



**“Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca (*Colocasia esculenta* (L.) *Schoot*) y morada (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) *Schoot & Endl*), dos espesantes y relación agua-almidón para la producción de empaques biodegradables”**

Demera Velásquez, Luis Fernando y Meza Andrade, Kevin Ricardo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria Santo Domingo

Trabajo de Titulación, previo a la Obtención del Título de Ingeniería Agropecuaria.

Phd. Sánchez Llaguno, Sungey Naynee

Santo Domingo – Ecuador

29 de marzo de 2021

## Análisis urkund

URKUND	
<b>Documento</b>	<a href="#">TESIS Biopolimeros Sr. Kevin Meza- Sr. Luis Demera.docx</a> (D99878582)
<b>Presentado</b>	2021-03-26 18:23 (-05:00)
<b>Presentado por</b>	janeira1@espe.edu.ec
<b>Recibido</b>	janeira1.espe@analysis.orkund.com
<b>Mensaje</b>	Tesis Sr. Luis Demera-Kevin Meza <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a> 8% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 12 fuentes.



Firmado electrónicamente por:  
SUNGEY NAYNEE  
SANCHEZ LLAGUNO

Sánchez Llaguno, Sungey Naynee Ph.D.

C.C. 1205348673



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMERO EVALUANDO EL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE MALANGA, BLANCA (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) Y MORADA (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoot & Endl), DOS ESPESANTES Y RELACIÓN AGUA-ALMIDÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES**” fue realizado por los señores **Demera Velásquez, Luis Fernando y Meza Andrade, Kevin Ricardo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 29 de marzo del 2021



Firmado electrónicamente por:  
SUNGEY NAYNEE  
SANCHEZ LLAGUNO

.....

Sánchez Llaguno, Sungey Naynee Ph.D.

C.C. 1205348673



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Demera Velásquez Luis Fernando** con cédula de ciudadanía n°172510558-7 y **Meza Andrade Kevin Ricardo**, 120743630-2, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMERO EVALUANDO EL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE MALANGA, BLANCA (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) Y MORADA (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoot & Endl), DOS ESPESANTES Y RELACIÓN AGUA-ALMIDÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Santo Domingo de los Tsáchilas, 29 de marzo de 2021**

Demera Velásquez Luis Fernando

C.C. 172510558-7

Meza Andrade Kevin Ricardo

C.C. 120743630-2



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Demera Velásquez Luis Fernando** con cédula de ciudadanía n°172510558-7 y **Meza Andrade Kevin Ricardo**, 120743630-2, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMERO EVALUANDO EL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE MALANGA, BLANCA (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) Y MORADA (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoot & Endl), DOS ESPESANTES Y RELACIÓN AGUA-ALMIDÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 29 de marzo de 2021

Demera Velásquez Luis Fernando  
C.C. 172510558-7

Meza Andrade Kevin Ricardo  
C.C. 120743630-2

## Dedicatoria

Este logro obtenido se lo dedico primeramente a Dios por permitirme vivir y haber podido alcanzar esta meta

También se lo dedico a mis padres Luis y Margarita quienes con esmero y esfuerzo me apoyaron incondicionalmente tanto personalmente como académicamente inculcándome valores desde el hogar que permitieron formarme como un gran profesional.

A mis hermanos quienes constantemente estuvieron ahí para motivarme a seguir adelante y confiaron en mí.

También quiero dedicarle este logro a mis maestros quienes supieron inculcar sus conocimientos en mí y gracias a ellos poder estar hoy aquí cumpliendo esta meta.

A mi querida prometida Elizabeth, quien supo apoyarme y motivarme moralmente para siempre dar lo mejor de mí y así alcanzar este objetivo.

A mis demás familiares, maestros y amigos con quienes compartí este gran esfuerzo y ahora quiero compartir es cumplimiento de este objetivo.

Luis Fernando Demera Velásquez

A Dios, y su voluntad divina que han permitido culminar mi carrera profesional. A mis amados padres Peter y Verónica, a quienes agradezco la constante confianza, fortaleza, comprensión, y apoyo ¡los amo!, A mi hermano mi compañero de vida, a mi tía Geovana y sus consejos los que me animaron a seguir adelante, ¡son los mejores!

¡Por ustedes y para ustedes!

Kevin Meza Andrade

## Agradecimiento

Agradezco a Dios quien ilumina este camino en mi vida y haberme permitido llegar a cumplir esta meta académica.

A mis padres por dedicar su esfuerzo diario para permitirme llegar a alcanzar este logro que y de esta manera poder compartir esta satisfacción de esfuerzo con ellos, por ese apoyo incondicional, los consejos y la motivación que me permitió siempre seguir adelante.

A mis hermanos y amigos por esa constante voz de aliento que me daba la fuerza para seguir avanzando.

A nuestro tutor de tesis, la Ing. Sungey Sánchez PhD quien con sus amplios conocimientos supo guiarnos en este desarrollo de esta investigación.

También quiero agradecer infinitamente a esta gran institución, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- SD que por medio de la excelente calidad profesional del cuerpo de docentes.

Luis Fernando Demera Velásquez

Agradezco a Dios quien guía mi camino y haberme permitido lograr cumplir esta meta académica.

A mis padres y hermano por haberme brindado el apoyo incondicional de cumplir este logro, y de no ser por ellos, esto no sería posible.

A mi directora de Tesis Ing. Sungey Sánchez PhD por brindarme su apoyo, guía y enseñanzas los que fueron pilar fundamentales para poder realizar el presente trabajo de investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas la institución por la cual he aprendido mucho profesionalmente, donde encontré docentes y también amigos de calidad.

Kevin Meza Andrade

## Índice de contenido

Caratula	1
Análisis urkund	2
Certificación	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Índice de contenido	10
Índice de tablas	13
Índice de figuras	15
Resumen	16
Summary	17
Capitulo I	18
Introducción	18
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Hipótesis	21
Capitulo II	22
Revisión de Literatura	22
Malanga	22
<i>Origen y Botánica</i>	22
<i>Variedades de malanga</i>	22
<i>Clasificación Taxonómica variedad Xanthosoma</i>	23
<i>Clasificación Taxonómica variedad Colacasia</i>	23
<i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	24
<i>Principales usos de la malanga</i>	25
Almidones	26
Aplicación industrial del almidón	26
Plástico biodegradable evolución y estructura en la industria	27
Componentes para la elaboración de biopolímeros	28
<i>Gelatinización</i>	29

	11
<i>Desestructuración</i>	30
<i>Plastificantes</i>	31
<i>Fibras</i>	32
<i>Biodegradabilidad</i>	33
<i>Polímeros biodegradables</i>	34
<i>Modificadores químicos</i>	35
Capitulo III	36
Materiales y Métodos	36
Ubicación del Área De Investigación	36
<i>Ubicación Política</i>	36
<i>Ubicación Ecológica</i>	36
<i>Ubicación Geográfica</i>	37
Materiales	38
<i>Obtención de almidón de malanga</i>	38
<i>Elaboración del biopolímero</i>	38
<i>Determinación de Solubilidad en agua</i>	39
<i>Determinación de la Densidad</i>	39
<i>Determinación de dureza</i>	39
<i>Determinación de Humedad</i>	40
<i>Determinación de Ceniza</i>	40
<i>Determinación de la elasticidad.</i>	40
Métodos	41
<i>Obtención de materia prima (tubérculos de malanga)</i>	41
<i>Método de Extracción de almidón</i>	41
<i>Método de elaboración de biopolímero</i>	42
<i>Análisis Físico Químico del biopolímero de almidón de malanga</i>	42
Diseño Experimental	43
<i>Factores del experimento.</i>	43
Tratamientos a comparar	44
<i>Tipo de diseño.</i>	45
<i>Repeticiones</i>	45
Análisis Estadístico	45
<i>Esquema de análisis de varianza</i>	45
<i>Análisis funcional.</i>	46
Variables a medir	46

	12
Determinación de densidad.	46
Determinación de ceniza	47
Determinación del porcentaje de humedad.	48
Determinación del porcentaje de biodegradación del biopolímero.	49
Determinación de dureza	49
Determinación de la elasticidad.	49
Determinación de solubilidad en agua	49
Capitulo IV	50
Resultados	50
Análisis de Varianza para las Variables de Estudio.	50
Análisis de Varianza para la Variable humedad	50
<i>Análisis de Varianza para la Variable Densidad</i>	51
<i>Análisis de Varianza para la Variable dureza</i>	51
Análisis de Varianza para la variable Ceniza	52
Análisis de Varianza para la Variable Solubilidad	53
Análisis de Varianza para la Variable elasticidad	54
Análisis de Varianza para la Variable de biodegradación	55
Capitulo VI	69
Discusión	69
Capitulo VI	76
Conclusiones	76
Recomendaciones	80
Capitulo VII	82
Bibliografía	82

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Principales propiedades químicas y físicas de algunos plastificantes.</i> .....	32
Tabla 2 <i>Recursos Necesarios para la obtención de almidón de malanga.</i> .....	38
Tabla 3 <i>Recursos necesarios para la obtención del biopolímero de almidón de malanga (blanca y lila)</i> .....	38
Tabla 4 <i>Recursos necesarios para la determinación del Solubilidad en agua.</i> .....	39
Tabla 5 <i>Recursos necesarios para la Determinación de la Densidad del biopolímero...</i>	39
Tabla 6 <i>Recursos Necesarios para la Determinación de dureza del biopolímero.</i> .....	39
Tabla 7 <i>Recursos necesarios para la Determinación de Humedad en el biopolímero de almidón.</i> .....	40
Tabla 8 <i>Recursos necesarios para la determinación de Ceniza en el almidón de malanga.</i> .....	40
Tabla 9 <i>Recursos Necesarios para la determinación del biopolímero.</i> .....	40
Tabla 10 <i>Factores y niveles a probar en el estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga (lila y blanca) como materia prima para la producción de empaques biodegradables.</i> .....	43
Tabla 11 <i>Tratamientos a comparar en el estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga como materia prima para la producción de empaques biodegradables.</i> .....	44
Tabla 12 <i>Esquema del análisis de varianza del estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga como materia prima.</i> .....	45
Tabla 13 <i>Análisis de Varianza para la Variable humedad</i> .....	50
Tabla 14 <i>Análisis de Varianza para la Variable Densidad</i> .....	51
Tabla 15 <i>Análisis de Varianza para la Variable dureza</i> .....	51
Tabla 16 <i>Análisis de Varianza para la Variable Ceniza</i> .....	52

Tabla 17 <i>Análisis de Varianza para la Variable Solubilidad</i> .....	53
Tabla 18 <i>Análisis de Varianza para la Variable Índice de elasticidad</i> .....	54
Tabla 19 <i>Análisis de Varianza para la Variable porcentaje de biodegradación</i> .....	55
Tabla 20 <i>Prueba de Tukey para el Factor A (Variedad)</i> .....	55
Tabla 21 <i>Prueba de Tukey para el Factor B (Espesante)</i> .....	58
Tabla 22 <i>Prueba de Tukey para el Factor C (Relación agua-almidón)</i> .....	61
Tabla 23 <i>Prueba de Tukey para la Interacción A*B*C (Variedad* Espesante*Relación almidon-agua)</i> .....	64

**Índice de figuras**

Figura 1 <i>Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación.</i> .....	37
Figura 2 <i>Prueba de Tukey para el Factor A (Variedad)</i> .....	56
Figura 3 <i>Prueba de Tukey para el Factor B (Espesante)</i> .....	58
Figura 4 <i>Prueba de Tukey para el Factor C (Relación agua-almidón)</i> .....	61
Figura 5 <i>Prueba de significancia de Tukey de los resultados de las variables para de la interacción A*B*C (Variedad* Espesante*Relación almidon-agua)</i> .....	65

## Resumen

La presente investigación se planteó con la finalidad la de obtener biopolímeros a partir del almidón de dos variedades de malanga, blanca (*Colocasia esculenta L*) y morada (*Xanthosoma sagittifolium L.*) como materia prima para la producción de empaques biodegradables en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas. La malanga es un producto de importancia comercial en el país, exportándose principalmente a EE-UU, no obstante, en el proceso de selección de calidad se generan grandes desperdicios destinando al deterioro. La investigación fue estructurada mediante un diseño experimental DCA con arreglo factorial AXBXC: 2 variedades (A): blanca y morada; 2 espesante (B): glicerina y urea; Relación agua/almidón(C), que establecieron 12 tratamientos con 3 repeticiones, elaborando así 36 unidades experimentales. Los resultados se evaluaron con la prueba de tukey ( $P>0,05$ ). Los datos más relevantes en esta investigación con respecto al porcentaje de solubilidad en agua, el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento (A1B1C1) 59,53%, por otro lado, A2B2C1 con un 79,53%. En cuanto al porcentaje de humedad fue mayor en A1B2C1 se obtuvo un 81,33%. En la variable dureza el mayor porcentaje se presentó en la interacción A2B2C1 con un valor de 9,83 HS y una menor dureza en el A2B1C2 dando resultado de 6,17 HS. Para la variable densidad se mostró que un mayor valor en A1B2C1, resultando una densidad de 1,22 g/cm<sup>3</sup>. El valor más bajo en A2B1C3 con un valor de 0,91 g/cm<sup>3</sup>. La variable elasticidad al interactuar con A2B1C2 se reflejó un valor de 3,00 MPa y el tratamiento con valor más bajo fue A2B2C1 se observó el valor bajo que fue este de 0,53 MPa. Mientras el porcentaje de biodegradación más alto se mostró en A2B2C1 con un valor de 99,07%. El A2B1C2 fue de 84,00% y A1B1C3 se presentó el valor más bajo siendo 74,73%.

Palabras clave:

- **BIOPOLÍMERO**
- **MALANGA**
- **BIODEGRADABLE**
- **ALMIDÓN**

## Summary

The purpose of this research was to obtain biopolymers from the starch of two varieties of malanga, white (*Xanthosoma sagittifolium* L.) and purple (*Colocasia esculenta* L.) as raw material for the production of biodegradable packaging in the area of Santo Domingo de los Tsáchilas. Malanga is a commercially important product in the country, exported mainly to the USA; however, the quality selection process generates large amounts of waste destined for spoilage. The research was structured by means of a DCA experimental design with AXBXC factorial arrangement: 2 varieties (A): white and purple; 2 thickeners (B): glycerin and urea; water/starch ratio (C), which established 12 treatments with 3 replications, thus elaborating 36 experimental units. The results were evaluated with the Tukey test ( $P>0.05$ ). The most relevant data in this research with respect to the percentage of water solubility, the lowest value was obtained with the treatment (A1B1C1) 59.53%, on the other hand, A2B2C1 with 79.53%. The percentage of moisture was higher in A1B2C1 with 81.33%. For the variable hardness the highest percentage was presented in the interaction A2B2C1 with a value of 9.83 HS and a lower hardness in A2B1C2 giving a result of 6.17 HS. For the density variable, the highest value was found in A1B2C1, resulting in a density of 1.22 g/cm<sup>3</sup>. The lowest value in A2B1C3 with a value of 0.91 g/cm<sup>3</sup>. The elasticity variable when interacting with A2B1C2 reflected a value of 3.00 MPa and the treatment with the lowest value was A2B2C1, with a low value of 0.53 MPa. While the highest percentage of biodegradation was shown in A2B2C1 with a value of 99.07%. A2B1C2 was 84.00% and A1B1C3 had the lowest value of 74.73%.

Keywords:

- **BIOPOLYMER**
- **MALANGA**
- **BIODEGRADABLE**
- **ALMIDON**

## Capítulo I

### Introducción

El estudio de polímeros basados en almidón se inició desde 1970, entre la variedad de compuestos disponibles para elaborar películas plásticas biodegradables, la gelatina y el almidón son dos de los biopolímeros que presentan beneficios potenciales, ya que pueden ser producidos a bajo costo y a gran escala (Lee, 2004).

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. El almidón de malanga tiene mejores propiedades físico químicas y resiste más a los procesos estresantes (propios de los procesos industriales) que los almidones provenientes de fuentes cereales tales como el de maíz y el de trigo (Torres, Durán, & Montero, 2013).

En las últimas décadas, la tendencia actual se centra en las incesantes investigaciones referentes a la producción de polímeros biodegradables de origen naturales a causa de los inminentes problemas que el uso de los plásticos de origen sintéticos ha generado al medio ambiente. Una de las materias primas más estudiadas para la elaboración de dichos polímeros es el almidón obtenido de distintos tipos de tubérculos, el motivo se enfoca en la fácil obtención del material es los bajos costos. Esta alternativa permite desplazar el uso de plásticos sintéticos volviéndonos menos dependientes de los recursos de origen

petrolero, considerando que la disposición de este recurso está en descenso en Sudamérica.

Una alternativa adecuada a considerar a utilizar como materia prima para la elaboración de estos plásticos bio degradables es el almidón de malanga ya que es un producto de gran producción en la zona de Santo Domingo de los tsachilas.

La producción de biopolímeros de malangas es una alternativa que no solo busca aprovechar la fácil adquisición de la materia prima, si no que busca beneficiar al productor, permitiendo que obtengan máximos beneficios de los cultivos. La malanga se utiliza como alimento de exportación, no obstante, no toda la producción cumple con las exigencias de calidad que se destina para esto, el material que no califica es vendido como rechazo a precios muy bajos e incluso se pierden en el campo. La elaboración de biopolímeros busca aprovechar este material y dale un valor agregado, luego mediante diversos procesos para obtener el almidón el cual es la materia prima necesaria para elaborar el producto afín.

En la actualidad son utilizados cada vez con mayor frecuencia plásticos biodegradables en artículos cuya vida útil requiere de un solo uso. Los materiales utilizados en la preparación de recubrimientos y películas proceden de diversas fuentes del reino animal y vegetal, tanto terrestre como marino, y así como procedente de los microorganismos. Entre los polímeros naturales, el almidón ha sido considerado como uno de los más prometedores candidatos para futuros materiales debido a una atractiva combinación entre precio, disponibilidad y termoplaticidad. A través del uso de diferentes almidones y aditivos biodegradables no tóxicos es posible formular polímeros con una amplia

gama de propiedades, útiles para aplicaciones de envase y empaque, con la capacidad de degradarse en ambientes biológicamente activos, produciendo dióxido de carbono, agua y minerales, sin dejar residuos tóxicos, peligrosos o sintéticos en el ambiente.

Para cumplir con el trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Obtener biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga, blanca (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoot & Endl) y morada (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot), como materia prima para la producción de empaques biodegradables en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de dos variedades de malanga como fuente de materia prima la obtención de almidón para la elaboración de biopolímeros.
- Evaluar la calidad de los biopolímeros de dos variedades de malanga mediante los siguientes parámetros: solubilidad, Porcentaje de humedad, Dureza, Densidad, Elasticidad, Ceniza y Porcentaje de biodegradación
- Establecer la relación almidón-agua adecuada en cada una de las variedades para el proceso de elaboración de láminas biodegradables de los biopolímeros obtenidos a partir de almidón de las variedades de malanga.

## Hipótesis

### Hipótesis nula

- **Ho:** El uso de almidón de malanga de dos variedades diferentes no difiere en cuanto a las características físico-químicas del biopolímero.
- **Ho:** No existe diferencia significativa aplicando urea y glicerina como plastificantes en la factibilidad de obtención de empaques a partir de almidón de malanga.
- **Ho:** La aplicación de diferentes medidas de relación agua-almidón utilizados no influye en la calidad del biopolímero obtenido.

### Hipótesis alternativa

- **Ha:** El uso de almidón de malanga de dos variedades diferentes difiere en cuanto a las características físico-químicas del biopolímero.
- **Ha:** Existe diferencia significativa aplicando urea y glicerina como plastificantes en la factibilidad de obtención de empaques a partir de almidón de malanga.
- **Ha:** La aplicación de diferentes medidas de relación agua-almidón utilizados influye en la calidad del biopolímero obtenido.

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### Malanga

##### *Origen y Botánica*

La malanga o taro es un tubérculo de la familia de las arecaceas de consumo humano, muy apetecido principalmente en mercados norteamericanos, fisiológicamente se desarrollan con gran eficiencia en zonas con clima tropical y subtropical, generalmente es un cultivo establecido en zonas con una humedad relativa alta, no obstante, también está adaptado para soportar determinados períodos de sequía (Torres, Durán, & Montero, 2013).

##### *Variedades de malanga*

La malanga o taro es una planta de origen asiático, luego fue llevada a América donde gracias a sus características agroclimáticas mostró gran adaptabilidad y, por ende, un mayor rendimiento. Con el transcurrir del tiempo, se ha llegado a introducir diferentes variedades de este tubérculo entre ellas: lila y blanca, las cuales no todas se producen en el continente (Vega, 2012).

En Ecuador, actualmente se producen estas dos variedades de malanga, las cuales por sus características fisiológicas, adaptables y nutritivas son exportables. La primera es la malanga blanca (*Xanthosoma*), de las Antillas y la segunda es la lila (*Colocasia*), de origen Asiático. (Nuñez, 2018).

**Clasificación Taxonómica variedad *Xanthosoma***

El taro blanco tiene hojas verdes y su tallo falso, las manchas moradas están hacia la base. Sus bulbos son cortos y tienen cogollos coloridos. Ligeramente cremoso y una especie de violeta; asimismo, su pulpa es blanquecina (MINAG., 2018).

- División : Angiospermae
- Clase : Liliatas (Liliópsidas), (monocotiledóneas).
- Orden : Alismatales.
- Familia : Araceae.
- Género : *Xanthosoma*
- Especie : *sagittifolium*

Nota: Adaptado de MINAG, (2018). Malanga blanca

**Clasificación Taxonómica variedad *Colacasia***

El taro lila tiene hojas verdes con una ligera combinación de pecíolos. El fondo es morado. Pecíolos y pseudotallos con manchas verdes morado, más largo hacia abajo. Bulbo corto, entrenudos ligeramente alargados, con cogollos rosados hacia la parte inferior. Cuando se quita la cáscara, el color de la masa es de una tonalidad lila. El borde superior del bulbo es de color rosa oscuro. Su ciclo es de 12 meses. (MINAG., 2018)

- División : Angiospermae
- Clase : Liliatas (Liliópsidas), (monocotiledóneas).
- Orden : Alismatales.
- Familia : Araceae.
- Género : Colacasia
- Especie : esculenta

Nota: Adaptado de MINAG, (2018). Malanga lila

En cuanto a comercialización se refiere, la variedad más apetecida para mercados tales como USA (Estados Unidos de América) es la blanca *Xanthosoma*, siendo hasta cinco veces más consumida que la mencionada malanga lila (Vega, 2012)

En cuanto a clones, el de mayor importancia es "Tangongon", mismo que se caracteriza por su fuerte fibra y resistencia. "Bungalanon", temprano y de buena fibra, al contrario de la anterior, su ciclo de producción es menor (Leon, 1968).

#### *Requerimientos edafoclimáticos*

Para el desarrollo óptimo del cultivo tropical como lo es la malanga, es necesario considerar los siguientes requerimientos edafoclimáticos (Tem, 2018).

- 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  
(Tem, 2018)

### ***Principales usos de la malanga***

#### **a. Alimentación humana**

Hay una variedad amplia referente al aprovechamiento de malanga:

Usando el cormelo se prepara: harinas, pasta seca o fermentada, pastas, (spaghettis), hojuelas, polvo para bebidas. En cuanto a la planta, las hojas jóvenes y peciolo de malanga son utilizados para la preparación de pescado y carnes (Zapata & Velasquez, 2013).

#### **b. Alimentación animal**

Se usa mucho este tubérculo para alimentación animal, en especial los rechazos para alimentar porcinos proveyéndoles sus hojas, tallos y mismo cormo, también la harina de malanga es utilizada para la nutrición en ovinos (Zapata & Velasquez, 2013).

### **c. Uso industrial**

La malanga también tiene usos industriales de gran relevancia, uno de estos es utilizada en la elaboración de un relleno modificador para bioplástico (biopolímeros) y en la elaboración de etanol (Zapata & Velasquez, 2013).

## **Almidones**

### **Aplicación industrial del almidón**

La demanda de almidón es creciente, en la actualidad de la producción total, para el sector alimentario se destina un aproximado del 25%, mientras que en sector industrial el otro 75% del cual el 80% se destina para la elaboración de textiles, papel y cartón, adhesivos y otras industrias (Cardoso, Ramos, & Matsumot, 2005).

El almidón es extraído de diversas fuentes convencionales, denominadas así porque se obtiene de cultivos producidos en las zonas; entre los de mayor relevancia encontramos el trigo, papa, malanga, maíz, yuca, arroz y malanga; pero tienen la desventaja para el sector de la industria porque al ser utilizadas directamente como alimentos, ya que el precio de venta crece y su disponibilidad corre riesgo. En la actualidad ya se comercializa internacionalmente almidones extraídos de tubérculos y raíces. En este estudio la fuente elegida para extraer el almidón es la malanga (*Colocasia esculenta*) (Linares, Ramirez, & Pereda, 2008).

Una de las aplicaciones actuales para el almidón es la elaboración de un material de empaque, hasta el momento se conocen tres aplicaciones diferentes:

- Utilización del almidón como relleno en polímeros sintéticos.
- Mezcla de almidón a micro escala con polímeros sintéticos.
- Mezcla de almidón con polioles para formar una masa termoplástica.

(Ruíz, 2005)

### **Plástico biodegradable evolución y estructura en la industria**

El biopolímero o plástico biodegradable es un plástico no sintético que se descompone de forma natural en el ambiente por acción de factores bióticos y abióticos. Este proceso se da cuando los microorganismos del medio ambiente metabolizan y descomponen la estructura de bioplástico. El resultado al obtener en el desarrollo de esta alternativa es producir plástico menos dañino para el medio ambiente en relación de los plásticos convencionales (Montero, 2015).

Los bioplásticos o también llamados plásticos biodegradables no son otra cosa que un producto con características plásticas resistentes parecidas a los plásticos sintéticos pero elaborados a partir de materias primas renovables, es decir, a partir de vegetales naturales. No obstante, los plásticos biodegradables también presentan contras. Por ejemplo, el proceso de descomposición se da en base al manejo adecuado del desecho, esto se traduce a que necesita un proceso para su degradación, semejante al de proceso de compostaje (fertilizante compuesto de residuos orgánicos), ya que la actividad microbiana se

encargara del proceso de degradación. La degradación del bioplástico no se producirá si solamente se lanza éste a un vertedero de basura (Montero, 2015).

Para el año 2015 la capacidad mundial de producción de bioplásticos se incrementará aproximándose al doble. En el 2011, la producción de los bioplásticos llegó a alcanzar cifras de 900,000 de toneladas métricas y la proyección para el 2015 a 1,7 millones de toneladas. El feroz crecimiento de los bioplásticos se debe al aumento de aplicaciones. Desde el desarrollo de envases hasta la fabricación de juguetes, a esto se acojen otras alternativas como componentes electrónicos los cuales se convierten en una alternativa sustentable volviéndolos más acogidos sectores industriales y agrarios. De los llamados bioplásticos compostables, el ácido poliláctico (PLA) es el de mayor producción. De acuerdo con Nova-Institut en la actualidad existen 25 empresas instaladas en 30 sitios en el mundo que producen 180 000 toneladas anuales y de los cuales los envases biodegradables de alimentos y bebidas representan el 70% de la demanda mundial de PLA (Castillo, y otros, 2015)

### **Componentes para la elaboración de biopolímeros**

Para posibilitar la elaboración de un biopolímero a partir de almidón, es necesario aplicar diversos reactivos requeridos a la mezcla y garantizar ciertas condiciones que permitan obtener el material con determinadas características. Los biopolímeros requieren componentes (aditivos) que aporten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia (Koolman, 2004).

### ***Gelatinización***

La gelatinización es la pérdida de semicristalinidad de los granos de almidón en presencia de calor y agua en altas cantidades con mínima o nula despolimerización. Los granos de almidón son insolubles en agua y en solventes orgánicos. En suspensión acuosa el almidón se hincha por efecto del calor, a perder sus propiedades cristalinas y al alcanzar altas temperaturas llega a formar un gel (Ruíz, 2005).

Durante el proceso de gelatinización el agua inicialmente penetra las regiones amorfas iniciando el hinchamiento y causando una disminución en la birrefringencia. En muchos casos esta es la etapa de inicio donde se puede observar el comportamiento de un fluido no newtoniano utilizando el almidón. Luego el agua desaloja las cadenas de almidón desde la superficie de los cristales a medida que la temperatura aumenta; la movilidad térmica de las moléculas y la solvatación producida por las fuerzas de hinchamiento provocan una disminución de la cristalinidad por el desenrollado de las dobles hélices, hasta que la estructura granular es fragmentada casi completamente obteniéndose un sol-gel. La principal diferencia entre la preparación de geles, comidas, películas o materiales procesados de almidón termoplástico (TPS) es la cantidad de agua o plastificante durante la gelatinización o fusión de los gránulos de almidón (Ruíz, 2005).

Para la obtención del almidón termoplástico, el almidón se funde con la ayuda de una cantidad relativamente baja de agua durante el proceso de extrusión, moldeo por presión o moldeo por inyección, donde la cantidad de agua está por debajo del 20% en la mayoría de los casos. Por lo general, parte

del agua se reemplaza por mínimas cantidades de glicerina. Las diferencias en el contenido de agua, glicerina y las condiciones de procesamiento tales como: la velocidad de cizalladura y temperatura producen diferencias en la formación de la red de almidón y en la morfología del material producido. Algunos métodos comúnmente utilizados para monitorear la gelatinización son: la pérdida de birrefringencia, cambios en la viscosidad, solubilidad e hinchamiento de los gránulos, difracción de rayos X, espectroscopía por resonancia magnética nuclear y análisis térmico por DSC entre otros (Ruíz, 2005).

### ***Desestructuración***

El procedimiento de desestructuración del almidón natural consiste en transformar los gránulos de almidón semicristalino en una matriz homogénea de polímero amorfo que, por un lado, destruye los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón y, por otro, destruye la despolimerización parcial de las moléculas. Los factores físicos y químicos involucrados en este proceso son: temperatura, esfuerzo cortante, velocidad de corte, tiempo de residencia, contenido de agua y energía total aplicada. Primero se despolimeriza la amilopectina y luego se funde la amilopectina aplicando más energía. La deformación también ocurre cuando se calienta. Un aumento de temperatura aumentará la solubilidad del almidón en agua, dando lugar a una importante reacción de despolimerización en torno a los 150° C. Sin embargo, el aumento de la solubilidad solo puede confirmarse a temperaturas superiores a 190°C. Cuando se aumenta el contenido de humedad de la mezcla disminuye el grado de desestructuración (Ruíz, 2005).

En el proceso de extrusión, el efecto de cizallamiento hará que los gránulos de almidón se rompan, lo que puede demostrarse por la destrucción parcial o completa de la estructura cristalina observada por difracción de rayos X. Además, debido a que la polimerización en la cadena molecular está dispuesta de manera desordenada, la viscosidad disminuye después de la extrusión o aumenta la solubilidad del almidón en la solución, lo que ha sido probado por el cambio del valor del índice de la ley de potencia (n). Medición reológica durante la extrusión (Ruíz, 2005).

### ***Plastificantes***

Se agregan moléculas pequeñas que pueden suavizar el polímero por debajo de su temperatura de transición vítrea para reducir su cristalinidad o punto de fusión. Aunque lo mejor es no utilizar una alta proporción de agua en relación con el almidón, se recomienda utilizar agua como mejor plastificante, ya que una vez que se extrae el agua de la mezcla, una vez que está lista, se debe subir la temperatura a la temperatura del agua hirviendo, lo que puede reducir el almidón. Estructura (Koolman, 2004)

La glicerina es un alcohol con tres grupos hidroxilo. Estos grupos hidroxilo lo hacen soluble en agua. Tiene un aspecto líquido viscoso e incoloro. No es tóxico, por lo que es un buen lubricante. Su fórmula es  $C_3H_8O_3$  (Koolman, 2004)

**Tabla 1**

*Principales propiedades químicas y físicas de algunos plastificantes.*

	Glicerina	Xylol	Sorbitol	Maltiol
Número de carbonos	3	5	6	12
Peso molecular (g/mol)	92	152	182	344
Temperatura de fusión (°C)	20	94	100	157
Estabilidad al calor (°C)	>160	>160	>160	>160
Higroscopicidad	Alto	alto	Media	Media
Tg (°C)	-75	-27	0	45

Los plastificantes deben ser compatibles con el polímero formado. Ellos reducen las fuerzas intermoleculares e incrementan la movilidad de las cadenas poliméricas (Ruíz, 2005).

### ***Fibras***

Preferiblemente, la fibra se agrega al producto moldeado de almidón termoplástico o su mezcla para aumentar su flexibilidad, tenacidad, resistencia a la flexión y tensión. Las fibras pueden ser orgánicas o inorgánicas. Las fibras orgánicas incluyen fibras de celulosa obtenidas de madera, hojas de plantas, algodón y papel reciclado. Las fibras inorgánicas se pueden obtener a partir de vidrio, grafito, sílice, cerámica o metales (Ruíz, 2005).

Las fibras con alta relación de aspecto (relación de aspecto) producen una mayor resistencia mecánica a la matriz termoplástica de almidón (Ruíz, 2005)

En muchos casos, se incluyen diferentes tipos de fibras para combinar diferentes propiedades, como alta resistencia y alta ductilidad (Ruíz, 2005).

### ***Biodegradabilidad***

Al seleccionar polímeros como materiales biodegradables, se deben considerar al mismo tiempo las propiedades mecánicas y el tiempo de degradación requerido para la aplicación específica. Los factores que afectan la tasa de degradación son:

- Condiciones ambientales, como temperatura, humedad, pH.
- Las propiedades del polímero, como la presencia de enlaces químicos susceptibles de hidrólisis, hidrofobicidad, peso molecular, cristalinidad, temperatura de transición vítrea y punto de fusión.
- Las características de los microorganismos, tales como: número, especie, fuente, actividad.

La degradación de polímeros se puede definir como un cambio en la estructura química. Esto requiere una modificación considerable de sus propiedades. Hay cinco mecanismos

Degradación que pueden interactuar entre sí para producir un efecto sinérgico:

- Foto degradación.
- Oxidado por aditivos químicos.
- Degradación térmica.

- Disminución de las propiedades mecánicas.
- Degradado por microorganismos (bacterias, hongos o algas).

La biodegradabilidad ocurre durante el proceso de hidrólisis, generalmente a través de un proceso enzimático. En la primera fase, el agua penetra en el material, erosionando los enlaces químicos de la fase amorfa y transformando largas cadenas de polímero en fragmentos solubles en agua más cortos. Debido a que esto ocurre primero en la fase amorfa, el peso molecular se reduce sin pérdida de propiedades mecánicas, porque la matriz del material todavía está soportada por las regiones cristalinas. Cuando el agua comienza a descomponer el material, una mayor disminución del peso molecular da como resultado la pérdida de propiedades físicas. En la segunda etapa, ocurre el ataque enzimático y el metabolismo de los fragmentos, lo que resulta en una rápida pérdida de la calidad del polímero (Ruíz, 2005).

### ***Polímeros biodegradables***

Los polímeros biodegradables a base de almidón y otros hidruros se han convertido recientemente en el foco de numerosos estudios, dedicados a mejorar su higroscopicidad, propiedades mecánicas y propiedades de barrera para hacerlos posibles para aplicaciones de empaque (Moro, Ascheri, Ortiz, Carvalho, & Meléndez, 2019).

Para mejorar las propiedades técnicas de los polímeros biodegradables, es necesario agregar materiales que proporcionen ciertas propiedades deseables en los bioplásticos. Los costosos polímeros sintéticos biodegradables, plastificantes, fibras, proteínas, arcillas, etc. se han convertido en productos alternativos, haciendo que esta tecnología sea factible para los consumidores y

el medio ambiente de manera práctica y segura (Moro, Ascheri, Ortiz, Carvalho, & Meléndez, 2019)

Recientemente se ha lanzado al mercado la segunda generación de polímeros totalmente biodegradables, pero su costo es más alto que el de los polímeros tradicionalmente utilizados para la producción de envases. La industria se ha esforzado por reducir costos aumentando la capacidad de producción y mejorando la tecnología de procesos. Algunos de los polímeros biodegradables de esta generación son:

- Polímeros basados en almidón.
- Polilácticos.
- Polihidroxyalcanoatos.
- Policaprolactonas. (Ruíz, 2005)

### ***Modificadores químicos***

La modificación química del almidón está directamente relacionada con la reacción de hidroxilo del polímero de almidón. La reacción de éter, formación de éster, oxidación e hidrólisis de hidroxilo es adecuada para alguna modificación química del almidón (Rosales, 2016).

Generalmente, la reacción de esterificación de polisacáridos con ácidos orgánicos (como el ácido acético) es una de las conversiones más utilizadas en biopolímeros. Se recomienda el ácido acético como modificador químico porque reduce la hidrofiliidad del almidón y aporta propiedades hidrofóbicas al material (Rosales, 2016).

## Capítulo III

### Materiales y Métodos

#### Ubicación del Área De Investigación

##### *Ubicación Política*

- ❖ País: Ecuador
- ❖ Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- ❖ Cantón: Santo Domingo
- ❖ Parroquia: Luz de América
- ❖ Sector: km 24 Vía Quevedo

##### *Ubicación Ecológica*

- ❖ Zona de vida: Bosque húmedo tropical
- ❖ Altitud: 224 msnm
- ❖ Temperatura media: 24.6 ° C
- ❖ Precipitación: 2860 mm año-1
- ❖ Humedad relativa: 85%
- ❖ Heliofanía: 680 horas luz año-1
- ❖ Suelos: Francos Arenoso

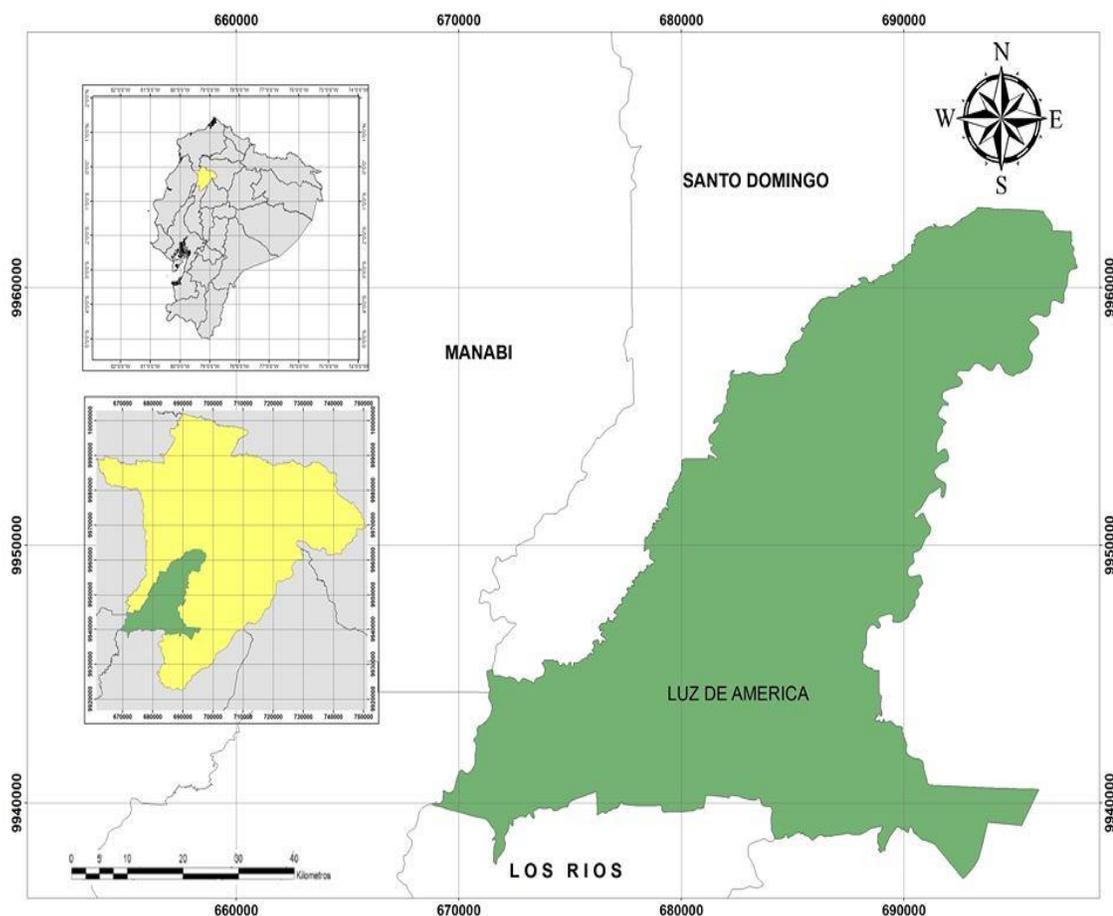
Fuente: Estación Agro meteorológica "Puerto Ila" Vía Quevedo Km 34.

## Ubicación Geográfica

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en las instalaciones (laboratorios) de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Santo Domingo.

**Figura 1**

Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación.



NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACION	CADISTA	PLANO	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
"OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE DOS VARIETADES DE MALANGA ( <i>Colocasia esculenta</i> ) Y ( <i>Xanthosoma sculentum</i> ) COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES"	PROVINCIA: SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS CANTON: SANTO DOMINGO	KEVIN MEZA	PLANO DE UBICACION	PROYECCION: UTM ZONA: 17 SUR	1/50000 FECHA: AGOSTO 2019

- ❖ Latitud: 687860,9 E
- ❖ Longitud: 9954662,9 N
- ❖ Altitud: 270 msnm

## Materiales

### *Obtención de almidón de malanga*

**Tabla 2**

*Recursos Necesarios para la obtención de almidón de malanga.*

Insumos	Equipos	Reactivos
Papel filtro	Licudora	Ninguno
Vasos de precipitación	balanza	
Matraz Erlenmeyer	Bomba al vacío	
Agua destilada	Estufa	
Cedazo		
Tamiz		

### *Elaboración del biopolímero*

**Tabla 3**

*Recursos necesarios para la obtención del biopolímero de almidón de malanga (blanca y lila)*

Equipos	Materiales/Insumos	Reactivos	Muestras
Potenciómetro	Vaso de precipitación de	Agua destilada	Almidón de malanga
Agitador	100 ml.	Glicerina	(blanca y lila)
Estufa	Varilla de vidrio	Ácido acético	
	Vidrio reloj	Urea	

### ***Determinación de Solubilidad en agua***

**Tabla 4**

*Recursos necesarios para la determinación Solubilidad en agua.*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Estufa	Vaso de precipitación de 100 ml	Lamina de biopolímero
Balanza analítica		de almidón de malanga

### ***Determinación de la Densidad***

**Tabla 5**

*Recursos necesarios para la Determinación de la Densidad del biopolímero*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Cocineta	Vasos de precipitación de 100 ml	Lamina de biopolímero
		de almidón de malanga

### ***Determinación de dureza***

**Tabla 6**

*Recursos Necesarios para la Determinación de dureza del biopolímero.*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Durómetro para plásticos	Ninguno	Ninguno	Lamina de biopolímero de almidón de malanga

**Determinación de Humedad****Tabla 7**

*Recursos necesarios para la Determinación de Humedad en el biopolímero de almidón **de malanga**.*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Estufa	Cajas petri	Ninguno	Lamina de biopolímero
Balanza analítica			de almidón de malanga

**Determinación de Ceniza****Tabla 8**

*Recursos necesarios para la determinación de Ceniza en el almidón de malanga.*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Mufla	Crisoles	Agua destilada	Lamina de biopolímero
Estufa			de almidón de malanga

**Determinación de la elasticidad.****Tabla 9**

*Recursos Necesarios para la determinación del biopolímero.*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Dinamómetro 100N	Ninguno	Ninguno	Lamina de biopolímero
			de almidón de malanga

## **Métodos**

### ***Obtención de materia prima (tubérculos de malanga)***

Para la obtención de las muestras con las que se elaborará el biopolímero se procederá a escoger la malanga de dos variedades antes mencionadas, que no presenten alteraciones en su estructura y que se encuentren en un estado óptimo de maduración.

Luego de la selección de las muestras estas se pesarán, lavarán, desinfectarán y almacenarán en fundas plásticas para ser transportadas.

### ***Método de Extracción de almidón***

- Se lavará y colocará en un recipiente apropiado
- Se pelará y cortará la malanga en trozos de tres centímetros (cm) aproximadamente
- Una vez cortada la malanga se colocará en el procesador de alimentos (molida) por dos minutos.
- El producto resultante de la molida, se filtrará en coladores de tela plástica (malla 80) para eliminar la fibra y otras partículas.
- El filtrado debe sedimentarse durante cuatro horas a 4 C°
- Transcurrido el tiempo, el filtrado debe mostrarse decantado, es decir se separada la parte solida de líquida.
- La lechada del almidón se lavará tres veces con agua destilada.
- Se procederá a secar en la estufa a 55 C° durante 24 horas.
- Se almacenará el almidón en fundas plásticas de cierre hermético (ziploc).

### ***Método de elaboración de biopolímero***

- Se colocará en un vaso de precipitación diez gramos de almidón de malanga y agregará cien mililitros (ml) de agua destilada se mezclará.
- Posteriormente se agregará diez mililitros de glicerina y quince mililitros de ácido acético 0,1 Molar.
- Se mantendrá mezcla aproximadamente diez minutos en el calentador, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. Si la viscosidad se torna demasiado alta, adicionar de dos a ocho mililitros de NaOH 0,1 Molar, para disminuir la viscosidad.
- Luego se verterá la mezcla en una bandeja; el biopolímero se dejará secar en la estufa a 40°C durante dos horas o hasta que alcance una humedad del 10-25%

### ***Análisis Físico Químico del biopolímero de almidón de malanga***

Se procedió a determinar las características de biopolímero de almidón de malanga elaborado según las normas INEN, se evaluó la densidad, humedad, cenizas, dureza y flexibilidad sumada a esto se realizó un análisis de las propiedades físico-químicas del producto obtenido.

## Diseño Experimental

### *Factores del experimento.*

**Tabla 10**

*Factores y niveles a probar en el estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga (lila y blanca) como materia prima para la producción de empaques biodegradables.*

Factores	Niveles
Variedades de malanga (A)	A1 = Blanca ( <i>Colocasia esculenta</i> ) A2 = Lila ( <i>Xanthosoma sagittifolium</i> )
Espesante (B)	B1 = Glicerina B2 = Urea
Relación agua (ml) - almidón (g) (C)	C1 = 100/5 C2 = 100/7 C3 = 100/9

## Tratamientos a comparar

**Tabla 11**

*Tratamientos a comparar en el estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga como materia prima para la producción de empaques biodegradables.*

Código	Descripción
A1B1C1	Lila – Urea – Agua-almidón 100/5
A1B1C2	Lila – Urea – Agua-almidón 100/7
A1B1C3	Lila – Urea – Agua-almidón 100/9
A1B2C1	Lila – Glicerina – Agua-almidón 100/5
A1B2C2	Lila – Glicerina – Agua-almidón 100/7
A1B2C3	Lila – Glicerina – Agua-almidón 100/9
A2B1C1	Blanca – Urea – Agua-almidón 100/5
A2B1C2	Blanca – Urea – Agua-almidón 100/7
A2B1C3	Blanca – Urea – Agua-almidón 100/9
A2B2C1	Blanca – Glicerina – Agua-almidón 100/5
A2B2C2	Blanca – Glicerina – Agua-almidón 100/7
A2B2C3	Blanca – Glicerina – Agua-almidón 100/9

### Unidades de medida

- Malanga lila y blanca: (g)
- Urea: (g)
- Glicerina: (ml)
- Agua: (ml)
- Almidón: (g)

**Tipo de diseño.**

Se empleó un modelo factorial con arreglo AXBXC, mediante ANOVA DBCA, con tres replicas

**Repeticiones**

El experimento se conformó de tres repeticiones por tratamiento con un total de 36 unidades experimentales.

**Análisis Estadístico****Esquema de análisis de varianza****Tabla 12**

*Esquema del análisis de varianza del estudio de la obtención de biopolímero a partir del almidón de dos variedades de malanga como materia prima.*

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Variedad	A-1	1
Espesante	B-1	1
Relación Agua/Almidón	C-1	2
Variedad x Espesante	(A-1)(B-1)	1
Variedad x Tipo de solvente	(A-1)(C-1)	2
Espesante x Relación Agua/Almidón	(B-1)(C-1)	2
Variedad x Espesante x Relación Ag/Al	(A-1)(B-1)(C-1)	2
Error Experimental		24
Total		35

**Análisis funcional.**

Para las variables, cuyos análisis de varianza resulten significativos se realizará la prueba de significancia de Tukey al 5 %.

**Variables a medir**

El análisis para estipular la ceniza se realizará en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE donde se determinará la ceniza del biopolímero elaborado a partir de dos variedades de malanga.

**Determinación de densidad.**

Para el análisis de densidad se realizaron los siguientes pasos

- En un vaso de precipitación de 100 ml se agrega 50 ml de agua destilada
- Se agrega una muestra de biopolímero con la masa conocida
- Obtenidos los datos, mediante la siguiente ecuación se determinará la densidad del biopolímero.

Calculo:

$$d = \frac{m(\text{gr})}{v(\text{ml})}$$

Donde:

- m: masa del biopolímero (g)
- v: volumen de agua (ml)

### Determinación de ceniza

El análisis para estipular la ceniza se realizará en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE donde se determinará la ceniza de láminas de biopolímero elaborado a partir de dos variedades de malanga

- Se evaluará mediante la esterilización de los crisoles (24 horas), luego obtener el peso constante de cada uno de los mismo.
- Pesar en cada capsula la cantidad de gramos (g) correspondiente a cada tratamiento.
- Pre calcinar la muestra en la placa de calentamiento, posteriormente colocar los crisoles con la muestra en la mufla e incinerar a 550°C por cuatro horas aproximadamente.
- Pre enfriar en la mufla apagada y si no se logran cenizas blancas o grisáceas, humedecerlas con agua destilada, secar y someter nuevamente a incineración.
- Dejar enfriar en el desecador y pesar
- Realizar los cálculos pertinentes.

Calculo:

$$\%CT = \frac{(m_{cyc} - m_{cv})}{(m_{cym_s} - m_{cv})} * 100$$

Donde:

- m<sub>cv</sub> = masa del crisol vacío en g
- m<sub>cym<sub>s</sub></sub> = masa del crisol y la muestra seca en g
- m<sub>cyc</sub> = masa del crisol y la muestra calcinada en g.

### Determinación del porcentaje de humedad.

Para la determinación de la humedad del biopolímero, se medirá 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 colocado una muestra del biopolímero.
- Colocar los crisoles con las muestras en el horno a una temperatura de 105°C 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.

Calculo:

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

Donde:

- m1 = masa del crisol más la muestra húmeda en (g)
- m2 = masa del crisol más la muestra seca en (g)
- m3: muestra húmeda

### **Determinación del porcentaje de biodegradación del biopolímero.**

Al biopolímero se le realizara la prueba del porcentaje de biodegradabilidad, misma que consisten en un proceso de composteo el cual se colocaran varias muestras de un mismo tamaño en tierra seleccionada de los alrededores del laboratorio de la cual cada 7 días se extraerá una muestra misma que se limpiara y pesara para ir determinando su biodegradabilidad.

### **Determinación de dureza**

Mediante el uso del durómetro Shore A determinaremos la dureza, el cual nos dará valores en la unidad de medida shore en cada muestra.

### **Determinación de la elasticidad.**

Con el uso del soporte universal y el dinamómetro determinaremos cuanta fuerza se necesita para llegar a estirar a punto de ruptura una muestra de biopolímero.

### **Determinación de solubilidad en agua**

Las películas secas se colocaron en agua destilada con una agitación de 100 rpm durante una hora, posterior se realizó una filtración y se colocó a la estufa en 45 °C hasta que esta seca y luego a 105 °C hasta lograr un peso constante.

$$\% \text{ Solubilidad} = \left[ \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \right] * 100$$

## Capitulo IV

### Resultados

#### Análisis de Varianza para las Variables de Estudio.

#### Análisis de Varianza para la Variable humedad

**Tabla 13**

*Análisis de Varianza para la Variable humedad*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-</i>	
				<i>F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	53,5336	1	53,5336	19,84	0,0002
B:Espesante	7918,03	1	7918,03	2934,94	0,0000
C:Relación Agua/Almidon	1940,84	2	970,422	359,70	0,0000
D:REPETICION	0,200556	2	0,100278	0,04	0,9636
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,966944	1	0,966944	0,36	0,5555
AC	12,6772	2	6,33861	2,35	0,1189
BC	261,177	2	130,589	48,40	0,0000
ABC	173,144	2	86,5719	32,09	0,0000
RESIDUOS	59,3528	22	2,69785		
TOTAL (CORREGIDO)	10419,9	35			

En la tabla 13 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en el Factor A, Factor B, Factor C y en la interacción B\*C y A\*B\*C, mientras que en la Interacción A\*B, A\*C y en la réplica no se encontró diferencia significativa.

### **Análisis de Varianza para la Variable Densidad**

**Tabla 14**

*Análisis de Varianza para la Variable Densidad*

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	0,00233611	1	0,00233611	103,94	0,0000
B:Espesante	0,0476694	1	0,0476694	2121,02	0,0000
C:Relación Agua/Almidon	0,200406	2	0,100203	4458,46	0,0000
D:REPETICION	0,0108389	2	0,00541944	2,13	0,1233
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,030625	1	0,030625	1362,64	0,0000
AC	0,00540556	2	0,00270278	120,26	0,0000
BC	0,00107222	2	0,000536111	23,85	0,0000
ABC	0,0187167	2	0,00935833	416,39	0,0000
RESIDUOS	0,000494444	22	0,0000224747		
TOTAL (CORREGIDO)	0,317564	35			

En la tabla 14 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en cada uno de los factores e interacciones, mientras que en la réplica no se encontró diferencia significativa.

### **Análisis de Varianza para la Variable dureza**

**Tabla 15**

*Análisis de Varianza para la Variable dureza*

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	2,30028	1	2,30028	3,27	0,0842
B:Espesante	13,5669	1	13,5669	19,29	0,0002
C:Relación Agua/Almidon	6,23389	2	3,11694	4,43	0,0241
D:REPETICION	3,53389	2	1,76694	2,51	0,1041
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,666944	1	0,666944	0,95	0,3407
AC	5,35056	2	2,67528	3,80	0,0381
BC	2,15056	2	1,07528	1,53	0,2389
ABC	0,333889	2	0,166944	0,24	0,7907
RESIDUOS	15,4728	22	0,703308		
TOTAL (CORREGIDO)	49,6097	35			

En la tabla 15 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en el Factor B, Factor C y en la interacción A\*C, mientras que en Factor A, Interacción A\*B, B\*C y A\*B\*C, y en la réplica no se encontró diferencia significativa.

### Análisis de Varianza para la variable Ceniza

**Tabla 16**

*Análisis de Varianza para la Variable Ceniza*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-</i>	
				<i>F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	10,7256	1	10,7256	1,06	0,3144
B:Espesante	10,6385	1	10,6385	1,05	0,3163
C:Relación Agua/Almidon	51,9846	2	25,9923	2,57	0,0994
D:REPETICION	2443,94	2	1221,97	1,79	0,2100
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	21,638	1	21,638	2,14	0,1577
AC	18,4626	2	9,23132	0,91	0,4162
BC	24,5124	2	12,2562	1,21	0,3169
ABC	16,9637	2	8,48184	0,84	0,4457
RESIDUOS	222,562	22	10,1165		
TOTAL (CORREGIDO)	2821,42	35			

En la tabla 16 del análisis de varianza se puede apreciar que no existe diferencia significativa en cada uno de los factores e interacciones, así mismo en las réplicas.

## Análisis de Varianza para la Variable Solubilidad

**Tabla 17**

*Análisis de Varianza para la Variable Solubilidad*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-</i>	
				<i>F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	0,000277778	1	0,000277778	0,01	0,9332
B:Espesante	21,0069	1	21,0069	543,00	0,0000
C:Relación Agua/Almidon	6,73722	2	3,36861	87,07	0,0000
D:REPETICION	0,0688889	2	0,0344444	0,89	0,4248
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0136111	1	0,0136111	0,35	0,5591
AC	0,167222	2	0,0836111	2,16	0,1390
BC	1,90722	2	0,953611	24,65	0,0000
ABC	0,0238889	2	0,0119444	0,31	0,7375
RESIDUOS	0,851111	22	0,0386869		
TOTAL (CORREGIDO)	30,7764	35			

En la tabla 17 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en el Factor B, Factor C y en la interacción B\*C, mientras que en Factor A, interacciones A\*B, A\*C, A\*B\*C y réplica no se encontró diferencia significativa.

### Análisis de Varianza para la Variable elasticidad

**Tabla 18**

*Análisis de Varianza para la Variable Índice de elasticidad*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-</i>	
				<i>F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	0,000277778	1	0,000277778	0,01	0,9332
B:Espesante	21,0069	1	21,0069	543,00	0,0000
C:Relación Agua/Almidon	6,73722	2	3,36861	87,07	0,0000
D:REPETICION	0,0688889	2	0,0344444	0,89	0,4248
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0136111	1	0,0136111	0,35	0,5591
AC	0,167222	2	0,0836111	2,16	0,1390
BC	1,90722	2	0,953611	24,65	0,0000
ABC	0,0238889	2	0,0119444	0,31	0,7375
RESIDUOS	0,851111	22	0,0386869		
TOTAL (CORREGIDO)	30,7764	35			

En la tabla 18 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en el Factor B, Factor C y en la interacción B\*C, mientras que en Factor A, interacciones A\*B, A\*C, A\*B\*C y réplica no se encontró diferencia significativa.

## Análisis de Varianza para la Variable de biodegradación

**Tabla 19**

*Análisis de Varianza para la Variable porcentaje de biodegradación*

Fuente	SC	GI	CM	Razón-	
				F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Variedad de Malanga	2,77778	1	2,77778	4,52	0,0450
B:Espesante	1449,07	1	1449,07	2356,02	0,0000
C:Relación Agua/Almidon	766,416	2	383,208	623,05	0,0000
D:REPETICION	0,575556	2	0,287778	0,47	0,6324
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	17,0844	1	17,0844	27,78	0,0000
AC	24,8289	2	12,4144	20,18	0,0000
BC	22,2156	2	11,1078	18,06	0,0000
ABC	31,8822	2	15,9411	25,92	0,0000
RESIDUOS	13,5311	22	0,615051		
TOTAL (CORREGIDO)	2328,38	35			

En la tabla 19 del análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en el Factor A, Factor B, Factor C y en la interacción A\*B, A\*C, B\*C y A\*B\*C, mientras que en la réplica no se encontró diferencia significativa.

### Prueba de Significancia de Tukey $p < 0.05$ para los Factores en Estudio

#### *Prueba de Significancia de Tukey del Factor A*

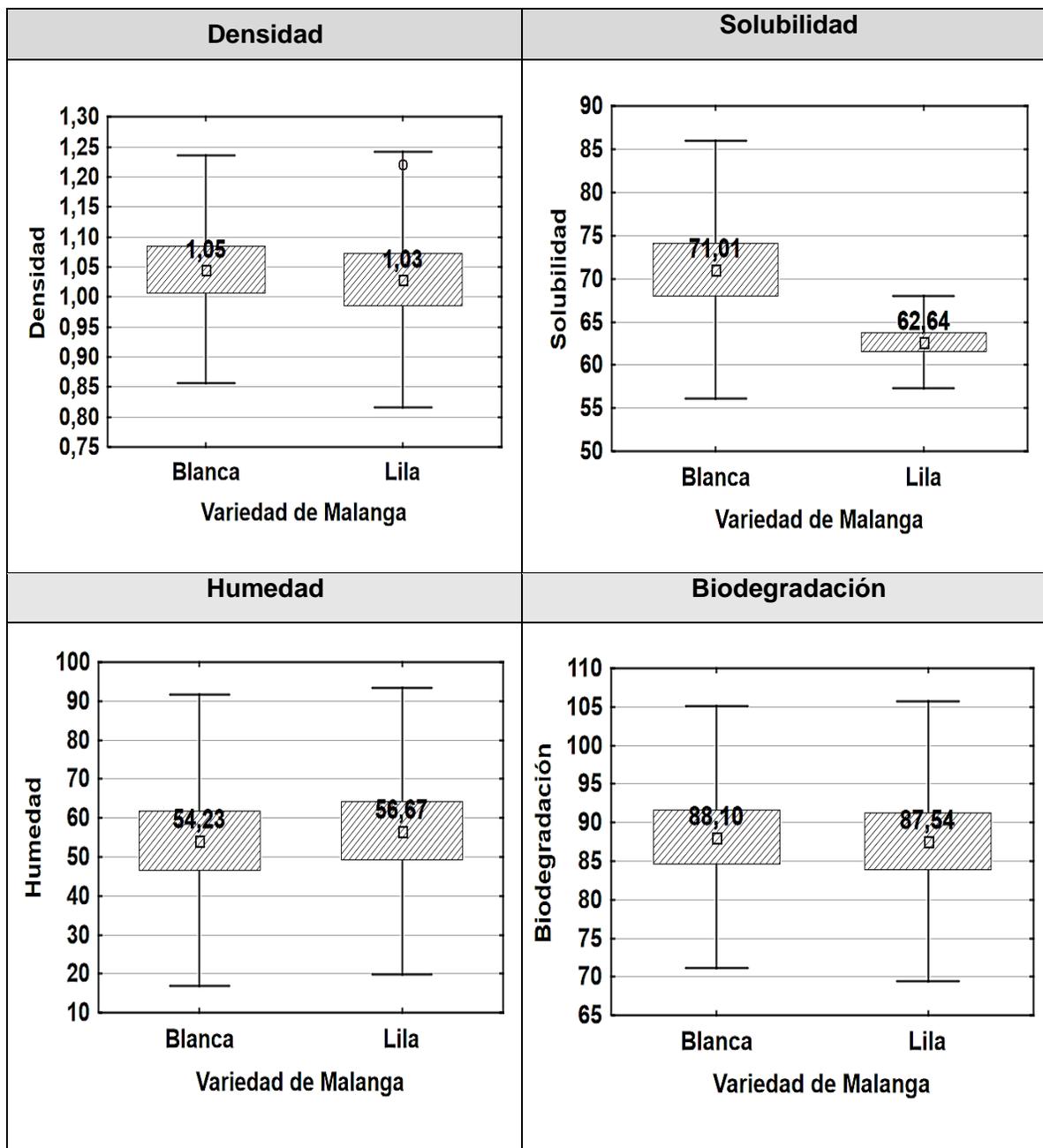
**Tabla 20**

*Prueba de Tukey para el Factor A (Variedad)*

Variedad de Malanga	Dureza	Densidad	Solubilidad	Ceniza	Humedad	Biodegradación	Elasticidad
V1= Variedad Blanca	7,69 <sup>A</sup>	1,05 <sup>B</sup>	71,01 <sup>B</sup>	63,95 <sup>A</sup>	54,23 <sup>A</sup>	88,10 <sup>B</sup>	1,77 <sup>A</sup>
V2= Variedad Lila	8,20 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>	62,64 <sup>A</sup>	62,86 <sup>A</sup>	56,67 <sup>B</sup>	87,10 <sup>A</sup>	1,77 <sup>A</sup>

Figura 2

Prueba de Tukey para el Factor A (Variedad)



En la figura 2. Se puede observar los resultados de las variables que presentaron diferencia significativa de los análisis fisicoquímicos en cuanto a la variedad de malanga (Factor A).

Se pudo observar que para la variable densidad se presentó el valor más bajo en la variedad de malanga lila (1,03), mientras que una mayor densidad se pudo observar en la variedad de malanga blanca (1,05)

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar que la menor solubilidad se obtuvo en la variedad de malanga lila con (62,64), mientras que una mayor solubilidad se pudo determinar en la variedad de malanga blanca con (71,01)

Según los resultados obtenidos de humedad, se pudo observar que la malanga blanca presenta una menor humedad siendo esta (54,23), mientras que la malanga lila mostró una humedad más alta siendo esta de (56,67).

En cuanto a la biodegradación, se determinó que la malanga lila presenta una menor degradación, correspondiente al (84,57), mientras que una mayor degradación se mostró en la malanga blanca con (88,10)

**Prueba de Significancia de Tukey del Factor B**

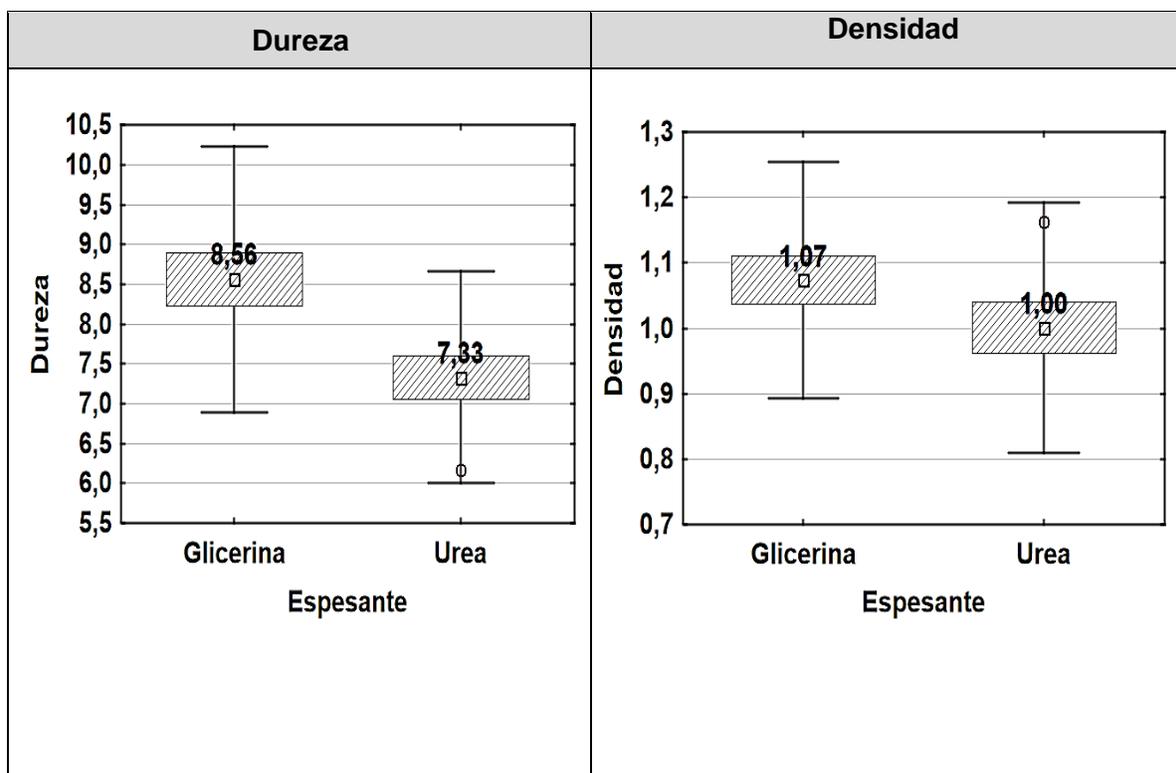
**Tabla 21**

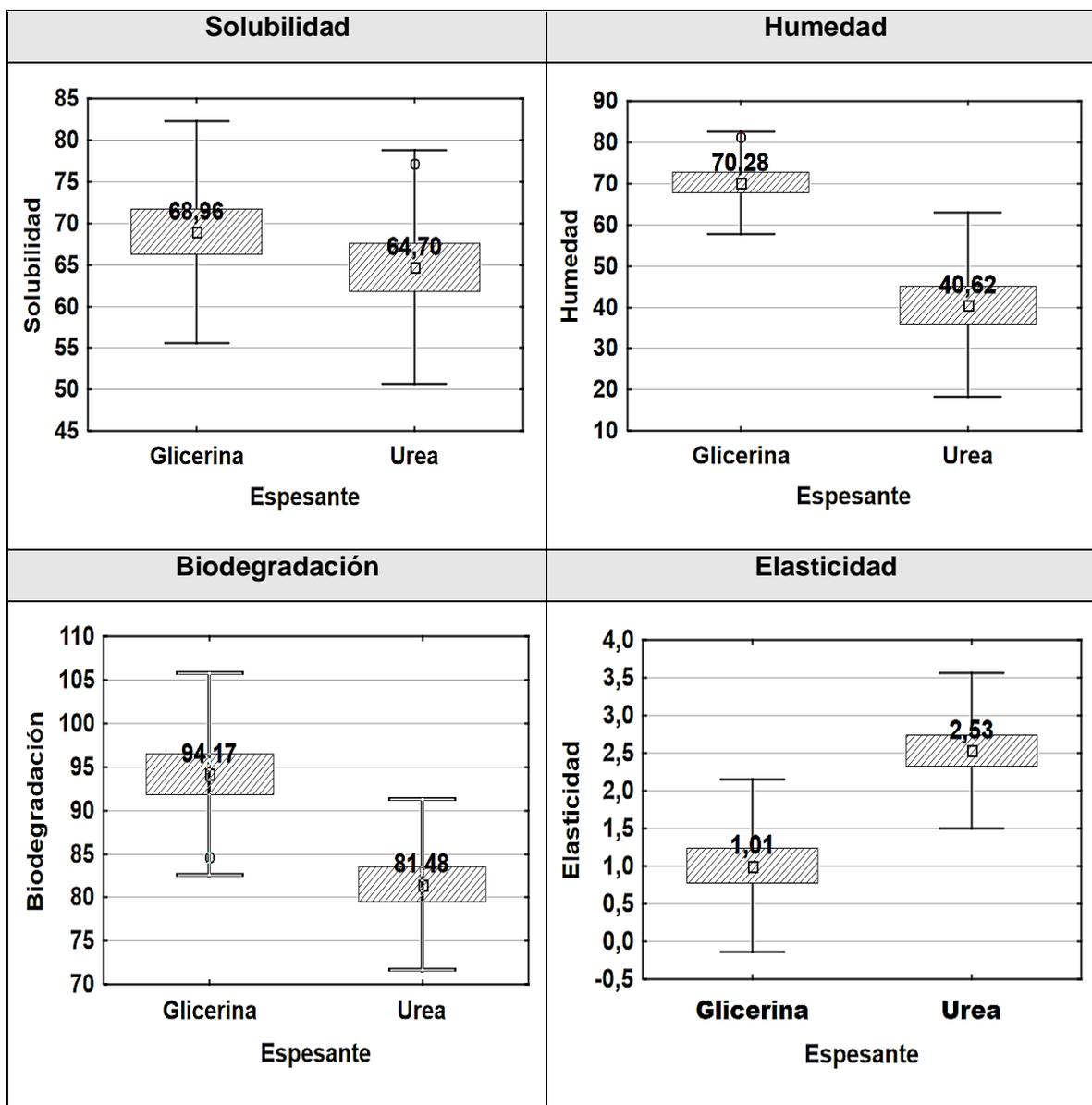
*Prueba de Tukey para el Factor B (Espesante)*

<b>Espesante</b>	<b>Dureza</b>	<b>Densidad</b>	<b>Solubilidad</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Humedad</b>	<b>Biodegradación</b>	<b>Elasticidad</b>
e0: Glicerina	8,56 <sup>B</sup>	1,07 <sup>B</sup>	68,96 <sup>B</sup>	63,95 <sup>A</sup>	70,28 <sup>B</sup>	94,17 <sup>B</sup>	1,01 <sup>A</sup>
e1: Urea	7,33 <sup>A</sup>	1,00 <sup>A</sup>	64,70 <sup>A</sup>	62,86 <sup>A</sup>	40,62 <sup>A</sup>	81,48 <sup>A</sup>	2,53 <sup>B</sup>

**Figura 3**

*Prueba de Tukey para el Factor B (Espesante)*





En la figura 3. Se puede observar los resultados de las variables que presentaron diferencia significativa de los análisis fisicoquímicos en cuanto al tipo de espesante (Factor B).

En lo que concierne a la variable dureza, se permitió mostrar que la mayor dureza se presentó al usar como espesante la glicerina con un valor de (8,56), mientras que una menor dureza se demostró con el uso de la Urea como espesante dando resultado de (7,33).

Se pudo observar que para la variable densidad se presentó el valor más bajo al usar la Urea como espesante con un valor de (1,00), mientras que una mayor densidad se obtuvo al aplicar la glicerina como espesante dando una densidad de (1,07).

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar que la menor solubilidad se obtuvo al usar urea (65,70), mientras que una mayor solubilidad se pudo determinar al usar como espesante glicerina con (69,96).

Según los resultados obtenidos de humedad, se pudo observar que al usar urea presenta una menor humedad siendo esta (40,62), mientras que el uso de glicerina mostró una humedad más alta siendo esta de (70,28).

En cuanto a la biodegradación, se determinó que al usar urea presenta una menor degradación, correspondiente al (81,48), mientras que una mayor degradación se mostró con el uso de glicerina siendo esta biodegradación (94,17)

Para la variable elasticidad al usar glicerina se pudo observar un bajo, siendo este de (1,01), mientras que una mayor elasticidad se pudo observar al usar urea como espesante dando un valor de (2,53)

**Prueba de Significancia de Tukey del Factor C**

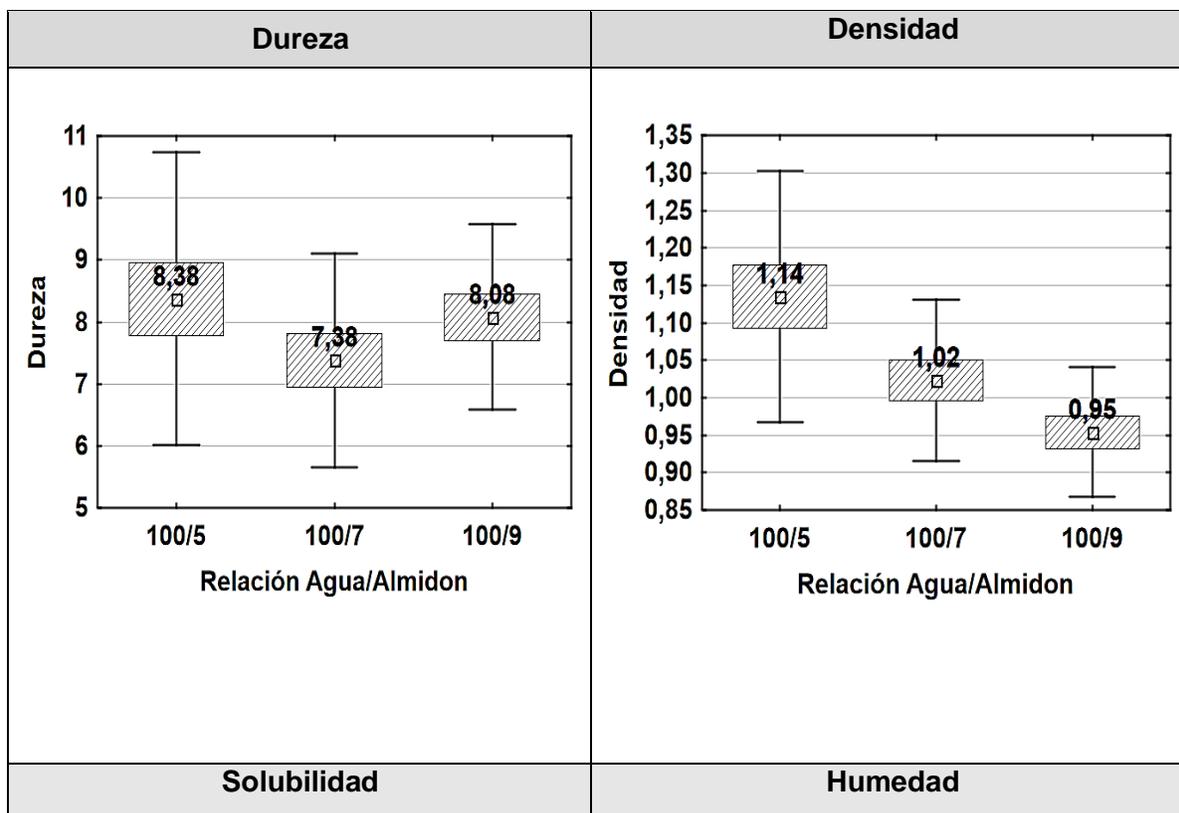
**Tabla 22**

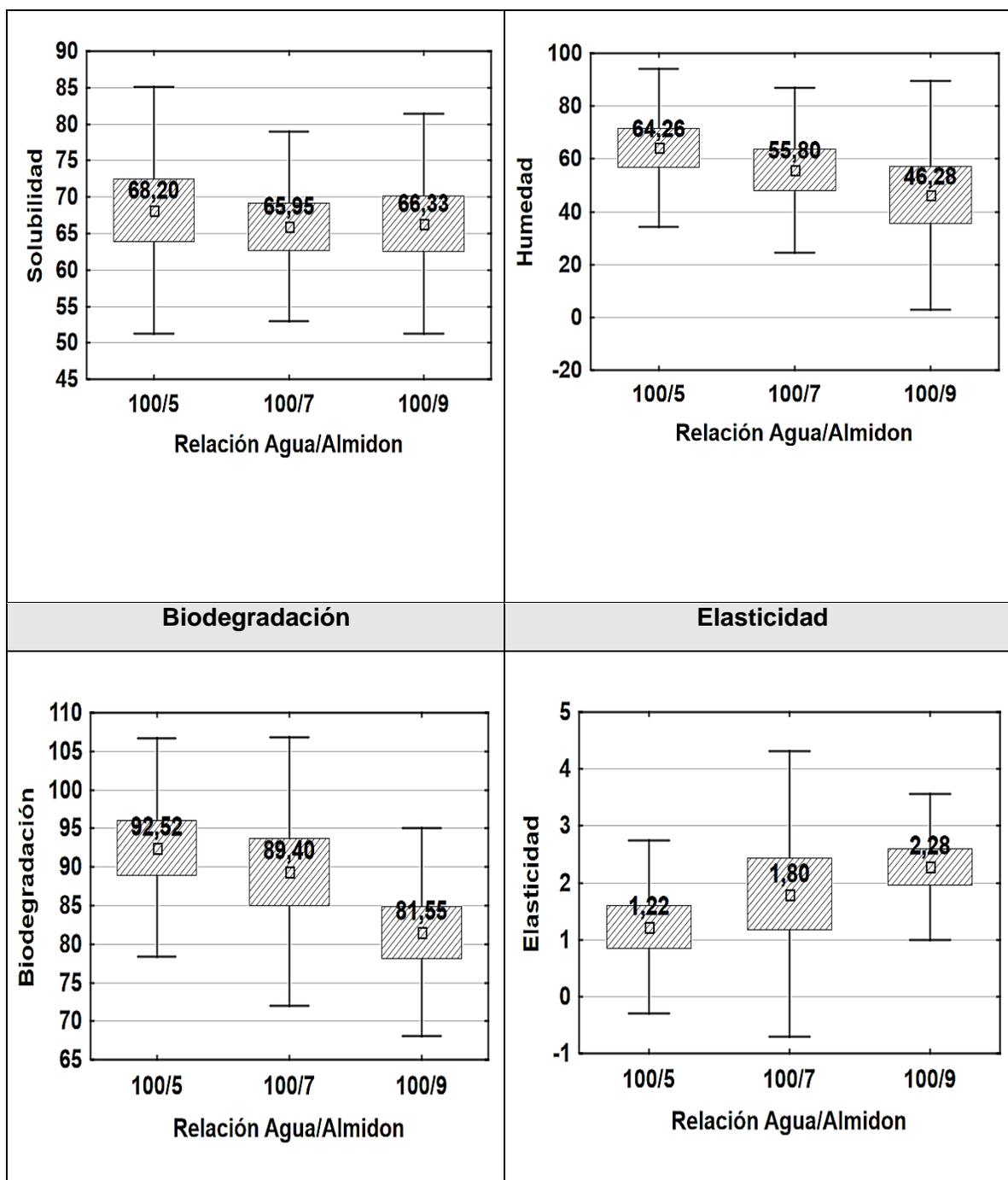
*Prueba de Tukey para el Factor C (Relación agua-almidón)*

Relación Agua/Almidón	Dureza	Densidad	Solubilidad	Ceniza	Humedad	Biodegradación	Elasticidad
a0: 100/5	8,38 <sup>B</sup>	1,14 <sup>C</sup>	68,20 <sup>B</sup>	64,02 <sup>A</sup>	64,26 <sup>C</sup>	94,17 <sup>B</sup>	1,01 <sup>A</sup>
a1: 100/7	8,08 <sup>A</sup>	1,02 <sup>B</sup>	65,95 <sup>A</sup>	61,72 <sup>A</sup>	55,80 <sup>B</sup>	81,48 <sup>A</sup>	2,53 <sup>B</sup>
a2: 100/9	8,38 <sup>AB</sup>	0,95 <sup>A</sup>	66,33 <sup>A</sup>	64,47 <sup>A</sup>	46,28 <sup>A</sup>	81,48 <sup>A</sup>	2,53 <sup>B</sup>

**Figura 4**

*Prueba de Tukey para el Factor C (Relación agua-almidón)*





En la figura 4. Se puede observar los resultados de las variables que presentaron diferencia significativa de la relación Agua/Almidón (Factor c).

En lo que concierne a la variable dureza, se permitió mostrar que la mayor dureza se presentó en la relación 100/7 con un valor de (7,38), mientras

que una menor dureza se demostró con la relación 100/5 dando resultado de (8,38).

Se pudo observar que para la variable densidad se presentó el valor más bajo al usar la relación 100/9 (0,95), mientras que una mayor densidad se obtuvo al aplicar la relación 100/5, resultando una densidad de (1,14).

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar que la menor solubilidad se obtuvo al usar la relación 100/7 (65,95), mientras que una mayor solubilidad se pudo determinar al usar la relación 100/5 con (68,20).

Según los resultados obtenidos de humedad, se pudo observar que al usar la relación 100/9 presenta una menor humedad siendo esta (46,28), mientras que al usar una relación 100/5 mostró una humedad más alta siendo esta de (64,26).

En cuanto a la biodegradación, se determinó que al usar una relación 100/9 se presentó una menor biodegradación, correspondiente al (81,55), mientras que una mayor biodegradación se mostró con el de una relación 100/5 esta (92,52).

Para la variable elasticidad al usar la relación 100/5 se pudo observar un valor bajo, siendo este de (1,22), mientras que una mayor elasticidad se pudo observar al usar la relación 100/9 dando un valor de (2,28)

**Prueba de Significancia de Tukey de la Interacción A\*B\*C**

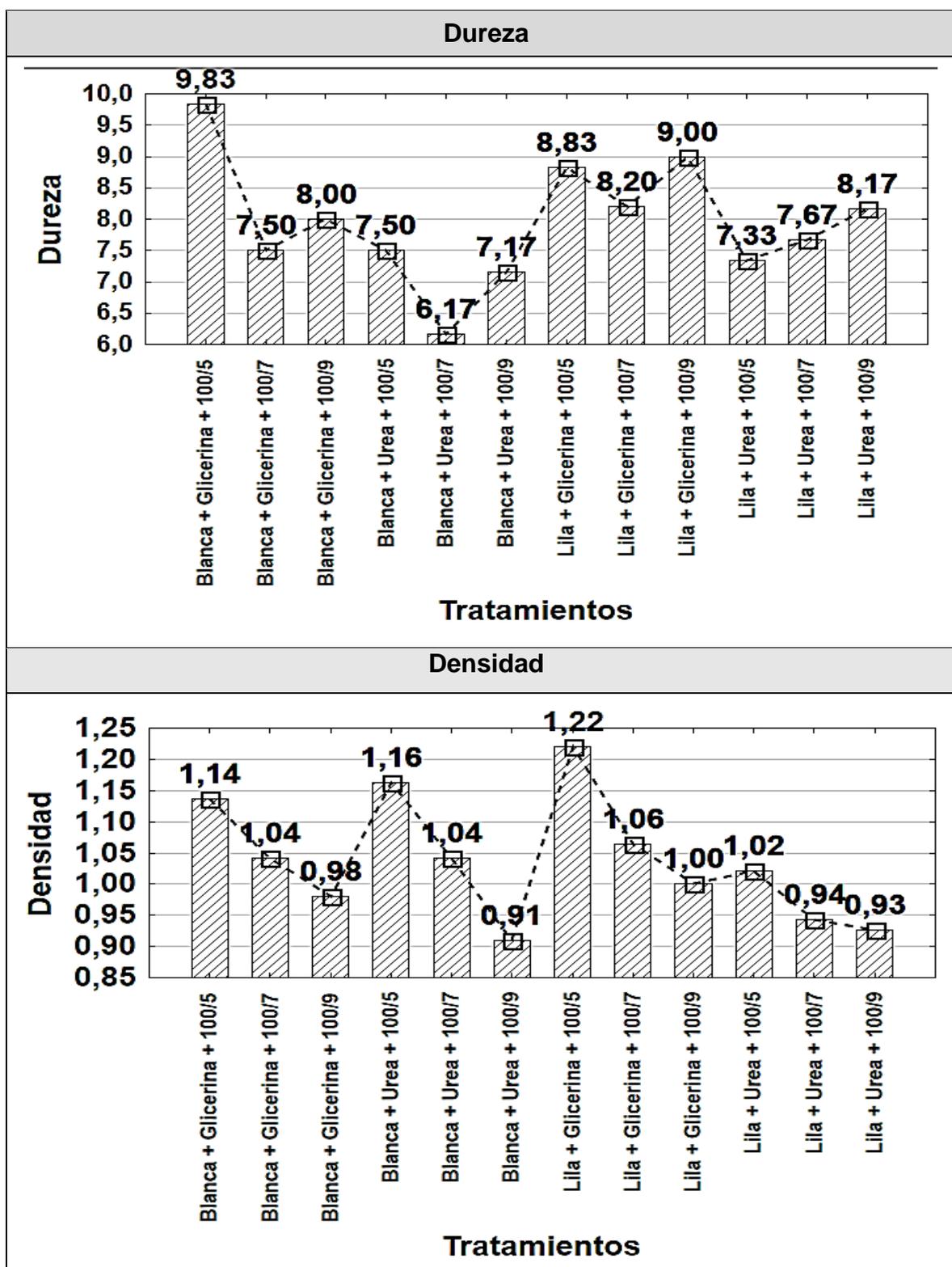
**Tabla 23**

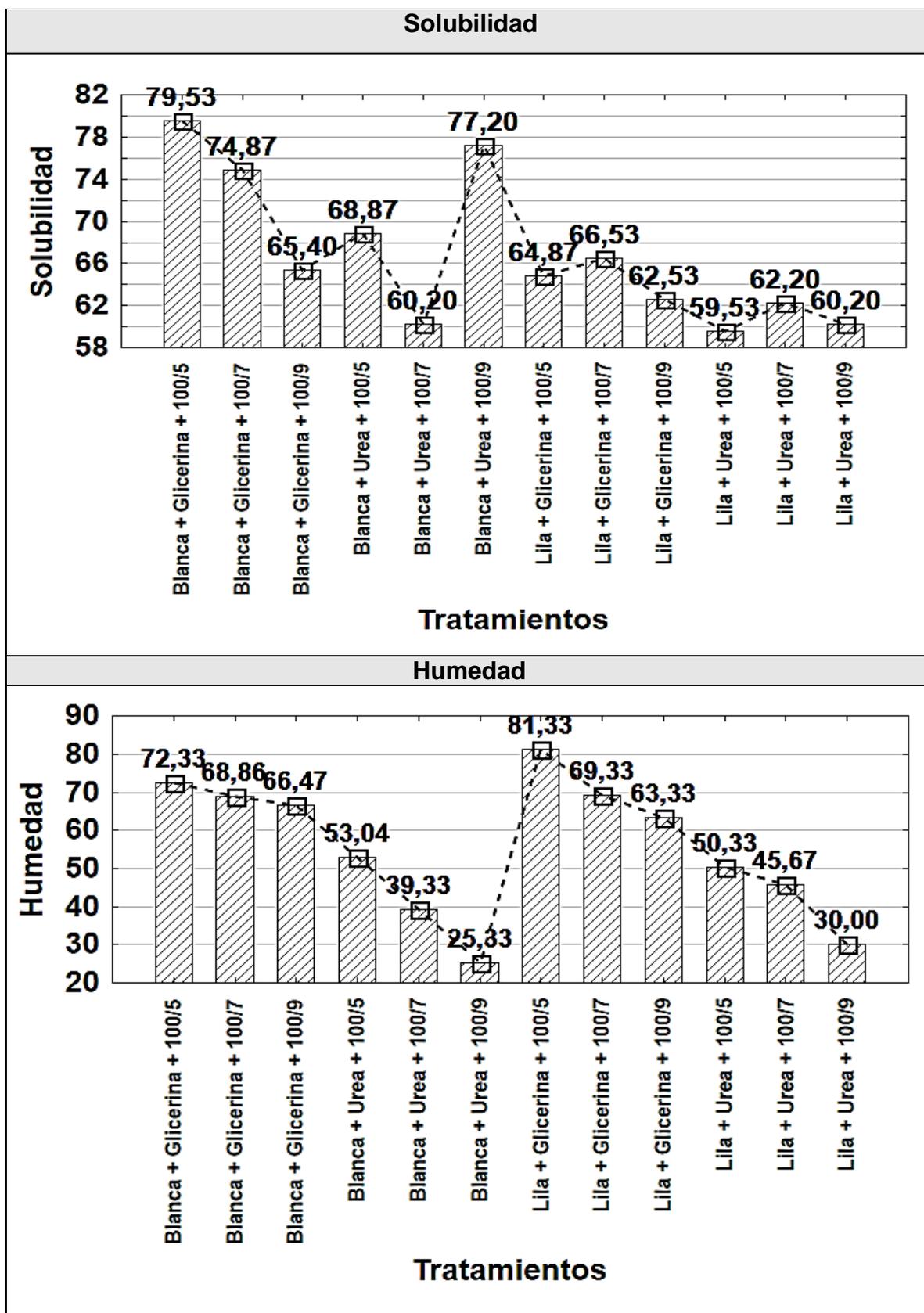
*Prueba de Tukey para la Interacción A\*B\*C (Variedad\* Espesante\*Relación almidon-agua)*

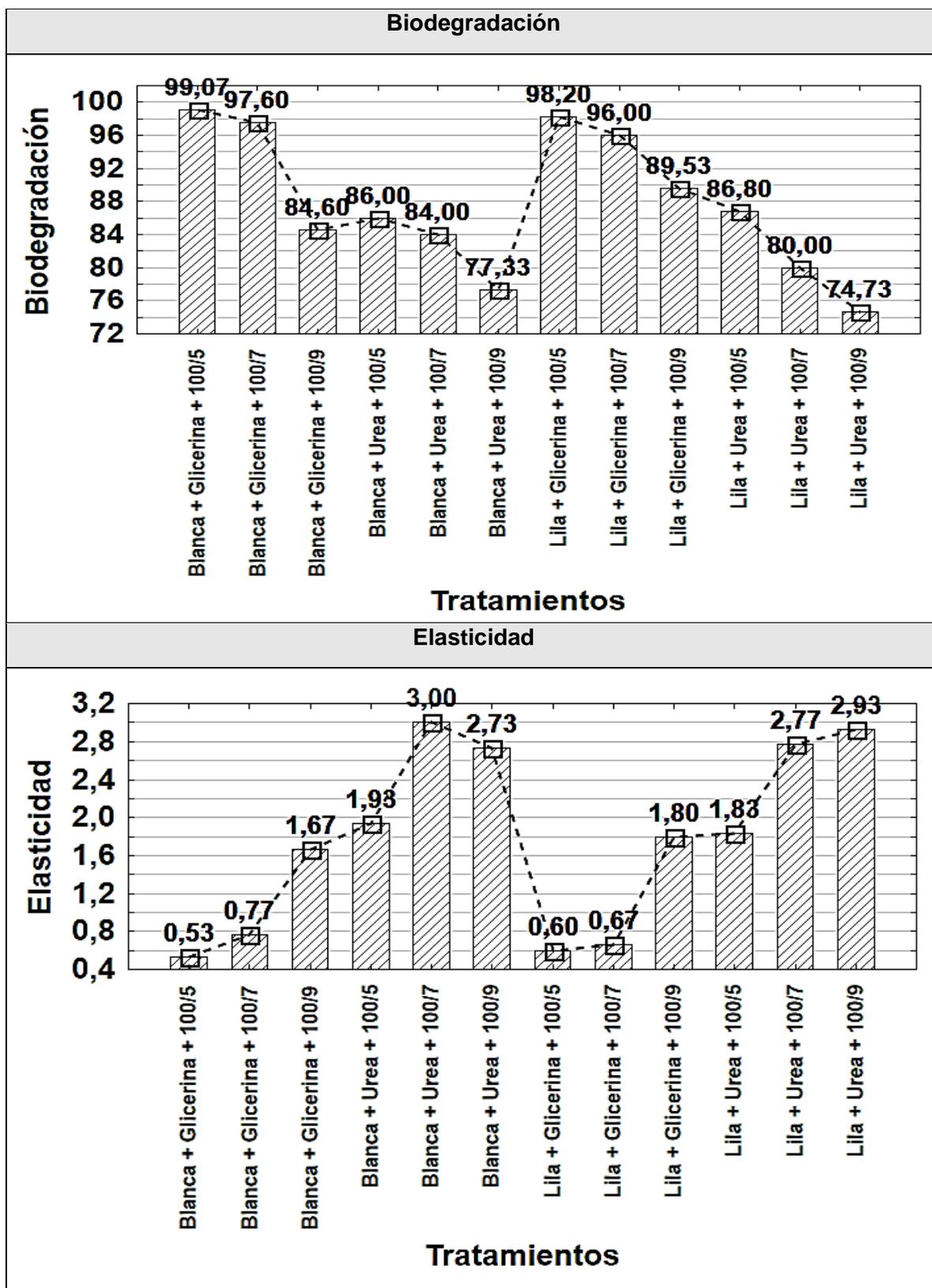
Relación Agua/Almidón	Dureza	Densidad	Solubilidad	Ceniza	Humedad	Biodegradación	Elasticidad
a0b0c0: Blanca + Glicerina + 100/5	9,83 <sup>C</sup>	1,14 <sup>I</sup>	79,53 <sup>G</sup>	63,82 <sup>A</sup>	72,33 <sup>G</sup>	99,07 <sup>H</sup>	0,53 <sup>A</sup>
a0b0c1: Blanca + Glicerina + 100/7	7,50 <sup>ABC</sup>	1,04 <sup>G</sup>	74,87 <sup>F</sup>	63,02 <sup>A</sup>	68,86 <sup>FG</sup>	97,60 <sup>GH</sup>	0,77 <sup>A</sup>
a0b0c2: Blanca + Glicerina + 100/9	8,00 <sup>ABC</sup>	0,98 <sup>D</sup>	65,40 <sup>D</sup>	64,31 <sup>A</sup>	66,47 <sup>EF</sup>	84,60 <sup>DE</sup>	1,67 <sup>B</sup>
a0b1c0: Blanca + Urea + 100/5	7,50 <sup>ABC</sup>	1,16 <sup>J</sup>	68,87 <sup>E</sup>	65,21 <sup>A</sup>	53,04 <sup>D</sup>	86,00 <sup>DE</sup>	1,93 <sup>B</sup>
a0b1c1: Blanca + Urea + 100/7	6,17 <sup>A</sup>	1,04 <sup>G</sup>	60,20 <sup>AB</sup>	63,32 <sup>A</sup>	39,33 <sup>B</sup>	84,00 <sup>D</sup>	3,00 <sup>C</sup>
a0b1c2: Blanca + Urea + 100/9	7,17 <sup>AB</sup>	0,91 <sup>A</sup>	77,20 <sup>FG</sup>	64,01 <sup>A</sup>	25,33 <sup>A</sup>	77,33 <sup>B</sup>	2,73 <sup>C</sup>
a1b0c0: Lila + Glicerina + 100/5	8,83 <sup>BC</sup>	1,22 <sup>K</sup>	64,87 <sup>CD</sup>	62,36 <sup>A</sup>	81,33 <sup>H</sup>	98,20 <sup>GH</sup>	0,60 <sup>A</sup>
a1b0c1: Lila + Glicerina + 100/7	8,20 <sup>ABC</sup>	1,06 <sup>H</sup>	66,53 <sup>DE</sup>	63,62 <sup>A</sup>	69,33 <sup>FG</sup>	96,00 <sup>G</sup>	0,67 <sup>A</sup>
a1b0c2: Lila + Glicerina + 100/9	9,00 <sup>BC</sup>	1,00 <sup>E</sup>	62,53 <sup>BC</sup>	65,54 <sup>A</sup>	63,33 <sup>E</sup>	89,53 <sup>F</sup>	1,80 <sup>B</sup>
a1b1c0: Lila + Urea + 100/5	7,33 <sup>AB</sup>	1,02 <sup>F</sup>	59,53 <sup>A</sup>	64,02 <sup>A</sup>	50,33 <sup>CD</sup>	86,80 <sup>E</sup>	1,83 <sup>C</sup>
a1b1c1: Lila + Urea + 100/7	7,67 <sup>ABC</sup>	0,94 <sup>C</sup>	62,20 <sup>B</sup>	61,72 <sup>A</sup>	45,67 <sup>C</sup>	80,00 <sup>C</sup>	2,77 <sup>C</sup>
a1b1c2: Lila + Urea + 100/9	8,17 <sup>ABC</sup>	0,93 <sup>B</sup>	60,20 <sup>B</sup>	64,47 <sup>A</sup>	30,00 <sup>A</sup>	74,73 <sup>A</sup>	2,93 <sup>C</sup>

Figura 5

Prueba de significancia de Tukey de los resultados de las variables para de la interacción A\*B\*C (Variedad\* Espesante\*Relación almidon-agua).







En la figura 5. Se puede observar los resultados de las variables que presentaron diferencia significativa de las interacciones A\*B\*C (Variedad\* Espesante\*Relación almidon-agua).

En lo que concierna a la variable dureza, se permitió mostrar que la mayor dureza se presentó en la interacción de Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de (9,83), mientras que una menor dureza se demostró la interacción Blanca + Urea + 100/7 dando resultado de (6,17).

Se pudo observar que para la variable densidad se presentó el valor más bajo la interacción Blanca + Urea + 100/9 con un valor de (0,91), mientras que una mayor densidad se obtuvo en Lila + Glicerina + 100/5, resultando una densidad de (1,22).

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar que la menor solubilidad se obtuvo al interactuar Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de (79,53), mientras que una mayor solubilidad se pudo determinar en Lila + Urea + 100/5 (59,53).

Según los resultados obtenidos de humedad, se pudo observar que al interactuar Blanca + Urea + 100/9 presenta una menor humedad siendo esta (25,33), mientras que en la interacción Lila + Glicerina + 100/5 mostró una humedad más alta siendo esta de (81,33).

En cuanto a la biodegradación, se determinó que al interactuar Lila + Urea + 100/9 se presentó una menor biodegradación, correspondiente al (74,73), mientras que una mayor biodegradación se mostró en Blanca + Glicerina + 100/5 con valor de (99,07). Para la variable elasticidad al interactuar Blanca + Glicerina + 100/5 se pudo observar un valor bajo, siendo este de (0,53), mientras que una mayor elasticidad se pudo observar al interactuar blanca + Urea + 100/7 dando un valor de (3,00)

## Capítulo VI

### Discusión

#### Con Respecto al Factor A (Variedad)

En lo que corresponde al estudio se logró observar que para la variable densidad se presentó un valor mayor en la malanga blanca de ( $1,05 \text{ g/cm}^3$ ) mientras que un valor más bajo en la malanga lila ( $1,03 \text{ g/cm}^3$ ). Estos valores se encuentran dentro del rango comparado con los termoplásticos de polietileno así lo determina De los Angeles, (2016) en su investigación el cual presento valores de  $0,93 \text{ g/cm}^3$ . En otras palabras, este biopolímero tiene la capacidad de ser competente en el mercado para reemplazar materiales a base petróleo.

En el caso de la variable porcentaje solubilidad, se pudo determinar que hubo menor solubilidad en la variedad de malanga lila con (62,64%), mientras que en el caso la variedad de malanga blanca tuvo una mayor solubilidad con (71,01%), dice Acosta (2011) en su investigación que es determinante calcular la solubilidad en agua y el porcentaje humedad de las películas que son a base de almidón, porque en muchos casos, estas películas deben ser impermeables para poder mantener la integridad del producto recubierto, sin embargo, en otros casos, deben ser solubles debido a la presencia de aditivos. Esta propiedad nos da la idea sobre la resistencia de las películas cuando se van a exponer al agua.

Para la variable de porcentaje humedad, se pudo observar que la malanga blanca presenta una menor humedad siendo esta (54,23%), y la malanga lila mostró una humedad más alta siendo esta de (56,67%). Peñaranda, Perilla, & Algecira(2008) dice que un alto contenido en amilosa provoca mayor fuerza de atracción entre los granos de almidón, esto impide la

penetración de agua dentro de los gránulos, retrasando lógicamente el proceso de gelatinización durante el proceso de extrusión, lo que podemos observar en el análisis del porcentaje de amilasa para la cual en la malanga blanca es de 23.52% y la malanga lila 22.90%, determinando que a mayor cantidad de amilasa menor humedad.

Para el caso del porcentaje de biodegradación, se obtuvo como resultado que la malanga blanca tuvo una biodegradación de 88.10% a los 35 días de estudio mayor que la malanga lila la cual presenta una degradación correspondiente al (84,57 %) a los 35 días. De los angeles (2016) obtuvo resultados que fueron del 90% a los 45 días por lo que se considera que la degradabilidad del biopolímero obtenido es muy buena. Esto se debe ya que las características mecánicas de estos biopolímeros son habitualmente menores a la de los polímeros derivados de petróleo y así su facilidad ser procesados, lo que los hace vulnerables a la degradación. Es por eso que el rango de aplicaciones de estos biopolímeros no es tan amplio.

### **Con Respecto al Factor B (Espesante)**

Para el estudio del Factor espesante, se observó que para la variable dureza estos valores fueron comparados con la escala de dureza de los plásticos en escala Shore A, lo cual no indica que esta en el rango como plásticos blandos según la norma Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868) la que dice que para tengan precisión los resultados deben estar en el rango de más de 8 HS lo cual muestra que la dureza del biopolímero con el uso de glicerina cumple con la normativa ya que presentó un valor de (8,56 HS), mientras que no es el caso con el uso de la Urea como espesante dio como resultado de (7,33 HS)

En la variable densidad se observó que al aplicar la glicerina dio un valor de (1,07) y un valor más bajo al usar la Urea de (1,00). Ruiz (2005) determina en su investigación que cuando el contenido de glicerina es de un 5%, la mezcla se hace más viscosa, ya que la distancia que se encuentran las macromoléculas es mucho menor debido a la cantidad de almidón y en el caso del uso de urea de un 5%, su distancia aumenta en mayor proporción.

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar al usar urea fue del 65,70%, mientras que al usar como espesante glicerina fue de 69,96%, en el porcentaje de humedad, al usar urea presenta un (40,62%) una humedad en el caso de la glicerina mostró una humedad más alta siendo esta de (70,28%), Charro (2015) en su investigación de biopolímero a partir de almidón papa obtuvo resultados de 23.65% de solubilidad y porcentaje de humedad de 35.7%, estos resultados pueden diferir de acuerdo a la cantidad de glicerina aplicada en la elaboración y de la especie donde se extrajo el almidón, ya que la solubilidad determina la aplicación de una película de biopolímero; ya que, si contamos con una película altamente soluble su función puede ser una cubierta comestible hasta servir recubrimiento de medicamentos para lo cual se precisa que se disuelvan.

En cuanto a la biodegradación, se presentó una correspondiente al (81,48%), mientras que la degradación con el uso de glicerina fue de (94,17%), Charro (2015) y Ruiz (2005) dicen que, en la elaboración de las películas biodegradables, el uso glicerina en comparación a la urea como espesante - plastificante tiene la habilidad de crear laminas, pero su propiedad hidrofilia le

permite absorber con mucha facilidad la humedad del ambiente, y lo que provoca que se desintegra la película formada.

Para la variable elasticidad al usar glicerina se pudo observar este fue de (1,01N), mientras que al usar urea como espesante dio un valor de (2,53N) (Garcia, 2015) dice que la resistencia que determina la norma ASTM D 638 para plásticos es de 14 a 140 N por ello se determina que las propiedades físicas en la elasticidad del biopolímero son menores en comparación con los plásticos comerciales.

### **Con Respecto al Factor C (Relación almidón-agua)**

Se pudo observar que para la variable densidad se presentó el valor más bajo al usar la relación 100/9 (0,95 gr/cm<sup>3</sup>), mientras que una mayor densidad se obtuvo al aplicar la relación 100/5, resultando una densidad de (1,14 gr/cm<sup>3</sup>). Coincidiendo con Bejarano (2018) en su investigación tuvo resultados de 1.16 gr/cm<sup>3</sup>, dicho resultado se debe que el aumento de la cantidad del almidón reduce la densidad del polímero biodegradable esto debido al hinchamiento del almidón el que crea un mayor volumen.

Según los resultados obtenidos de humedad, se pudo observar que al usar la relación 100/9 presenta una humedad de (46,28%), mientras que al usar una relación 100/5 mostró una humedad de (64,26) %. Con lo que respecta a porcentaje de solubilidad, se pudo determinar que en la relación 100/7 se obtuvo un 65,95%, mientras que al usar la relación 100/5 hubo solubilidad de 68,20%.

A mayor cantidad de almidón su solubilidad en agua y humedad será menor, influyendo en el uso del biopolímero al que vaya destinado según Charro (2015) quien obtuvo resultados de 49,80% de solubilidad en agua y 35.23% de humedad con relación de 100/15.

En lo que concierne a la variable dureza, se presentó en la relación 100/7 con un valor de (7,38), mientras que con la relación 100/5 dando resultado de (8,38) y para la variable elasticidad al usar la relación 100/5 se pudo observar un valor bajo, siendo este de (1,22MPa), mientras que una mayor elasticidad se pudo observar al usar la relación 100/9 dando un valor de (2,28 MPa), según Bejarano (2018) esta conducta se debe que al aumentar almidón en la mezcla del biopolímero lo que ocurre es que su contenido reacciona dándole más dureza el biopolímero logrando propiedades mejores, pero estas disminuyen al realizar pruebas como la elasticidad ya que al haber una sobresaturación del almidón dentro la mezcla origina un choque y movimiento excesivo entre las moléculas de almidón durante su hinchamiento en su investigación encontraron resultado de en el uso de 12gr dando 1.35 MPA

En cuanto a la biodegradación, se determinó que al usar una relación 100/9 se presentó una degradación correspondiente al 81,55%, a diferencia de una mayor degradación que se mostró con la relación 100/5 que esta fue de 92,52%. Los valores obtenidos son similares García (2015) quien en su investigación obtuvieron valores de una degradación de 90% con uso de almidón de maíz en relación 100/7.5 quien determino que su porcentaje de degradación es mayor que el plástico (polietileno), esto se debe al aumento de la cantidad del almidón el cual reduce la rapidez de degradación esto debido al aumento de volumen del almidón. Charro (2015) en su estudio atribuye que las películas se degradan de forma mejor en condiciones aerobias, por el contacto con el aire y los microorganismos aeróbicos que facilitan la degradación de la película con liberación de dióxido de carbono.

### Con Respecto a la Interacción A\*B\*C (Variedad\* Espesante \*

#### Relación almidón-agua)

En la variable de humedad, se obtuvo resultados 25,33% al interactuar Blanca + Urea + 100/9 presentando una menor humedad, mientras que en la interacción Lila + Glicerina + 100/5 se encontró una mayor humedad siendo esta de 81,33%. Para la variable densidad se mostró el valor más bajo en el tratamiento Blanca + Urea + 100/9 con un valor de  $0,91 \text{ g/cm}^3$ , mientras que una mayor densidad se obtuvo en Lila + Glicerina + 100/5, resultando una densidad de  $1,22 \text{ g/cm}^3$ . La biodegradación del tratamiento Lila + Urea + 100/9 se presentó un 74,73%, mientras que una mayor biodegradación se mostró en Blanca + Glicerina + 100/5 con valor de 99,07%. Para la variable elasticidad al interactuar blanca + Urea + 100/7 dando un valor de 3,00 MPa a diferencia de la interacción Blanca + Glicerina + 100/5 se pudo observar un valor bajo, siendo este de 0,53MPa.

En lo que concierna a la variable dureza, se permitió mostrar que la mayor dureza se presentó en la interacción de Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de 9,83 HS, mientras que una menor dureza se demostró la interacción Blanca + Urea + 100/7 dando resultado de 6,17 HS.

Ruiz (2005) deduce que al reducir la cantidad de almidón y aumentar la cantidad de glicerina la resistencia a la elasticidad aumenta, lo que reduce las fuerzas intermoleculares, como es el caso los puentes de hidrógeno haciendo el material más elástico y con menor dureza. Pero esta reacción de disminución la dureza se refleja más al usar urea como espesante.

Con lo que respecta a la solubilidad, se pudo determinar que la menor solubilidad fue en interacción Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de

79,53%, mientras que una mayor solubilidad se pudo determinar en Lila + Urea + 100/5 59,53%.

Charro (2015) nos menciona que la concentración de los plastificantes como en este caso son la urea y glicerina influyen de manera directa a las propiedades de los biopolímeros, lo cual no permite que si una película presenta buenos resultados de permeabilidad o solubilidad también lo haga en los valores del ensayo de elasticidad o tracción además de otras pruebas de caracterización de los biopolímeros.

## Capítulo VI

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

##### Factor A (Variedad)

- El porcentaje solubilidad, se observó que la malanga blanca tuvo una mayor solubilidad de 71,01% con respecto a la variedad de malanga lila con 62,64% los que entran en el rango de películas solubles para alimentos comestibles.

- El porcentaje humedad de la malanga fue de 54,23% para la variedad blanca y la malanga lila mostró una humedad de 56,67%. Para la variable densidad se presentó un valor en la malanga blanca de 1,05 g/cm<sup>3</sup> y en la malanga lila 1,03 g/cm<sup>3</sup> estos valores se encuentran dentro del rango comparado con los termoplásticos de polietileno.

- Para el caso del porcentaje de biodegradación la malanga blanca tuvo una biodegradación de 88.10%, y la malanga lila la cual presento una degradación correspondiente al 84,57 % a los 35 a los 35 días de estudio.

##### Factor B (Espesante)

- La dureza con el uso de la Urea como espesante dio como valor 7,33 HS y con el uso de glicerina dio un valor de 8,56 HS. lo cual no indica que esta en el rango como plásticos blandos según la norma Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868).

- La densidad al aplicar la glicerina dio un valor de  $1,0 \text{ g/cm}^3$  y con Urea de  $1,00 \text{ g/cm}^3$ .
- El porcentaje de solubilidad al usar urea fue del 65,70%, mientras que al usar como espesante glicerina fue de 69,96%, en el porcentaje de humedad, al usar urea presenta un (40,62%) una humedad en el caso de la glicerina mostró una humedad más alta siendo esta de (70,28%).
- Se determinó que el porcentaje de biodegradación con el uso de urea fue de 81,48%, mientras que con el uso de glicerina fue de 94,17%

### **Factor C (Relación almidón-agua)**

- En cuanto a la relación agua / almidón se observa que las variables estudiadas reflejan variación en cada resultado obteniendo así para la densidad al usar la relación 100/9 un valor de  $0,95 \text{ g/cm}^3$ . mientras que al aplicar la relación 100/5 su valor fue de  $1,14 \text{ g/cm}^3$ .
- Para la variable porcentaje de humedad, en la relación 100/9 presento una humedad de 46,28%, y al usar una relación 100/5 mostró una humedad de 64,26 % en las películas biodegradables. Con lo que respecta a porcentaje de solubilidad en la relación 100/7 se tuvo un valor de 65,95%, y al usar la relación 100/5 fue de 68,20%. A mayor cantidad de almidón su solubilidad en agua y humedad será menor, influyendo en el uso del biopolímero al que vaya destinado.

- En cuanto a la dureza, se presentó en la relación 100/7 con un valor de 7,38 HS, y con la relación 100/5 fue de 8,38 HS y para la variable elasticidad al usar la relación 100/5 se pudo observar un valor bajo, siendo este de (1,22 MPa), mientras que una mayor elasticidad se pudo observar al usar la relación 100/9 dando un valor de (2,28 MPa) la sobresaturación del almidón reacciona de forma que disminuye la elasticidad originando un choque y movimiento excesivo entre las moléculas de almidón

- En cuanto a la biodegradación en la relación 100/9 se presentó de 81,55%, y con la relación 100/5 fue de 92,52%. Esto en razón del aumento de la cantidad del almidón lo cual reduce la rapidez de degradación esto debido su aumento de volumen.

#### **Con Respecto a la Interacción A\*B\*C (Variedad\* Espesante \* Relación almidón-agua)**

- El porcentaje de humedad fue mayor en el tratamiento A1B2C1 conformado Lila + Glicerina + 100/5 con resultados de 81,33%. En el tratamiento A2B1C3 Blanca + Urea + 100/9 presento una menor humedad que fue de 25,33%.

- Para la variable densidad se mostró el valor más bajo en el tratamiento A2B1C3 Blanca + Urea + 100/9 con un valor de 0,91 g/cm<sup>3</sup>, mientras que una mayor densidad se obtuvo en A1B2C1 Lila + Glicerina + 100/5, resultando una densidad de 1,22 g/cm<sup>3</sup>.

- La biodegradación mayor se mostró en el tratamiento A2B2C1 el cual es Blanca + Glicerina + 100/5 con valor de 99,07%. El tratamiento A2B1C2 Blanca + Urea + 100/7 fue de 84,00% el tratamiento A1B1C3 conformado por Lila + Urea + 100/9 se presentó el valor más bajo 74,73%.
- Para la variable elasticidad al interactuar en el tratamiento A2B1C2 Blanca + Urea + 100/7 dando un valor de 3,00 MPa mayor a diferencia del A2B2C1 tratamiento Blanca + Glicerina + 100/5 se observó el valor bajo que fue este de 0,53MPa.
- Con lo que respecta a la solubilidad la menor fue en el tratamiento A1B1C1 Lila + Urea + 100/5 59,53%, Y la mayor fue en el tratamiento A2B2C1 Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de 79,53%
- Para la variable dureza, se permitió mostrar que la mayor se presentó en la interacción de A2B2C1 Blanca + Glicerina + 100/5 con un valor de 9,83 HS y una menor dureza en el A2B1C2 Blanca + Urea + 100/7 dando resultado de 6,17 HS.

## Recomendaciones

- Para la elaboración de biopolímeros es recomendable considerar entre varias características presentes en la materia prima, la concentración de amilosa, puesto que esto permite mayor resistencia como es el caso de los resultados dados por la malanga variedad blanca sobre la variedad lila misma que fue superior en cuanto a los resultados de las variables analizadas del biopolímero obtenido.
- La selección de malanga como materia prima es una fuente viable puesto que la adquisición de esta es fácil ya que las características agroecológicas de la zona permiten su productividad, por otra parte entre todas las variedades producidas en la zona, la variedad blanca a demostrado buenos resultados en cuanto a la calidad del polímero degradable por eso es recomendable realizar más estudios referente a esta variedad con el fin de aportar a esta investigación y posteriormente lograr desarrollar otros materiales y empaques más amigables con el medio ambiente.
- En cuanto a la relación agua-almidón, se recomienda considerar concentraciones menores al 10% de almidón en la solución, esto evitara que la mezcla que tiende a generar una solución poco estructurada por la presencia amilosa y un producto final poco viable en todos los parámetros evaluados y por efecto aumentar los costos por el mayor uso de la materia prima

- Es importante fomentar estudios referentes al tema para generar alternativas como amigables con el medio ambiente con el uso de bolsas biodegradables, fundas de vivero y otros materiales muy usados en la sociedad como es el caso de puestos de comida rápida, esto con el fin de reemplazar plásticos comunes y reducir la contaminación mejorando la calidad de vida de los seres que habitan el planeta.

## Capítulo VII

### Bibliografía

- Acosta, D. (2011). Películas comestibles nanoestructuradas de almidón de camote. *Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana*, 67.
- Bejarano, N. (2018). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN BIOPOLIMERO A PARTIR DEL CONTENIDO DE ALMIDON DE CASCARA DE PLATANO*. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA.
- Cardoso, A., Ramos, P., & Matsumoto, T. (2005). Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. *Horticultura Brasileira*, 23, 911-914.
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., & Núñez, N. (2015). *Bioplástico a base de la cascara de plátano*. Journal of Undergraduate Research. Revista de Iniciación Científica. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Charro, M. (2015). *OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- García, A. (2015). *OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ*. SANTA TECLA: ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE .
- Koolman, J. (2004). Bioquímica. En T. y atlas. España.
- Lee, S. &. (2004). Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate polymers*, 56, 251, 254.
- Leon, J. (1968). *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales*. Bogotá: IICA.
- Linares, L., Ramírez, R., & Pereda, M. (2008). El camote. CONABIO. *Biodiversitas*, 81, 11-15.
- MINAG. (Enero de 2018). *minag*. Obtenido de [https://www.minag.gob.cu:https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/instructivo\\_de\\_malanga\\_final\\_25-1-2018.pdf](https://www.minag.gob.cu:https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/instructivo_de_malanga_final_25-1-2018.pdf)
- Montero, A. (2015). *Plástico biodegradable*. Obtenido de <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplasticos+-+20>
- Moro, A., Ascheri, J., Ortiz, J., Carvalho, C., & Meléndez, A. (2019). *Producción de polímeros biodegradables*. Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de <https://www.zamorano.edu/2017/07/24/produccion-de-polimeros-biodegradables-una-alternativa-para-el-ambiente/>
- Peñaranda, O., Perilla, J., & Algecira, N. (2008). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Revista de ingeniería e investigación de la Universidad Nacional de Colombia*, 47-52.

- Rosales, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación.*
- Ruíz, G. (2005). *POLÍMEROS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDON DE YUCA.* . Medellín. Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys\\_RuizAviles\\_2005.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2)
- Tem, A. (2018). *Requerimientos climáticos y edáficos.* Recuperado el 21 de octubre de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8842/1/Documento%20de%20graduaci%C3%B3n.pdf>
- Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las Propiedades Funcionales del Almidón Obtenido a partir de Malanga. *Ciencias e Ingeniería al Día*, 30-35.
- Vega, P. (2012). *Variedades de malanga.* Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/326/1/T-UIDE-0305.pdf>
- Zapata, J., & Velasquez, C. (2013). *Estudio de la producción y comercialización de la malanga.* Recuperado el 10 de agosto de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4331/1/UPS-GT000395.pdf>