



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA:**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN AGROINDUSTRIA**

**MODALIDAD:**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**PORCENTAJES DE ALMIDONES CON ADICIÓN DE PLASTIFICANTES  
NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO**

**AUTORAS:**

**KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS**

**ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR**

**TUTOR:**

**Mg. FRANCISCO DEMERA LUCAS**

**COTUTOR:**

**Ing. ALEX DUEÑAS RIVADENEIRA, Ph.D**

**CALCETA, AGOSTO 2019**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

**ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR Y KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS,** declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

---

ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR

---

KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. FRANCISCO MANUEL DEMERA LUCAS, M.Sc**, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **PORCENTAJES DE ALMIDONES CON ADICIÓN DE PLASTIFICANTES NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO**, que ha sido desarrollado por **ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR Y KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS**, previa la obtención del título de Magister en Agroindustria, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. FRANCISCO MANUEL DEMERA LUCAS, M.Sc**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **PORCENTAJES DE ALMIDONES CON ADICIÓN PLASTIFICANTES NATURALES EN LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR Y KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS** , previa la obtención del título de Magister en Agroindustria de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**.

---

Mg. ROSANNA LOOR CUSME

**MIEMBRO**

---

Mg. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA

**MIEMBRO**

---

Mg. LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A Dios por ser nuestro guía y protector en este camino.

A nuestros padres, hijos, esposos, hermanas, hermanos y sobrinos

A nuestros catedráticos, de manera especial al Ing. Francisco Manuel Demera Lucas por su apoyo incondicional y su arduo trabajo como tutor.

---

ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR

---

KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Con mucho cariño a mis padres que han estado conmigo en todo momento.

A mi hijo José Samuel por ser mi inspiración en cada instante.

Mi esposo por su apoyo incondicional.

Mis hermanas por estar en cada momento alentándome a seguir adelante.

Mis adorados sobrinos

Mi querida abuelita Consuelo parte importante de mi vida.

A mi familia quienes por ellos hoy soy lo que soy.

Para ello es esta dedicatoria, pues a ellos se los debo todo

---

ANA SOFÍA GÓMEZ SALVADOR

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado porque gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hijos Iker y Ander quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

A mi esposo por ser el apoyo incondicional en mi vida, que con su amor y respaldo, me ayuda alcanzar mis objetivos

A mis hermanas y hermano por estar siempre presentes acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa en mi vida

A mis sobrinos Norelia, Anthony, Melina y Samantha

A todos ellos dedico este trabajo con mucho amor.

---

KARINA ELIZABETH CUSME RIVAS

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS .....	x
CONTENIDO DE ANEXOS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Hipótesis .....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. Deterioro de los alimentos.....	6
2.2. Recubrimientos .....	7
2.2.1. Propiedades físicas de los recubrimientos .....	9
2.2.2. Propiedades mecánicas .....	10
2.2.3. Recubrimientos a base de polisacáridos aplicadas en frutas y hortalizas .....	13
2.3. Generalidades del almidón.....	14
2.3.1. Propiedades fisico-químicas del almidón.....	16
2.3.2. Propiedades funcionales del almidón .....	16
2.3.3. Fuentes para extracción de almidón.....	17
2.4. Uso de plastificantes en la elaboración de recubrimientos .....	23
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	<b>27</b>
3.1. Ubicación y duración de la investigación .....	27



3.2. Tipo de investigación.....	27
3.3. Factores en estudio.....	27
3.3.1. Niveles .....	27
3.3.2. Tratamientos .....	28
3.4. Delineamiento experimental .....	29
3.4.1. Diseño experimental.....	29
3.4.2. Esquema de ANOVA.....	29
3.5. Unidad experimental .....	29
3.6. Manejo de la investigación .....	30
3.7. Variables evaluadas .....	35
3.8. Métodos de análisis.....	35
3.8.1. Resistencia a la tensión (RT).....	35
3.8.2. Permeabilidad al vapor de agua (PVA).....	35
3.8.3. Espesor .....	36
3.8.4. Opacidad.....	36
3.8.5. Solubilidad.....	37
3.9. Tratamientos de datos.....	37
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1. Fuentes de almidón para la variable espesor de los recubrimientos comestibles .....	39
4.2. Pruebas no paramétricas .....	43
4.2.1. Prueba no paramétrica de Kruskal wallis para el factor A.....	43
4.2.2. Prueba no paramétrica de Kruskal wallis para el factor B.....	48
4.2.3. Prueba no paramétrica de Kruskal wallis para el factor C.....	50
4.4. Prueba no paramétrica de Kruskal wallis para los tratamientos.....	54
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones .....	58
Bibliografía .....	59
Anexos.....	70

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS:

3. 1. Detalle de los tratamientos.....	28
3. 2. Esquema de ANOVA.....	29
4. 1. ANOVA para la variable espesor.....	38
4. 2. Promedio de la variable espesor para cada uno de sus niveles y tratamientos. .....	39
4. 3. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor A.....	43
4. 4. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor B.....	48
4. 5. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor C.....	50
4. 6. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para los tratamientos.....	54
4. 7. Prueba de Tukey para la variable opacidad.....	54
4. 8. Prueba de Tukey para la variable resistencia a la tensión.....	55
4. 9. Prueba de Tukey para la variable permeabilidad al vapor de agua.....	56
4. 10. Prueba de Tukey para la variable solubilidad.....	57

### FIGURAS:

4. 1. Media del tipo de almidón sobre el espesor (mm).....	40
4. 2. Media el porcentaje de almidón sobre el espesor (mm).....	41
4. 3. Media del tipo de plastificante sobre el espesor (mm).....	42
4. 4. Media del tipo de almidón, % de almidón y plastificante sobre el espesor (mm).....	42
4. 5. Media de espesor factor A mediante gráfico de cajas.....	44
4. 6. Media de Resistencia a la tensión factor A.....	45
4. 7. Media de Permeabilidad al vapor de agua Factor A.....	46
4. 8. Media de Solubilidad del recubrimiento Factor A.....	47
4. 9. Media de Solubilidad del recubrimiento Factor B.....	49
4.10. Media de Opacidad del recubrimiento Factor C.....	51
4. 11. Media de Resistencia a la tensión del recubrimiento Factor C.....	52
4. 12. Media de Permeabilidad al Vapor de Agua del recubrimiento Factor C.....	53

## CONTENIDO DE ANEXOS

1. Materias primas utilizadas en los recubrimientos de yuca y fruta de pan.....	71
2. Resultados de análisis de la caracterización del recubrimiento realizados.....	72
3. Supuestos de normalidad y homogeneidad.....	73
4. Elaboración de los recubrimientos.....	73

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de almidones (fruta de pan y yuca) con adición de plastificantes (glucosa y glicerol) en los recubrimientos elaborados. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial A\*B\*C con tres réplicas; los tratamientos se obtuvieron de la combinación de los factores: A: Tipo de almidones (fruta de pan y yuca), B: Concentración de almidón (0,5, 1,0 y 1,5%) y C: tipos de plastificantes (glucosa y glicerol). La unidad experimental consistió en una caja de Petri con 20mL de solución para formar recubrimiento. Las variables evaluadas en el recubrimiento fueron: resistencia a la tensión, permeabilidad al vapor de agua, espesor, opacidad, solubilidad de los recubrimientos. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, demostró no diferencias estadísticas significativa en la variable opacidad, pero si en las restantes características evaluadas. Los resultados demostraron que con 1,5% de almidón de yuca y glicerol se obtuvo un mayor espesor y PVA. El mejor tratamiento sobre la opacidad y solubilidad fue el de fruta de pan con 1,5% de almidón y glicerol. El mejor tratamiento sobre la RT fue el de 1,5% de almidón de yuca con glucosa. El 0,5% de almidón de yuca y glucosa brinda mejor PVA en el recubrimiento. El glicerol es el plastificante que proporcionó las mejores características físicas y mecánicas en los recubrimientos. Se concluye que el almidón de yuca presenta las mejores condiciones de espesor y el almidón de fruta de pan contribuye en la opacidad y solubilidad de los recubrimientos.

**PALABRAS CLAVE:** Polisacáridos, película comestible, *Artocarpus altilis*, *Manihot esculenta* Grantz

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of starches (bread fruit and cassava) with the addition of plasticizers (glucose and glycerol) in the elaborated coatings. A Completely Random Design (DCA) was used in factorial arrangement A \* B \* C with three replicas; treatments were obtained from the combination of factors: A: Type of starches (breadfruit and cassava), B: Concentration of starch (0.5, 1.0 and 1.5%) and C: types of plasticizers (glucose and glycerol). The experimental unit consisted of a Petri dish with 20mL of solution to form a coating. The variables evaluated in the coating were: tensile strength, water vapor permeability, thickness, opacity, and solubility of the coatings. The nonparametric test of Kruskal Wallis, showed that there is no significant statistical difference in the opacity variable, but in the other evaluated characteristics. The results showed that with 1.5% cassava starch and glycerol a greater thickness and PVA was obtained. The best treatment on the opacity and solubility was the bread fruit with 1.5% starch and glycerol. The best treatment on RT was 1.5% cassava starch with glucose. 1.5% cassava starch provides better RT and PVA in the coating. Glycerol is a plasticizer that contributes to the physical and mechanical characteristics of coatings. It is concluded that cassava starch confers thickness, while breadfruit starch contributes in opacity and solubility.

**KEY WORDS:** Polysaccharides, edible film, *Artocarpus altilis*, *Manihot esculenta* Grantz

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La riqueza de Ecuador es muy diversa y esta posee muchas fuentes botánicas ricas en componentes como fibra y almidón que pueden ser utilizadas en la alimentación, lamentablemente la mayoría de estas no son aprovechadas. En la actualidad se carece de estudios de caracterización científica de frutos y plantas que logren encontrar compuestos funcionales que sean utilizables en la industria de alimentos, ya sea para mejorar las características del alimento o para alargar la vida útil en el proceso de conservación (Ortiz y Andrés, 2014).

Es necesario tomar en cuenta que la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) a pesar de que es una alternativa, encaminada a contribuir con la alimentación humana debido a su alto contenido de almidón, más del 70% de este producto (a nivel nacional) se pierde por baja demanda y escaso conocimiento de su valor nutricional. A más de la fruta de pan, también existe otra fuente botánica rica en almidón como lo es la yuca (*Manihot esculenta*), que es mayormente consumida en las comidas preparadas en los hogares de nuestro país.

La yuca es un producto agrícola que en nuestro país es muy poco explotado a nivel agroindustrial, dado que solo se consume en comidas, chifles y almidón para la elaboración de alimentos cocidos, perdiendo mucho valor comercial debido a su poca industrialización.

Además del grave problema que se presenta al no aprovechar al máximo la riqueza botánica y fuentes de alimentos en el Ecuador, existe un creciente interés por producir alimentos de alta calidad con mayor vida útil, envasados o protegidos con materiales compatibles con el entorno ambiental. El estudio y desarrollo de recubrimientos y películas comestibles biodegradables, se ha convertido en una alternativa de investigación de grandes alcances, debido a que en una sola formulación se pueden conseguir diferentes propiedades funcionales no sólo para

la conservación del alimento (películas activas), sino incluso para otorgarle un valor agregado nutricional con los biopolímeros incorporados como los de tipo proteico.

En base a lo expuesto anteriormente los principales retos a considerar en las investigaciones incluyen el aprovechamiento de las fuentes botánicas existentes, desarrollar formulaciones para cada tipo de alimento, que posean estabilidad bioquímica, fisicoquímica, antimicrobiana, sin efecto adverso en la calidad sensorial del alimento, ser totalmente inocuas para el consumo humano y que puedan poseer la resistencia mecánica suficiente y costos competitivos para sustituir a los materiales sintéticos actuales y también para eliminar la adición de conservadores químicos y/o sintéticos, Ramos, Bautista, Barrera, Bosquez y Estrada (2010). Estas son las razones primordiales por las que se le ha llamado la tecnología de los envases del futuro.

En base a lo antes indicado se puede indicar que falta aprovechar toda la riqueza de Ecuador, explotar nuevas fuentes botánicas y aprovechar al máximo todo su potencial para ser aplicado en la industria de alimentos y así mejorar el cambio de la matriz productiva que actualmente se está desarrollando en el Ecuador.

Por lo antes mencionado se plantea la siguiente pregunta: ¿Será posible utilizar almidones de fruta de pan y yuca con adición de plastificantes naturales para la elaboración de películas comestibles?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación tiene un relace en su importancia, debido a que, una posible alternativa de industrialización en cuanto a fuentes de materia prima para elaborar recubrimientos a base de almidón de fruta de pan, la cual contiene en su composición entre un 53-76% de este polisacárido (Ortiz y Andrés, 2015).

Los mismos autores manifiestan que la planta de fruta de pan crece en la zona tropical, sus frutos son grandes y ovalados, sus semillas (fase comestible) de agradable sabor. Estudios previos han demostrado que poseen un elevado

contenido de proteínas, fibras y almidón, el más abundante en la naturaleza después de la celulosa. No obstante, solo el 25 % de este fruto es aprovechado en la alimentación humana, el resto se desperdicia por la baja demanda y desconocimiento de sus propiedades.

A más del almidón de la fruta de pan, existen otros almidones de interés para investigar, como, por ejemplo, el almidón de yuca plastificado con glicerol, polietilenglicol (Parra, Tadini, Ponce y Lugão, 2004). Además, Parra, Tadini, Ponce y Lugão (2004) han incorporado compuestos antimicrobianos naturales. Kechichian, Ditchfi, Veiga y Tadini (2010) mencionan que estos biopolímeros son de interés por su bajo precio y accesibilidad (Pagella, Spigno y De Faveri, 2002).

Pagella, Spigno y De Faveri (2002) debido al empleo de estos almidones con fines comerciales mejorará su precio, repercutiendo en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que se dedican a su cultivo.

En la actualidad el almidón es un importante aditivo en la elaboración de alimentos debido a que proporcionan características específicas y variables en cuanto a sus propiedades funcionales (Miranda, Montañez y García, 2008), siendo utilizado como agente espesante, estabilizante y gelificante; mejorando la textura, apariencia y consistencia de los productos donde sea adicionado (Martínez, Lapo, Pérez Zambrano y Maza, 2015). Por todos estos beneficios y características que brinda el almidón está siendo estudiado a nivel científico y comercial como base para la formación de películas comestibles, que pueden ser aplicadas en la industria de alimentos.

Los recubrimientos se pueden usar como sustitutos de los polímeros sintéticos que se emplean actualmente en una amplia gama de productos. Estas películas comestibles no son tóxicas, mejoran la seguridad alimentaria y prolongan la vida útil. También se consideran un material ecológico debido a su corto período de degradación (Tan, Lim, Tay, Lee y Thian, 2015).

Además, los recubrimientos pueden actuar como una barrera protectora contra factores externos, como microorganismos, daños físicos, humedad, aceite y vapor (De Aquino, Blank y De Aquino Santana, 2015; Suyatma, Tighzert, Copinet y Coma, 2005). Además de las ventajas propias de las películas comestibles, estas pueden ser mejoradas con la adición de plastificantes en las formulaciones de las mismas, con el fin de mejorar la elasticidad, espesor y resistencia a la tensión, que mejoran las propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos.

Los recubrimientos forman una barrera semipermeable a los gases y el vapor de agua que también retarda el deterioro de los alimentos, mejora las propiedades mecánicas de los alimentos, ayuda a mantener la integridad estructural del producto alimenticio, retiene compuestos volátiles y puede actuar como transportador de aditivos alimentarios (Tanada y Grosso, 2005). Aplicado a frutas, actúa como atmósfera modificada debido a que permite controlar la respiración y la senescencia reduciendo el deterioro de la fruta (Cisneros y Krochta, 2002).

Con lo antes mencionado, se pretende utilizar almidones de fruta de pan y yuca en la elaboración de películas comestibles, para obtener un empaque biodegradable, amigable con el medio ambiente, que pueda ser implementado en la industria alimentaria, y de esta forma mitigar el impacto que sufre el planeta con la contaminación de plásticos. Estos resultados buscan concientizar el potencial uso que se le podría dar a los almidones de estas dos fuentes botánicas que existen en nuestro país, con miras a la industrialización de los recubrimientos, beneficiando mayoritariamente a las industrias de alimentos, a los productores que buscan mejorar la calidad y alargar la vida útil en sus productos, y finalmente los consumidores los cuales obtendrán productos más sanos y saludables conservados con materiales naturales y propios de nuestro país.



## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de almidones de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) y de yuca (*Manihot esculenta*) con adición de plastificantes en los recubrimientos comestibles.

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las fuentes de almidón que contribuyan con mejores características físico-químicas de los recubrimientos comestibles.
- Determinar el porcentaje de almidón más idóneo que brinde las mejores características mecánicas de los recubrimientos comestibles.
- Establecer el plastificante adecuado que brinde las mejores características físicas y mecánicas de los recubrimientos comestibles obtenidos.

## 1.4. HIPÓTESIS

Los porcentajes de los almidones de fruta de pan y yuca con adición de plastificantes influyen en las características físicas y mecánicas de los recubrimientos.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. DETERIORO DE LOS ALIMENTOS

Consisten principalmente en deterioro de la textura, variación en el contenido de sólidos solubles y ácidos, así como oscurecimiento enzimático. En las frutas y hortalizas el oscurecimiento se debe a la acción de la enzima polifenoloxidasas (PPO), lo mismo ocurre en los vegetales cortados tal y como lo confirman estudios realizados por Soliva, Biosca, Grigelmo y Belloso (2002).

Para prolongar la vida postcosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas el almacenamiento a bajas temperaturas, la utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación y formulaciones que contienen agentes biológicos (Quezada, Díaz, Gutiérrez y Debeaufort, 2003), todas ellas a su vez ejercen cierto control en la incidencia de microorganismos patógenos. Se ha reportado que durante el manejo postcosecha de los productos vegetales se pueden estimar pérdidas hasta el 40% del total cosechado, estas varían entre productos, áreas de producción y época del año (Aular, 2006).

Entre las principales razones que generan estas pérdidas está la incidencia de enfermedades causadas principalmente por hongos de diversos géneros. Por otro lado, los productos contaminados por bacterias tales como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* Y *Listeria monocytogenes*, pueden causar enfermedades graves a los humanos provocando hasta la muerte si no son tratados a tiempo. Generalmente, en el caso de los hongos, éstos no aparecen durante el crecimiento de las plantas, en algunos casos permanecen en estado latente hasta la maduración del producto hortícola y otros se adquieren durante la cosecha, el transporte y/o el manejo del producto (Ogden, Rosa, Wyss y Brandt, 2005; Beverly, Janes, Prinyawiwatkula y No, 2008). En relación a las bacterias, éstas pueden contaminar

el producto durante la etapa precosecha principalmente por aguas contaminadas o durante la manipulación de los productos hortícolas.

Una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos es la utilización de recubrimientos comestibles multicomponentes, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos, que en el caso de estos últimos se evitaría el crecimiento de microorganismos patógenos en la superficie de los productos vegetales (Nussinovitch y Lurie, 1995; Cagri, Ustunol y Ryser, 2004; Martin, Soliva y Baldwin, 2005).

La conservación de los alimentos es un aspecto clave en la industria alimentaria, razón por la que se han desarrollado diversos métodos como el empleo de películas protectoras, las cuales han ido evolucionando hasta llegar a ser elaboradas a partir de materiales biopoliméricos como son los polisacáridos, las proteínas y los lípidos, generándose un concepto denominado películas comestibles (Baldwin, 2003).

## **2.2. RECUBRIMIENTOS**

Son empaques que pueden ser ingeridos junto con el alimento, que protegen o que puedan descomponerse en corto tiempo como resultado de la acción de microorganismos y enzimas (Rubio y Guerrero, 2012).

Una manera de definir los recubrimientos está dada por Rojas, Tapia y Martín (2008); Kowalczyk y Baraniak (2011), quienes las definen como: “Una capa delgada de polímero que puede ser consumida y empleada en la superficie de un alimento, que puede aplicarse como capas continuas entre los diferentes componentes o utilizarse como cubierta durante su elaboración”. Por ello, son utilizadas para alargar la vida útil de los alimentos actuando como barrera selectiva contra los gases y la humedad (Montalvo, López, Malo y Palou, 2012).

Los recubrimientos pueden mejorar las propiedades sensoriales de los alimentos, debido a que incrementan la vida de anaquel y reducen el uso de materiales sintéticos contaminantes, además son totalmente biodegradables y comestibles, (Morales, 2011). Estas formulaciones crean una barrera física a los gases, regulando procesos de transferencia de oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua, etileno y otros compuestos volátiles, González, Olguín, Loayza y Severich (2014) además, pueden utilizarse como vehículos para adicionar compuestos con actividad antimicrobiana para reducir o evitar el desarrollo de microorganismos patógenos, aditivos, saborizantes, colorantes y antioxidantes (Figuroa, Salced, Aguas, Olivero y Narváez, 2011; Teixido, 2015; Maldonado, 2016).

Los recubrimientos pueden elaborarse a partir de un gran número de materiales incluyendo a los lípidos, proteínas y polisacáridos. Las películas elaboradas con lípidos evitan la deshidratación de las frutas, pero sus propiedades mecánicas son pobres, además algunos lípidos provocan opacidad, lo que perjudica la apariencia del fruto (Dussán, Reyes y Hleap, 2014).

Los recubrimientos elaborados con proteínas presentan buenas propiedades de barrera al oxígeno, pero poca resistencia al vapor de agua (Vázquez y Guerrero, 2013). Los materiales que se utilizan con mayor frecuencia para elaborar recubrimientos para uso en productos agrícolas son los polisacáridos, debido a que estos compuestos forman redes moleculares cohesivas; lo que les confiere buenas propiedades mecánicas tales como adherencia y flexibilidad (González et al., 2014).

Los recubrimientos tienen la capacidad de actuar como barreras de migración de humedad, de gases como el  $O_2$  y  $CO_2$ , así como acarreador de aditivos alimentarios como son los antioxidantes y los agentes antimicrobianos (Phan, Debeaufort, Luu y Voille, 2005). El auge de su aplicación en la conservación de alimentos se debe a que provienen de biopolímeros, materiales que son renovables y biodegradables, contribuyen a disminuir el problema de contaminación creado por los empaques tradicionales elaborados a base de polímeros sintéticos (Bourtom, 2008).

El interés en el continuo desarrollo de recubrimientos a base de almidón, radica en el bajo costo de éste, así como a su relativa facilidad de obtención y a su capacidad de formación del recubrimiento; en este sentido, fracciones almidonosas de cereales, tubérculos y ciertas especies de leguminosas han sido utilizadas con este fin (And y Han, 2005; Sosa, 2006; Montaña, Torres, Ramírez, Plascencia, Brown, 2008). Estudios realizados por Obbani y Bemiller (1997); Ortega y Ann (2001), así como Park et al. (2009) han mostrado los efectos sinérgicos de las mezclas binarias de almidones nativos en propiedades de pasta (temperatura de gelatinización, viscosidad máxima y retrogradación); sin embargo, tal efecto no ha sido explorado en el campo de los recubrimientos.

Varios materiales tales como, celulosa, alginato, gelatina, goma guar, pectina de bajo metoxilo, quitosano, almidón y almidón modificado, se han utilizado para la formulación de recubrimientos, incluso se han utilizado combinaciones de polisacáridos para elaborarlos (Fakhouri, Martelli, Caon, Velasco y Innocentini, 2015).

### **2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS**

- **CRISTALINIDAD**

La estructura cristalina de los recubrimientos de almidón puede ser identificada a través de su patrón de difracción de rayos X (Liu, 2005). La cristalinidad de las películas de almidón depende del tipo de almidón y de las condiciones de transformación, tales como las condiciones de secado (velocidad y temperatura), del contenido de humedad de los recubrimientos y temperatura de almacenamiento, (Espezua y Ponce, 2014).

Se ha estudiado el efecto de distintas condiciones en la cristalinidad. El aumento en contenido de agua, aumenta el grado de cristalinidad y la cinética de la cristalización, mientras que un mayor contenido de glicerol ralentiza la cinética de la cristalización (Flores, 2004).

- **TRANSPARENCIA Y OPACIDAD**

La apariencia de los recubrimientos depende del hidrocoloide utilizado y de los aditivos añadidos. Los recubrimientos de almidón puro, sin aditivos, son generalmente incoloros y transparentes. Estudios realizados sobre el efecto antioxidante del ácido ferúlico y vitamina E en recubrimientos a base de caseinato sódico, mostraron que la presencia de ácido ferúlico, implica una mayor opacidad y menor brillo con respecto al film control, consecuencia de una estructura más rugosa que da lugar a una mayor dispersión de luz. La vitamina E ejerce un efecto contrario, a mayor concentración de vitamina E, menor rugosidad y mayor transparencia y brillo (Sánchez, Fabra y Talens, 2010).

- **SOLUBILIDAD**

La solubilidad es la medida o magnitud que indica la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en una cantidad determinada de solvente, a una temperatura dada. Esta propiedad es de gran importancia para determinar la funcionalidad del recubrimiento. La resistencia al agua del recubrimiento portador de antimicrobianos es deseable para mantener la integridad de la película si la misma debe utilizarse para la conservación de alimentos de humedad intermedia a alta.

Famáa, Rojasb, Goyanesa y Gerschensonb (2003), estudiaron la influencia del agregado de polvo de ajo en recubrimientos biodegradables a base de almidón de mandioca, observando que el agregado de ajo modifica las propiedades fisicoquímicas de los recubrimientos, conduciendo a aumento en la permeabilidad al vapor de agua y solubilidad en agua, sin que se obtenga diferencias significativas en el contenido de humedad.

### **2.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS**

Los recubrimientos de almidón se caracterizan a menudo a través de ensayos de tracción, de los cuales se obtienen distintas propiedades mecánicas como el esfuerzo tensil del recubrimiento, su deformación, el módulo elástico (Guerra y

Vallejo, 2005). El valor de deformación representa la flexibilidad del recubrimiento y se define como el porcentaje del cambio en la longitud de la muestra respecto a la longitud libre original. Estas propiedades se evalúan de acuerdo a lo sugerido por la norma ASTM D882 -91.

Durante los últimos años, se ha estudiado ampliamente, el efecto de los plastificantes en las propiedades mecánicas de recubrimientos preparadas a partir de almidón, amilosa, amilopectina y mezclas de almidones y otros biopolímeros. Por lo general, la presencia de plastificantes aumenta los valores de deformación y disminuye el esfuerzo y el módulo elástico. Esto se debe a que los plastificantes pueden aumentar el volumen libre en la fase amorfa y reducen la interacción entre las cadenas de almidón del polímero (Bustamante y Peralta, 2018).

- **TRACCIÓN**

La tenacidad o resistencia a la tracción es el máximo esfuerzo que un material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos con temperatura, humedad y velocidad especificadas. El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente; elongación o extensión. Es el máximo esfuerzo de tracción a que un material puede estar sujeto antes de su rotura (Espezua y Ponce, 2014).

- **PERMEABILIDAD**

La permeabilidad de vapor de agua es una medida de la facilidad con que un material puede ser penetrado por vapor de agua. La norma ASTM E96-00 define a la permeabilidad como la tasa de transmisión de vapor de agua a través de una unidad de área de material plano con espesor inducido por una diferencia de presión de vapor entre dos superficies específicas, bajo condiciones de humedad y temperatura definidas.

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) es una de las propiedades más importantes en el desempeño como barrera de las películas biopoliméricas. Indica la capacidad del recubrimiento para el control del transporte de vapor de agua entre un sistema alimenticio y sus alrededores. En general, las películas de polisacáridos no es buena barrera al vapor de agua, pues las moléculas de agua interactúan con los grupos hidroxilo de los biopolímeros, afectando la PVA. Además, el espesor de los recubrimientos hidrofílicas se incrementa con la sorción de agua, afectando la determinación de la PVA (Gennadios, Weller y Gooding, 1994).

- **BIODEGRADACIÓN**

La biodegradación hace referencia a la transformación y deterioro que se produce en el polímero plástico debido a la acción de enzimas y/o microorganismos como bacterias, hongos y algas; esta es la principal ventaja que permite que los biopolímeros puedan competir con otros materiales como el vidrio y los metales. Para que los materiales poliméricos sean considerados biodegradables, es indispensable que contengan en la cadena principal grupos que se puedan romper con facilidad por la acción de agentes externos de la naturaleza física o química. La biodegradación puede ser parcial o total, (Rosales, 2016).

Existen diferentes métodos para medir la biodegradabilidad de un biopolímero, pero la exposición en el suelo se describe como una forma deseable para probar la mayoría de los plásticos a base de almidón debido a su similitud con las condiciones que se encuentran los basureros (Arévalo, 1996).

Estudios sobre la biodegradación en plásticos con polietileno y almidón dentro de pilas activas de composteo establecen que las condiciones de estrés oxidativas, así como la gran variedad de poblaciones microbianas hacen del sistema de composta un ecosistema útil para el ataque de sustancias difíciles de degradar en otros ecosistemas (Guanoluisa, 2015).



### 2.2.3. RECUBRIMIENTOS A BASE DE POLISACÁRIDOS APLICADAS EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Los recubrimientos hechos a base de polisacáridos han sido los más utilizados para recubrir frutos, y esto es debido a sus propiedades mecánicas de adherencia y flexibilidad en la superficie de los productos hortofrutícolas. Meza (2006), formuló un recubrimiento utilizando tres diferentes polisacáridos; almidón de maíz, goma guar y pectina de bajo metoxilo. Al incrementar la concentración de almidón de maíz, se mejoró la adherencia y la flexibilidad del recubrimiento en la superficie de frutos como pera (*Pyrus communis* L.), limón (*Citrus limon* L.) y aguacate (*Persea americana* M.). Sin embargo, las concentraciones de almidón de maíz del 2% o mayores ocasionaron frutos aparentemente deshidratados y opacos, además de ser recubrimientos quebradizos y fibrosos. La goma guar y la pectina de bajo metoxilo, mostraron buena viscosidad y adherencia aun en concentraciones altas.

Varios autores atribuyen otros efectos a los recubrimientos a base de polisacáridos, por ejemplo, Viña et al. (2007), recubrieron coles de Bruselas (*Brassica oleracea* L.) con una mezcla de almidón de maíz, hidróxido de sodio y glicerol, conservando algunos atributos de calidad del producto, tales como, firmeza y color. Además, la pérdida de peso fue menor en comparación con el control. Ribeiro, Vicente, Teixeira, y Miranda, (2007) realizaron una mezcla de almidón, ácido cítrico y sorbitol para cubrir frutos de fresa y retardar su senescencia. Los recubrimientos a base de polisacáridos mostraron mejores propiedades de barrera a los gases que el control. Oms, Soliva y Martin (2008), formularon un recubrimiento a base de alginato, pectina y goma de gelana, obteniendo un incremento en la resistencia de pérdida de agua y reducción en la producción de etileno en peras cortadas.

En frutos de mango, Sothornvit y Rodsamran (2008), probaron un recubrimiento elaborada con pulpa de mango del cual analizaron sus propiedades de barrera y mecánicas. Los mangos cubiertos con el recubrimiento redujeron la pérdida de peso en un 5 y 10% a temperaturas de almacenamiento de 30 y 5 °C respectivamente. Dicha película mostró altos valores de permeabilidad al vapor de agua y un valor

intermedio de permeabilidad al oxígeno, adicionalmente, los frutos cubiertos con este recubrimiento mostraron una mejor textura que los no cubiertos; respecto a sus propiedades mecánicas ellos reportaron que el recubrimiento de este material tuvo una mayor elongación e índice de elasticidad en comparación con otras hechas de almidón de frutas y plastificadas con glicerol.

### **2.3. GENERALIDADES DEL ALMIDÓN**

El almidón constituye una reserva energética en vegetales. Se almacena en forma de gránulos y pueden llegar a constituir hasta el 70% del peso de granos como el maíz, el trigo o de tubérculos como la papa (Guerrero, 2014). El tamaño de los granulo de almidón puede variar entre 10 y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro y es un factor determinante de su procesabilidad, ya que afecta la solubilidad y el poder de hinchamiento del granulo (Pardo, Castañeda y Ortíz, 2013).

El almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos, hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables. El almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional, ya sea como espesante, estabilizante y gelificante en la industria alimentaria, pero es necesario buscar nuevas fuentes de extracción debido a que tiene una producción mundial de 48,5 millones de t/año, la demanda del mismo es insatisfactoria (Hernández, Torruco, Chel y Betancur, 2008).

La amilosa es un polímero lineal formado por 250 a 300 unidades de  $\alpha$ -Dglucopiranososa, unidas únicamente por enlaces  $1\alpha-4$ , se disuelve fácilmente en agua, adquiriendo una estructura secundaria característica de forma helicoidal, en la que cada vuelta de hélice comprende 6 unidades de glucosa. Suele constituir del 25 al 30% del almidón (Guerrero, 2014).

La amilopectina es un polímero ramificado, compuesto por unas 1000 unidades de  $\alpha$ -D-glucopiranososa. Además de los enlaces  $1\alpha \rightarrow 4$ , contiene enlaces  $1\alpha \rightarrow 6$  que están regularmente espaciadas cada 25 a 30 unidades de glucosa y son los puntos

de ramificación de la estructura. Generalmente conforman del 70 a 75% del peso del almidón (Pardo, Castañeda y Ortiz, 2013).

El nivel de amilosa encontrado en el almidón varía dependiendo del origen. Muchos almidones tales como los del maíz común, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18 a 28% de amilosa; el maíz y el trigo están en el extremo más alto del rango, mientras la papa y la yuca se encuentran en el extremo más bajo. El almidón de yuca posee entre el 17 y 22% de amilosa (Aristazábal y Sánchez, 2007).

El almidón constituye la principal fuente de reserva de carbohidratos en los vegetales. Este polisacárido se encuentra en diversas partes de las plantas y puede ser aislado de semillas, frutas, hojas, tubérculos y raíces. Constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. (Rincón y Padilla, 2004).

Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes; sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (ej.: temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, por la baja resistencia al corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y la sinéresis (Bello, Contreras, Romero, Solorzano y Jiménez, 2002).

El almidón en estado nativo presenta diferencias en la apariencia y microestructura de los gránulos (French, 1984). El intervalo de tamaño de los gránulos almidón va de 0,5 a 100  $\mu\text{m}$ , se han encontrado reportes en los cuales el tamaño de los gránulos osciló entre 10,6 y 16,5  $\mu\text{m}$  (Hernández, 2007). Estas características están muy relacionadas con las propiedades funcionales, se ha reportado que los gránulos de almidón con menor tamaño presentan una mayor solubilidad y una alta capacidad de adsorción de agua (Singhal, 1988).

Los gránulos de almidón pueden presentar diversas formas: elongadas, esféricas o aplanadas con un surco longitudinal. Donald (2001) y Smith (2001); se han encontrado gránulos helicoidales con un hilo excéntrico; mientras que en cereales son poliédricos o polimórficos; otra forma que pueden presentar es esférica truncada y poligonal, entre otras (Hernández, 2007). El almidón consiste principalmente de dos homopolímeros de  $\alpha$ -glucosa estructuralmente diferentes: la amilosa y la amilopectina (Buleon, Colonna, Planchot y Ball, 1998; Vermeyleen, Goderis, Reynaers y Delcour, 2005).

### **2.3.1. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS DEL ALMIDÓN**

Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes está la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del granulo (tamaño, color, forma y naturaleza cristalina), peso molecular y contenido de amilosa (Pardo, Castañeda y Ortíz, 2013).

El contenido de proteínas del almidón de yuca y papa es bajo, cerca del 0,1%, comparado con el de los almidones de arroz y de maíz (0,35 y 0,45%, respectivamente). La proteína residual es la que afecta al sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a producir espuma (Hernández, Torruco y Chel, Betancur, 2008).

Los gránulos de almidón de yuca y papa poseen un pequeño porcentaje de lípidos, comparado con almidones de cereales, esta composición también favorece al almidón de yuca, ya que estos lípidos forman un complejo de amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilidad de los gránulos de almidón. La presencia de sustancias grasas puede llegar a crear problemas por la tendencia a la rancidez durante el almacenamiento de los granos (Aristazábal y Sánchez, 2007).

### **2.3.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN**

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es

constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad (Hernández et al., 2008).

Durante un tratamiento hidrotérmico, el almidón sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de almidón (Aristazábal y Sánchez, 2007).

### **2.3.3. FUENTES PARA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN**

- **FRUTA DE PAN** (*Artocarpus altilis*)

El género *Artocarpus* comprende alrededor de 50 especies de árboles siempre verdes y caducifolios pertenecientes a la familia de las Moráceas, (Pua et al., 2008). Es una planta majestuosa cuya altura está entre los 9 y 21 m; sus hojas son de color verde oscuro brillante, dispuestas de forma alternada, largas, de forma ovalada con pronunciadas incisiones, en ramas adultas y jóvenes, respectivamente. Es un árbol monoico, cuyas flores emergen de las ramas mayores. Todas sus partes contienen abundante látex, blanco y pegajoso (Crane y Balerrdi, 2000).

- **GENERALIDADES DEL FRUTO**

Los frutos son compuestos o agregados, de pequeños a muy grandes (1,4 a 6 kg); Morton (1987); Crane y Balerrdi (2000); Jagadeesh, Swamy, Gorbai, Hegde y Raghavan (2007) coinciden en que pueden distinguirse tres regiones primarias, las cuales son: el eje o centro del fruto, con numerosas células laticíferas y no comestible; el perianto, que forma la mayor parte del fruto y a la vez está conformada por la región comestible fresca, una región media fusionada (formando el anillo del sincarpo) y la región externa córnea no comestible de color verde y amarillo al madurar (Morton, 1987; Crane y Balerrdi, 2000; Jagadeesh et al., 2007). La tercera

región corresponde al fruto verdadero (semillas) que es desarrollado desde el carpelo del ovario y está rodeado por el perianto fresco (Ong et al., 2006).

En la etapa verde, el fruto es duro y el interior es blanco y algo fibroso. Cuando madura, la fruta es algo suave, el interior se torna de color crema o amarillo pardo, también dulcemente fragante. Las semillas son irregularmente ovaladas y redondeadas, llegan a medir alrededor de 1 a 3 cm de largo y poseen una cobertura muy delgada color marrón con rayas más oscuras, que se oxida fácilmente cuando es cortada (Morton, 1987).

El fruto del árbol llamado fruta de pan, es originario de Malasia, desde donde se ha extendido por el Pacífico Sur y el Caribe (Adewusi, Udio y Osuntogun, 1995). Los frutos generalmente se cosechan y se usan como fuente de carbohidratos. Varios trabajadores informaron rendimientos de almidón de 14,26-18,5% y contenidos de amilosa de 18,2% -27,68% para fruta de pan (Loos, Hood y Graham, 1981; Araujo de Vizcarrondo, Rincón y Padilla, 2004; Akanbi, Nazamid y Adebowale, 2009).

- **COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROXIMAL**

Morton (1987), indica que la fruta de pan se da de forma permanente durante todo el año, siendo los meses de junio a septiembre donde los frutos obtienen su máximo rendimiento tanto en tamaño como en semillas. Haciendo de este una alternativa económica y de gran valor nutricional frente a cultivos convencionales; como por ejemplo el contenido de proteína cruda es de (5,1 a 5,8%) superando los niveles de la harina de maíz y de yuca, Buitrago y Gil (2001). Y se acercan a los de la harina de raíz de boniato (Rostagno, 2005).

El contenido de fibra bruta se encuentra alrededor de (7,74 %), lignina y celulosa es superior al del maíz, el sorgo, el trigo, la cebada y la harina de plátano (Dale, 2006;

Leyva, Ortiz, Martí y Valdivié, 2013). El contenido de extracto etéreo es extremadamente bajo (0,71 %), por lo que este alimento en la práctica no aporta ácidos grasos esenciales a los animales; sin embargo, es una excelente fuente de almidón (56,43 %), sacarosa, glucosa y fructosa. Valdivié y Álvarez (2003) obtuvieron 58 % de almidón en este alimento. El valor de los carbohidratos reporta alrededor de 77,25 % MS, en correspondencia con lo indicado por Acero (1995), quien planteó que la concentración de este nutriente es superior al de la papa, la yuca y el plátano, y similar a la del maíz, el arroz y el trigo.

- **YUCA** (*Manihot esculenta* Grantz)

La yuca es una planta originaria de América del Sur, usada principalmente para el consumo tanto humano como animal, y en un pequeño porcentaje para la obtención de almidón y otros usos industriales (Gottret, Escobar y Pérez, 2002). El uso de esta planta se caracteriza por el consumo de su raíz, en la que se acumulan gran cantidad de componentes, entre ellos el almidón, que es la forma natural como la planta almacena energía por asimilación del carbono atmosférico mediante la clorofila presente en las hojas.

El almidón puede encontrarse además en otras raíces, frutos, semillas, tubérculos e incluso en bacterias que lo generan como mecanismo de defensa ante situaciones de estrés presentes en su medio. El almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo (dulce). El almidón agrio sufre un proceso de fermentación que le otorga propiedades deseables para los alimentos; el almidón nativo o dulce no es sometido a un proceso de fermentación, y es el que se usa generalmente en la industria. (Meneses, Corrales y Valencia, 2007).

El almidón es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga. Los gránulos de almidón están compuestos por capas externas de amilopectina y capas internas de amilosa, cuya proporción es variable dependiendo

de la fuente del almidón. Su composición química es la de un polisacárido formado únicamente por unidades glucosídicas, es decir, es una macromolécula formada por gran cantidad de moléculas de glucosa que se repiten (Meneses et al., 2007).

En el caso del almidón de yuca, su tamaño puede variar de 5 a 35  $\mu\text{m}$ , su forma es entre redonda y achatada y su contenido de amilosa es alrededor del 17% (Fritz, Seidenstucker, Bolz y Juza, 1994).

Una de las principales propiedades del almidón nativo es su semicristalinidad, donde la amilopectina es el componente dominante de la cristalización en la mayoría de los almidones. La porción cristalina está compuesta por estructuras de doble hélice formadas por puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo en las cadenas lineales de la molécula de amilopectina y por cadenas externas de amilopectina unidas con porciones de amilosa (Meneses, Corrales y Valencia, 2007).

- **PROPIEDADES DEL ALMIDÓN**

Existen varias propiedades que posee el almidón y que determinan la forma en que debe tratarse, según el uso para el que se le requiera.

- **GELATINIZACIÓN**

Se define como la pérdida de la semicristalinidad de los gránulos de almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua, con muy poca o ninguna ocurrencia de despolimerización (Fritz, Seidenstucker, Bolz y Juza 1994).

La gelatinización ocurre en un rango estrecho de temperaturas que varía dependiendo de la fuente del almidón. El almidón de yuca gelatiniza en agua a temperaturas entre los 60 °C y 67 °C, lo que consiste en un hinchamiento de las



moléculas de almidón debido a que el agua penetra en su estructura molecular, (Ceballos y de la Cruz, 2002).

La movilidad térmica de las moléculas y la disolución debida al hinchamiento generan una disminución de la cristalinidad por el desenrollado de las dobles hélices, hasta que la estructura granular se fragmenta casi por completo. La viscosidad de esta mezcla depende de la concentración y de la absorción de agua por parte del almidón. Cuando ocurre la gelatinización, los gránulos hinchados del almidón ocupan los espacios vacíos. La viscosidad aumenta con la temperatura hasta la fragmentación de los gránulos, que se desintegran y se disuelven generando un decrecimiento en la viscosidad.

Pero en condiciones de alta concentración de almidón, como suele suceder cuando se pretende obtener un almidón termoplástico, el comportamiento es diferente. Mientras más rigidez, se da una mayor resistencia debido al choque entre los gránulos hinchados, lo que genera una alta viscosidad. En estas condiciones, cuanto más calor se adiciona, el agua retenida desintegra la estructura ordenada de los gránulos, y la amilosa comienza a difundirse formando un gel que finalmente soporta los gránulos compuestos ante todo por amilopectina.

- **BIODEGRADABILIDAD**

La norma ASTM D 5488-944 define la biodegradabilidad como la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos.

En general, un polímero es biodegradable si su degradación resulta de la acción natural de microorganismos como bacterias, hongos y algas. Existen varios factores requeridos para que pueda darse un proceso de biodegradación: presencia de microorganismos, presencia de aire (en caso de que se requiera), humedad y minerales necesarios, temperatura adecuada dependiendo del tipo de

microorganismo (entre 20 °C y 60 °C) y un valor de pH adecuado (entre 5 y 8) (Fritz et al. 1994).

- **USO DE ALMIDÓN EN LA ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**

Existe un gran interés por la utilización de almidón para formular recubrimientos debido a la abundancia del producto, bajos costos de su producción y a su biodegradabilidad. Su composición y sus propiedades varían según la fuente de donde se derive. Se puede aislar a partir de granos de maíz, trigo, arroz, sorgo, tubérculos (papa, yuca, etc.). Los RC a base de almidón son insípidos, inodoros y transparentes, por lo tanto, no produce cambio en el sabor, aroma o apariencia de los alimentos (Chiumareli y Hubinger, 2012).

Los recubrimientos a base de almidón presentan propiedades pobres de barrera a la humedad por su carácter hidrofílico y sus propiedades mecánicas pueden presentar limitaciones, debido a su semi cristalinidad y rápida retrogradación, (Acosta et al. 2006). Sin embargo, al modificar el almidón se mejoran las propiedades para determinadas aplicaciones, sin aumentar significativamente los costos de producción (Figueroa, Salcedo y Narváez 2013).

Recubrimientos elaborados a partir de almidón de yuca han sido aplicados en frutos como el pimiento (Ordoñez, Zuñiga, Hoyos, Mosquera y Mosquera 2014), Tomate de árbol (Andrade, Acosta, Bucheli y Osori, 2014), Mango (Mesa, Reyes y Cardozo, 2015), Piña (Dussán et al., 2014), y Plátano hartón, (Márquez, Palacín y Fuentes, 2015) y elaborados así: se hace la dilución del almidón de yuca en agua, mezcla que se lleva a 70°C bajo agitación constante (1200 rpm) hasta alcanzar la gelificación o coagulación térmica (mecanismo de elaboración de la matriz hidrocoloide del recubrimiento), luego se adicionan los aceites y se continua la agitación por 15 minutos más, tiempo en el cual se consigue una mezcla homogénea y estable, resultado de la interacción generada entre los componentes no polares que conforman los diferentes tratamientos, la acción emulsificante del tween 80 que actúa reduciendo la tensión superficial entre compuestos insolubles y

la fuerza mecánica de la agitación que juega un vital en la emulsificación de las soluciones formadores de recubrimientos (Andrade et al. 2014).

Esta metodología puede variar si se utilizan otros almidones, por ejemplo, el almidón de avena y plátano que se prepara a 95°C por 10 minutos y 250 rpm, luego se disminuye la temperatura a 60°C para agregar aditivos como betalaínas y se continua la agitación por 15 minutos más a 250 rpm (Zamudio et al. 2015).

## **2.4. USO DE PLASTIFICANTES EN LA ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**

La incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos quebradizos. La rigidez de los recubrimientos se debe a las fuerzas de cohesión que estabilizan la matriz polimérica de polisacárido o proteína. Los plastificantes debilitan estas fuerzas de cohesión entre las cadenas de polímero incrementando la movilidad de las mismas y mejorando la flexibilidad de la matriz polimérica. Sin embargo, la reducción de la cohesión del polímero se traduce en un incremento de la permeabilidad a los gases y al vapor de agua del recubrimiento (Usca y Ricardo, 2013).

Algunos de los plastificantes utilizados en la formulación de recubrimientos son polioles, como glicerol, polietilenglicol, propilenglicol, sorbitol, sacarosa y glucosa, que tienen naturaleza hidrofílica y reducen significativamente la barrera al vapor de agua del recubrimiento. Para preservar la barrera al vapor de agua de los recubrimientos se pueden utilizar otros plastificantes de naturaleza hidrofóbica, como los ácidos grasos y sus derivados, y los aceites que, sin embargo, aumentan la permeabilidad al oxígeno del recubrimiento. Por tanto, en función de las características requeridas del recubrimiento se pueden utilizar un tipo u otro de plastificante, o una combinación de ambos (Usca y Ricardo, 2013).

- **EFFECTO DE LOS PLASTIFICANTES**

Los plastificantes, entre los que se incluye el agua, son los principales componentes que afectan a las propiedades barrera y mecánicas de los hidrocoloides. Los plastificantes interfieren en las uniones entre las cadenas de polímero reduciendo así su cohesión. Estos aumentan la movilidad entre las cadenas de polímero y, por tanto, la flexibilidad y elasticidad del mismo, y aumentan el volumen libre, aumentando la permeabilidad y disminuyendo la temperatura de transición vítrea, (Usca y Ricardo, 2013). Las moléculas de plastificante no enlazadas al polímero ejercen así mismo una función lubricante entre cadenas que mejora la flexibilidad del polímero (Ortiz, 2015).

La habilidad del plastificante para romper los enlaces entre las cadenas de polímero y para atraer agua al sistema plastificante-hidrocoloide depende de la naturaleza química, tamaño, forma, polaridad, longitud de cadena, estado físico y número de grupos funcionales de los plastificantes capaces de interactuar con el polímero.

En general, los mejores plastificantes, en términos de mejorar las propiedades mecánicas son aquellos de pequeño volumen y con muchos grupos polares distanciados entre sí en su molécula. Los plastificantes de molécula lineal difunden con mayor facilidad en la matriz polimérica que los que presentan anillos en su molécula. Los plastificantes de similar estructura pueden diferir en cuanto a peso molecular, siendo los de menor peso los que presentan mejor difusividad en la matriz polimérica, pero a su vez son los que presentan menor permanencia en la matriz de hidrocoloide separándose de esta fácilmente (Usca y Ricardo, 2013).

La afinidad del plastificante por el agua determina su capacidad para atraer agua al sistema, la cual, a su vez, contribuye a la plastificación del mismo y afecta la permeabilidad de los recubrimientos. Así, la mayor higroscopicidad de la plastificante potencia la capacidad del plastificante para mejorar las propiedades mecánicas de los recubrimientos, pero reduce la barrera al vapor de agua y a los gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ). El estado físico de los plastificantes también modifica su efectividad, observaron que el glicerol, polietilenglicol y propilenglicol, gracias a su estado líquido, plastifican mejor las películas proteicas de  $\beta$ -Lactoglobulina que

otros plastificantes, como a sacarosa, que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido (Ortiz y Ann, 2015).

La naturaleza hidrofílica o hidrofóbica del plastificante determina su efecto en las propiedades barrera de la película. Así, los plastificantes hidrofóbicos aumentan de manera más acusada la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento que la permeabilidad a los gases; mientras que con los plastificantes hidrofóbicos sucede lo contrario. La mayor compatibilidad de los plastificantes hidrofóbicos con la matriz de hidrocoloide mejora su eficacia como plastificante frente a los hidrofóbicos. Por este motivo la tendencia es combinar los dos tipos para lograr las ventajas de ambos y minimizar las desventajas (Astiasarán, 2005).

- **GLICEROL**

El glicerol denominado también trihidroxipropano o propanotriol es un polialcohol, que posee tres grupos hidroxilos y es conocido comercialmente como glicerina. Se trata de un compuesto líquido a temperatura ambiente, viscoso, incoloro, inodoro y ligeramente dulce. Es utilizado en rollos para recubrir alimentos como es el celofán debido a que tiene glicerina añadida para aumentar su plasticidad, para asegurar que el recubrimiento sea elástico evitando que se rompa con facilidad. Debido a su dulzura, puede ser utilizado como edulcorante en las bebidas. Además, actúa como un humectante. Del mismo modo también se emplea en la fabricación de hielo y de dulces, para evitar la cristalización de azúcar, o licores, donde actúa como agente espesante.

- **GLUCOSA**

Es un monosacárido con fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ . Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula. Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la miel.

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Ciencias de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que geográficamente se encuentra situada entre las siguientes coordenadas 0°57'10' Latitud Sur 80°44'43' Longitud Oeste y una Altitud de 6 msnm, Manta-Manabí-Ecuador. Ubicada en la avenida circunvalación, vía San Mateo en la ciudad de Manta–Manabí–Ecuador. Esta investigación tuvo una duración de seis meses.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación fue de tipo experimental; se la realizó bajo ambiente controlado con el fin de obtener resultados confiables.

### **3.3. FACTORES EN ESTUDIO**

Los factores en estudio fueron:

- Factor A: Tipos de almidones.
- Factor B: Porcentajes de almidones.
- Factor C: Tipos de plastificantes.

#### **3.3.1. NIVELES**

Para el factor tipos de almidones se utilizaron los siguientes niveles:

- $a_1$  = Almidón de fruta de pan
- $a_2$  = Almidón de yuca

Para el factor porcentajes de almidones se utilizaron los siguientes niveles en base a 100mL de solución:

- $b_1 = 0,5\%$
- $b_2 = 1\%$
- $b_3 = 1,5\%$

Para el factor tipos de plastificantes se utilizaron los siguientes niveles:

- $c_1 =$  Glucosa al 0,5%
- $c_2 =$  Glicerol al 0,5%

### 3.3.2. TRATAMIENTOS

De las combinaciones de los diferentes niveles de cada factor se obtuvieron como resultado los siguientes tratamientos

**Cuadro 3. 1.** Detalle de los tratamientos.

Tratamientos	Codificación	Descripción		
		Tipos de almidones	Porcentajes (%)	Plastificante (0,5%)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Fruta de pan	0,5	Glucosa
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Fruta de pan	1,00	Glucosa
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Fruta de pan	1,50	Glucosa
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Fruta de pan	0,5	Glicerol
T <sub>5</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Fruta de pan	1,00	Glicerol
T <sub>6</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Fruta de pan	1,50	Glicerol
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Yuca	0,5	Glucosa
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Yuca	1,00	Glucosa
T <sub>9</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Yuca	1,50	Glucosa
T <sub>10</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Yuca	0,5	Glicerol
T <sub>11</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Yuca	1,00	Glicerol
T <sub>12</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Yuca	1,50	Glicerol



### 3.4. DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial  $A \times B \times C$ ; realizando tres réplicas para cada tratamiento. Para el análisis estadístico de las variables en estudio se utilizó el software SPSS versión 21 (libre) y se realizaron las siguientes pruebas:

- a) A todas las variables en estudio se les efectuó los supuestos del ANOVA: de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene) (Anexo 3-A).

#### 3.4.2. ESQUEMA DE ANOVA

El esquema de ANOVA se detalla en el cuadro 3.2

**Cuadro 3. 2.** Esquema de ANOVA.

Fuente de variación	gl
Total	35
Tipos de almidones (a)	1
Porcentajes de almidones (b)	2
Plastificantes (c)	1
a*b	2
a*c	1
b*c	2
a*b*c	2
Error	12

### 3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizaron cajas de Petri plásticas y estériles con un diámetro de 9cm, en la cual se ubicaron 20 mL de solución para formar recubrimientos.

### 3.6. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se detalla el proceso de obtención del almidón de fruta de pan (figura 3.1.) mientras que, el almidón de yuca se lo obtuvo de manera comercial de la marca La Pradera.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- **Recepción de los frutos:** se recolectaron 3kg de frutos entre los 7 y los 10 meses, una vez cosechados, estos fueron transportados vía terrestre en un contenedor plástico, luego fueron llevados al laboratorio dentro de las siguientes 24 horas para evitar su deterioro fisiológico e incremento microbiano.
- **Lavado y pelado:** El lavado se realizó en una tina de plástico marca Rey de 80 litros con agua de bidón y una solución de hipoclorito al 2%, el lavado se lo efectuó cuatro veces. El pelado se lo realizó manualmente con un cuchillo tramontina de acero inoxidable, la operación permitió la separación del ovario presente alrededor de la semilla al igual que la epidermis.
- **Rallado:** El rayado se lo realizó manualmente con ayuda de un cuchillo marca tramontina de acero inoxidable, en esta etapa se liberaron los gránulos de almidón contenidos en las células de los frutos de pan. Posteriormente, se licuó el almidón obtenido en una licuadora marca Osteizer Blender Classic con 3600 revoluciones por minutos (rpm). La eficiencia de esta operación determinó, en gran parte, el rendimiento total del almidón en el proceso de extracción. Si la desintegración no era eficiente, no se lograban separar totalmente los gránulos de almidón de las fibras.
- **Colado:** se realizó la separación de la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón, mediante el uso de colador y tela de lienzo, evidenciando que pequeñas partículas de fibra pasaran a la lechada de almidón; es por ello por lo que se realizó un recolado de la lechada con el objeto de retener las fibras finas que pudieron pasar a la lechada.

- **Sedimentación:** La sedimentación se realizó en un Pyrex Classic de vidrio fuente rectangular 40 por 27 esto se la realizó por 24h, para separar los gránulos de almidón de su suspensión en agua.
- **Secado:** usando una estufa con aire forzado a 60°C durante 48 h, se procedió a obtener almidón seco para su posterior utilización como materia prima para elaborar recubrimientos.
- **Almacenamiento:** los almidones se almacenaron durante 48h previo a su utilización en fundas ziploc en un desecador de vidrio marca Dixon Glass con el fin de evitar que las muestras absorban humedad.

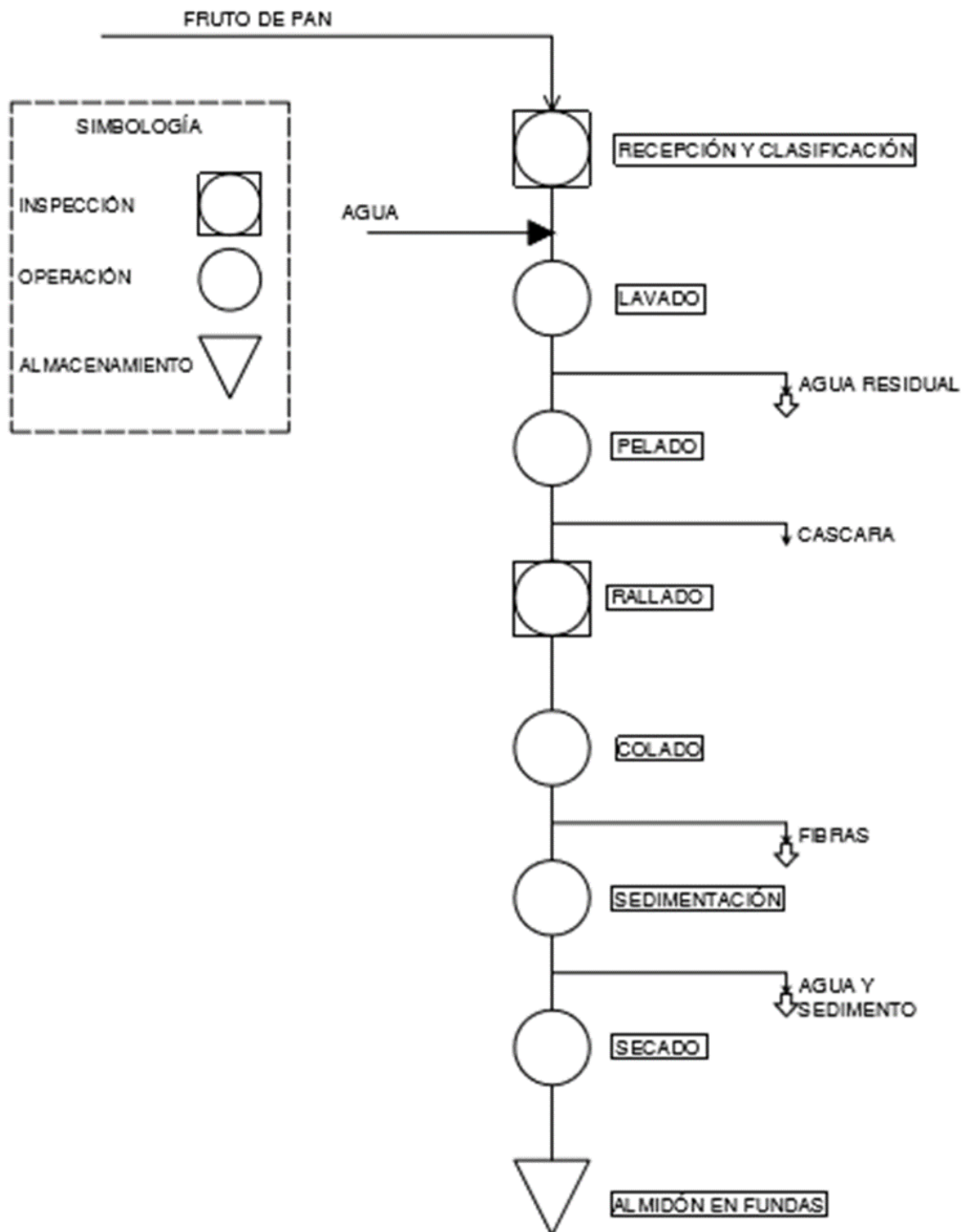


Figura 3. 1. Diagrama de proceso para la obtención de almidón de fruta de pan.

A continuación, en la figura 3.2 se detalla el proceso de elaboración de recubrimientos que se realizaron en el laboratorio de investigación de alimentos de la ULEAM.

- **Preparación de la solución:** las soluciones formadoras de recubrimiento (almidón de yuca y fruta de pan) con sus respectivos porcentajes, se las colocaron en un vaso de precipitación de 150mL marca Glassco, luego fueron llevadas a una plancha con calefacción marca Isotemp a 90°C durante cinco minutos. Los plastificantes utilizados fueron de la marca lobachemie, estos se los adicionó a 45°C para luego homogenizar las soluciones a 11.000 revoluciones por minutos (rpm) durante 30 segundos.
- **Vertido en placa:** se colocó en cada caja petri 20mL de solución formadora de recubrimiento. De cada caja petri se obtuvo un recubrimiento, en el cual se realizaron los análisis físicos (espesor, opacidad y solubilidad).
- **Secado:** el proceso de secado se realizó en una cámara climática marca Binder Modelo KBF 240 a 60°C y 80% de humedad relativa (HR) durante 48h.
- **Acondicionamiento:** se lo realizó una vez concluidas las 48h de secado, se acondicionó las cajas petri con los recubrimientos a 25°C y 80% de HR durante 24h.
- **Desprendimiento:** se realizó de forma manual con ayuda de una espátula, para tratar de no romper el recubrimiento.
- **Análisis:** los análisis mecánicos (resistencia a la tensión y permeabilidad al vapor de agua) se realizaron inmediatamente después de efectuar el proceso de desprendimiento.
- **Almacenamiento:** se lo realizó en una cámara climática marca Binder Modelo KBF 240 con una temperatura de 20°C y 60% HR.

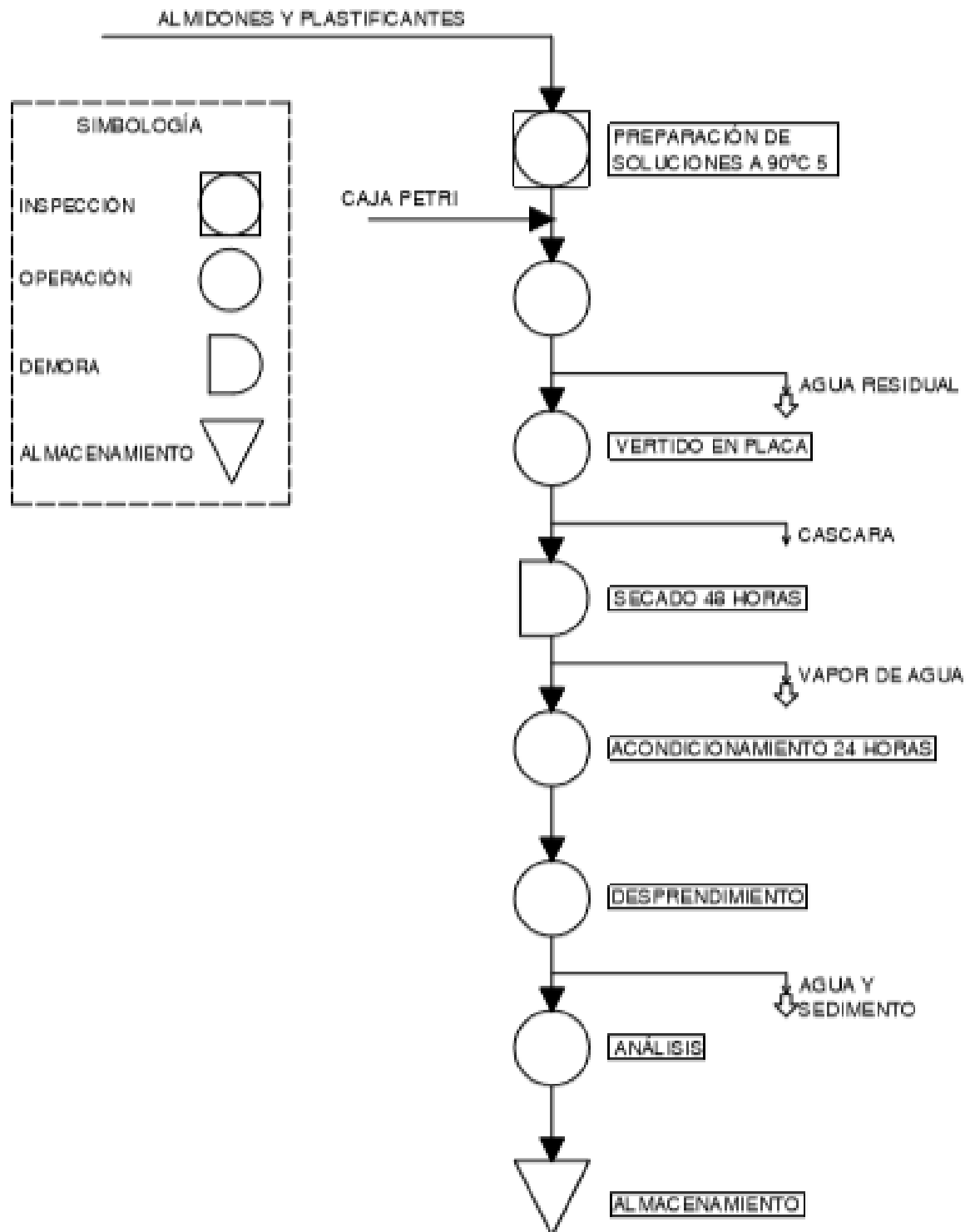


Figura 3. 2. Diagrama de proceso de la elaboración de recubrimientos.

### 3.7. VARIABLES EVALUADAS

- Resistencia a la tensión (RT)
- Permeabilidad al vapor de agua (PVA)
- Espesor
- Opacidad
- Solubilidad

### 3.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.8.1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN (RT)

Las propiedades de resistencia a la tensión se determinaron mediante una prueba de tracción con un texturómetro (Shimadzu, Japón) según la metodología propuesta por Santacruz, Rivadeneira y Castro (2015), mediante el uso de una prueba de tracción. Se cargaron las muestras de películas de 5 x 2 cm en el equipo. La velocidad de la cruceta se fijó en 10mm/s. La resistencia máxima a la tracción (resistencia a la tracción) se determinó utilizando un software Trapezium X.

#### 3.8.2. PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (PVA)

La permeabilidad al vapor de agua se realizó de acuerdo con ASTM (1996) y Debeaufort, Martin, y Voilley (1993). Se usaron muestras de recubrimiento para sellar un agujero en la parte superior de una celda de plástico, esta celda contiene agua destilada, luego se las colocó en un desecador a una temperatura de 25°C durante 24h, posterior se tomaron al menos tres pesos de la celda durante las 24h de almacenamiento.

La PVA se calculó mediante la siguiente ecuación

$$PVA = \frac{\Delta m \cdot l}{A \cdot \Delta t \cdot \Delta p} \quad [3.1]$$

**Dónde:**

- $\Delta m / \Delta t$  = Pérdida de humedad por unidad de tiempo ( $\text{g s}^{-1}$ ).
- $A$  = Área del recubrimiento expuesto a la transferencia de humedad ( $\text{m}^2$ ).
- $l$  = Espesor del recubrimiento (m).
- $\Delta p$  = Diferencia de presión de vapor de agua entre los dos lados del recubrimiento (Pa).

$$\Delta p = \frac{\Delta RH}{100} \times PVAP \text{ SAT} \quad [3.2]$$

**Dónde:**

**$\Delta RH$** = Es el gradiente de humedad relativa entre la celda y el entorno.

**PVAP SAT**= Es la presión de vapor saturado de agua pura y es igual a 3160 Pa a 25 °C.

**3.8.3. ESPESOR**

Esta variable se analizó mediante la propuesta de Santacruz, Rivadeneira y Castro (2015) quienes midieron el espesor del recubrimiento por medida directa en tres secciones diferentes del recubrimiento (extremos y parte central), utilizando un micrómetro digital (Mitutoyo, Japón).

**3.8.4. OPACIDAD**

Se evaluó según lo indicado por Gómez, Giménez, Montero y Gómez (2009), mediante la obtención de la medida de absorbancia de la película a 620 nanómetros (nm), utilizando un espectrofotómetro (YENWAY,6320D) de acuerdo con la siguiente ecuación:



$$\text{Opacidad} = \frac{\text{Abs600}}{X} \quad [3.3]$$

Donde:

- **Abs600**= Es la absorbancia a 600 nm
- **X**= Es el espesor del recubrimiento en mm.

Los valores bajos de opacidad correspondieron a una alta transparencia

### 3.8.5. SOLUBILIDAD

Se determinó de acuerdo con el método de Colla, Sobral y Menegalli (2006) con ligeras modificaciones. Se secaron piezas de recubrimiento de 3 x 1 cm a un peso constante a 100°C, luego se colocó cada muestra en un vaso de precipitado que contenía 50mL de agua destilada y se agitó a 100rpm en un agitador orbital (mrc, Alemania) a temperatura ambiente durante 24h. Después de recoger el recubrimiento no disuelto, se procedió a secar en una estufa (BINDER, USA) a 100°C durante 24h (Santacruz et al, 2015) para determinar su peso seco. El porcentaje de solubilidad se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} \times 100 \quad [3.4]$$

### 3.9. TRATAMIENTOS DE DATOS

El análisis de los datos se los efectuó por medio del programa de Microsoft Office Excel 2007, SPSS 21 versión libre.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solo la variable espesor cumplió con los supuestos del ANOVA debido a que su significancia fue mayor al 0,05 (Ver anexo 2), las demás fueron analizadas por la prueba paramétrica de Kruskal Wallis. A continuación, se indica la prueba paramétrica para la variable espesor.

**Cuadro 4. 1.** ANOVA para la variable espesor.

Origen	gl	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregida	35	0,029			
Factor_A	1	0,005	0,005	43,000**	0,000
Factor_B	2	0,006	0,003	24,163**	0,000
Factor_C	1	0,015	0,015	123,930**	0,000
Factor_A * Factor_B *	7	0,000	5,516E-005	0,462	0,852
Factor_C					
Error	24	0,003	0,000		

NS: No significativo

\* Significativo al 5%

\*\* Altamente significativo al 1%

Como se observa en el cuadro 4.1 el ANOVA para la variable espesor se puede observar que existe diferencia estadística significativa ( $p\_valor < 0,05$ ) para cada uno de los factores y su interacción (cuadro 4.2) se procede a estudiar las medias para cada uno de ellos.

**Cuadro 4. 2.** Promedio de la variable espesor para cada uno de sus niveles y tratamientos.

<b>FV</b>	<b>Características físicas</b>
<b>Tipo de almidón</b>	Espesor (mm)
Fruta de pan	0,14 b
Yuca	0,16 a
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>% de almidón</b>	
0,5	0,13 c
1,0	0,15 b
1,5	0,16 a
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Tipo de plastificante</b>	
Glucosa 0,5%	0,13 b
Glicerol 0,5%	0,17 a
<b>p-valor</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Tipo de almidón*% almidón*plastificantes</b>	
Fruta de pan*0,50*glucosa	0,10 f
Fruta de pan*1,0*glucosa	0,12 de
Fruta de pan*1,5*glucosa	0,13 ef
Fruta de pan*0,50*glicerol	0,14 cde
Fruta de pan*1,0*glicerol	0,16 bcd
Fruta de pan*1,5*glicerol	0,17 bc
Yuca*0,50*glucosa	0,12 ef
Yuca*1,0*glucosa	0,14 cde
Yuca*1,5*glucosa	0,16 bcd
Yuca*0,50*glicerol	0,16 bc
Yuca*1,0*glicerol	0,18 ab
Yuca*1,5*glicerol	0,20 a
<b>p-valor</b>	<b>0,0009</b>

Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo con la prueba no paramétrica y prueba paramétrica Tukey al 5% de probabilidades de error para las variables que cumplieron con los supuestos del ANOVA.

#### **4.1. FUENTES DE ALMIDÓN PARA LA VARIABLE ESPESOR DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES**

El tipo de almidón mostró diferencias significativas sobre el espesor (Cuadro 4.2), el almidón de yuca reportó 0,16 mm de espesor (Figura 4.1), en relación con este resultado Eliasson y Gudmundsson (1996); Vandeputte, Derycke, Geeroms y Delcour (2003) mencionan que el almidón de yuca tiene un mayor poder de

hinchamiento en comparación con los almidones de otras fuentes botánicas; debido a esto, los gránulos de almidón grandes junto con el alto poder de hinchamiento pueden conducir a una formación de los recubrimientos más gruesos. Santacruz et al. (2015) obtuvieron resultados similares con recubrimientos comestibles utilizando almidón de papa y yuca logrando valores desde 0,13 hasta 0,15mm de espesor.

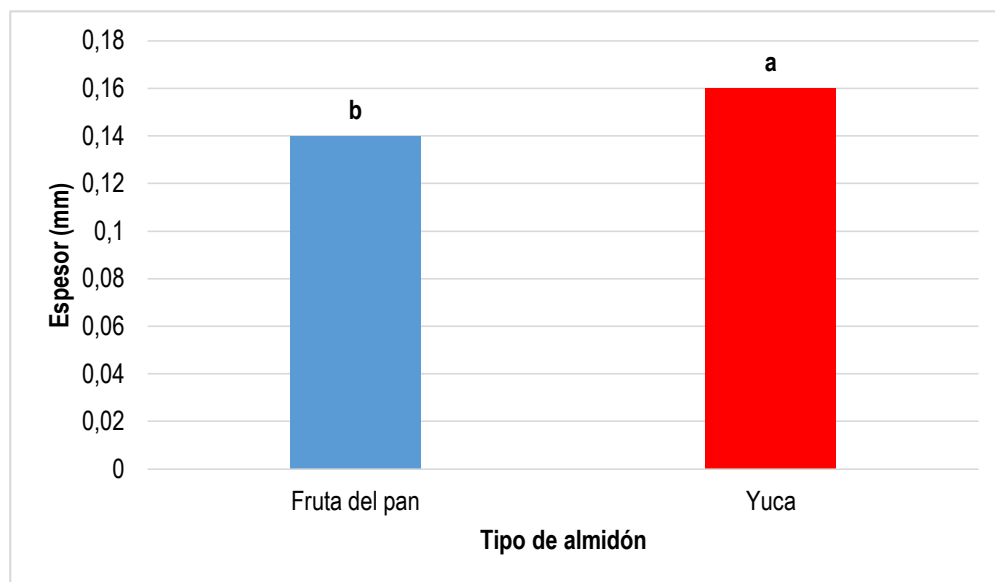


Figura 4. 1. Media del tipo de almidón sobre el espesor (mm).

El porcentaje de almidón reportó diferencias significativas sobre el espesor (Cuadro 4.2), donde la aplicación del 1,5% de almidón reportó un espesor 0,16mm (Figura 4.2), Santacruz et al. (2015) aseveran que un aumento de la concentración de almidón conduce a un aumento del espesor de los recubrimientos.

Anchundia et al. (2016) demostraron que en recubrimientos con almidón de cáscara de plátano la relación es directamente proporcional, esto quiere decir, que a mayor porcentaje de almidón mayor es el espesor en mm, esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, debido a que con el mayor porcentaje de almidón de yuca aplicado (1,5%) se obtuvo un mayor espesor en el recubrimiento (1,6mm).

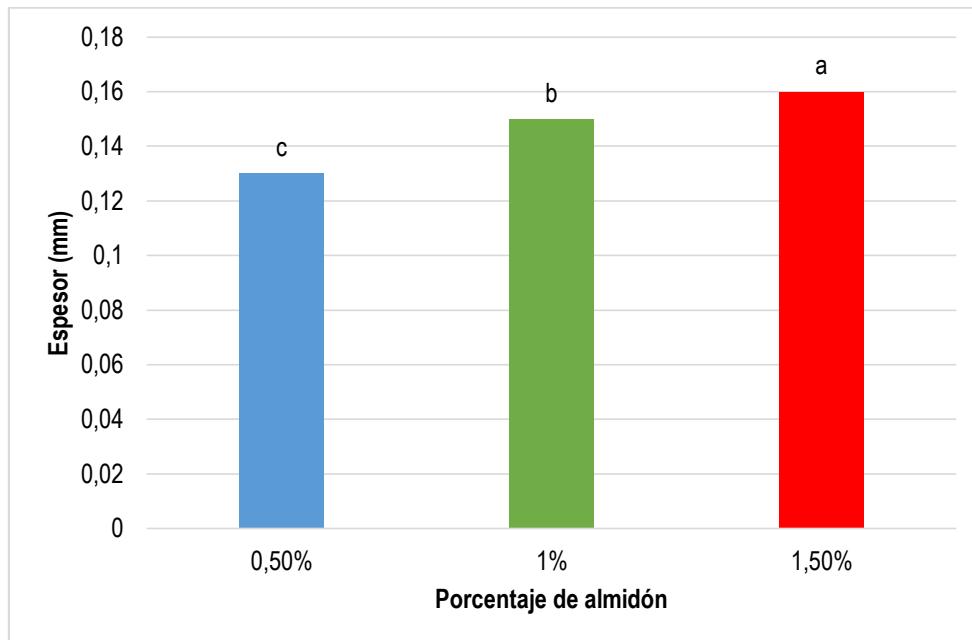


Figura 4. 2. Media el porcentaje de almidón sobre el espesor (mm).

El tipo de plastificante sobre el espesor reportó diferencias estadísticas, evidenciando que con la aplicación de glicerol al 0,5% se obtuvo un 0,17mm de espesor en el recubrimiento (Figura 4.3). Santacruz et al. (2015) coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, reportando un mayor espesor de los recubrimientos mediante el uso de glicerol en comparación con la glucosa como plastificante, con valores de 0,16 y 0,12 mm respectivamente.

De acuerdo con Cerqueira, Souza, Teixeira y Vicente (2012) el pequeño tamaño molecular del glicerol aumenta el contenido de humedad de los recubrimientos en comparación con otros plastificantes, debido a que el número de grupos hidroxilo es mayor a la misma concentración en comparación a la glucosa, esto refleja que aplicando plastificantes con las características químicas anteriormente citadas se obtendrán recubrimientos con un mayor espesor.

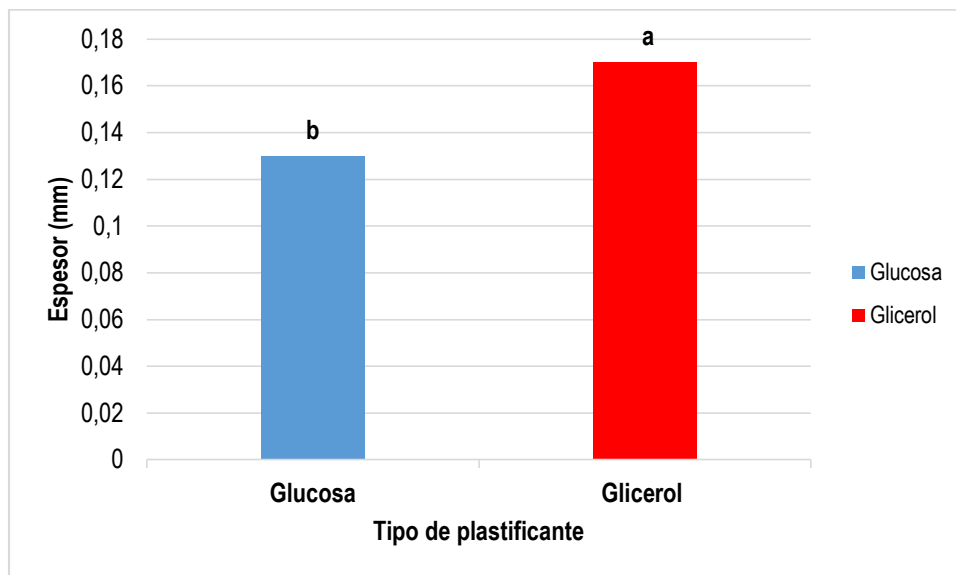


Figura 4. 3. Media del tipo de plastificante sobre el esesor (mm).

El tipo de almidón, % de almidón y el plastificante aplicado presentaron diferencias significativas para la variable esesor (Cuadro 4.1). Con la aplicación del 1,5% de almidón de yuca con glicerol al 0,5% se obtiene un esesor de 0,20mm (Figura 4.4) esto coincide con lo reportado por Santacruz et al. (2015) quienes reportaron 0,16mm de esesor con 1% de almidón de yuca.

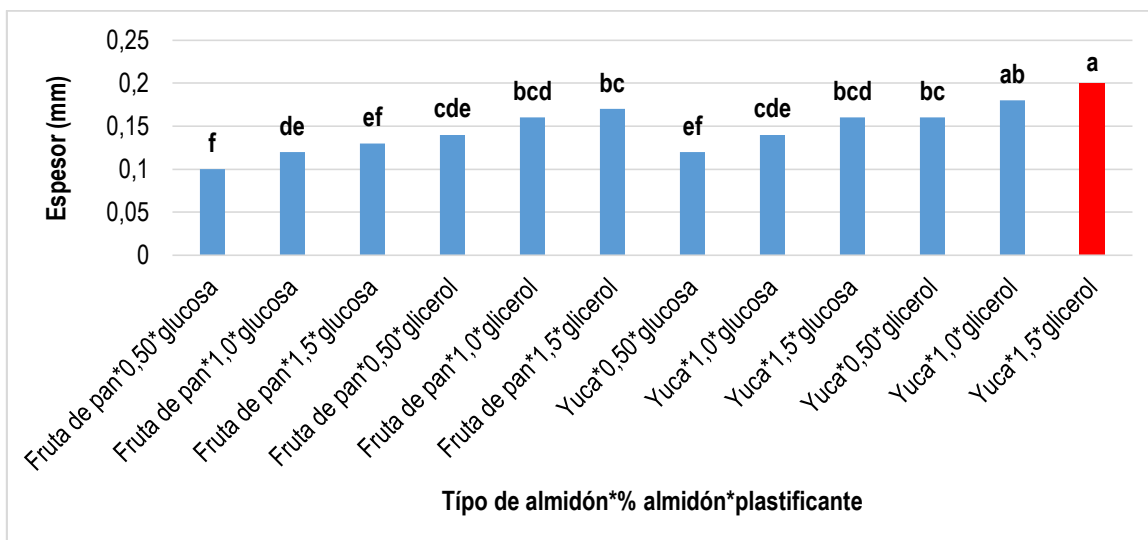


Figura 4. 4. Media del tipo de almidón, % de almidón y plastificante sobre el esesor (mm).

## 4.2. PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

Las variables que no cumplieron las pruebas no paramétricas se les realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para cada uno de los factores en estudio y su interacción (Tratamientos).

### 4.2.1. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL WALLIS PARA EL FACTOR A

**Cuadro 4. 3.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor A.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Opacidad es la misma entre las categorías de Factor A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,849	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Resistencia a la tensión es la misma entre las categorías de Factor A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Permeabilidad al vapor de agua es la misma entre las categorías de Factor A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Solubilidad es la misma entre las categorías de Factor A.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Como se observa en el cuadro 4.3 no existe diferencia estadística significativa para la variable opacidad, pero si para las demás estudiadas. Por lo anterior, se procede a realizar un gráfico de cajas para cada una de las variables.

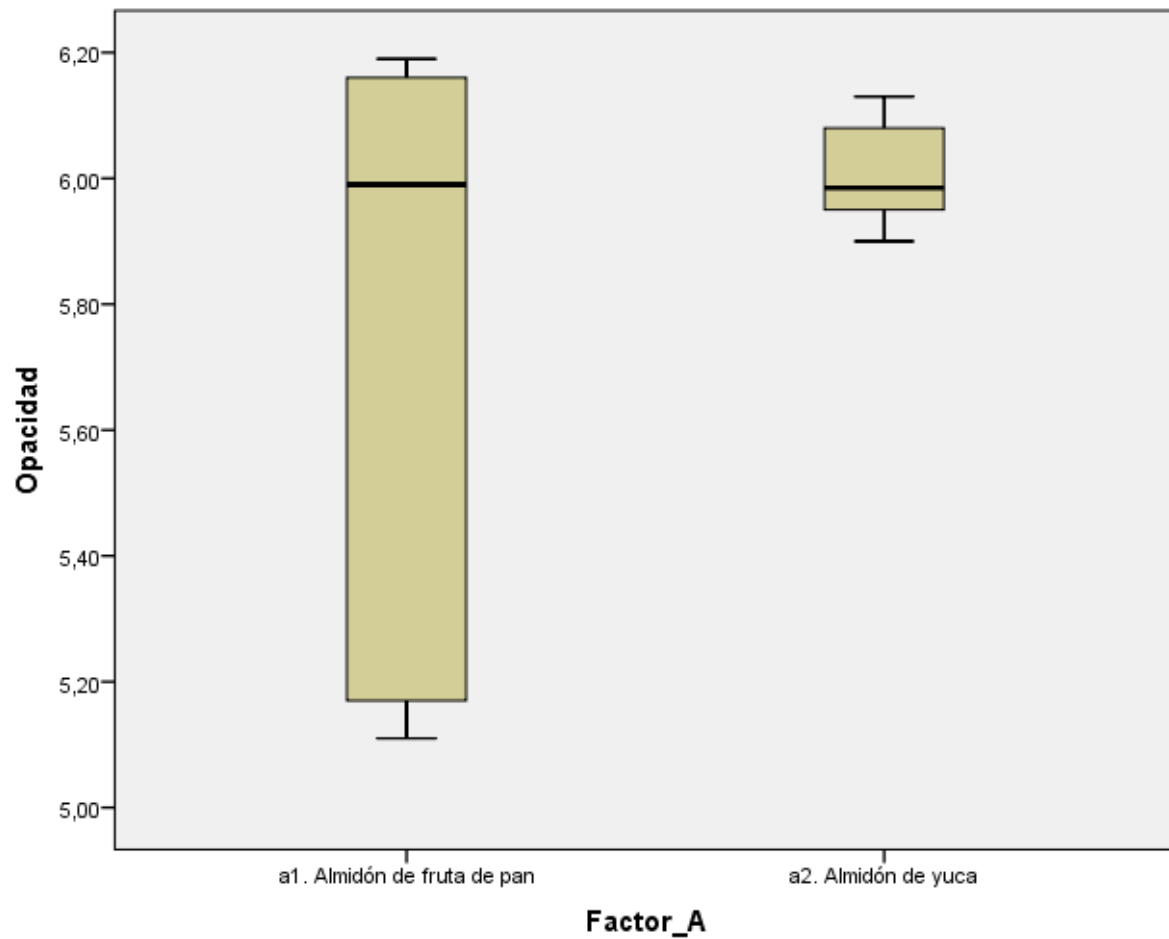


Figura 4. 5. Media de espesor factor A mediante gráfico de cajas.

Como se evidencia en la figura 4.5 el almidón que permitió obtener una mejor opacidad fue el almidón de fruta de pan.



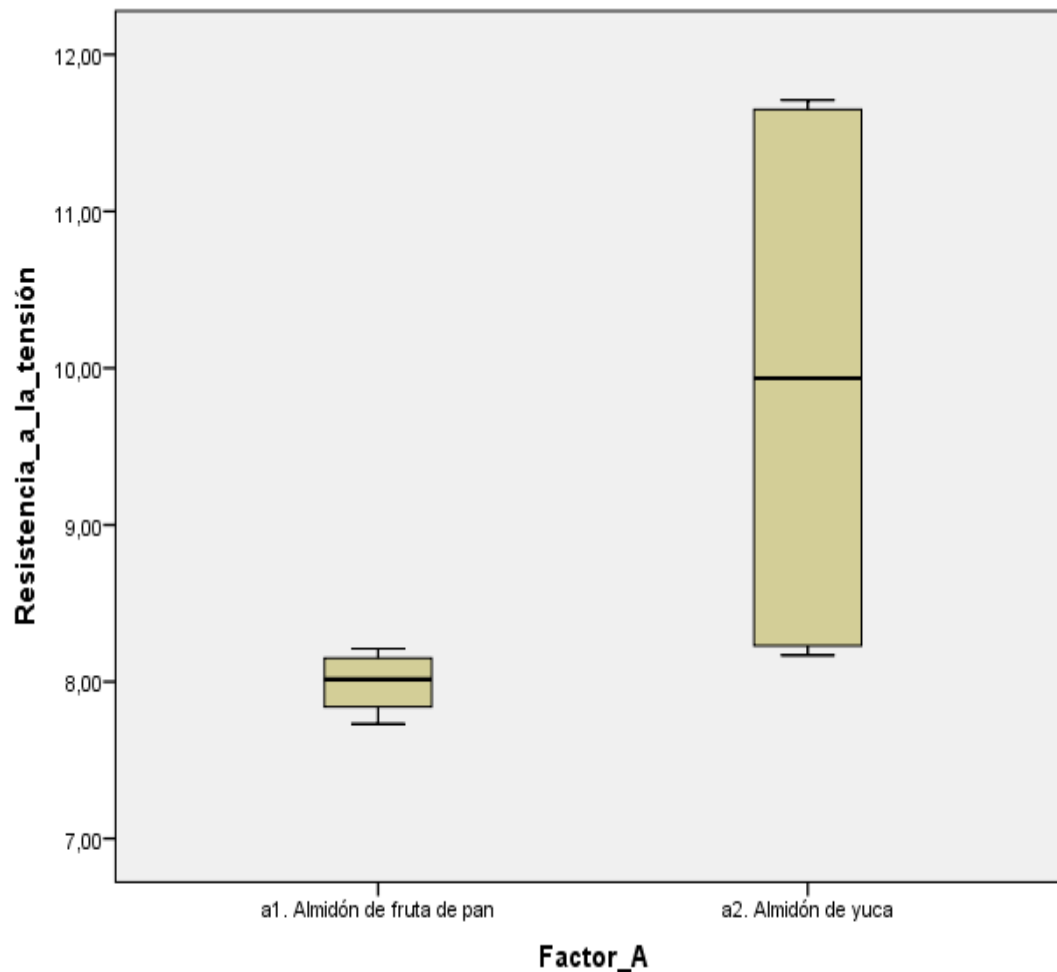


Figura 4. 6. Media de Resistencia a la tensión factor A.

La figura (4.6), muestra que el nivel a1 presentó el menor valor de resistencia a la tensión mientras que el nivel a2 fue el que posee el valor más alto, indicando que el almidón de yuca presenta mejores características en cuanto a resistencia a la tensión, el almidón de yuca reportó una resistencia de la tensión de 9,94 MPa, es decir, resiste una mayor presión para romperse en comparación que el almidón de fruta del pan (Figura 4.2), este resultado coincide con lo reportado por Santacruz et al. (2015) quienes reportaron 9,27 MPa de resistencia de la tensión en recubrimiento obtenido a partir de la aplicación de almidón de yuca, de acuerdo con Silva et al. (2009) esto se debe al grupo hidroxilo que posee el almidón en su composición química.

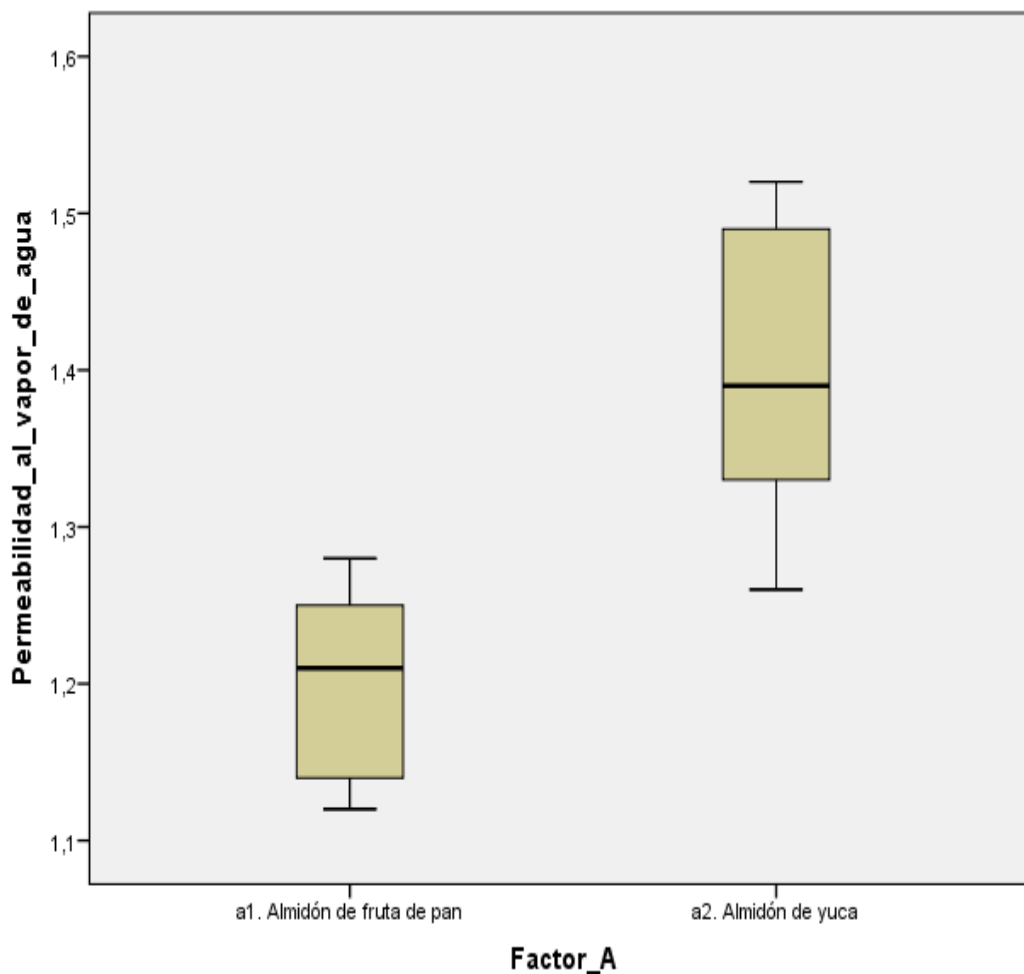
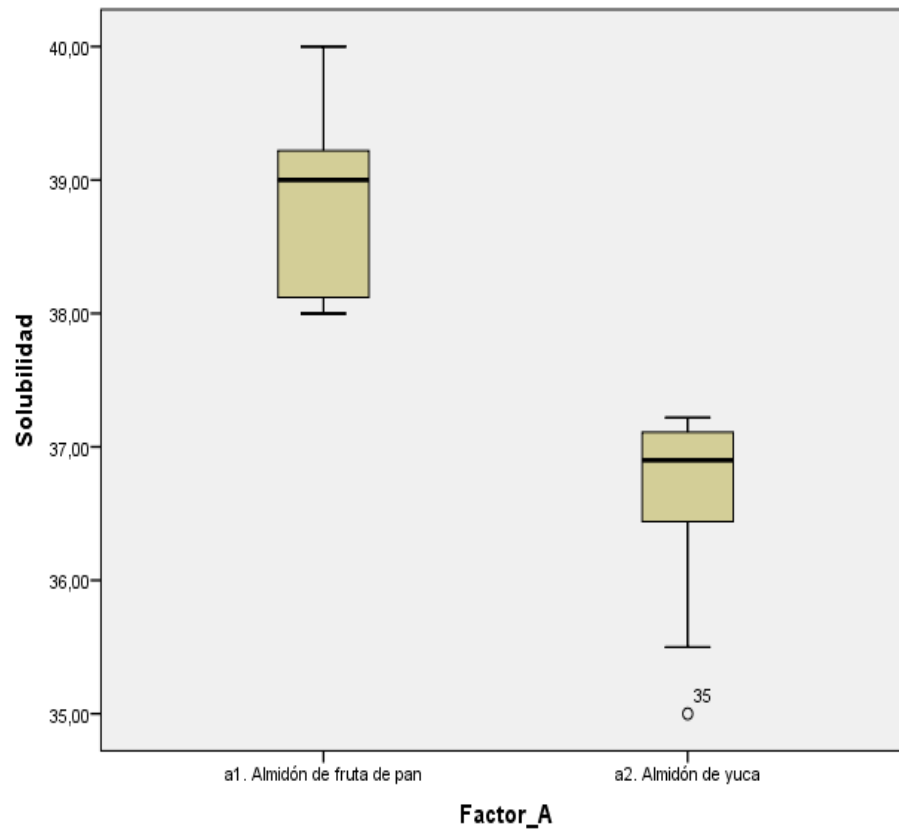


Figura 4. 7. Media de Permeabilidad al vapor de agua Factor A.

El almidón de fruta de pan mostró  $1,20 \text{ gs}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  de permeabilidad al vapor de agua (Figura 4.7), este resultado es similar por lo encontrado por Santacruz et al. (2015) quienes reportaron  $1,55 \text{ gs}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  de permeabilidad al vapor de agua en un recubrimiento elaborado con almidón de papa, de acuerdo con estos valores de permeabilidad obtenidos, Mendoza (2012) menciona que los valores más bajos de permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos se consideran mejores, debido a que de esta manera los alimentos no pierden peso por deshidratación y conservan sus características originales por más tiempo.



**Figura 4. 8.** Media de Solubilidad del recubrimiento Factor A.

El tipo de almidón mostró diferencias significativas sobre la solubilidad con la aplicación de almidón de yuca se obtuvo un 38,87% de solubilidad (Figura 4.7), este resultado es semejante a lo obtenido por Santacruz et al. (2015) quienes reportaron 33,20% de solubilidad con la aplicación de almidón de yuca en su investigación.

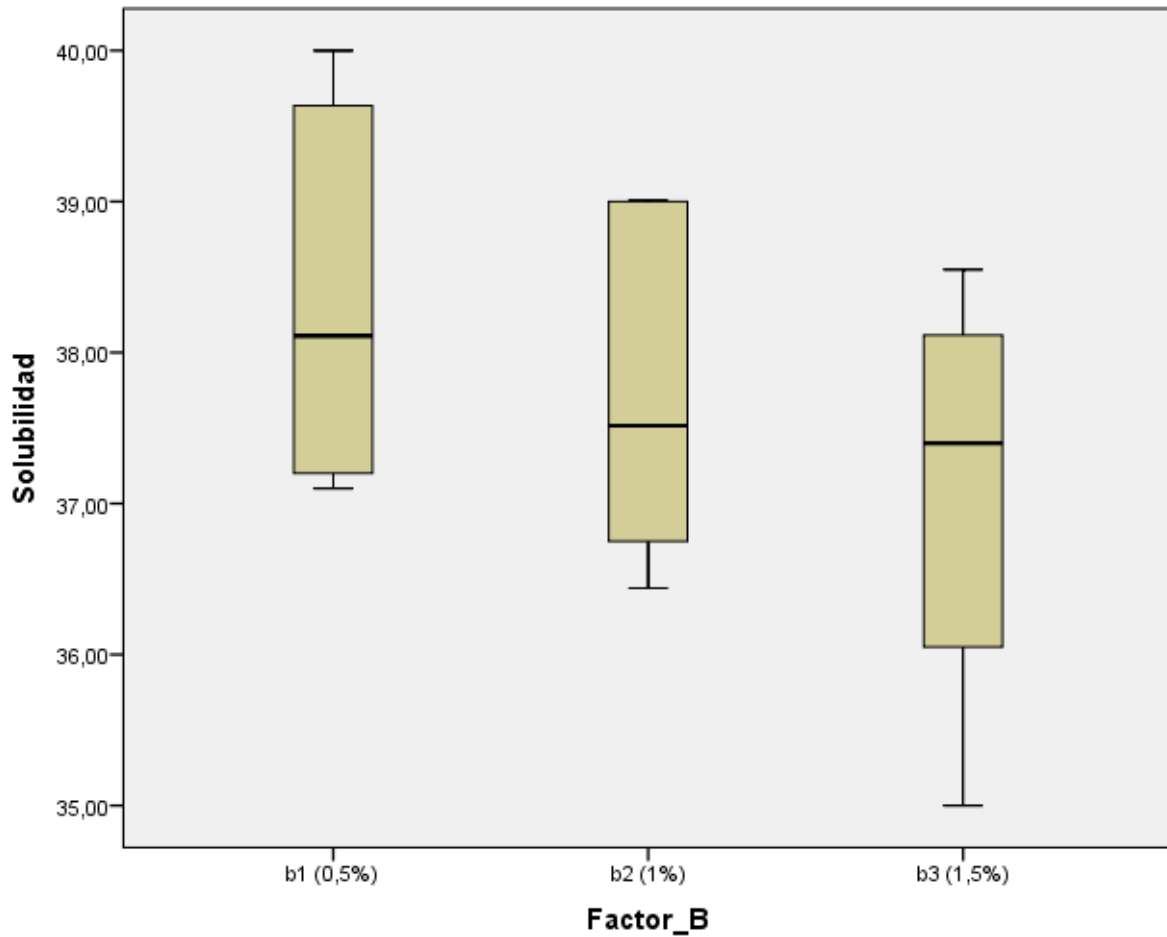
## 4.2.2. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL WALLIS PARA EL FACTOR B

**Cuadro 4. 4.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor B.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Opacidad es la misma entre las categorías de Factor_B.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,301	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Resistencia_a_la_tensión es la misma entre las categorías de Factor_B.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,327	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de Permeabilidad_al_vapor_de_agua es la misma entre las categorías de Factor_B.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,323	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de Solubilidad es la misma entre las categorías de Factor_B.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,038	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Como se observa en el cuadro 4.4 sólo existe diferencia estadística significativa para las variables solubilidad. Por lo anterior, se procede a realizar un gráfico de cajas para la variable antes mencionada.



**Figura 4. 9.** Media de Solubilidad del recubrimiento Factor B.

El % de almidón presentó diferencias significativas demostraron que con el 0,5% de almidón se obtuvo un 38,36% de solubilidad (Figura 4.8) esto coincide con lo reportado por Santacruz quienes reportaron 38,61% de solubilidad empleando 1% de almidón de yuca.

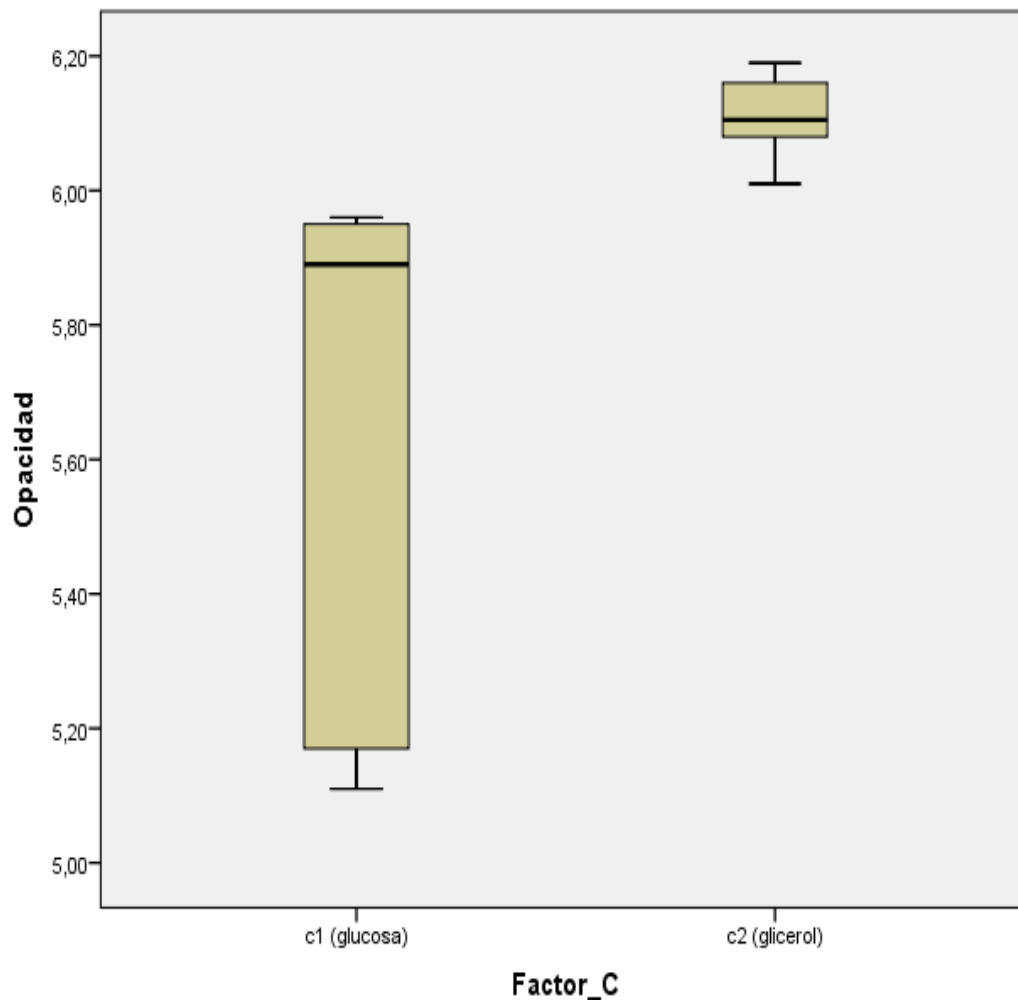
### 4.2.3. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL WALLIS PARA EL FACTOR C

**Cuadro 4. 5.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para el factor C.

Resumen de prueba de hipótesis			
	Hipótesis nula	Test	Sig. Decisión
1	La distribución de Opacidad es la misma entre las categorías de Factor_C.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000 Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de Resistencia_a_la_tensión es la misma entre las categorías de Factor_C.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,006 Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Permeabilidad_al_vapor_de_agua es la misma entre las categorías de Factor_C.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,008 Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Solubilidad es la misma entre las categorías de Factor_C.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,692 Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Como se observa en el cuadro 4.5 no existe diferencia estadística significativa para la variable opacidad, pero si para las demás. Por lo anterior, se procede a realizar un gráfico de medias para cada una de las variables significativas.



**Figura 4.10.** Media de Opacidad del recubrimiento Factor C.

La opacidad con la aplicación de glicerol 0,5% reportó 6,11 mm<sup>-1</sup> (Figura 4.9) estos resultados se deben al espesor (0,16mm), debido a que según Zactiti (2004) el grosor tiene una gran influencia en la opacidad de los recubrimientos, debido a que según Vásquez y Guerrero (2013) mencionan que el plastificante se asocia físicoquímicamente con la estructura del biopolímero reduciendo la cohesión e interfiriendo con la asociación de las cadenas poliméricas facilitando su deslizamiento por lo que aumenta la flexibilidad del recubrimiento.

En relación con lo antes mencionado Santacruz et al. (2015) reportaron valores de opacidad de 6,61 mm<sup>-1</sup> en recubrimientos con almidón de yuca con la aplicación de glicerol al 1% con un 0,16mm de espesor.

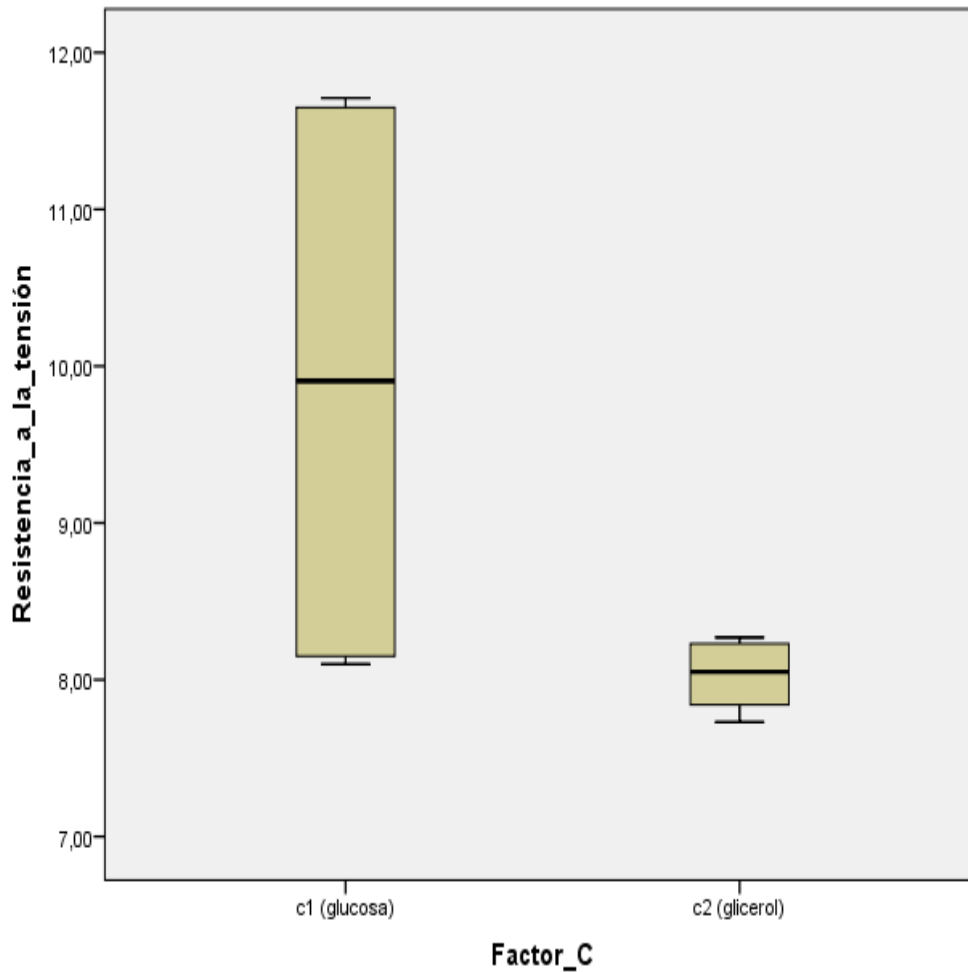


Figura 4. 11. Media de Resistencia a la tensión del recubrimiento Factor C.

La glucosa con el 0,5% utilizada como plastificante reportó una resistencia de tensión de 9,90MPa (Figura 4.10), Cortés, Fernández, Mosquera y Velasco (2014) mencionan que en el caso del glicerol al aumentar el porcentaje de este plastificante inciden en las moléculas de agua debido a su carácter hidrofílico causando una disminución en la resistencia a la tensión.



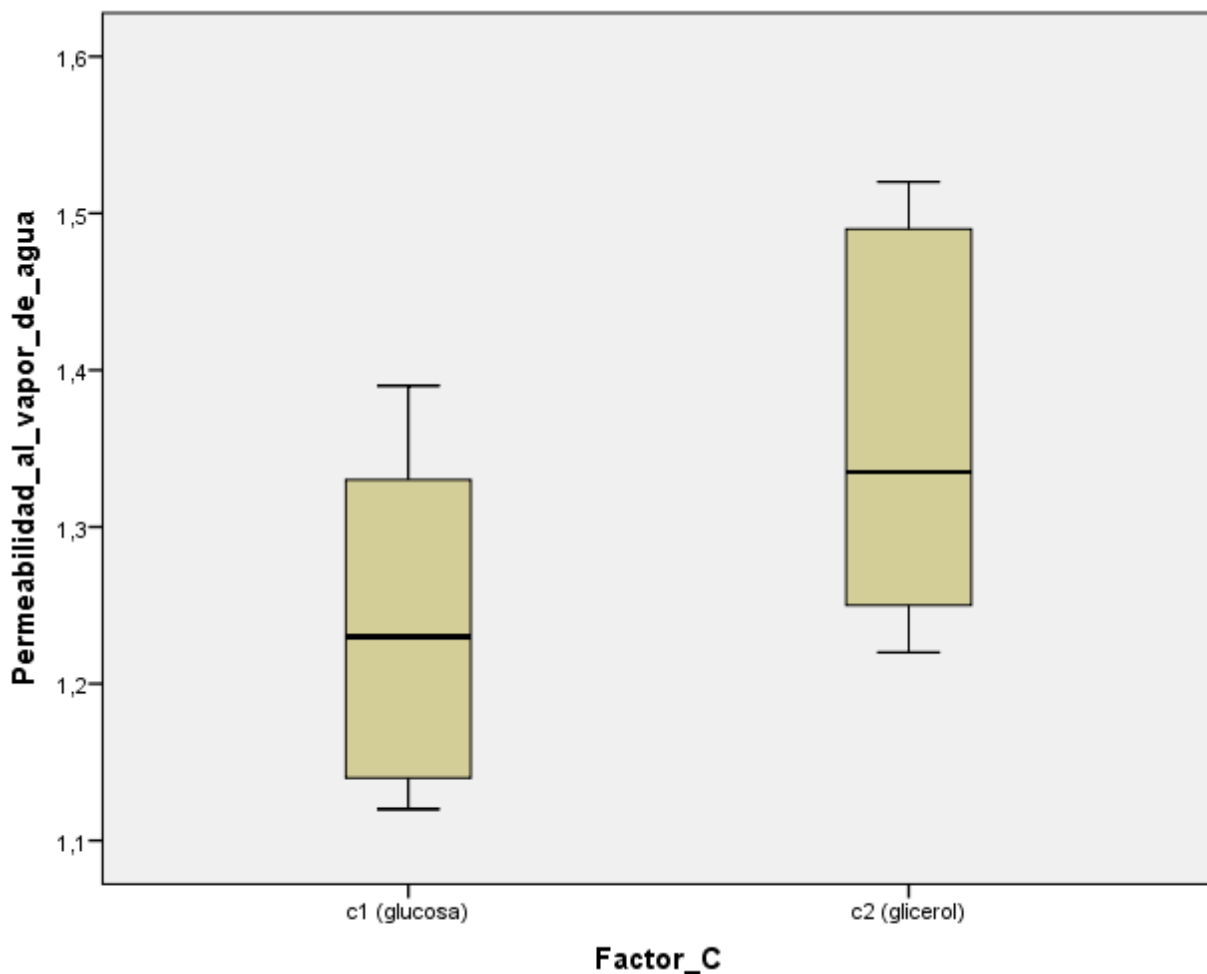


Figura 4. 12. Media de Permeabilidad al Vapor de Agua del recubrimiento Factor C.

Con la aplicación de glucosa 0,5% se obtuvo 1,24  $\text{gs}^{-1} \text{m}^{-1} \text{Pa}^{-1}$  de permeabilidad al vapor de agua (Figura 4.14) en el recubrimiento, esto es semejante a lo obtenido por Santacruz et al. (2015) quienes reportaron 1,43  $\text{gs}^{-1} \text{m}^{-1} \text{Pa}^{-1}$  de permeabilidad al vapor de agua aplicando glicerol (1%), en correspondencia con estos valores Al-Hassan y Norziah (2012) aseveran que los altos valores de permeabilidad de agua se deben a que el glicerol es más higroscópico que la glucosa, y esto conduce a una mayor difusión de agua, lo que dará a las películas una mayor permeabilidad al vapor de agua.

#### 4.4. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL WALLIS PARA LOS TRATAMIENTOS

**Cuadro 4. 6.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para los tratamientos.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Opacidad es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de Resistencia a la tensión es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Permeabilidad al vapor de agua es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Solubilidad es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0,05.

Se observa (cuadro 4.6) que existe diferencia estadística significativa para cada uno de los tratamientos, procediendo a realizar la prueba de Tukey

**Cuadro 4. 7.** Prueba de Tukey para la variable opacidad.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0,05								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tratamiento 1	5,1133 a								
Tratamiento 2		5,1633 b							
Tratamiento 3			5,85						
			67 c						
Tratamiento 7				5,9100 d					
Tratamiento 8				5,9467 de	5,9467de				
Tratamiento 9					5,9500 e				
Tratamiento 10						6,0300			
						f			
Tratamiento 11							6,0733		
							g		
Tratamiento 4							6,1067gh	6,1067gh	
Tratamiento 12								6,1133h	
Tratamiento 5									6,1600i
Tratamiento 6									6,1867i

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05 de probabilidad de error.

La interacción de los factores tipo de almidón, % de almidón y plastificantes, mostraron diferencias significativas sobre la opacidad (Cuadro 4.7) presentando

como mejor tratamiento el de fruta de pan con 1,5% de almidón y glicerol al 0,5% con un valor de opacidad de  $6,1867\text{mm}^{-1}$  (t6).

**Cuadro 4. 8.** Prueba de Tukey para la variable resistencia a la tensión.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0,05						
	1	2	3	4	5	6	7
Tratamiento 4	7,7600 a						
Tratamiento 5		7,8433 b					
Tratamiento 6		7,9067 b					
Tratamiento 1			8,1167 c				
Tratamiento 2			8,1400 cd	8,1400 cd			
Tratamiento 10				8,1933 de	8,1933 de		
Tratamiento 3				8,2033 df	8,2033 df	8,2033 dfg	
Tratamiento 11					8,2300 dg	8,2300 dg	
Tratamiento 12						8,2633 g	
Tratamiento 7							11,6200 h
Tratamiento 8							11,6500 h
Tratamiento 9							11,6833 h

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05 de probabilidad de error.

Con el almidón de yuca al 1,5% y glucosa se obtuvo 11,68 MPa en la resistencia de la tensión (Figura 4.13), en relación con este resultado Santacruz et al. (2015) reportaron 11,68 MPa de resistencia de tensión con glucosa (1%).

**Cuadro 4. 9.** Prueba de Tukey para la variable permeabilidad al vapor de agua.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0,05						
	1	2	3	4	5	6	7
Tratamiento 1	1,120 a						
Tratamiento 2	1,150 b	1,150 b					
Tratamiento 3		1,187 bc	1,187 bc				
Tratamiento 4			1,227 cd	1,227 cd			
Tratamiento 5				1,250 d			
Tratamiento 6				1,273d			
Tratamiento 7				1,277d			
Tratamiento 8					1,337 e		
Tratamiento 9					1,377 e		
Tratamiento 10						1,430 f	
Tratamiento 11						1,473 fg	1,473 fg
Tratamiento 12							1,503 g

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05 de probabilidad de error.

La interacción de los factores en estudio evidenció diferencias significativas demostrando que con la aplicación de 0,5% almidón de fruta de pan y glucosa se obtiene  $1,12 \text{ gs}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  de permeabilidad al vapor de agua (Figura 4.15) en el recubrimiento.

**Cuadro 4. 10.** Prueba de Tukey para la variable solubilidad.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0,05					
	1	2	3	4	5	6
Tratamiento 12	35,5333 a					
Tratamiento 9		36,4333 b				
Tratamiento 8		36,4800 b				
Tratamiento 11		37,0133 b				
Tratamiento 7		37,1700 b				
Tratamiento 10		37,1767 b				
Tratamiento 3			38,0767 c			
Tratamiento 6			38,3633 cd	38,3633 cd		
Tratamiento 2			38,6700 cde	38,6700 cde	38,6700 cde	
Tratamiento 5				39,0000 def	39,0000 def	39,0000 def
Tratamiento 1					39,2633 ef	39,2633 ef
Tratamiento 4						39,8167 f

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05 de probabilidad de error.

El tipo de almidón, % de almidón y plastificante reportaron diferencias significativas sobre la solubilidad (cuadro 4.1), la aplicación de fruta de pan con 0,50% de almidón y glicerol (0,5%) fue el que presentó mayor solubilidad con el 39,82% (Gráfico 4.7).

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La fuente de almidón que proporcionó mejores características a los recubrimientos fue el almidón de yuca debido a que presentó las mejores condiciones en el espesor y el almidón de fruta de pan contribuyó en una mejor opacidad y solubilidad de los recubrimientos.
- El porcentaje de almidón que brindó las mejores características mecánicas como lo es la solubilidad fue el 0,5% de almidón debido a que proporcionó las mejores condiciones de solubilidad de los recubrimientos.
- El plastificante que brindó las mejores características físicas y mecánicas fue el glicerol debido a que proporcionó mejor espesor y opacidad y la glucosa brindó mejor resistencia a la tensión y permeabilidad de agua en los recubrimientos comestibles.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se debe utilizar glicerol como plastificante en la elaboración de recubrimientos, debido a que esta ayuda a mejorar sus características mecánicas.
- Se debe potenciar el uso de estas fuentes de almidones en el área agroindustrial debido a que contribuyen considerablemente con las características físicas, químicas y mecánicas en un recubrimiento comestible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acero, D. L. E. (1995). Informe de comisión a Barbacoas-Nariño. Proyecto árbol del pan. Universidad Distrital. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Adewusi, S. R., Udio, J., & Osuntogun, B. A. (1995). Studies on the Carbohydrate Content of Breadfruit (*Artocarpus communis* Forst) From South-Western Nigeria. *Starch-Stärke*, 47(8), 289-294.
- Akanbi, T. O., Nazamid, S., & Adebowale, A. A. (2009). Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. *International Food Research Journal*, 16(2), 151-157.
- Al-Hassan, A. A., & Norziah, M. H. (2012). *Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers*. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 108–117. doi: 10.1016/j.foodhyd.2011.04.015.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista chilena de nutrición*, 43(4), 394-399.
- And, Z. L., & Han, J. H. (2005). Film-forming characteristics of starches. *Journal of food science*, 70(1), E31-E36.
- Andrade, J. C., Acosta, D. L., Bucheli, M. A., & Osorio, O. (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.). *Información tecnológica*, 25(6), 57-66.
- Araujo de Vizcarrondo, C., Rincón, A. M., & Padilla, F. (2004). Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(2), 241-245.
- Arévalo N., K. (1996). Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Aristazábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca. (D. Mejía Lorío, Ed.) Roma, Italia: Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Recuperado el 23 de octubre de 2018, de <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/2257/1/Libro%20de%20cultivo%20de%20la%20Yuca.pdf>
- ASTM. (1996). Standard test methods for water vapor transmission of materials, method E96/E96M - 13. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

- Astiasarán, I., *Alimentos Composición y Propiedades.*, (2005). México DF-México., Mc Graw Hill., 213-214.
- Aular, J. 2006. Consideraciones sobre el manejo postcosecha de frutas en Venezuela. In: Salamanca, G. (Ed.) *Anales del Seminario Hortofrutícola Colombiano y I Congreso Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado.* Ibagué-Tolima: 59–62.
- Baldwin, E. 2003. Tratamientos de superficie y revestimientos comestibles en la conservación de alimentos. En: *Manual de Conservación de Alimentos.* Editado por: M. Shafiur Rahman.
- Beverly, R. L., Janes, M.E., Prinyawiwatkula, W., and No, H. K. 2008. Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology* 25:534– 537.
- Bello P., L. A., Contreras R., S. M., Romero M., R., Solorza F., J., & Jiménez A., A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (variedad Macho). *Agrociencia*, 36(2).
- Bourtom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237-248.
- Buitrago A, J. A., Gil Llanos, J. L., & Ospina Patiño, B. (2001). La yuca en la alimentación avícola.
- Buléon, A., Colonna, P., Planchot, V., & Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International journal of biological macromolecules*, 23(2), 85-112.
- Bustamante, E. & Peralta, B. (2018). Caracterización de Biopolímero Obtenido a partir de Leche de Vaca y Almidón de Yuca (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química).
- Cagri, A., Ustunol, Z., and Ryser, E. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection* 67:833–848.
- Ceballos, H., & de la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. OSPINA, Bernardo y CEBALLOS, Hernán. *La yuca en el tercer milenio*, 16-31.
- Cerqueira, M. A., Souza, B. W., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2012). Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films—A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 175-184.



- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2013). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch–Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food hydrocolloids*, 28(1), 59-67.
- Cisneros, Z., & Krochta, L. (2002). Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. *J. Food Sci*, 67(8):2792-2797.
- Colla, E., Sobral, P. J., & Menegalli, F. C. (2006). Amaranthus cruentus flour edible films: influence of stearic acid addition, plasticizer concentration, and emulsion stirring speed on water vapor permeability and mechanical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6645-6653.
- Cortés, J, Fernández, A., Mosquera, S & Velasco, R. (2014). Evaluación de propiedades mecánicas, ópticas y de barrera en películas activas de almidón de yuca. *Revista biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*,12(1),88-97.
- Crane, J. H., & Balerdi, C. F. (2000). La Jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) en 2014 Florida. Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. Disponible en línea: <http://hammock.ifas.ufl.edu>.
- Dale, N. (2006). Feedstuffs ingredient analysis table. University of Georgia, Athens, Ga.
- De Aquino, A. B., Blank, A. F., & De Aquino Santana, L. C. L. (2015). Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food chemistry*, 171, 108-116.
- Debeaufort, F., Martin-Polo, M., & Voilley, A. (1993). Polarity and structure affect water vapor permeability of model edible films. *Journal of Food Science*, 58,428-434.
- Domínguez, M & Jiménez, M. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*.6(2):110-121
- Donald, A. M. (2001). Plasticization and self-assembly in the starch granule. *Cereal chemistry*, 78(3), 307-314.
- Dussán-Sarria, S., Reyes-Calvache, P. M., & Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y Diferentes Tipos de Empaque en los Atributos Físico-Químicos y Sensoriales de Piña Manzana 'Mínimamente Procesada. *Información tecnológica*, 25(5), 41-46.

- Eliasson, A.-C., & Gudmundsson, M. (1996). Starch: Physicochemical and functional aspects. In A.-C. Eliasson (Ed.), *Carbohydrates in Food*. (pp. 431-503). New York: Marcel Dekker Inc.
- Espezua, E., & Ponce, E. (2014). Obtención y Caracterización mecánica de compósitos con matriz de biopolímero termoplástico de PLA. Tesis de Grado, Universidad Católica Santa María, Arequipa. Recuperado el 18 de octubre de 2018, [detesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3004](http://detesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3004)
- Famáa, L., Rojasb, A. M., Goyanesa, S., & Gerschensonb, L. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. *Trabajo*, 10(5).
- FAO. 2014c. Food loss assessments: causes and solutions case studies in small-scale agriculture and fisheries subsectors. Kenya: banana, maize, milk, fish. Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction – Save Food. Rome([http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/savefood/PDF/Kenya\\_Food\\_Loss\\_Studies.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/savefood/PDF/Kenya_Food_Loss_Studies.pdf)).
- Fakhouri, R., S. Martelli., T. Caon., J. Velasco. & L. Innocentini. (2015). Edible films and coatings base on starch/ gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated red Crimson grapes. *Postharvest Biol Technol*. 109: 57-64.
- Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- Figuroa, J., J. Salced., Y. Aguas., R. Olivero & G. Narváez. (2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. *Rev. colombiana Cienc Anim*. 3: 386-400.
- Figuroa, J., Salcedo, J., & Narváez, G. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins). *Temas agrarios*, 18(2), 94-105.
- Flores, S. (2004). Comportamiento mecánico y dinámico de películas comestibles. Tesis, Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ingeniería, Buenos Aires. Recuperado el 13 de octubre de 2018.
- French, D. (1984). Organization of starch granules. In *Starch: Chemistry and Technology (Second Edition)* (pp. 183-247).
- Fritz, H. G.; Seidenstucker, T.; Bolz, U. y Juza, M. 1994. Study on production oh thermoplastics and fibers based mainly on biological materials. Stuttgart. European Commission, 392 p.

- Gennadios, A., Weller, C. L., & Gooding, C. H. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of food engineering*, 21(4), 395-409.
- Gómez-Estaca, J., Giménez, B., Montero, P., & Gómez-Guillén, M. C. (2009). Incorporation of antioxidant borage extract into edible films based on sole skin gelatin or a commercial fish gelatin. *Journal of Food Engineering*, 92(1), 78-85.
- González, A., Olguín, N., Loayza, E & Severich, E. 2014. Almidón nativo y modificado. Obtención, cuantificación, modificación y usos. Universidad autónoma Gabriel Rene Moreno. Bolivia. <http://www.dui.uagrm.edu.bo/Informacion/InvestigacionesCHI/6-chi-2014.pdf>
- Gottret, M. V., Escobar, Z., & Pérez, S. (2002). El sector yuquero en Colombia: desarrollo y competitividad. Ospina, Bernardo y Ceballos, Hernán. *La yuca en el tercer milenio*, 340-377.
- Guan, J., & Hanna, M. A. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, 5(6), 2329-2339.
- Guanoluisa, C., & Ismael, R. (2015). Obtención de Acido Poli Láctico a partir de lactosuero para la fabricación de empaque primarios (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Guerra, F., & Vallejo, H. (2005). Aplicaciones de los polisacáridos en la obtención de biopolímeros: POLI (Ácido láctico. *Química y tecnología de macromoléculas*. Recuperado el 20 de octubre de 2018.
- Guerrero A., D. (2014). Almidón. Seminario: Almidón, Gelatinización y Retrogradación, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México. Recuperado el 19 de octubre de 2018, de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/SeminarioAlmidon\\_27067.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/SeminarioAlmidon_27067.pdf)
- Hernández M., M. (2007). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en la península de Yucatán, México. *Memorias del IX Congreso de ciencia de los alimentos*.
- Hernández M., M., Torruco U., J. G., Chel G., L., & Betancur A., D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28(3), 718-726.
- Jagadeesh, S. L., Reddy, B. S., Swamy, G. S. K., Gorbal, K., Hegde, L., & Raghavan, G. S. V. (2007). Chemical composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) selections of Western Ghats of India. *Food Chemistry*, 102(1), 361-365.

- Kechichian, V., Ditchfield C., Veiga-Santos, P., & Tadini, C. (2010). Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT – Food Science and Technology*. doi: 10.106/j.lwt.2010.02.014.
- Kowalczyk, D., & Baraniak, B. (2011). Effects of plasticizers, pH and heating of film-forming solution on the properties of pea protein isolate films. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 295-305.
- Leyva, C., Ortiz, A., Martí, O., & Valdivié, M. (2013). Inclusión de la harina del fruto de *Artocarpus altilis* en dietas para cerdos en preceba. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 468-473.
- Liu, Z. (2005). Edible films and coatings from starches. In *Innovations in food packaging* (pp. 318-337).
- Loos, P. J., Hood, L. F., & Graham, H. D. (1981). Isolation and characterization of starch from breadfruit [*Artocarpus communis*]. *Cereal Chemistry*.
- Maldonado, N. (2016). Desarrollo y estudio de un recubrimiento comestible a base de carragenina para piña de IV gama. Tesis profesional. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador 170525.
- Mali, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2008). Antiplasticizing effect of glycerol and sorbitol on the properties of cassava starch films. *Brazilian Journal of Food Technology*, 11(3), 194-200.
- Márquez Cardozo, C. J., Palacín Beltrán, J. R., & Fuentes Berrio, L. (2015). Effect of cassava-starch coatings with ascorbic acid and N-acetylcysteine on the quality of hanton plantain (*Musa paradisiaca*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 68(2), 7689-7701.
- Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., and Baldwin, A. 2005. Conservación mediante recubrimientos comestibles. In: *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. González-Aguilar, G; Gardea, A.; Cuamea-Navarro, F. Editores. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México p. 558.
- Martínez, O., Lapo, B., Pérez, J., Zambrano, C., y Maza, F. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador, *Revista Colombiana de Química*, 44(2), 16-21.
- Matta Jr, M. D. D., Sarmiento, S., Sarantópoulos, C. I., & Zocchi, S. S. (2011). Barrier properties of films of pea starch associated with xanthan gum and glycerol. *Polímeros*, 21(1), 67-72.

- Mendoza, L. *Characterization of films forming solutions made with flour and barley starch*. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México. 2012. p 72.
- Meneses, J., Corrales, C. M., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*, (8), 57-67.
- Mesa, E. M. E., Reyes, F. P., & Cardozo, C. J. M. (2015). Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.) en poscosecha. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1).
- Meza, A. (2006). Desarrollo de películas o recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de frutas frescas. Proyecto de especialización en biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa 76p.
- Miller, K. S., & Krochta, J. M. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 8(7), 228-237.
- Miranda, A., Montañez, J., y García, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp), *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9 (1), 81-88.
- Montalvo, C., López Malo, A., & Palou, E. (2012). Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2, 32-46.
- Montaño L., B., Torres-C., P., Ramírez W., B., Plascencia J., M., & Brown B., F. (2008). Physical and Mechanical Properties of Durum Wheat (*Triticum durum*) Starch Films Prepared with A-and B-type Granules. *Starch-Stärke*, 60(10), 559-567.
- Morales, M. 2011. Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. Tesis profesional. Universidad Agraria Antonio Narro. Coahuila, México 25315
- Morton, J. F. (1987). *Fruits of Warm Climates*. Ripe breadfruit (*Artocarpus altilis*).
- Mundial, C. D. S. A. (2014). Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de Alto Nivel de Expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición, junio 2014. HLPE Informe (FAO) spa no. 8.
- Nussinovitch, A., & Lurie, S. 1995. Edible coatings for fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 6:53–57.
- Obanni, M. & Bemiller, J. 1997. Properties of some starch blends. *Cereal Chem.*74(4):431-436.

- Ogden, I., Rosa, E., Wyss, G., and Brandt, K. 2005. Seguridad y contaminación. Información destinada al consumidor para el control, de la calidad y la seguridad en las cadenas de producción orgánica. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and University of Newcastle. Australia. 4 p.
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest biology and Technology*, 50(1), 87-94.
- Ong, B. T., Nazimah, S. A. H., Osman, A., Quek, S. Y., Voon, Y. Y., Hashim, D. M., ... & Kong, Y. W. (2006). Chemical and flavour changes in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 40(3), 279-286.
- Ordoñez Bolaños, D. Y., Zuñiga Camacho, D., Hoyos Concha, J. L., Mosquera Sánchez, S. A., & Mosquera Sánchez, L. P. (2014). Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annuum*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), 795-805.
- Ortega-Ojeda, F. & Ann-Charlotte, E. (2001). Gelatinization and retrogradation behavior of some starch mixtures. *Starch*. 53:520-529.
- Ortiz, V., & Andrés, D. (2015). Evaluación nutricional y funcional de almidón de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) como potencial componente en alimentos, en la provincia de El Oro, 2015 (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- Osa, I. 2006. Producción y caracterización físico mecánica de películas comestibles a base de almidón de *Vigna Unguiculata* L. Walp (Xpéelon) y *Phaseolus Lunatus* L(lb). Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp.43-51.
- Pagella, C., Spigno, G. & De Faveri, D. M. (2002). Characterization of starch based edible coatings. *Trans IChemE*. 80, 193 – 198.
- Pardo, O. H., Castañeda, J. C., & Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*, 62(4).
- Park, S., Johnson, D. K., Ishizawa, C. I., Parilla, P. A., & Davis, M. F. (2009). Measuring the crystallinity index of cellulose by solid state <sup>13</sup>C nuclear magnetic resonance. *Cellulose*, 16(4), 641-647.
- Parra, D., F., Tadini C., C., Ponce P. & Lugão, A., B. (2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. *Carbohydrate polymers*, 58, 475 – 481.

- Phan, T. D., Debeaufort, F., Luu, D., & Voilley, A. (2005). Functional properties of edible agar-based and starch-based films for food quality preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 973-981.
- Pua, C. K., Hamid, N. S. A., Tan, C. P., Mirhosseini, H., Rahman, R. A., & Rusul, G. (2008). Storage stability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *Journal of food engineering*, 89(4), 419-428.
- Quezada, J., Díaz, M.; Gutiérrez, M., and Debeaufort, F. 2003. Application of edible coatings to improve shelf-life of mexican guava. *Acta Horticulturae* 599:589–594.
- Ramos-García, M. D. L., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. L., Bosquez-Molina, E., Alia-Tejagal, I., & Estrada-Carrillo, M. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(1), 44-57.
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63-70.
- Rincón, A. M., & Padilla, F. C. (2004). Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Margarita island, Venezuela. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(4), 449-456.
- Rojas-Graü, M., M. Tapia & O. Martín-Belloso. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LTW*. 41: 139-147.
- Rosales, A. D. L. Á. (2016). Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua, Mayo–Abril 2016 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).
- Rostagno, S. H. (2005). Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 2da ed. Reunión de Sociedades Brasileñas de Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viosa. p. 51.
- Rubio-Anaya, M., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6, 173-181.
- Sánchez, S. A. M., Cortez, J. F., Fernández, A. L., & Velasco, R. (2014). Evaluación de propiedades mecánicas, ópticas y de barrera en películas activas de

almidón de yuca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 88-97.

Sánchez-Villanueva, R., Fabra, M. J., & Talens, P. (2010). Recubrimientos comestibles a base de caseinato sódico con capacidad antioxidante. Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, 46022.

Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.

Smith, A. M. (2001). The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolecules*, 2(2), 335-341.

Silva, L. J. B., Souza, M. L., Araújo Neto, S. E., & Morais, A. P. (2009). Alternative covering in the shelf life conservation of yellow passion fruit produced in organic system. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 995e1003.

Singhal, R. S. (1988). Amaranth-an underutilized-review. *international journal of food science & technology*. 23(2): 125-139.

Soliva-Fortuny, R. C., Biosca-Biosca, M., Grigelmo-Miguel, N., & Martín-Belloso, O. (2002). Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(13), 1490-1496.

Sothornvit, R., & Rodsamran, P. (2008). Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 407-415.

Suyatma, N. E., Tighzert, L., Copinet, A., & Coma, V. (2005). Effects of hydrophilic plasticizers on mechanical, thermal, and surface properties of chitosan films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 3950-3957.

Tanada-Palmu, P. S., & Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest biology and technology*, 36(2), 199-208

Tan, Y. M., Lim, S. H., Tay, B. Y., Lee, M. W., & Thian, E. S. (2015). Functional chitosan-based grapefruit seed extract composite films for applications in food packaging technology. *Materials research bulletin*, 69, 142-146.

Teixido, A. (2015). Uso de Nanoemulsiones enriquecidas en betacaroteno y vitamina E como recubrimientos comestibles: Estudio de la bioaccesibilidad



de sustancias activas. Tesis profesional, Facultad de Medicina Universitat de Lleida, España 25008.

- Usca, T., & Ricardo, I. (2013). Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina (Bachelor's thesis).
- Valdivié, M., & Álvarez, R. (2003). Nota sobre la utilización del árbol de la fruta del pan (*Artocarpus communis*) en pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(2).
- Vandeputte, G. E., Derycke, V., Geeroms, J., & Delcour, J. A. (2003). Rice starches. II. Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties. *Journal of Cereal Science*, 38(1), 53-59.
- Vázquez Briones, M y J. Guerrero-Beltrán. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *TSIA*. 7: 5-14.
- Vermeylen, R., Goderis, B., Reynaers, H., & Delcour, J. A. (2005). Gelatinisation related structural aspects of small and large wheat starch granules. *Carbohydrate Polymers*, 62(2), 170-181.
- Viña, S. Z., Mugridge, A., García, M. A., Ferreyra, R. M., Martino, M. N., Chaves, A. R., & Zaritzky, N. E. (2007). Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry*, 103(3), 701-709.
- Zactiti, E. M. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis de alginato de cálcio sem e com sorbato de potássio. (2004). Tese (Doutorado em Engenharia Química)- Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Zamudio-Flores, P. B., Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J. D. J., Tirado-Gallegos, J. M., Bello-Perez, L. A., Rubio-Rios, A., & Cardenas-Felix, R. G. (2015). physicochemical, mechanical, and structural features of oxidized oat and banana starch films enriched with betalains. *Agrociencia*, 49(5), 483-498.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.**  
**MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LOS RECUBRIMIENTOS YUCA Y FRUTA DE PAN.**



## ANEXO 2.

## RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL RECUBRIMIENTO.

Uleam		Lab. De Investigación de Alimentos			
ELOY ALFARO DE MANABE		Facultad Ciencias Agropecuarias			
Monta 10 de abril de 2019					
A Quien Corresponda					
Ciudad: -					
<p><b>CERTIFICO:</b> Que los análisis presentados en este informe corresponden a las estudiantes <b>Cosme Rivas Karina Elizabeth</b> C.I. 131149359-5, y <b>Gómez Salvador Ana Sofía</b> C.I. 131317782-7, Estudiantes de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESAPAM MFL). Los análisis fueron realizados en el Lab. De Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: (Espesor, Opacidad, Resistencia a la tensión, Permeabilidad al vapor de agua y solubilidad en recubrimientos), dichos análisis corresponden al trabajo de titulación "Porcentajes de almidones con adición de plastificantes naturales en la elaboración de un recubrimiento".</p>					
Tratamientos	ESPESOR (mm)	OPACIDAD (mm-1)	RT (MPa)	PVA (g x l-1 m-1 Pa-1)	SOLUBILIDAD (%)
T1R1	0,10	5,12	8,11	1,12	39,57
T1R2	0,10	5,11	8,10	1,12	39,22
T1R3	0,11	5,11	8,14	1,12	39,00
T2R1	0,11	5,17	8,10	1,17	39,00
T2R2	0,13	5,17	8,17	1,14	38,00
T2R3	0,12	5,15	8,15	1,14	39,01
T3R1	0,13	5,84	8,21	1,18	38,00
T3R2	0,13	5,88	8,20	1,18	38,11
T3R3	0,12	5,85	8,20	1,20	38,12
T4R1	0,15	6,10	7,77	1,22	40,00
T4R2	0,15	6,10	7,78	1,22	39,70
T4R3	0,13	6,12	7,73	1,24	39,75
TSR1	0,17	6,17	7,85	1,25	39,00
TSR2	0,15	6,15	7,84	1,25	39,00
TSR3	0,15	6,16	7,84	1,25	39,00

Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Frutas y Hortalizas  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

www.uleam.edu.ec

Uleam		Lab. De Investigación de Alimentos			
ELOY ALFARO DE MANABE		Facultad Ciencias Agropecuarias			
T6R1	0,17	6,19	7,88	1,28	38,54
T6R2	0,19	6,18	7,93	1,28	38,55
T6R3	0,14	6,19	7,91	1,28	38,80
T7R1	0,12	5,90	11,65	1,28	37,11
T7R2	0,12	5,92	11,60	1,26	37,21
T7R3	0,12	5,91	11,61	1,29	37,19
T8R1	0,13	5,95	11,69	1,33	36,44
T8R2	0,14	5,96	11,63	1,35	36,50
T8R3	0,15	5,91	11,66	1,33	36,50
T9R1	0,15	5,95	11,71	1,39	36,00
T9R2	0,15	5,95	11,69	1,36	36,80
T9R3	0,17	5,95	11,65	1,38	36,50
T10R1	0,16	6,01	8,20	1,44	37,10
T10R2	0,16	6,04	8,17	1,39	37,21
T10R3	0,16	6,04	8,21	1,46	37,22
T11R1	0,18	6,09	8,23	1,44	37,01
T11R2	0,19	6,08	8,21	1,49	37,03
T11R3	0,18	6,05	8,25	1,49	37,00
T12R1	0,19	6,11	8,26	1,50	35,50
T12R2	0,21	6,10	8,26	1,49	35,00
T12R3	0,20	6,13	8,27	1,52	36,10

Atentamente,

Ing. Marlon Carr...

Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteos  
Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Frutas y Hortalizas  
Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

www.uleam.edu.ec

**ANEXO 3.**  
**SUPUESTO DE ANOVA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD**

Variable	Shapiro-Wilk	Levene
	Sig.	
Espesor	0,325	0,29
Opacidad	0,000	-----
Resistencia a la tensión	0,000	-----
Permeabilidad al vapor de agua	0,062	0,004
Solubilidad	0,229	0,002

**ANEXO 4.**  
**ELABORACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS**

