,3E-03			
Total	0,03	5				
C.V	5,20					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para absorción en agua del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo	
Brenda	0,75	A	
Ganga	0,62		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Análisis de varianza para temperatura de gelatinización del polímero biodegradable

Fuente de Variación (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fisher calculado (F)	Valor de Probabilidad (p-valor)	Significancia
Método	1823,53	1	1823,53	6216,57	<0,0001	**
Error	1,17	4	0,29			
Total	1824,70	5				
C.V	0,40					

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019

Prueba de DMS al 5% para temperatura de gelatinización del polímero biodegradable

Métodos	Medias	Grupo	
Brenda	154,53	A	
Ganga	119,67		B

Realizado por: Heredia Daniel; Pulgar Lesslie, 2019