

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

UNAN-Managua

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Química

Monografía para Optar al

Título de Licenciada en Química Industrial



TÍTULO: Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua, Mayo –Abril 2016

AUTORA:

Bra. Abigail de los Ángeles Rosales

TUTOR:

MSc: José Luis Suazo

Managua, Junio 2016

ÍNDICE

Dedicatoria	I
Agradecimientos.....	II
Opinión del tutor.....	III
Resumen	IV

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Justificación.....	4
1.5 Antecedentes.....	5

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Polímeros.....	7
2.1.1 Historia de los polímeros.....	7
2.1.2 Definición de polímeros.....	8
2.1.3 Polimerización.....	9
2.1.4 Tipos de polimerización.....	9
2.1.4.1 Polimerización por condensación.....	9
2.1.4.2 Polimerizaciones por adición.....	9
2.1.5 Clasificación de los polímeros.....	10
2.1.6 Polímeros sintéticos y naturales.....	12
2.1.6.1 Polímeros sintéticos.....	12
2.1.6.2 Polímeros naturales.....	12

2.1.7 Polisacáridos.....	13
2.1.8 Degradación de los biopolímeros plásticos.....	14
2.2 Almidón.....	15
2.2.1 Fuentes y destinos principales del almidón.....	16
2.3 Malanga.....	17
2.3.1 Taxonomía.....	18
2.3.2 Origen.....	18
2.3.3 Variedades.....	18
2.3.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	19
2.3.5 Principales usos de la malanga.....	20
2.3.6 Malanga en Nicaragua.....	21
2.4. Modificaciones del almidón.....	22
2.4.1 Proceso de gelatinización.....	22
2.4.2 Proceso de retrodegradación.....	23
2.4.3 Proceso de desestructuración.....	23
2.5. Componentes para la elaboración de biopolímeros.....	24
2.5.1 Plastificantes.....	24
2.5.2 Modificadores químicos.....	25
CAPITULO III HIPÓTESIS	
3.1 Hipótesis.....	26
CAPITULO IV DISEÑO METODOLÓGICO	
4.1 Descripción del ámbito de estudio.....	27
4.2 Tipo de estudio.....	27
4.3 Población y muestra.....	27
4.3.1 Población.....	27

4.3.2 Muestra.....	27
4.3.2.1 Criterios de selección de la muestra.....	28
4.4 Variables y Operacionalización de variables.....	28
4.4.1 Variables independientes.....	28
4.4.2 Variables dependientes.....	28
4.4.3 Operacionalización de variables.....	29
4.5. Material y método.....	30
4.5.1 Materiales para recolectar información.....	30
4.5.2 Materiales para procesar la información.....	30
4.5.3 Materiales y equipos.....	30
4.5.4 Procedimiento.....	31
4.5.4.1 Obtención de Almidón de Malanga.....	31
4.5.4.2 Obtención del biopolímero en escala de laboratorio.....	32
4.5.4.3 Determinación del % de humedad del biopolímero.....	33
5.5.4.4 Determinación de dureza.....	33
5.5.4.5 Determinación de densidad del biopolímero plástico.....	34
5.5.4.6 Tiempo tardado del biopolímero plástico en degradarse.....	35
CAPITULO V ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO	
5.1 Resultados.....	36
5.1.1 Rendimiento del almidón.....	36
5.1.2. Determinación del % de humedad del biopolímero.....	36
5.1.3 Determinación de densidad del biopolímero.....	37
5.2 Análisis y discusión de resultados.....	38
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES	39

CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA	

ANEXOS

INDICE: figuras, ilustraciones, tablas, esquemas y diagramas.....	pag
Tabla 1 Clasificación de termoplásticos y termoestables.....	11
Tabla 2 Clasificación de los polímeros naturales según su origen.....	12
Tabla 4 Exportaciones de malanga 2013-2014.....	21
Ilustración 1 Estructura química de la amilosa.....	15
Ilustración 2 Estructura química de la amilopectina.....	15
Esquema 1 Clasificación de los polímeros por su origen.....	11

ABREVIATURAS

PET: politereftalato de etileno

PVC: policloruro de vinilo

PP: polipropileno

PE: polietileno

CETREX: Centro de tramites de exportación

MIFIC: Ministerio de fomento industria y comercio

FAO: food and Agricultural Organization (Organización para la Alimentación y la Agricultura)

FOASTAC: Food and Agricultural Organization Statistical (Estadística de la Organización para la Alimentación y la Agricultura).

HS: Hardness Shore

MAGFOR: Ministerio agropecuario y forestal

DGA: Dirección General de Aduanas

Tg: transición vítrea

msnm: Milímetros sobre el nivel del mar

pH: Potencial de concentración de iones hidrógenos $[H]^+$

Rizomatosas: Se denominan así las plantas que poseen rizomas. Los rizomas son tallos subterráneos desprovistos de hojas, pero pueden poseer catafilos en forma de membranas escamosas.

Punto de fusión: es la temperatura a la cual se encuentra el equilibrio de fases sólido - líquido, es decir la materia pasa de estado sólido a estado líquido, se funde.

Cormelos: es un tallo engrosado subterráneo, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas. Está recubierto por capas de hojas secas, a modo de túnicas superpuestas.

Termoplásticos: es un plástico que, a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente.

DEDICATORIA

Al llegar este momento, quiero dedicar este trabajo a mi "padre celestial" por su gran misericordia para conmigo, nada hubiera podido lograr si no fuera por su ayuda, gracias por que en los momentos de dificultad fueron sus manos quienes me sostuvieron y no permitieron que desistiera, por ser mi fuerza en momentos de debilidad, ser mi luz en medio de tinieblas, mi sabiduría en tiempos de incertidumbre, paz en medio de las tormentas y mi gozo ante la tristeza.

Dr. Abigail de los Angeles Rosales

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios, por haberme guardado y fortalecido a lo largo de la carrera, gracias a Dios porque tocó muchos corazones para que me apoyaran a lo largo de estos años.

A mi familia por haber inculcado valores morales, Espirituales y enseñarme a no claudicar. Gracias a mi padre por apoyarme, a mis hermanas(o) que con muchos esfuerzos siempre han estado ahí para ayudarme. Con mucho cariño a mis abuelas que han sido un motor en mi vida para seguir adelante, a mis tíos(a).

A mis amigas y compañeras de clase que fueron como hermanas en todos estos años. Siempre estuvieron ahí animándome y apoyándome en especial a la Lic. Scarleth Castro y Lic. Mary luz Beltrán.

Agradezco de corazón a todos mis hermanos y hermanas de la iglesia que siempre estuvieron orando a Dios por mí.

A mis maestros(a) por su tiempo, apoyo, así como la sabiduría y excelentes valores que transmitieron en mi formación académica, de manera especial al MSc. José Luis Suazo y MSc. María Nathalia Gutiérrez por apoyarme en esta investigación.

La lista de gente a la que quiero dar las gracias se hizo demasiado larga –ya sabéis quiénes sois-. Eterna gratitud a todos...

Br. Abigail Rosales

AUTORÍA

Las opiniones e ideas vertidas en el presente trabajo: Obtención de un biopolímero plástico a partir de almidón de malanga (colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de UNAN-MANAGUA, Mayo –Abril 2016, son de absoluta responsabilidad de la autora.

ABIGAIL DE LOS ÁNGELES ROSALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO "RUBÉN DARÍO"
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



19 de abril de 2016

Opinión del tutor

Por este medio hago constar que la Bachillera Abigail de los Ángeles Rosales, número de carnet 09044209 ha elaborado el trabajo "Obtención de un biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 UNAN-Managua, mayo-Abril 2016".

Este trabajo, en alto porcentaje empírico, es inicio de investigaciones futuras que tiendan a lograr total aproximación a las características de los plásticos convencionales.

También se puede explorar a partir de aquí, futuras combinaciones con otros tubérculos y diversificación del uso del almidón obtenido de la malanga.

Por tanto soy del parecer que se proceda a la defensa del trabajo para llegar a su mejora y culminación.

MSc. José Luís Suazo
Docente Depto. de Química
Tutor

RESUMEN

El incremento acelerado de generación de residuos plásticos derivados del petróleo, el aumento en el precio de este recurso no renovable y la contaminación que representan estos plásticos al medio ambiente, demandan nuevas alternativas, en sustituir tales polímeros por bioplásticos.

Esta investigación consistió en obtener un biopolímero plástico, con características similares a las de los plásticos convencionales. Para ello se decidió elegir la malanga como fuente del almidón, ya que el almidón, es uno de los biopolímeros naturales más baratos y abundantes debido a su fácil obtención a partir de diversas fuentes vegetales.

La malanga se acopió de una finca ubicada en la comunidad de Santa Fe, donde se cosecha en abundancia. El proceso de obtención del almidón es muy sencillo, y la calidad del mismo es muy buena. Como reactivos se utilizó ácido acético 0.1 M, Hidróxido de Sodio 0.1 M, glicerina y agua.

Al biopolímero obtenido se le realizaron análisis de dureza, humedad, densidad, flexibilidad y biodegradabilidad.

CAPÍTULO I:

ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

La escasez y encarecimiento del petróleo, junto con un aumento de las regulaciones medioambientales, actúan de forma sinérgica para promover el desarrollo de nuevos materiales y productos más compatibles con el medioambiente e independientes de los combustibles fósiles. En este contexto, los biopolímeros se ajustan perfectamente a las nuevas necesidades e inquietudes industriales y sociales.

La obtención de productos químicos y nuevos materiales a partir de fuentes renovables no es una idea nueva. Sin embargo, el reto está en desarrollar la tecnología necesaria, para adaptar los productos a procesos y aplicaciones reales, que sean más competitivas y que generen una verdadera revolución y se transformen una realidad en el mercado.

Los bioplásticos constituyen en la actualidad un campo de interés creciente en sectores industriales ya que todos los polímeros naturales basados en carbono, como el almidón, celulosa, lignina, son muy abundantes y renovables, además los monómeros en los que están basados son biodegradables.

Es por ello que se llevó a cabo la realización de un biopolímero plástico a partir de almidón de tubérculos altamente abundantes como es la malanga. A este polímero plástico se le realizaron análisis físicos como humedad, densidad y dureza y flexibilidad, además se determinó el tiempo de degradación a la intemperie.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Obtener un biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua, Mayo – Abril 2016.

1.2.2. Objetivos Específicos

1- Acopiar parte de la producción de malanga de una finca ubicada en la comunidad de Santa Fé de la ciudad de Boaco para elaborar el biopolímero plástico.

2- Efectuar el proceso de elaboración del biopolímero mediante el método de polimerización por condensación, a escala de laboratorio.

3-Determinar parámetros de calidad del biopolímero tales como: dureza, densidad, flexibilidad y humedad, mediante análisis físicos y tiempo de degradación a la intemperie.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los plásticos son materiales formados por moléculas muy grandes de átomos de carbono e hidrógeno (polímeros). El 99 por ciento de la totalidad de plásticos se produce a partir de combustibles fósiles, lo que provoca una presión excesiva sobre las limitadas fuentes de energía no renovable.

En la actualidad es difícil prescindir de los plásticos, no sólo por su utilidad sino también por la importancia económica que tienen. Esto se refleja en los índices de crecimiento de esta industria que, desde principios del siglo pasado, supera a casi todas las actividades industriales.

En Nicaragua y en especial Managua, la basura se ve por todas partes ,en los cauces, lotes baldíos, las aceras, carreteras y en los parques, esta basura en su gran mayoría es plástico, aparte de causar un problema de salud y estética, estos plásticos originan un alto grado de contaminación ambiental debido al tiempo que tardan en degradarse.

Todos los problemas antes mencionados conllevan, a la búsqueda de alternativas de solución. Mediante esta investigación, se pretende obtener un biopolímero con características similares a los plásticos comerciales, pero con la ventaja de ser biodegradable. Este biopolímero se va a crear a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) tubérculo altamente producido en el país y de un bajo costo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la investigación sobre polímeros biodegradables de origen natural ha sido un campo muy activo debido a los problemas derivados del elevado impacto que los plásticos procedentes del petróleo presentan sobre el medio ambiente. Como resultado de estas investigaciones han surgido multitud de variantes y alternativas naturales que pueden constituir una vía factible para reemplazar a los plásticos de uso habitual.

Uno de estos biopolímeros naturales muy estudiado, es el almidón, ya que es muy abundante y su obtención es barata. Su uso puede desempeñar un papel decisivo en la sustitución de los plásticos sintéticos, permitiendo así disminuir el problema de acumulación de desechos plásticos y reduciendo la dependencia sobre el uso excesivo del petróleo.

Elaborar un biopolímero plástico a partir de almidón de malanga es una buena alternativa para la industria del plástico nicaragüense, ya que en el país no se produce este tipo de biopolímero plásticos, además mejorará la calidad de sus productos porque optaría por fuentes renovables de materia prima lo cual la haría más competitiva.

Es importante señalar, que el realizar esta investigación vendrá a beneficiar a los productores de malanga ya que se le daría un valor agregado al producto evitando, pérdidas post cosechas debido a que este producto es perecedero y cuando no llenan las expectativas de los compradores estas se pierden por la poca demanda del mercado nacional.

1.5. ANTECEDENTES

- **María José Valarezo Ulloa, 2012, 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.

- **Edmundo Arroyo / Hugo Alarcón 2013, 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 espectroscopía de absorción atómica, concluyendo que los tres biopolímeros tienen las mismas funciones químicas a nivel molecular, la caracterización por absorción atómica mostró que las películas de biopolímero obtenidas son inocuas, evitando futuros impactos ambientales por metales pesados.

- **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.

Actualmente, en Nicaragua no existen registros acerca de estudios realizados sobre la elaboración de biopolímeros plásticos a partir de almidón de malanga, así que esta será la primera investigación que se realizará sobre el tema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 POLÍMEROS

2. 1.1 Historia de los polímeros

Debido a que hoy en día gran parte de los científicos e investigadores se encuentran involucrados en la ciencia o tecnología de los polímeros, se ha nombrado a este tiempo la era de los polímeros. Aunque en realidad siempre se ha vivido rodeado de ellos. Incluso en las denominadas Edad de Piedra, Edad de Bronce o Edad de Hierro, los polímeros estaban presentes en mayor medida que los materiales que dieron nombre a dichas épocas, puesto que estos forman la base de la vida animal y vegetal.

En la antigua Grecia se clasificaba todo material como animal, vegetal y mineral, los alquimistas dieron mucha importancia a los minerales, mientras que los artesanos medievales se los daban a los materiales vegetales y animales, los cuales todos son en su mayoría polímeros y son importantes para la vida tal y como la conocemos (*Seymour et al, 2002*).

Las primeras civilizaciones, como la de los aztecas utilizaban caucho (*Hevea Basilienses*) para fabricar artículos elásticos o impermeabilizar tejidos. Los hombres primitivos emplearon técnicas rudimentarias de plásticos para curtir las proteínas de las pieles animales para hacer cuero y para moldear caparazones de tortuga mediante calor.

Por otro lado un hecho que cabe destacar dentro de la historia de los polímeros, es la elaboración del primer polímero sintético a manos de Baekeland, quien tenía conocimientos acerca de la existencia de macromoléculas y entendía el concepto de funcionalidad, por lo que, utilizando cantidades controladas de fenol y formaldehído, produjo resinas termoplásticas que podían ser convertidas en plásticos termoestables a los que llamó Baquelita.

Antes de la Primera Guerra Mundial, se encontraban ya a disposición del público plástico como celuloide, laca, Galalih (caseína), baquelita, acetato de celulosa, fibras como algodón, lana, seda y rayón; y resinas como los recubrimientos de poliéster. A partir de la década de 1940, la tecnología de polímeros se ha desarrollado extremadamente rápido, elaborándose abundante teoría, actualmente es una ciencia aplicada y no empírica.

2.1.2 Definición de polímeros.

La palabra polímero proviene del griego *Polys* y *Meros*, que significa muchos y partes respectivamente; y estos se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas que se repiten a lo largo de toda una cadena. (*Fred W. 1975*).

La mayoría de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros; también son muchos materiales sintéticos como plásticos, las fibras, los adhesivos, el vidrio y la porcelana. A pesar de la gran variedad de polímeros existentes, todos tienen una estructura interna similar y se rigen por las mismas teorías (*Sperling, 2006*).

2.1.3 Polimerización

En química orgánica, la reacción por la cual se sintetiza un polímero a partir de sus monómeros se denomina polimerización. Según el mecanismo por el cual se produce la reacción de polimerización para dar lugar al polímero, esta se clasifica como polimerización por pasos o como polimerización en cadena.

El tamaño de la cadena depende de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y, por tanto, una masa molecular distinta, de ahí que se la llama masa promedio del polímero.

2.1.4. Tipos de polimerización

2.1.4.1 Polimerización por condensación.

En cada unión de dos monómeros se pierde una molécula pequeña. Debido a esto, la masa molecular del polímero no es necesariamente un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

2.1.4.2. Polimerización por adición.

En este tipo de polimerización la masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

Esta polimerización se genera cuando un catalizador, inicia la reacción. Este catalizador separa la unión doble carbono en los monómeros, luego aquellos monómeros se unen con otros debido a los electrones libres, y así se van uniendo uno tras uno hasta que la reacción termina.

Suelen seguir un mecanismo en tres fases, con ruptura homolítica:

Iniciación: $\text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{catalizador} \Rightarrow \bullet\text{CH}_2-\text{CHCl}\bullet$

Propagación o crecimiento: $2 \bullet\text{CH}_2-\text{CHCl}\bullet \Rightarrow -(\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl})-$

Terminación: Los radicales libres de los extremos se unen a impurezas o bien se unen dos cadenas con un terminal neutralizado.

2.1.5 Clasificación de polímeros

Los polímeros se clasifican según su estructura, composición, origen y tipo de polimerización, sin que estas clasificaciones sean excluyentes entre sí. Existen diferentes términos utilizados en la industria de polímeros que corresponden a los

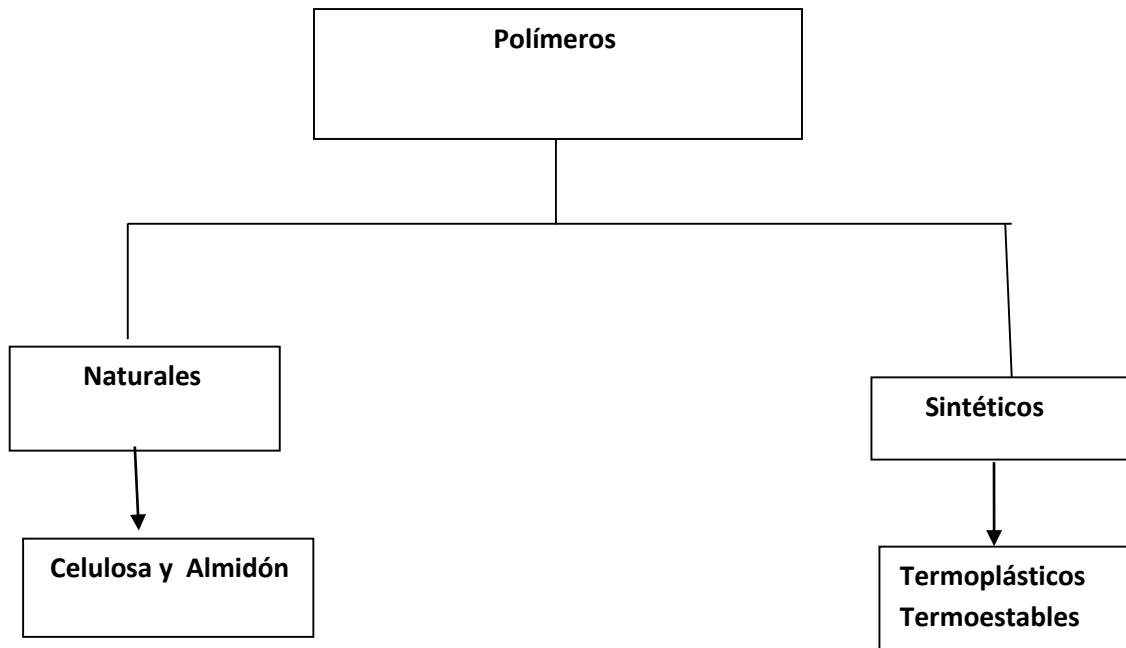
diferentes modos de clasificación. Es común escuchar el nombre como plásticos, resinas, elastómeros y hules.

El primero se aplica a materiales comerciales que contienen aditivos que mejoran la procesabilidad y las propiedades (PE, PVC, ES, etc.), excepto fibras que tienen cierta característica de rigidez a temperatura ambiente.

El segundo se utiliza para designar cualquier material polimérico puro, esto es, sin aditivos o cargas, los dos restantes se aplican a materiales que tienen flexibilidad y elasticidad a temperatura ambiente.

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 en relación a su uso, propiedades y características físico-químicas.

Esquema1. Clasificación de los polímeros por su origen



Fuente: autora

Tabla 1. Clasificación de los termoplásticos y termoestables

Polímeros sintéticos	
Termoplásticos	Polietileno, Teflón, Poliestireno, Polipropileno, Poliéster, Poliuretano, Polimetilmetacrilato, policloruro de vinilo, Nylon, Rayón, Celulosa, Silicona, Fibra de vidrio, etc.
Termoestables	Cauchovulcanizado, Baquelita, Kevlar, Poliepóxido.

Fuente: Seymour,2002.

2.1.6 Polímeros naturales y sintéticos

2.1.6.1 Polímeros sintéticos

Durante la Segunda Guerra Mundial, Japón cortó el suministro de caucho natural proveniente de Malasia e Indonesia a los aliados. La búsqueda de un sustituto dio como origen el caucho sintético, y con ello surgió la industria de los polímeros sintéticos y plásticos. (*Leidenger 1997*).

Los procesos de polimerización; pueden ser por adición o por condensación obteniendo polímeros de cadena lineal o una macromolécula tridimensional. Además la industria de plásticos utiliza varios métodos de polimerización, tales como: polimerización en masa, en solución, en emulsión y en suspensión.

2.1.6.2. Polímeros naturales

Una de las áreas de la ciencia de los polímeros más importante es la de los polímeros naturales. Una de las razones es que los polímeros son renovables, ya que la naturaleza puede seguir sintetizándolos a medida que se extraen, y sobre todo se debe a la creciente necesidad de conservar y regular recursos químicos.

Los biopolímeros son aquellos producidos por los seres vivos. Existe una infinidad de polímeros naturales entre los cuales se puede destacar tres grandes grupos: Proteínas, Polisacáridos y Ácidos Nucleicos. (*Seymour et al, 2002*)

Tabla 2. Clasificación de los polímeros naturales según su origen

Polímeros naturales		
Proteínas	Estructurales	Colágeno, Queratina, Elastina.
	Funcionales	Enzimas, Hormonas
Polisacáridos	Estructurales	Celulosa, Quitina
Ácidos nucleicos	ADN y ARN	

Fuente: Montaldo, 1991.

2.1.7 Polisacáridos

Los polisacáridos son polímeros cuyos constituyentes son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Se encuentran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales.

Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura. Entre los disacáridos más familiares se encuentra la sacarosa, lactosa, y maltosa, (Koolman, et al, 2004).

Los polisacáridos más importantes son: la celulosa y el almidón. La celulosa se forma por la unión de moléculas de β -glucopiranososa mediante enlaces β -1,4-O-glucosídico, es una larga cadena polimérica de peso molecular variable, con fórmula empírica, con un valor $(C_6H_{10}O_5)_n$, con un valor mínimo de $n= 200$. Es la biomolécula más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre.

2.1.8 Degradación de los biopolímeros plásticos

La biodegradación hace referencia a la transformación y deterioro que se produce en el polímero plástico debido a la acción de enzimas y/o microorganismos como bacterias, hongos y algas; esta es la principal ventaja que permite que los biopolímeros puedan competir con otros materiales como el vidrio y los metales.

Para que los materiales poliméricos sean considerados biodegradables, es indispensable que contengan en la cadena principal grupos que se puedan romper con facilidad por la acción de agentes externos de la naturaleza física o química. La biodegradación puede ser parcial o total.

La biodegradación parcial consiste en la alteración en la estructura química del material y la pérdida de propiedades específicas. Por contra, en la biodegradación total el material es degradado totalmente por la acción de microorganismos con la producción de CO₂ (bajo condiciones aeróbicas) y metano (bajo condiciones anaeróbicas), agua, sales minerales y biomasa.

Un cambio físico de biopolímero puede consistir en la decoloración, pérdida del brillo superficial, formación de grietas, superficie pegajosa, erosión superficial y pérdida de propiedades como la resistencia a la tracción y el alargamiento. Y los cambios químicos consisten en la rotura de cadenas, cambios en los sustituyentes laterales, aparición de reacciones de entrecruzamiento, etc.

2.2. Almidón

El almidón es un componente con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables.

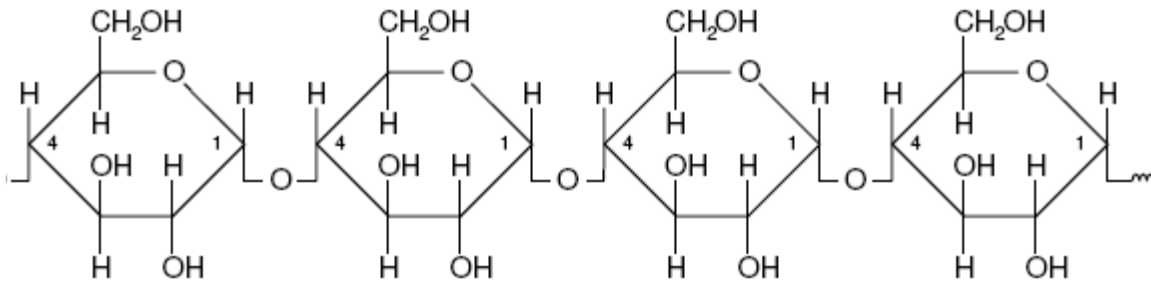
Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que con una producción mundial de 48,5 millones de ton/año (**Faostat, 2001**), existe una demanda insatisfecha del mismo.

Estructuralmente, el almidón consiste en dos polisacáridos químicamente distinguibles: Amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes.

Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una

estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo.

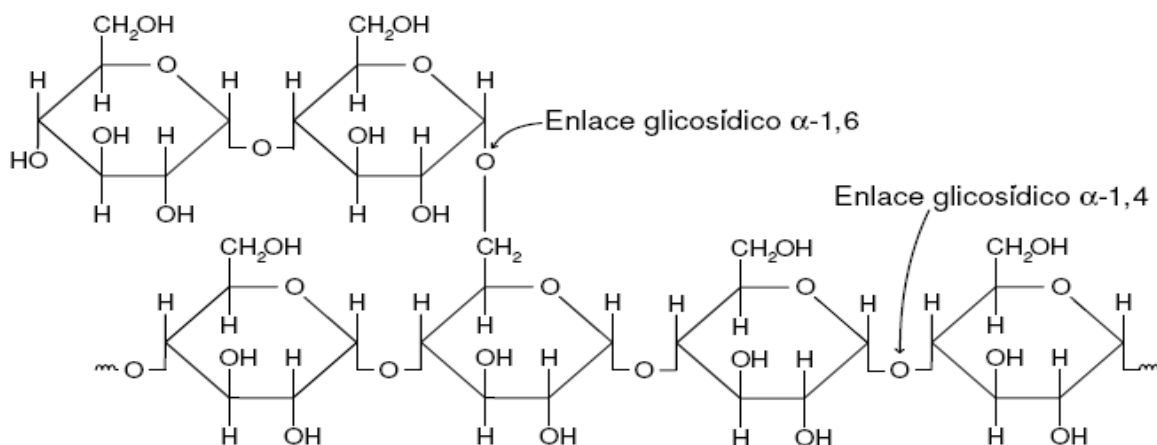
Ilustración 1. Estructura química de la amilosa



Fuente: Montaldo, 1991

Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta.

Ilustración 2. Estructura química de la amilopectina.



Fuente: Montaldo, 1991

2.2.1 Fuentes y Destinos principales del almidón.

El consumo de almidón se destina aproximadamente un 25 por ciento al sector de alimentos y un 75 por ciento al sector industrial, de donde cerca del 80 por ciento se destina a la fabricación de papel y cartón, seguido de textiles, adhesivos y otras industrias.

Se les llama fuentes convencionales de almidón a los cultivos de los que comúnmente se obtiene dicho producto; los más importantes podemos encontrar maíz, trigo, arroz, papa y yuca; pero tienen la desventaja de ser utilizadas directamente como alimentos, por lo que su precio de venta es mayor y su disponibilidad está en riesgo.

Actualmente ya se comercializa internacionalmente almidones provenientes de estas raíces y tubérculos. Pero en este estudio la fuente elegida para extraer el almidón es la malanga (*Colocasia esculenta*). A continuación se abordaran los aspectos generales de dicho tubérculo.

2.3. Malanga

La malanga (*Colocasia esculenta*), es un tubérculo alimenticio de clima tropical y subtropical, se cultiva en suelos con altos contenidos de humedad, pero puede soportar períodos de sequía. Pertenece a la familia de las araceae, teniendo dos géneros por motivos geográficos: Amarilla o lila, género *Colocasia*, originario de Asia, y Blanca, género *Xanthosoma*, origen es americano (Antillas).

Esta planta generalmente no produce semillas, y presentan gran cantidad de tubos lactíferos que contienen un líquido blanco o amarillento, rico en taninos. Todas las partes de la planta son comestibles, pero como todas las aráceas, contienen oxalato de calcio lo cual limita el consumo de algunas variedades (Montaldo, 1991).

La malanga es una planta herbácea suculenta que alcanza una altura, de 1-2 m. sin tallo aéreo. Produce un cormo central comestible, esférico, elipsoidal o cónico, estos cormos están cubiertos por escamas fibrosas o pueden ser lisos; el color de la pulpa por lo general blanco, pero también pueden presentarse clones coloreados hasta llegar al morado. La malanga también es llamada como Taro, Dashen, Kalo entre otros, en Nicaragua malanga.

Recientemente este tubérculo ha adquirido gran importancia, donde se considera una materia prima de gran potencial. Su valor radica en su alto contenido de almidón (30-85% base seca), proteínas (1.4-7 %) además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8 %), vitamina A, C, calcio y fósforo (Rodríguez y col, 2011).

2.3.1. Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Alismatales
Familia: Araceae
Tribu: Colocasieae
Género: Colocasia

2.3.2. Origen

Es un cultivo muy antiguo y expandido en el viejo mundo, cuya domesticación pudo hacerse en India y China, en donde aún se encuentran poblaciones silvestres; su cultivo se extendió hacia el este hasta los confines de polinesia: Hawaii, Pascua, Nueva Zelanda y en otra dirección hasta Filipinas y Japón.

Hacia el oeste llegó a Egipto un siglo antes de la era cristiana, a través de Siria, y se expandió por el mediterráneo hasta España. Siendo en Chipre un cultivo de cierta importancia. A la costa Oriental de África fue introducida siglos más tarde por los navegantes malayos. Su introducción en América ocurrió poco después del descubrimiento del nuevo continente (León, 1987).

2.3.3. Variedades

Las malangas o Taros se clasifican en dos géneros diferentes:

a) *Colocasia esculenta* (L.) schott o colocasia antiquorum.

Este género es de la India y del Japón; llamado “taro de china”, “ñampi” malanga. Se caracteriza porque su tallo se inserta en el tercio inferior del borde. La parte comestible está constituida por la base del tallo o cormo.

b) *Xanthosomas agittaeifolium*, *X. violaceum*, *X. brasiliense*, *X. atrovirens*.

Originarios de América; llamados “quequisque”, tiquisque, yautía, o col Caribe. El tallo está ubicado al borde de la lámina central. La parte comestible está constituida por los tubérculos que nacen alrededor del cormo. Estos dos géneros presentan caracteres comparables en su morfología y ecología. Son plantas rizomatosas con cormos eventualmente ricos en oxalato de calcio.

Existen dos tipos de cormos: la cepa principal (mammy para los norteamericanos) que pesa entre 250 gramos y cuatro kilogramos, y los cormos laterales pequeños, cuyo peso varía de 25 a 250 gramos, Existen diversas variedades según el tamaño o el color de los cormos.

2.3.4 Requerimientos edafoclimáticos

La malanga es una planta tropical, por lo cual para su desarrollo óptimo requiere las siguientes condiciones.

- Altitud. Crece desde el nivel del mar hasta 1500 msnm.
- Agua. Precipitación media anual 1800-2500 mm.
- Temperatura. La temperatura óptima oscila entre 25-30 °C.
- Luz. El desarrollo óptimo se alcanza con periodos de 11 a 12 horas luz, la luz influye sobre algunos aspectos morfológicos como el número de hojas y cormos, así como la altura de la planta.
- Suelo, las plantas se adaptan más a aquéllos profundos, fértiles, con suficiente materia orgánica y bien drenada. Deben evitarse los suelos con alto contenido de arcilla o arena.
- pH. Óptimo debe oscilar entre 5.5-6.5.

2.3.5. Principales usos de la malanga

a) Alimentación humana.

Con el cormelo de malanga se prepara: pasta seca o fermentada, harinas, pastas, (spaghettis), polvo para bebidas, hojuelas. Las hojas nuevas y los peciolos de taro son preparados junto a carnes y pescados.

b) Alimentación animal.

La malanga es un alimento satisfactorio para los animales. En algunos lugares los tallos, hojas y cormos son hervidos y se proporcionan como alimento a los cerdos, también la harina de malanga se ha usado para alimento de ovinos.

c) Uso industrial.

La malanga también puede ser utilizada en la elaboración de un relleno modificador para bioplástico y en la elaboración de etanol.

2.3.6. Malanga en Nicaragua

En Nicaragua es común encontrar malangas en suelos fangosos, años atrás se cultivaba extensivamente y formaba parte de la pequeña finca diversificada para autoconsumo, distribución local y sistema de producción agroforestal.

Se reconocen dos tipos de producción de malanga: una cultivada en suelos fangosos, generalmente en tiempos de lluvias, donde se siembra y prácticamente no se realizaban labores de aporque, control de maleza, fertilización, riego, y prácticamente solo se regresa al momento de la cosecha.

El otro sistema es la siembra de seco, realizado en surcos y canteros, requiere de tierras no anegables pero una precipitación cercana a los 2000 mm anuales, puesto que es un cultivo que demanda bastante agua y de labores agrícolas durante toda la etapa de desarrollo.

En Nicaragua según (CETREX 2009) la exportación de malanga tuvo un gran auge y empezó a ganar mercado desde el 2000, en 2004 generó divisas alrededor de 2.4 millones de dólares y para el 2007 genero 7.5 millones de dólares.

La malanga es cultivada por pequeños y medianos productores, y se cultivan en la Región Autónoma del Atlántico Sur, (Nueva Guinea, El Rama, San Carlos) Centro Norte (Waslala, Río Blanco y Boaco).

Boaco es una zona que ofrece las condiciones óptimas para el desarrollo de este cultivo, con alturas de 360 a 1020 msnm, y temperaturas que oscilan entre 27 y 30 °C en época de verano y temperaturas mínimas de 18°C, razón por la cual este departamento ha venido incrementando la producción de malanga en estos últimos años.

Tabla 4. Exportaciones de Malanga 2013-2014

País destino	2013		2014	
	Volumen(kg)	Valor(\$)	Volumen(kg)	Valor(\$)
Costa Rica	27,600.00	2,1000.00		
Estados Unidos	2,244,417.26	954,515.50	1113,137.94	355,234.25
Holanda			6,878.00	2,534.00
Honduras	250,000.00		6,878.00	2,534.00
Italia	3,272.72	1,680.00	1,824.00	960.00
Puerto Rico	3,258,255.08	1,198,330.13	4,382,179.81	1657,084.11

Fuente: MIFIC con información de la D.G.A.

La malanga para exportación debe cumplir ciertos estándares, debe pesar al menos 2.5 libras. Se cosecha entre noviembre y febrero. El 80% de la producción de malanga es destinada a la exportación y solo un 20 % al mercado local.

2.4 Modificaciones del almidón

El almidón sin modificar está muy limitado debido a sus pobres propiedades, como son: el deterioro de las propiedades mecánicas por la humedad, la reducida procesabilidad debido a su alta viscosidad y la fragilidad de las piezas fabricadas. Es por eso que al almidón se le realizan modificaciones por varios métodos.

2.4.1 Proceso de gelatinización

Se define como la pérdida de la semicristalinidad de los gránulos de almidón en presencia de calor y elevadas cantidades de agua. La gelatinización ocurre en un rango estrecho de temperaturas que varía dependiendo de la fuente del almidón.

El desenrollado de las moléculas y la movilidad térmica de las mismas producidas por el hinchamiento, producen la disminución de la cristalinidad, rompiendo la estructura. El comportamiento de la mezcla va a depender de la concentración y el nivel de absorción de agua por parte del almidón.

Cuando ocurre la gelatinización, los gránulos hinchados del almidón ocupan los espacios vacíos. La viscosidad aumenta con la temperatura hasta la fragmentación de los gránulos, que se desintegran y se disuelven generando un decrecimiento en la viscosidad.

En alta concentración de almidón, cuando se pretende obtener un almidón termoplástico, el comportamiento es diferente. Mientras más rigidez haya, se da una mayor resistencia debido al choque entre los gránulos hinchados, lo que genera una alta viscosidad.

En estas condiciones, cuanto más calor se adiciona, el agua retenida desintegra la estructura ordenada de los gránulos, y la amilosa comienza a difundirse formando un gel que finalmente soporta los gránulos compuestos ante todo por amilopectina

2.4.2. Proceso de retrogradación de almidón

Posterior a la gelatinización, en el momento en que deja de introducirse calor y comienza la etapa de enfriamiento, la viscosidad crece de nuevo y hay un incremento espontáneo del orden de los puentes de hidrógeno y reorientación de las cadenas moleculares. Paralelamente se genera un decrecimiento de la solubilidad en el agua fría y un incremento de la turbiedad.

2.4.3 Proceso de desestructuración

Es la transformación de los granos de almidón semicristalino en una matriz homogénea de polímero amorfo acompañado de la ruptura de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de almidón. Y la despolimerización (rotura de las cadenas de polímeros) parcial de las moléculas de almidón.

Este proceso de desestructuración se incrementa con un aumento en la aportación de energía, que puede provenir de un aumento en el par de torsión o de la temperatura. Estas causas permiten una mayor ruptura de los enlaces de amilosa y amilopectina permitiendo de esta manera una mayor fusión con el plastificante agregado; los plastificantes tienen como función evitar el entrecruzamiento de las cadenas del almidón.

2.5 Componentes para la elaboración de biopolímeros

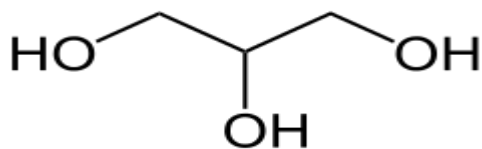
Para hacer posible la fabricación de un polímero a partir de almidón, es necesario aportar diferentes reactivos a la mezcla y garantizar ciertas condiciones que permitan su obtención. Los biopolímeros requieren componentes que aporten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia.

2.5.1 Plastificantes

Son pequeñas moléculas agregadas para suavizar un polímero por debajo de su transición vítrea para reducir su cristalinidad o punto de fusión. El agua se recomienda como mejor plastificante, aunque no debe encontrarse en proporciones altas con relación al almidón, ya que para extraerla de la mezcla, una vez ésta se encuentre lista, se necesita elevar la temperatura a la de ebullición del agua, esto puede degradar la estructura del almidón.

El glicerol es un alcohol con tres grupos hidroxilo; Estos grupos hidroxilos le permiten ser soluble en agua. Tiene un aspecto de líquido incoloro y viscoso. No es tóxico, lo que le permite ser un buen lubricante. Su fórmula es $C_3H_8O_3$.

Ilustración 3: estructura química de la glicerina



Fuente: Sperling,2006.

Junto con el agua destilada, el glicerol es el plastificante más comúnmente utilizado en los diferentes estudios que se han realizado sobre la fabricación de polímeros termoplásticos a partir del almidón. Las mezclas que contienen glicerol tienen un aspecto morfológico suave y uniforme.

Esta característica es un claro indicador de que el almidón ha plastificado. Este componente presenta una gran utilidad para retardar la retrogradación de los productos termoplastificados y su acción como lubricante facilita la movilidad de las cadenas poliméricas del almidón.

A su vez, este plastificante reduce significativamente la resistencia a la tracción si su contenido en peso en la mezcla está por encima del 15%. Para contenidos superiores al 25% en peso de glicerol, se aprecia un cierto grado de mejora en la capacidad elástica del material. Este agente plastificante que le brinda al producto final características elásticas, permitiendo su maleabilidad.

2.5.2 Modificadores químicos

La modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón, reacciones vía éter,

formación de ésteres, oxidación y la hidrólisis de los grupos hidroxilos, son algunas modificaciones químicas aplicables al almidón.

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 permitirá modificar la naturaleza hidrofílica y obtener cambios significativos en las propiedades mecánicas y térmicas.

El ácido acético es recomendado como modificador químico, ya que tiene la propiedad de disminuir el carácter hidrofílico de almidón, brindándole propiedades hidrofóbicas al material.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

A partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), glicerina, Hidróxido de Sodio, Ácido Acético y agua se obtiene un biopolímero plástico con características similares a los polímeros plásticos convencionales.

CAPÍTULO IV:

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Descripción del ámbito de estudio.

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio 110 del Departamento de Química de la UNAN – Managua. El laboratorio cuenta con espacio para aplicar con seguridad los métodos químicos, consta de una iluminación adecuada y se encuentra equipado de los siguientes materiales: mesas especiales de laboratorio, estantes, sillas, campana de gases, balanzas analíticas, extintores y la cristalería necesaria para realizar los ensayos de obtención del biopolímero plástico..

4.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio aplicado en esta investigación es experimental cuantitativo, ya que cumple con las características que lo definen. (Hernández, 1997)

Estudio exploratorio, es decir, el tema elegido es poco estudiado a nivel nacional y es muy novedoso desde el punto de vista medioambiental.

Descriptivo ya que se detalla cada una de las propiedades y características importantes de los fenómenos a estudiar.

Correlacional se muestra el grado de asociación que tienen las variables de este estudio y explicativo ya que se expone de manera clara y sencilla cada una de las etapas que se seguirá en el estudio.

4.3. Población y Muestra.

4.3.1. Población

Las malangas cultivadas en la finca Santa Fé, departamento de Boaco.

4.3.2. Muestra

La muestra seleccionada son muestras no probabilísticas y se tomaron 5 malangas de la producción de 1 manzana, las cuales pesaron 6 libras cada una.

4.3.2.1 Criterios de selección de muestra.

Criterios de inclusión:

- Malangas con buena apariencias física
- Malangas con un peso de seis libras

Criterios de exclusión:

- Malangas magulladas
- Malangas deterioradas por algún animal
- Malangas en estado de descomposición

4.4. Variables y Operacionalización

4.4.1. Variables independientes

Masa (almidón de malanga)	Volumen (glicerina)	Temperatura (del proceso)
----------------------------------	-----------------------------	----------------------------------

4.4.2. Variables dependientes.

Estas variables se midieron una vez elaborado el biopolímero, para conocer la calidad del mismo con respecto a los polímeros tradicionales.

Flexibilidad	Humedad	Dureza	Densidad
---------------------	----------------	---------------	-----------------

4.4.3. Operacionalización de las variables

Variables Dependientes	Conceptos	Indicadores	Valores
Humedad	Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior del biopolímero.	°C	19 %
Flexibilidad	Capacidad del biopolímero plástico de doblarse fácilmente sin que se rompa	mm	1-5
Dureza	Dureza es la oposición que presenta un material a ser rayado o penetrado por otro cuerpo sólido	Escala de 0-100 SH	11 SH (shore hardness) Scale
Densidad	Es la cantidad de masa (bioplástico) en un determinado volumen de una sustancia (agua)	kg/m³	0.93 g/m³
Variables Independientes	Conceptos	indicadores	Valores
Masa (masa malanga)	Es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo.	g	10
Volumen (glicerina)	Es la cantidad de espacio que ocupa un cuerpo. El volumen es la cantidad física derivada.	mL	10
Temperatura	Magnitud de temperatura sometida al almidón para que pueda absorber agua, sus gránulos puedan hincharse y aumentar su volumen.	°C	60-75 °C

4.5 Material y método

4.5.1 Materiales y técnicas para recolectar información

Fichas de recolección de datos, fuentes Bibliográficas: fuentes nacionales de información (MAGFOR, MIFIC, DGA) monografías, Internet, artículos científicos, revistas internacionales relacionadas al tema. También se realizaron entrevistas a productores de malanga, y se utilizó una cámara para capturar imágenes de la parte experimental del estudio.

4.5.2 Materiales para procesar la información

Microsoft Word 2010 y Microsoft Excel 2010.

4.5.3 Materiales y equipos

Materiales	Reactivos
Planchas de calentamiento marca Bunsen	Ácido acético CH_3COOH 0.1M
Balanza analítica marca OHAUS, resolución de 0.1g	Hidróxido de sodio NaOH 0.1M
Beaker pyrex	Glicerina
Probeta de 5 y 50 mL pyrex	Agua
Vidrio reloj	Almidón
Varillas de vidrio, Pipeta de 10 ml	
Espátula , Horno	
Termómetro Fisher -10 a 260 °C	
Moldes para introducir muestras	
Balanza marca American capacidad 40 lb	

4.5.4 Procedimiento

Antes de desarrollar el experimento, es importante señalar la función que desempeñan los reactivos en el biopolímero.

Los biopolímeros pueden prepararse a partir almidón, utilizando el glicerol como agente plastificante. El almidón es hidrolizado parcialmente en medio ácido y alta temperatura. El glicerol aumenta el volumen libre entre las cadenas de amilasa y amilopectina liberadas, reduciendo las interacciones entre ambas y favoreciendo el movimiento de una en relación con la otra.

4.5.4.1 Obtención de Almidón de Malanga

La Obtención de almidón se logró en varias etapas:

Selección de las malangas: En esta operación se eligió las malangas que presentaran un buen estado físico y con un peso de 6 libras cada una.

Lavado de la corteza. Se realizó con agua fría, con la ayuda de un cepillo se procedió a eliminar todas las impurezas (lodo, pajas, piedras, etc.)

Los tubérculos de malanga una vez limpios fueron pelados y pesados, para determinar el peso exacto de la malanga ya sin cáscara. De 30 libras de malanga se obtuvieron 3 libras de cáscara.

Estas malangas ya sin cáscara se cortaron en trozos pequeños. Y se procedió a pesar, para tener en cuenta el rendimiento del almidón al final del proceso.

Licuada: consistió en licuar los trozos de malanga para reducirla de tamaño.

Filtración: se filtra la mezcla obtenida mediante un filtro de tela, esta acción se repitió varias veces hasta asegurarse que los residuos de la masa de la malanga no se presentaran en la mezcla.

Obtención de un biopolímero plástico a partir d almidón de malanga (Colocasia esculenta), en el laboratorio 110 de la UNAN- Managua, Mayo-Abril 2016

Sedimentación: el filtrado se depositó en baldes refrigerándose durante 48 horas a 4°C.

Decantación: Se eliminó el agua que se encontraba en la parte superior del recipiente, al sedimento se le añadió más agua limpia y se dejó precipitar. Esta operación se realizó tres veces hasta que el agua sobrenadante quedó completamente clara.

Secado: El precipitado se secó al sol durante varios días hasta que éste estuvo completamente seco.

Tamizado: Se procedió a desintegrar todos los grumos formados durante el proceso de secado.

4.5.4.2 Obtención del biopolímero en escala de laboratorio

Colocar en un vaso de precipitados 10 g de almidón de malanga y agregar 100 mL de agua destilada, se mezcla bien, posteriormente se agregan 10 mL de glicerina y 15 mL de ácido acético 0,1M.

Se mantiene la mezcla aproximadamente 10 minutos en el calentador, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. Si la viscosidad se torna demasiado alta, adicionar de 2 a 8 mL de NaOH 0.1M, para disminuir la viscosidad.

Verter la mezcla en una bandeja; este biopolímero se deja secar en la estufa a 40°C durante dos horas o hasta que alcance una humedad del 10-25%.

4.5.4.3 Determinación del % de humedad del biopolímero

Para la determinación de la humedad del biopolímero, se realizó con el método para determinar la cantidad de agua presente en la muestra, el cual se basa en la

pérdida de peso de la muestra por el calentamiento en la estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje; a través de los siguientes pasos:

Pesar en tres crisoles previamente tarado una muestra del biopolímero.

Colocar los crisoles con las muestras en el horno a una temperatura de 105C⁰ durante 4 horas.

Volver a pesar los crisoles con las muestras y registrar el peso disminuidos de la muestra de polímeros,

Volver a colocar las muestras al horno durante 1 hora, sacar y esperar que las muestras se enfríen y pesar. Repetir este proceso hasta que el peso de las muestras quede en un peso constante.

4.5.4.4 Determinación de dureza

El equipo con el que se determinó la dureza de biopolímero es un Durómetro shore tipo A-2.

El durómetro es un dispositivo que sirve para medir dureza. La escala Shore es la más utilizada mundialmente para medir la dureza de materiales blandos y semi duros como cauchos, elastómeros y plásticos.

Tabla 4: Pruebas de dureza

Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra5	Muestra6	Muestra7
11	12	10	10	14	10	11
9	11	12	10	12	9	12
10	10	14	10	11	11	10
$\bar{x} : 10$	$\bar{x}:11$	$\bar{x}:12$	$\bar{x}:10$	$\bar{x}:12.3$	$\bar{x}:11$	$\bar{x}:11$
$\bar{x} = 11.04$						

4.5.4.5 Determinación de densidad del biopolímero plástico

Se toma una muestra del biopolímero plástico y se pesa en la balanza analítica, (5.6 g) luego se toma una probeta de 100 mL se coloca 50 mL de agua destilada.

Con mucho cuidado se introduce la muestra del biopolímero plástico hasta que quede completamente sumergido. Se registra cuanto sube el nivel del agua; este es el volumen del plástico en cm^3 .

4.5.4.6 Tiempo tardado del biopolímero plástico en degradarse.

Al biopolímero plástico se le realizaron tres pruebas de biodegradabilidad una fue enterrarlo en el suelo otra sumergido en agua y la otra dejarlo en superficie es decir expuesto a la luz solar y condiciones medioambientales.

El tiempo que tardó el biopolímero plástico en degradarse en la intemperie, (expuesto a la luz solar y la humedad), fue de dos meses.

Es decir bajo condiciones de sol el biopolímero cambio a una forma muy rígida y se volvió quebradizo hasta que se degradó completamente.

Si el biopolímero plástico es introducido bajo suelo húmedo y se controla que el suelo este siempre bajo esta condición, el biopolímero tarda mes y medio en degradarse ya que éste no es muy resistente a la humedad.

En otro caso, si el biopolímero plástico se sumerge en agua éste se degrada con mayor facilidad. Es decir se degrado en un mes, esta razón se debe a que las propiedades mecánicas de los biopolímeros a partir de almidón son muy débiles frente al agua.

CAPÍTULO V

ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Rendimiento del almidón

Cálculos:

1000g de malanga = 100 %

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{(100\%) (226\text{g})}{1000\text{g}}$$

226 g=rendimiento de almidón

Rendimiento = **22.6 % de almidón**

En este cálculo lo se determinó el porcentaje de rendimiento de almidón. Para eso se pesó 1000 g de malanga Se sometió al proceso de licuado, filtrado y secado; obteniendo 226 g de almidón, lo cual equivale al 22.6% de rendimiento.

5.1.2. Determinación de humedad

Formula de humedad:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_3}$$

m_1 = masa del crisol más la muestra húmeda en (g)

m_2 = masa del crisol más la muestra seca en (g)

m_3 : muestra húmeda

$$\text{muestra1 \% humedad} = \frac{(20.7 - 19.9)\text{g} \times 100}{4.6 \text{g}}$$

% humedad: 17.39 %

$$\text{Muestra 2 \% humedad} = \frac{(19.4 - 18.5) \text{ g} \times 100}{4.3 \text{ g}}$$

% humedad: 20.93 g%

$$\text{Muestra 3 humedad} = \frac{(19.7 - 19) \text{ g} \times 100}{4 \text{ g}}$$

% humedad: 17.5 %

Porcentaje promedio de humedad: $18.61 \pm 2.01\%$

5.1.3 Determinación de densidad del biopolímero

Fórmula $d: \frac{m}{v}$

Dónde:

m :masa del biopolímero

v: volumen de agua

$$d: \frac{5.6 \text{ g}}{6 \text{ ml}} \quad \text{Densidad: } 0.93 \text{ g/cm}^3$$

5.2 Discusión de Resultados.

El biopolímero elaborado a partir de almidón de malanga presentó las siguientes características:

Dureza muy baja, esta se comparó con la escala de dureza de los plásticos en escala Shore A, lo cual indica que esta dureza está en el rango de los plásticos blandos. Según la norma Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868), la cual dice para que los datos tengan precisión deben medir más de 10 HS, ya que por debajo de esta cifra los datos son imprecisos, lo cual indica que la dureza del biopolímero cumple con la norma ya su dureza es 11 HS (dureza shore)

En cuanto a la densidad del biopolímero plástico se compara a la de los termoplásticos de polietilenos, es decir este biopolímero presenta características que lo hacen competente en caso que se quiera lanzar al mercado para sustituir estos materiales provenientes del petróleo.

El porcentaje de humedad es muy importante, ya que con este porcentaje de humedad el biopolímero se puede degradar con mayor facilidad. La flexibilidad del biopolímero plástico, es muy poca es decir, no le logra estirar como los plásticos convencionales y se rompe con mucha facilidad lo que representa una desventaja frente a los plásticos comunes.

En cuanto al rendimiento del almidón es bajo, es decir de un 22.6 % ya que se procesó 1 kg de malanga y se obtuvo 226 g de almidón. En otros estudios relacionados el porcentaje de rendimiento de almidón es muy cercano a este.

La biodegradabilidad del biopolímero obtenido es muy buena, ya que tardó dos meses en degradarse. Esto se debe a que las propiedades mecánicas de estos biopolímeros son generalmente inferiores a la de los polímeros derivados de la petroquímica. Son fáciles de procesar, pero vulnerables a la degradación. Es por eso que el rango de aplicaciones de estos biolímeros está limitado.

CAPÍTULO VI



CONCLUSIONES

VI CONCLUSIONES

Después de haber realizado el análisis, la discusión de los resultados y la verificación de los objetivos se concluye que:

1. Se logró acopiar malanga de la finca ubicada en la comunidad de Santa Fe con muy buena calidad, de la que se extrajo el almidón materia prima principal para la elaboración del biopolímero plástico.
2. Se elaboró un biopolímero biodegradable a partir del almidón de malanga.
3. Se determinaron los análisis físicos al biopolímero de estudio tales como densidad, flexibilidad, dureza y tiempo de degradación; que indican características similares a las de los plásticos procedentes del petróleo, pero en cuanto a la humedad y degradabilidad, el biopolímero plástico tiene mayor porcentaje de humedad lo cual significa que se degradan más fácilmente que los plásticos convencionales
4. En cuanto a los costos de producción, son relativamente altos en comparación a los derivados del petróleo, por lo que se hace difícil su producción, sin embargo, las ventajas que tiene frente a los plásticos convencionales es su pronta degradación en el medio ambiente.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

VII RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda mejorar la calidad del biopolímero mediante el uso de aditivos químicos que mejoren la resistencia y elongación ya que el biopolímero obtenido se rompe con facilidad.
- ❖ El proceso de obtención del almidón debe de hacerse con mucho cuidado porque de eso depende la calidad del biopolímero.
- ❖ El secado del almidón y del biopolímero se debe realizar en el horno, ya que si se hace mediante la luz solar se tarda mucho y el almidón se puede llegar a enmohecer.
- ❖ Estudiar qué otros tipos de uso se le puede dar al biopolímero obtenido, ya que conociendo las utilidades de este, se abriría un potencial mercado en productos biodegradables.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Libros

- Billmeyer, F.W. *Ciencias de los polímeros* (1975) 1ra edición. España
- Campbell, D.T. y Stanley, J.C. (1973): diseños experimentales y causas experimentales de la investigación. Buenos Aires: editorial Amorrortu.
- Hernández, S. (1997) Metodología de la investigación. Ed. Mc graw - hill interamericana de México, s.a. de c.v.
- Koolman, J. y Röhm L. *Bioquímica* (2004) Texto y Atlas. 3er ed.; España, Editorial Panamericana. Cap 3 *biomoléculas* (134-40)
- Leidenger, O. *Procesos Industriales*. (1997) 1er ed.; Edición Universidad Pontificia del Perú: Perú.
- López, Zada M; Vásquez Becalli, E; López, Fleites, R (1995) Raíces tubérculos. 2da ed; Cuba. Editorial Pueblos y Educación.
- Montaldo Alvaro. (1991) *Cultivo de raíces y Tubérculos tropicales*. 2da ed.; Editorial IICA: Perú.
- Piura, L. J. (1995) Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. 3ª edic. Public. Científica No 1 . Nicaragua.
- Torrejón R, Fernando A, López J, Aguilar M, Arriaza P. (2010). *Análisis de la superficie de cultivo para la producción de bioplásticos*. España: Universidad politécnica de Madrid.
- Seymour Raimond B. y Carraher Charles E. Jr. *Introducción a la Química de Polímeros*. Editorial Reverté: Nueva York, 2002.
- Sperling L.H. *Introducción to Physical Polymer Science*, (2006) 3er edi. New Jersey

REVISTAS

- ADDAC (asociación para la diversificación y desarrollo agrícola comunal) 2009 Análisis de la cadena de valor de la malanga
- Arrollo, E., Alarcón, H. (2013) 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*. Instituto de investigación científica http://www.ulima.edu.pe/.../presentacion_idic_2013_-_eduardo_arroyo_y_ar.
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. I(2012). *Desarrolló un biopolímero a partir de desechos de piña y banano para fabricar bolsas plásticas, cucharas y platos*. Fuente <http://www.dicyt.com/.../crean-plastico-biodegradable-con-desechos-de-pina->
- CETREX (centro de tramites a las exportaciones) 200 . exportaciones de la malanga periodo 2000-2008 y enero septiembre 2009.
- Faostat.(2001). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Database. Roma, Italy
- Medina, O. J.; Pérez, J. C. y Bernal M., (2007). *Extracción del almidón de la malanga (escolocasia esculenta) y síntesis de biopolímero*. Colombia: UPT
- León, J. *Botánica de los cultivos tropicales*. (2000) 3ra edi. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. (397- 399) Costa Rica
- Peñaranda, O. I., Contreras, J. E., y Perilla, N. A. (2008) *revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. Ingeniería e investigación*. Colombia Vol. 28, no 3.

- Ruiz, G., *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca*. (2006) *Ingeniería y Ciencia*, España Vol. 2, No. 4, (5-28).

- Rodríguez M., J, Rivadeneyra R., J. M., Ramírez R., E. D., Juárez B., J. M., Herrera T., E., Navarro C. R. O. y Hernández S., B. (2011). *Caracterización físicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (Colocasia esculenta) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México*. *Ciencia y Mar*. Volumen 15 No 43, p. 37-47

- Valarezo Ulloa. M. J. (2012) *Desarrollo un biopolímero a partir de almidón de corteza de yuca (Manihot esculenta)*. (Tesis de grado) recuperada <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2733>.

ANEXOS

Memoria del trabajo de investigación



Foto1: Planta de malanga



Foto 2: tubérculo de malanga



Foto 3: Malanga sin cascara



Foto 4: Filtrado del almidón



Foto 5: Almidón de malanga



Foto 6: Reactivos del biopolímero



Foto 7: Peso del almidón



Foto 8: Pasta del biopolímero obtenido húmedo



Foto 9: Biopolímero final.



Foto 10: Pruebas de adsorción de agua del biopolímero plástico.



Foto 11: Probetas con el biopolímero para determinar humedad.



Foto 12: Prueba de dureza.



Foto 13: Muestra del biopolímero plástico para análisis de temperatura de fusión.



Foto14: Temperatura de fusión



Foto 15: Prueba de densidad del biopolímero

Degradación del biopolímero plástico



Foto: 16

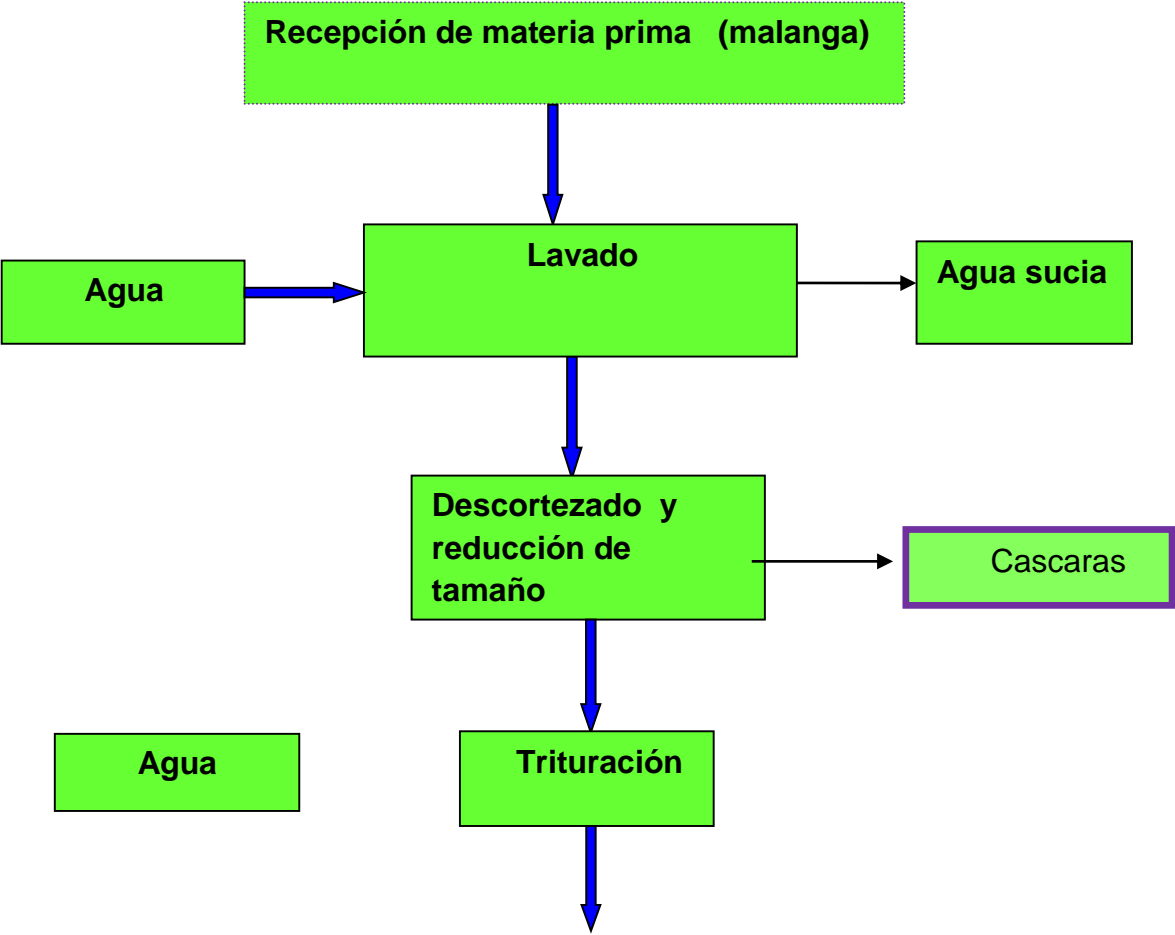


Fotos: 17.



Fotos: 18.

Flujograma 1: proceso de obtención de almidón de malanga.



Fuente: autora

Flujograma 2: Obtención del bioplástico

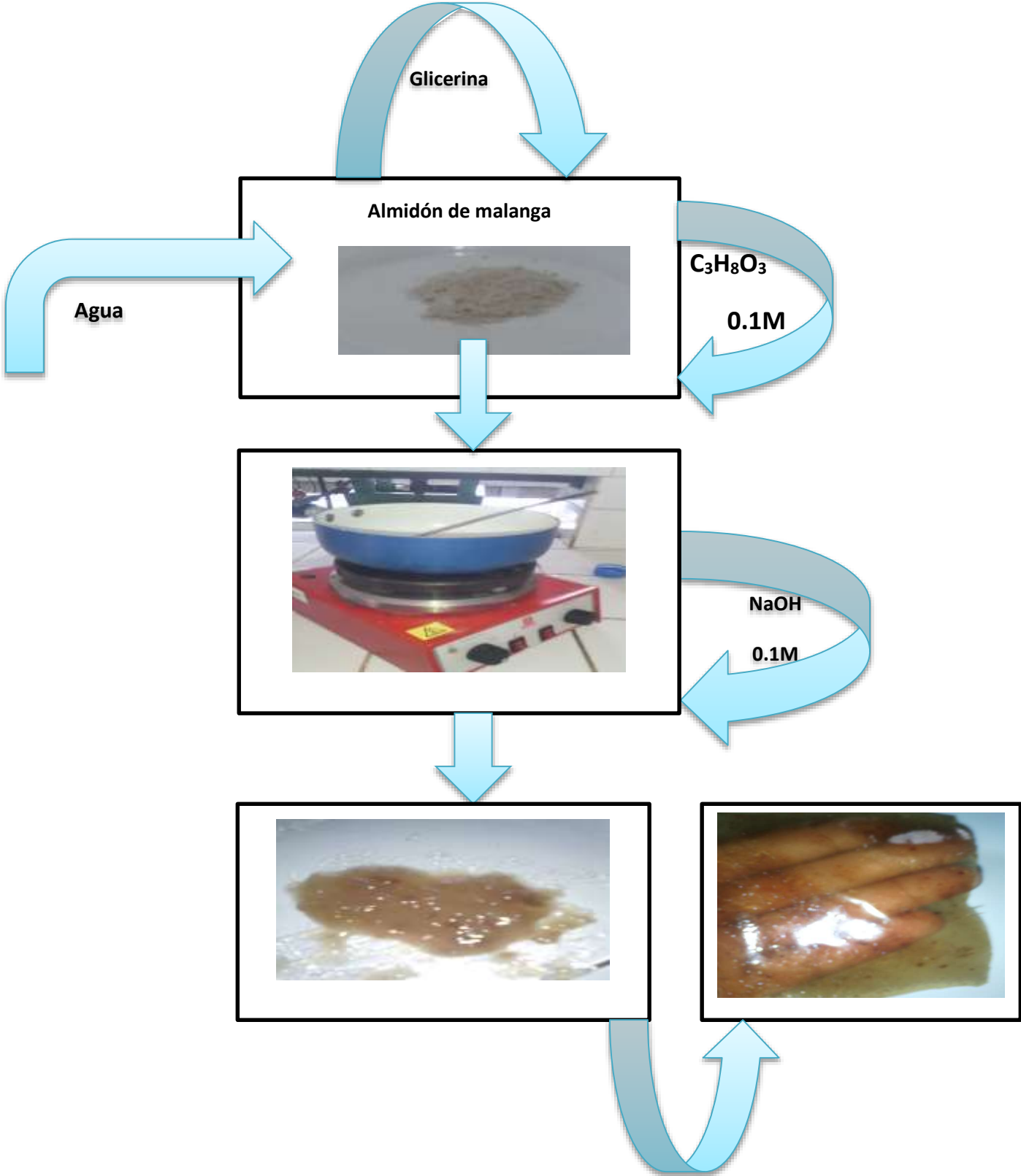


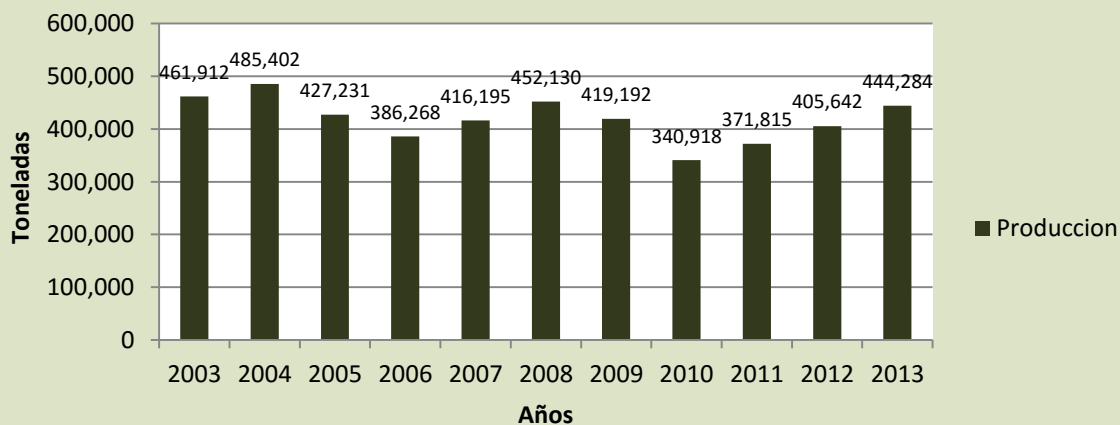
Tabla 1:

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE 100Gr. DE MALANGA DE
PORCIÓN COMESTIBLE
(Uso humano).- Base húmeda.**

COMPOSICIÓN	UNIDAD	CRUDO	COCINADO
Humedad	Grs	71.9	72
Proteína	Grs	1.7	1.0
Grasa	Grs	0.8	0.2
Carbohidratos	Grs	23.8	25.7
Fibra	Grs	0.6	0.4
Cenizas	Grs	1.2	0.7
Calcio	Mg	22.0	26.0
Fósforo	Mg	72.0	32.0
Hierro	Mg	0.9	0.6
Vitamina A Retinol	Mcg-meq	3	
Tiamina	Mg	0.12	0.08
Riboflavina	Mg	0.02	0.01
Niacina	Mg	0.6	0.4
Ácido ascórbico	Mg	6	
Energía	Mcal/Kg	3808	3892

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela. 1983

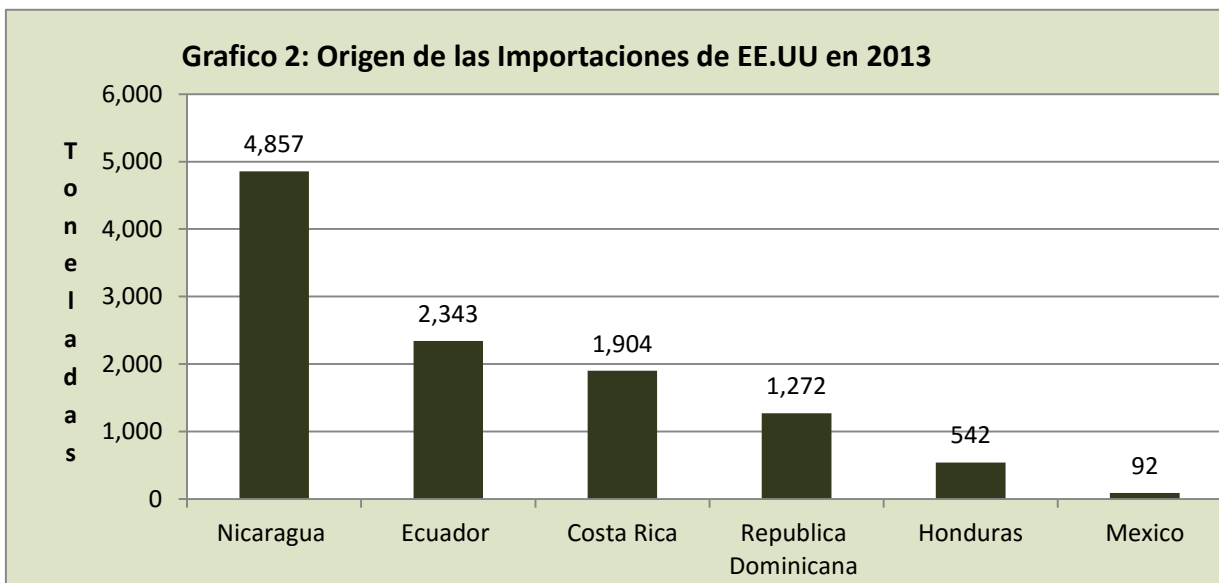
**Grafico 1 Produccion Mundial de Malanga
(Ton.)**



Fuente: PRONAGRO, con datos de FAOSTAT.

Tabla 2: Principales productores de malanga en el mundo.				
PAIS	Producción toneladas	Área cosechada (Ha)	Rendimiento T/Ha	
Cuba	185,900	16,400.00	11.3	41.8 %
Venezuela	105,000	10,000.00	10.5	23.6 %
El Salvador	43,000	4600	9.3	9.7%
Perú	30,000	5,000.00	6	6.8%
República Dominicana	29,103.83	4,926.35	5.9	6.6%
Resto del Mundo	51,280.17			11.5 %
Mundo	444,284	45,927.00	9.67	100 %

Fuente: FOASTAT



Fuente: FOASTAT

PAIS	Prod. 2012	Valor en \$ por Ton. 2012	Total millones \$ 2012	Prod. 2013	Valor en \$ por Ton. 2013	total Millones \$ 2013
1. EE.UU	3,023	778	2,352	8,400	1,253	10,529
2. MALASIA		-	0		-	304
3. CANADA	191	529	101	421	480	202
4. ESPAÑA	96	1,656	159	63	1,873	118
5. P. BAJOS	37	2,946	109	98	1,184	116
% TOTAL EN LOS 5 PAISES			2,721			11,219
MUNDO			3,524			11,772

Tabla 4:

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO ALIMENTICIO DE LA MALANGA (CORMO) CON TUBERCULOS CONVENCIONALES (100g de porción comestible, base fresca)

ALIMENTO	KCAL	PROTEINA (grs)	CALCIO (grs)
Malanga	8.5	2.5	19.10
Camote	103	1.0	14.00
Papa	76	1.6	17.50
Yuca	121	1.0	28.20

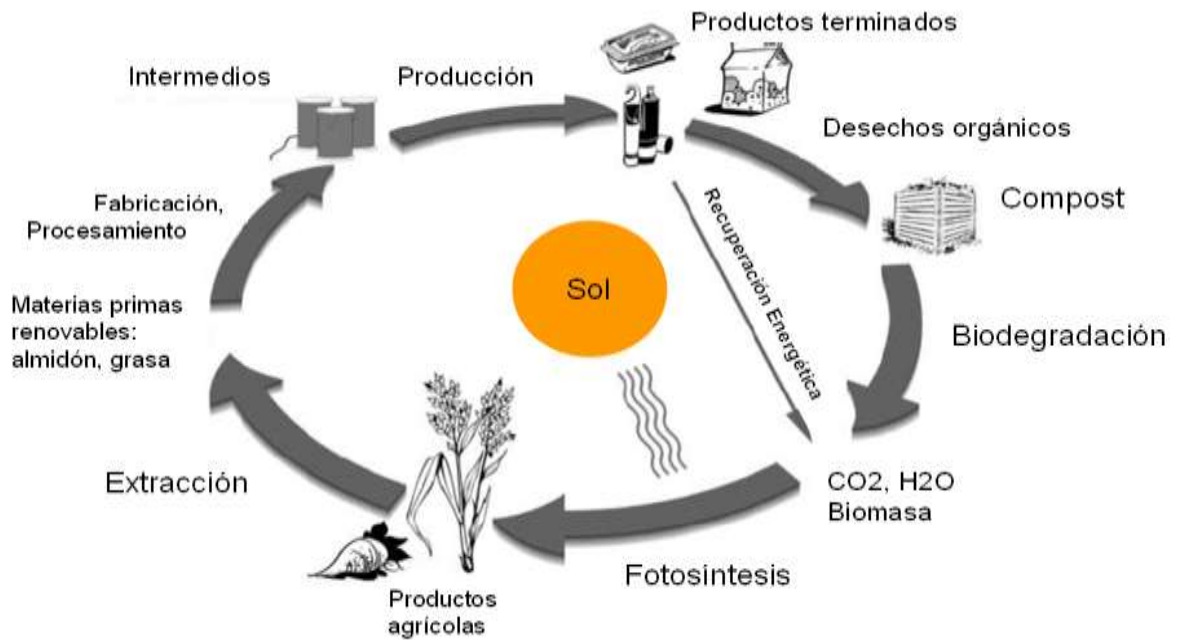
Fuente: Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México

CUADRO 5: Principales termoplásticos

<i>nombre</i>	<i>abreviación</i>	<i>densidad</i>
polietileno de baja densidad	LDPE	0.91
polietileno de alta densidad	HDPE	0.95
polipropileno	PP	0.902
cloruro de polivinilo	PVC	1.35
acetato de polivinilo	PVA	—
poliestireno	PS	1.05
acrilonitrilo-butadieno-estireno	ABS	—
acrilonitrilo-estireno	SAN	—
polimetilmetacrilato	—	—
polihexametilen diamida	Nylon 66	1.14
policaprolactama	Nylon 6	1.14
polietilentereftalato	PET	—
polibutilentereftalato	PBT	1.3

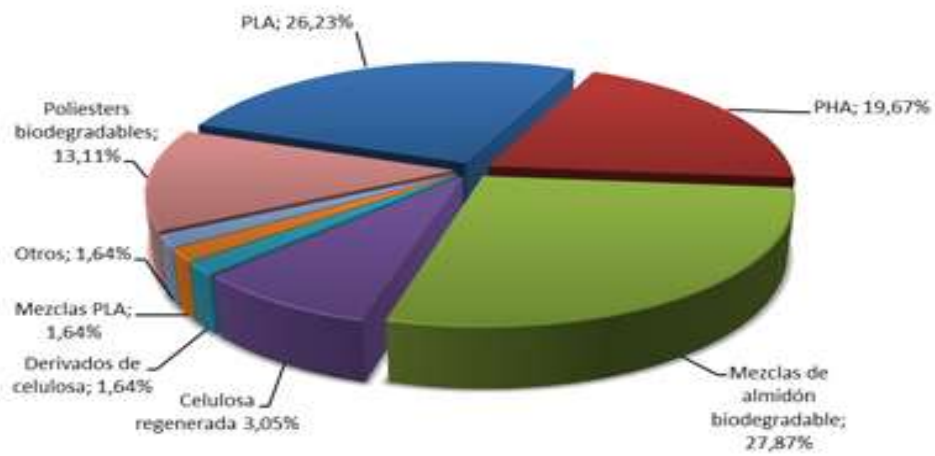
Fuente: Torrejon,2010.

Diagrama 1. Ciclo ideal de los materiales plásticos biodegradables



Fuente: Medina, 2007

Grafico3: Fuentes principales de biopolimeros



Fuente: Torrejon, 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO “RUBEN DARÍO”
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



Entrevista realizadas a los productores de malanga

Lugar: Santa Fé, Boaco

Nombre del productor:

Extensión territorial que cultiva de malangas (manzanas).

Meses de siembra y cosecha de malangas:

Monto de inversión por cada manzana cultivada:

Números de quintales cosechados por manzanas:

Números de quintales rechazados por no cumplir con el peso requerido:

Precio por cada quintal:

Lugar de venta o acopio de la malanga:

Ganancias.

Principales países a los que venden la malanga.