

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



---

**OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS DE ALMIDÓN A PARTIR DE  
DOS VARIETADES DE MAÍZ AMILÁCEO Y AMARILLO DURO**  
*(Zea mays. L.)*

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**TESISTAS:**

Bach. SALAZAR GARAY, David Cesareo

Bach. SOBRADO RIVERA, Daniel Joel

**ASESOR:**

Dr. VILLANUEVA TIBURCIO, Juan Edson

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Lo dedicamos sobre todo a nuestros padres Simeón Salazar Rojas, Francisca Garay Santos, Desiderio Sobrado Claudio y Felipa Rivera Meza por ser el pilar fundamental en nuestro desarrollo personal y en toda nuestra educación, por todo su apoyo incondicional, ayudándonos a lograr nuestras metas. A nuestros hermanos, por sus apoyos, cooperación y comprensión en todo momento de esta experiencia tan bonita.

A nuestros tíos; por confiar y creer en nosotros, gracias por estar siempre dispuestos a brindarnos el apoyo constante como una familia.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por colmar nuestras vidas de bendiciones y ser nuestro guía en todo momento, por darnos la sabiduría y la constancia para culminar satisfactoriamente este proyecto. Al equipo técnico del laboratorio de fisicoquímica, laboratorio de Análisis por instrumentación de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial UNHEVAL, de forma especial a los Mg. Roger Estacio Laguna, Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio, Dr. David Ángel Natividad Bardales, por sus aportes y facilidades brindadas durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Los autores de este proyecto de investigación expresan sus más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que nos han apoyado incondicionalmente a culminar con este proyecto y alcanzar una meta más.

## RESUMEN

En mundo existen acumulación de basura que incluyen toneladas de plásticos. El almidón constituye una fuente importante para la elaboración de biopelículas, los tubérculos, frutas, semillas, cereales entre otros representan una fuente importante de almidón. El objetivo de la investigación, fue la obtención de biopelículas de almidón utilizando maíz amiláceo y amarillo duro. Para el proceso y la obtención de almidón se utilizó el método de centrifugación y secado a una temperatura de 35 °C por espacio de 18 horas, posteriormente para la obtención de la biopelículas se realizó con cuatro formulaciones del almidón de maíz amiláceo y amarillo duro con agua, glicerina, ácido acético y agar-agar. Las formulaciones se llevaron entre 85-90 °C por un tiempo de 30 minutos hasta la formación del gel, e inmediatamente se esparció sobre un molde de silicona y se dejó secar a 35 °C por 48 h. Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los almidones de maíz amarillo y amiláceo reportaron que la variedad amarillo duro presentó el mayor contenido en azúcares reductores, un pH de 6,33, densidad aparente de almidón suelto, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento, en caso de la humedad fue menor, mientras que el, acidez, densidad aparente de almidón suelto, índice de absorción de agua, índice de solubilidad, temperatura de gelatinización fueron similar al almidón de maíz amiláceo. Las biopelículas obtenidas del mejor tratamiento con concentraciones de almidón 150 g, ácido acético 0,375 mL, glicerina 200 mL, agar - agar 18 g, con un tiempo de 30 min y agua 20 mL, presentó la mejor formación de las biopelículas debido a que fue elásticas, resistente y estable. Con respecto a la resistencia mecánica del tratamiento cuatro, la fuerza (dureza), deformación según fuerza, dureza terminada, solubilidad y densidad fueron similares a la muestra control estos resultados estarían influenciados por la presencia por el mayor contenido de almidón, glicerina y agar-agar. En conclusión, es posible obtener biopelículas a partir de almidón de maíz amiláceo, que presentarían características físicas similares a la muestra control de bolsa biodegradable.

**Palabras clave:** Gelatinización, amilopectina, biodegradabilidad, amilosa, recubrimiento comestible.

## ABSTRACT

In the world there is accumulation of garbage that includes tons of plastics. Starch is an important source for the production of biofilms, tubers, fruits, seeds, cereals among others represent an important source of starch. The objective of the research was to obtain starch biofilms using starchy and hard yellow corn. For the process and the obtaining of starch, the centrifugation and drying method was used at a temperature of 35 ° C for 18 hours, subsequently to obtain the biofilms, it was carried out with four formulations of starchy yellow and hard corn starch with water, glycerin, acetic acid and agar-agar. The formulations were taken between 85-90 ° C for a time of 30 minutes until the gel formed, and immediately spread on a silicone mold and allowed to dry at 35 ° C for 48 h. The results of the physicochemical analyzes of yellow and starchy corn starches reported that the yellow variety had the highest content in reducing sugars, a pH of 6,33, bulk density of loose starch, water solubility index and swelling power, in the case of humidity it was lower, while the acidity, bulk density of loose starch, water absorption index, solubility index, gelatinization temperature were similar to starchy corn starch. The biofilms obtained from the best treatment with concentrations of starch 150 g, acetic acid 0,375 mL, glycerin 200 mL, agar-agar 18 g, with a time of 30 min and water 20 mL, presented the best formation of the biofilms because it was Elastic, resistant and stable. With respect to the mechanical resistance of treatment four, the strength (hardness), deformation according to strength, finished hardness, solubility and density were similar to the control sample, these results would be influenced by the presence of the higher content of starch, glycerin and agar- agar. In conclusion, it is possible to obtain biofilms from starchy corn starch, which would have physical characteristics similar to the biodegradable bag control sample.

**Keywords:** Gelatinization, amylopectin, biodegradability, amylose, edible coating.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	3
2.1.1. Maíz ( <i>Zea mays</i> . L.).....	3
2.1.2. Maíz amiláceo.....	5
2.1.3. Maíz amarillo duro.....	7
2.1.4. Maíz morado.....	8
2.1.5. Almidón.....	9
2.1.6. Películas biodegradables.....	16
2.1.7. Glicerina.....	20
2.1.8. Agar - agar.....	20
<b>2.2. ANTECEDENTES</b> .....	21
<b>2.3. HIPÓTESIS</b> .....	26
<b>2.4. VARIABLES</b> .....	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
<b>3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	28
<b>3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN</b> .....	28
<b>3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS</b> .....	28
<b>3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO</b> .....	29
<b>3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS</b> .....	29
3.5.2. Datos registrados.....	30
<b>3.6. MATERIALES Y EQUIPOS</b> .....	32
3.6.1. Materia prima.....	32
3.6.2. Materiales, equipos y reactivos.....	32
<b>3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	33
3.7.1. Caracterización fisicoquímica del maíz amiláceo y amarillo duro.....	33
3.7.2. Obtención y caracterización física química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro.....	34

3.7.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas obtenidas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	39
3.7.5. Evaluación mecánica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	40
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	41
4.1. Caracterización físico química del maíz amiláceo y amarillo duro .....	41
4.2. Obtención y caracterización físico química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	41
4.3. Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	44
4.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	44
4.5. Evaluación mecánica de las biopelículas obtenidas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo .....	45
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	47
5.1. Caracterización físico química de maíz amiláceo y amarillo duro .....	47
5.2. Obtención y caracterización físico química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	47
5.3. Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	49
5.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	49
5.5. Evaluación mecánica de las biopelículas obtenidas de almidón de maíz amiláceo y amarillo .....	50
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	51
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	52
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....	53

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Composición química del grano de maíz .....	5
<b>Tabla 2.</b> Composición química de maíz blanco.....	6
<b>Tabla 3.</b> Composición química del maíz amarillo .....	7
<b>Tabla 4.</b> Composición química del maíz morado .....	8
<b>Tabla 5.</b> Clasificación comercial del maíz basado en el color .....	9
<b>Tabla 6.</b> Composición química del almidón .....	10
<b>Tabla 7.</b> Contenido de amilosa y amilopectina en almidones.....	13
<b>Tabla 8.</b> Composición química de almidón de maíz.....	13
<b>Tabla 9.</b> Aplicaciones industriales del almidón.....	15
<b>Tabla 10.</b> Operacionalización de variables .....	27
<b>Tabla 11.</b> Tratamientos de la investigación.....	29
<b>Tabla 12.</b> Caracterización del maíz amiláceo y amarillo duro .....	41
<b>Tabla 13.</b> Características de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	43
<b>Tabla 14.</b> Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro .....	45
<b>Tabla 15.</b> Evaluación mecánica de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro.....	46

## I. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo de investigación se plantea obtener biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zea Mays. L.*) con diferentes concentraciones de almidón, glicerina, ácido acético y agar - agar, para obtener biopelículas de buenas características.

La Investigación fue experimental, y se basa en la evaluación de las concentraciones de almidón de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro mezclado con glicerina para la obtención de biopelículas. La producción de maíz cuenta con un mercado aceptable que satisface a la población.

Según García (2013), el almidón constituye una fuente importante para la elaboración de biopelículas. Los tubérculos, frutas semillas, cereales entre otros, son principalmente la materia prima para la obtención de almidón en algunos casos se utilizan frutos verdes que tienen mayor cantidad de almidón en esta etapa. Se ha comprobado que el uso de almidón de maíz para la elaboración de biopelículas es técnicamente viable ya que les da transparencia y brillo. Así como por su abundancia en el mercado.

En la actualidad, las exigencias de la población han cambiado y cierta parte de ésta, se inclina hacia el consumo de productos frescos mínimamente procesados, como frutas y hortalizas y a la vez. Esto ha hecho necesario desarrollar bioprocesos para obtener materiales de empaque sustentables, y reducir las pérdidas causadas por la deficiencia de materiales de recubrimiento que no prolongan la vida de anaquel (Arévalo 2018).

Dentro de estos compuestos se encuentra el almidón, que es uno de los polímeros naturales más utilizados para desarrollar materiales de empaque amigables con el medio ambiente, en sustitución de los plásticos no biodegradables, dado que es un material de bajo costo, biodegradable y renovable. Sin embargo, las aplicaciones han sido limitadas debido a la baja propiedad de barrera contra el agua y pobres propiedades mecánicas, como la fragilidad de sus películas causada por la fuerza intermolecular en su red (Aguilar 2005). los almidones se utilizan para formular empaques, los cuales se utilizan como recubrimientos en diversos alimentos.

Con el descubrimiento de nuevas fórmulas y tecnologías, para la obtención de biopelículas del almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo

duro (*zea mays. L.*). Es una alternativa para la disminución de residuos contaminantes; la facilidad en la adquisición de la materia prima, los bajos costos de la misma y su fácil preparación, propicia el aprovechamiento.

Los objetivos de investigación fueron:

- ✓ Evaluar las características fisicoquímicas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro para la obtención de biopelículas.
- ✓ Evaluar las diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro en la obtención de las biopelículas sobre las características fisicoquímicas.
- ✓ Evaluar las diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro en la obtención de las biopelículas sobre las características mecánicas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1.1. Maíz (*Zea mays. L.*)

Ortas (2008) señala que el maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros).

##### 2.1.1.1. Origen

Acosta (2009) menciona que el maíz es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo. Numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teosinte. Y seguramente antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes.

##### 2.1.1.2. Descripción botánica

Según Fries *et al.*, (2007) el maíz pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual de tallo simple y erecto, sin ramificaciones que llega a alcanzar los 4 metros de altura. En cuanto a raíz posee un sistema radicular fibroso o fasciculado que provee un perfecto anclaje a la planta. El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas.

Guerra (2017); Guagala y Odila (2019) mencionan que la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior. Las primeras hojas y raicillas que se forman en el desarrollo inicial de las plantas de maíz crecen a expensas de las sustancias de reserva contenidas en el grano.

Guerra (2017) menciona al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo, Las mazorcas contienen las flores femeninas. El ovario de cada una de ellas se prolonga formando las sedas (estilos), que pueden llegar a medir hasta 50 cm.

#### **2.1.1.3. Semillas**

Benítez y Pfeiffer (2006) mencionan que el grano de maíz está formado por tres partes muy importantes que: son la envoltura o pericarpio, mesocarpio y endocarpio. El tegumento externo y la capa hialina. El endospermo, rodeado por la capa proteica que contiene el pigmento en le variedades de color.

#### **2.1.1.4. Taxonomía**

Cabrerizo (2012) señala que el maíz se puede clasificar de diferentes formas que puede ser botánica o taxonómica, comercial, estructural, especial y en función de su calidad.

Nombre científico	: <i>Zea mays. L.</i>
Nombre común	: <i>Maíz</i>
Familia	: <i>Poaceae (Graminiceae)</i>
Reino	: <i>Plantea</i>
División	: <i>Magnoliophyta</i>
Orden	: <i>Poales</i>
Género	: <i>Zea</i>

#### **2.1.1.5. Factor agroclimático**

Vílchez (2019) señala la temperatura y la luminosidad influyen directamente sobre el período vegetativo. Las temperaturas inferiores a 13 °C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy limitado. Para el maíz se estima que el rendimiento máximo será obtenido a una temperatura media de 20° a 22 °C. A temperaturas más altas, la radiación es usada en forma apenas más significativa y eficiente en la fotosíntesis. En su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm. No debe faltarle agua durante la germinación y floración. En esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua, o sea, 15 días antes de la floración hasta cuando la

mazorca está completamente formada y llena. Una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes.

#### **2.1.1.6. Composición química**

Los componentes básicos del grano de maíz en porcentaje medio, en peso de materia seca a la composición química se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química del grano de maíz

<b>Determinación</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Carbohidratos	80
Proteínas	10
Aceite	4,5
Fibra	3,5
Minerales	2,0

Fuente: Cravero *et al.*, (2003)

#### **2.1.1.7. Variedades o tipos de maíz en el departamento de Huánuco**

Según DRA-Huánuco (2008), señala el maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia.

Puede ser clasificado en distintos tipos según:

- La constitución del endospermo y del grano.
- El color del grano.
- El ambiente en que es cultivado.
- La madurez.

Su uso, se menciona algunos tipos más utilizados en la industria.

#### **2.1.2. Maíz amiláceo**

España (2007) menciona que el cultivo de maíz amiláceo en el Perú tiene como variedad represe negativa al Blanco Urubamba, exportado con la denominación de Blanco Gigante del Cusco, que pertenece a la Raza Cusco Gigante, cuyo nicho ecológico es el Valle Sagrado de los Incas (Calca y Urubamba - Cusco). Blanco Quispicanchi, es una variedad con características similares sobre todo en tamaño de grano, que se diferencia por su sabor dulce, producido con tecnología media a tradicional por encima de los 3000 msnm, para grano en los valles interandinos de Cusco (Quispicanchi), para choclo en Junín

(Tarma) y Ancash, en los últimos años se viene produciendo semilla y choclo en valles de Arequipa, Pisco y Lima, en la Tabla 2 se muestran la composición química de maíz blanco.

### 2.1.2.1. Usos

Rodríguez (2018) menciona que el grano del maíz amiláceo tiene un alto contenido de almidón, en promedio (70 %); un bajo contenido de proteína, alrededor de 4 % de grasas, y además contiene fósforo, potasio, cobre, hierro, y zinc. Es uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú; la producción es principalmente destinada al autoconsumo en forma de choclo, cancha, mote, harina precocidad, y bebidas, entre otros.

Asimismo, la producción de maíz para consumo en forma de choclo y cancha, son las más importantes fuentes de ingreso para los productores de las zonas alto andinas del país. Además, contiene fósforo, potasio, cobre, hierro, y zinc.

**Tabla 2.** Composición química de maíz blanco

<b>Elemento</b>	<b>Valor</b>
Calorías (g)	353
Agua (g)	14,1
Proteínas (g)	5,6
Grasa (g)	4,6
Carbohidratos (g)	74,3
Fibra (g)	1,9
Ceniza (g)	1,4
Calcio (mg)	5
Fósforo (mg)	249
Hierro (mg)	3
Vit. B1 (Tiamina) (µg)	0,2
Vit. B2 (Riboflabina) (µg)	0,16
Vit. B5 (Niacina) (µg)	3
Ac. Ascórbico reduc (µg)	2,6

Fuente: Sánchez (2014)

### 2.1.2.2. Producción

Según el MINAG-OEE (1990 - 2011), el tipo de maíz de los años 22 la evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos. Donde las principales zonas de producción y rendimiento (2011) fueron: Cuzco (2,231 kg. ha-1), Junín (2,006 kg. ha-1), Huancavelica (1,544 kg. ha-1), La Libertad (1,341 kg. ha-1), Apurímac (1,288 kg. ha-1), Huánuco (1,059 kg. ha-1), Cajamarca (777 kg. ha-1). Además, durante el 2010 y el 2011, Cuzco, Cajamarca, La Libertad, Apurímac, Junín y Huancavelica concentraron el 64 % del volumen de la Producción Nacional (Kilogramos).

### 2.1.3. Maíz amarillo duro

Según INIA (2015), el maíz amarillo duro (MAD) constituye el principal enlace de la cadena agroalimentaria del país, principal insumo para la industria avícola y porcina nacional, y su demanda excede la oferta nacional, a importar el 60 – 65 % del requerimiento total. La producción nacional de maíz amarillo duro a partir de 1991 no abastece la demanda interna, por lo que a partir de ese año el país importa grandes cantidades de este cereal, la composición química de maíz amarillo se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Composición química del maíz amarillo

Elemento	Valor
Calorías (g)	315
Agua (g)	17,1
Proteínas (g)	8,4
Grasa (g)	1,1
Carbohidratos (g)	69,4
Fibra (g)	3,8
Ceniza (g)	1,2
Calcio (mg)	6
Fósforo (mg)	267
Hierro (mg)	1,7

Fuente: Hurtado *et al.*, (2001)

### 2.1.3.1. Usos

Ministerio de Agricultura-Dirección General de Promoción Agraria – (2004) señala que el maíz es utilizado para aves de carne, 26.52 % para aves de postura, 3.09 % para porcinos y 1.86 % para engorde de ganado; un menor porcentaje se utiliza en la alimentación humana, en la forma de harinas, hojuelas, entre otros.

### 2.1.4. Maíz morado

Manrique (1999) afirma que las variedades de maíz morado provienen de la raza "Kculli", que aún es cultivada en el Perú. Esta raza "Kculli" se cruzó con otras razas transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas como el Piscoruntu, Huayleño, Cusco, San Gerónimo, Huancavelicano, Iqueño y Arequípeño.

Se conoce un gran número de variedades de maíz morado que se diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hileras por mazorca y por el color del pericarpio de los granos.

Quispe *et al.*, (2011), señalan que el color de la planta varía de verde a morado oscuro, pero la lígula de las hojas y de las anteras son invariables teniendo siempre color morado oscuro, composición química del maíz morado se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Composición química del maíz morado

Componente	Maíz grano	Coronta
Húmeda	1,67	2,33
Proteína	9,26	4,38
Extracto Etéreo (%)	22,18	30,55
Energía (Kcal/100 g)	496,70	694,54
Cenizas totales (%)	1,89	0,35
Carbohidratos	65,01	62,40

Fuente: Fernández (1995)

#### 2.1.4.1. Usos

Según Fernández (1995), los datos recogidos por diversos historiadores el maíz morado era empleado en la alimentación como bebida, con él se elaboraba la "chicha" que viene a ser una bebida fermentada. El uso de su

extracto sufrió un cambio con el tiempo, así es como en la colonia por influencia de la repostería española y por el ingenio de las amas de casa criollas apareció la "mazamorra" y la "chicha morada" que tenían los sabores más exquisitos, se muestra en la Tabla 5 la clasificación comercial del maíz basado en el color.

### 2.1.5. Almidón

Tovar (2008) señala que el almidón ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde los tiempos prehistóricos, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Después de la celulosa es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. El almidón se encuentra en los cereales, tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética.

**Tabla 5.** Clasificación comercial del maíz basado en el color

<b>Color</b>	<b>Características</b>
<b>Maíz blanco</b>	Presenta un valor menor o igual a 5 % de maíces amarillos. Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado no influye en esta clase.
<b>Maíz amarillo</b>	De granos amarillos o con un trozo rojizo y que tenga un valor menor o igual al 6 % de maíces de otro color.
<b>Maíz mezclado</b>	Maíz blanco que contenga entre 5,1 a 10 % de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre 5,1 a 10 % de maíces blancos.
<b>Maíz negro</b>	Presenta un valor menor o igual a 5 % de maíces blancos o amarillos. Siendo superior al 10 % de maíces oscuros.

Fuente: Grupo semillas (2012)

Según Aguilar (2013), las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno. Películas a base de almidón, la matriz o red es normalmente formada durante el secado de una dispersión gelatinizada debido a los puentes de hidrogeno que se establecen entre los grupos hidroxilo.

Según Tovar (2008), el almidón es otra materia prima en abundancia, específicamente el que proviene del maíz, tiene propiedades termoplásticas cuando se realiza la disrupción estructural a nivel molecular. La presencia de

amilasa en un 70 % en almidones de maíz da una estructura fuerte y más flexible a la película. La estructura ramificada del amilopectina generalmente le da a la película pobres propiedades mecánicas. Los compuestos de los almidones hidroxipropilados son usados para la preservación de caramelos, pasas, nueces y dátiles para evitar la rancidez oxidativa, se muestra en la Tabla 6 la composición del almidón química.

### 2.1.5.1. La estructura del almidón

Se encuentra constituido por dos moléculas: de la amilasa y el amilopectina.

**Tabla 6.** Composición química del almidón

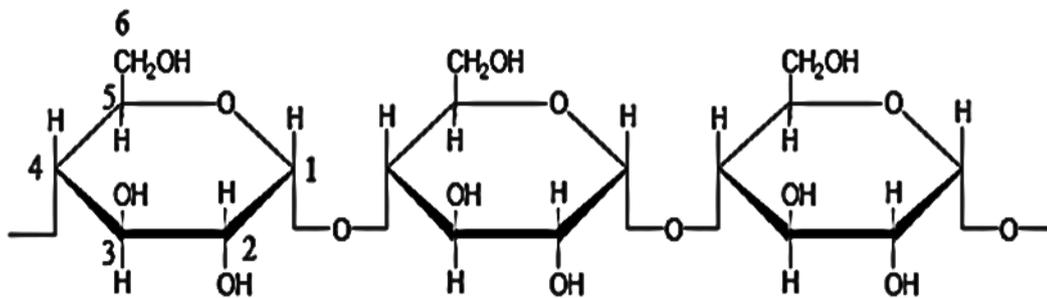
<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
pH (susp. 30 % , 25 °C)	4,5 – 6,5
Humedad (%) max.	14,00 %
Proteína max.	0,50 %
Viscos. (5 %, 95 °C, 15 min)	130 – 300 Cp.
Granulometría (# 100)	95 % a 100 %
Pulpa (# 325)	0,5 mL
Factor ácido Max.	4,0 mL
Aspecto	Polvo Fino
Ácidos (mL)	0,8 a 1,2
Dióxido de azufre (ppm)	60 Max.
Cenizas max.	0,20 %
Color	Blanco
Plomo (mg/L)	ND
Cadmio (mg/L)	ND
Granos negros	ND
Materia grasa g/100 g	0,20 – 0,50

Fuente: Agama *et al.*, (2003)

#### 2.1.5.1.1. Amilosa

Charro (2015) señala que el “Polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces α-1,4 glucosídicos, esencialmente lineal, aunque muchas moléculas muestran unas pocas ramificaciones α-1,6 (0,3 – 0,5 %). Las ramificaciones son o muy cortas o muy largas y están separadas por grandes

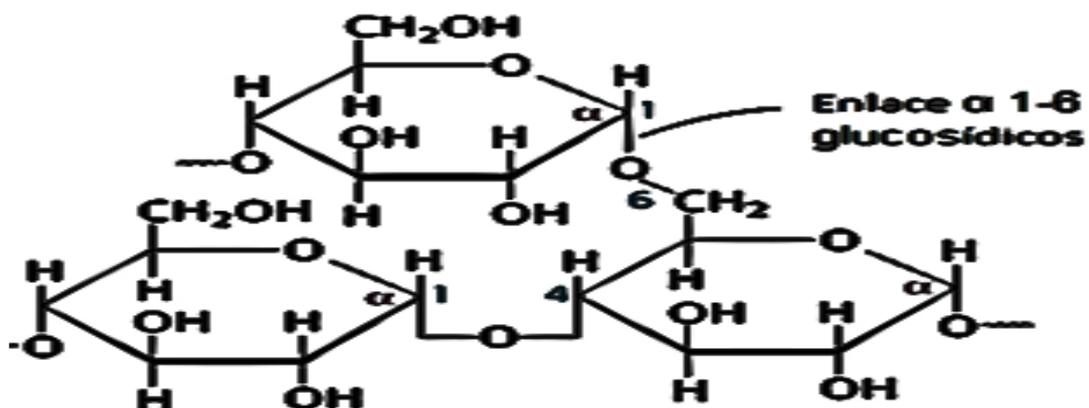
distancias, permitiendo a la molécula actuar como un polímero lineal. Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldea; gelifican mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. La amilosa puede formar una cuarta parte del granulo de almidón, en la Figura 1 se muestra la estructura de la cadena de amilosa.



**Figura 1.** Estructura de la cadena de amilosa.

#### 2.1.5.1.2. La amilopectina

Charro (2015) menciona que la amilopectina está constituida por cadenas de glucosa unidas por enlaces a (1,4) glucosídicos. A diferencia de la amilosa, en la amilopectina a cada 15 a 30 unidades hay una ramificación a (1,6). Las ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa. Los enlaces son entre el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 de la ramificación. Las cadenas son muy ramificadas (pero menos ramificadas que la forma de carbohidrato de reserva animal, el glucógeno, en la Figura 2 se muestra la estructura de amilopectina.



**Figura 2.** Estructura de amilopectina.

## **2.1.5.2. Tipos de almidones**

### **2.1.5.2.1. Almidones nativos**

Martínez (2007) menciona así porque son almidones que no han sufrido ningún tipo de modificación química durante su obtención como maíz y trigo, los cuales se utilizan ampliamente en alimentación para proporcionar, Viscosidad, y Textura crujiente en aperitivos.

### **2.1.5.2.2. Almidones modificados**

Hernández (2016) señala porque son almidones que han sufrido algún proceso de modificación química durante su obtención. Los almidones modificados proporcionan una mejora en la funcionalidad, consistencia y fiabilidad para resistir las exigencias del moderno procesado alimentario, así como para satisfacer las demandas de alimentos innovadores y de alta calidad.

### **2.1.5.2.3. Contenido de amilasa y amilopectina en distintos seriales**

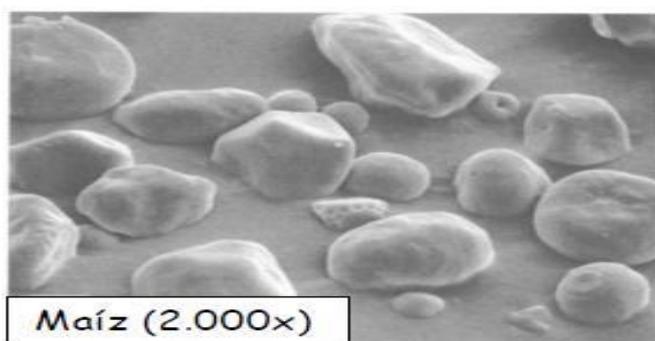
Charro (2015) menciona que los almidones son mezclas de amilosa y de amilopectina. En general, los almidones contienen entre el 20 % y el 30 % de amilosa, aunque existen excepciones. En el maíz céreo, llamado así por el aspecto del interior del grano, casi no existe amilosa, mientras que en las variedades amiláceas representa entre el 50 % y el 70 %. En el caso de la patata, la presencia de grupos fosfato crea repulsiones entre cargas negativas, lo que facilita la separación de las cadenas y su interacción con el agua. “Las propiedades del almidón dependen mucho del origen, y de la relación amilosa / amilopectina, tanto cuando forma parte de un material complejo como cuando se utiliza purificado, lo cual es muy frecuente. Así, el almidón del maíz céreo produce geles claros y cohesivos, mientras que el almidón de arroz forma geles opacos. El almidón de patata y el de mandioca se hidratan muy fácilmente, dando dispersiones muy viscosas, pero en cambio no producen geles resistentes. En la Tabla 7 se muestra el contenido de amilosa y amilopectina en almidones de cereales y tubérculos.

**Tabla 7.** Contenido de amilosa y amilopectina en almidones

Tipo de almidón	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Maíz	25	75
Mandioca	17	83
Papa	20	80
Trigo	25	75
Arroz	19	81
Maíz de alto amilosa	55	45 - 10

Fuente: Charro (2015)

Sívoli *et al.*, (2012) señalan que en la Figura 3. Se observan microfotografías de almidones de distintas fuentes; los gránulos de almidón de arroz tienen forma poligonal y los de trigo de forma lenticular, además encontramos formas ovales a esféricas en el almidón de papa cuyo tamaño oscila entre 5 y 100  $\mu\text{m}$  y los gránulos de almidón de maíz tienen una forma angular poligonal a esférico su, grano mide de 5 a 25  $\mu\text{m}$ .



**Figura 3.** Microfotografías de gránulos de almidón de maíz.

En la Tabla 8 se muestra la composición química de almidón de maíz.

**Tabla 8.** Composición química de almidón de maíz

Determinación	Porcentaje (%)
Humedad	12,5
Carbohidratos	62,6
Proteínas	9,2
Lípidos	3,8
Minerales	1,3
Fibra cruda	2,2

Fuente: Tovar (2008)

#### **2.1.5.2.4. Proceso de gelatinización del almidón**

##### **❖ Calentamiento**

Pineda *et al.*, (2010) señalan que, los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero se hinchan cuando se calientan en un medio acuoso. Inicialmente el hinchamiento es reversible y las propiedades ópticas del gránulo no se pierden; sin embargo, cuando se alcanza una cierta temperatura, el hinchamiento llega a ser irreversible afectando la estructura del gránulo.

Agama *et al.*, (2015) mencionan que, este proceso es conocido como gelatinización y ocurre en un intervalo de temperatura, ya que los gránulos presentan diferente resistencia debido a su composición y grado de cristalinidad.

Robles (2012) menciona que, la gelatinización es un proceso endotérmico que va acompañada de la lixiviación de la amilosa y pérdida de la birrefringencia del gránulo.

Al final de este fenómeno se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los restos de los gránulos, también hidratados”, en la Tabla 9 se muestra aplicaciones industriales del almidón.

Martínez *et al.*, (2015) señalan que, la intensidad de la gelatinización depende de la fuente botánica de la que proviene el almidón, del contenido de humedad de la muestra y de ciertas condiciones experimentales tales como el pH, la presencia de sólidos, etc.

##### **❖ Retrogradación**

Según Charro (2015), que los geles están compuestos por una matriz de amilosa que contiene gránulos gelatinizados compuestos mayoritariamente por amilopectina. El desarrollo de la estructura y cristalinidad de los geles de almidón a corto tiempo está dominado por la gelatinización y cristalización de la amilosa. Los aumentos en el módulo de elasticidad de los geles durante el almacenamiento están ligados a la cristalización de la amilopectina, aumentando la rigidez de los gránulos y reforzando la matriz de amilosa. La formación de cristales va acompañada por un aumento gradual en la rigidez y la separación de las fases entre el polímero y solvente.

**Tabla 9.** Aplicaciones industriales del almidón

<b>Industria</b>	<b>Aplicaciones</b>
Alimentaria	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparación de edulcorantes (glucosa, fructosa)</li><li>• Sustituto de la harina de trigo, en la repostería, pastelería, etc.</li><li>• Espesante y estabilizante en helados, gelatinas, sopas, salsas, etc.</li><li>• Fuente de Alcohol para la producción de licores.</li><li>• Preparaciones postres como las mazamoras, flanes, etc.</li></ul>
Farmacéutica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materia prima para la fabricación de dextrosa (suero).</li><li>• Como relleno en píldoras, tabletas y otros productos de la industria farmacéutica.</li></ul>
Textil	<ul style="list-style-type: none"><li>• Engrudo o gel utilizado en las tintorerías para almidonar las ropas.</li><li>• Material para dar apresto a los tejidos</li><li>• Engrudo presentado en forma de escamas de almidón hinchables o pre gelatinizadas para la fabricación de pasta de papel, papel cauché, papel kraft, cartón, etc.</li></ul>
Papelería	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agente floculante en las minas de potasio y en las perforaciones petrolíferas</li><li>• Floculante selectivo para recuperar vanadio, en la metalurgia del plomo y el cobre.</li></ul>
Minería	
Petrolera	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materia Prima para el tratamiento de aguas usadas para metales pesados (cobre, níquel, etc.)</li><li>• Fabricación de colas y pegamentos</li><li>• La esterificación que produce poliéster para la fabricación de espumas de poliuretano.</li></ul>
Química	<ul style="list-style-type: none"><li>• En la fabricación de películas biodegradables.</li></ul>

Fuente: Charro (2015)

Estos procesos se agrupan bajo el término de retrogradación y afectan la textura, digestibilidad y aceptación por el consumidor de los productos a base de almidón. Dada la relevancia en su aspecto tecnológico estos procesos han sido ampliamente estudiados.

#### ❖ **Funcionalidad del almidón**

Delgado (2018) manifiesta de manera general que los almidones nativos poseen propiedades limitadas debido a que estos son susceptibles a altas temperaturas, a pH ácidos o extremos, presentan bajas resistencias a altos esfuerzos cortantes. Por todo lo anterior, es necesario recurrir a ciertas modificaciones físicas y/o químicas, para superar estos inconvenientes.

Trujillo (2014) manifiesta que se encuentran una amplia gama de aplicaciones industriales para los almidones modificados. Estas aplicaciones van desde utilización de almidones modificados para la industria de alimentos, como para aplicaciones no alimentarias como son la industria textil, del papel, farmacéutica, y sobre todo para la industria de plásticos degradables, en donde los almidones modificados químicamente, tienen un papel importante como una alternativa para el mantenimiento del equilibrio ecológico.

#### **2.1.6. Películas biodegradables**

Trujillo (2014) menciona son películas flexibles que pueden ser preparadas de macromoléculas biológicas capaces de formar una matriz continua. Los materiales biodegradables son aquellos que pueden ser degradados por la acción enzimática de organismos vivos tales como bacterias, levaduras y hongos.

Arrieta *et al.*, (2018) manifiestan las materias primas como proteínas, carbohidratos y lípidos que han sido utilizados para elaborar envases biodegradables y para este tipo de material no hay necesidad de utilizar el proceso de reciclado o de incineración. Las ventajas de usar biopelículas son para aumentar la vida de anaquel del producto, frenando la migración de gases y transporte del soluto y permitir la conservación de las características orgánicas, nutricionales y mecánicas del producto, además de su textura.

### **2.1.6.1. Biopelículas de almidón**

González (2015) señala que del almidón se produce biopelículas con buenas propiedades mecánicas y los recubrimientos a base del almidón son eficientes barreras contra compuestos de baja polaridad.

Charro (2015) afirma que la aplicación del almidón en la confección de biopelículas se basa en las propiedades químicas, físicas y funcionales de la amilosa para formar genes y en su capacidad para formar biopelículas. Las biopelículas basadas en almidón reducen el uso de recursos no renovables y el impacto ambiental asociado con el incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros productos. Estas mismas han sido desarrolladas y estudiadas, debido a las amplias ventajas de costo y disponibilidad de la materia prima.

González *et al.*, (2015) afirman la producción de biopelículas con materiales poliméricos biodegradables es conveniente debido a las bajas consecuencias ambientales comparadas con los materiales plásticos sintéticos utilizados generalmente para el empaque de alimentos. Diversos materiales han sido utilizados como base para la elaboración de biopelículas, todos reconocidos como seguros para consumo humano. Entre ellos se encuentran polisacáridos, lípidos y proteínas. Los de mayor aplicación son las proteínas de suero, caseína, proteína de soja y algunas gomas.

Charro (2015) señala que el almidón natural tiene una baja resistencia al esfuerzo de corte baja descomposición, alta retrogradación y sinéresis química. Para mejorar las propiedades mecánicas, la manera más simple, es mezclar el almidón con otros polímeros como la polimetil celulosa y el polietileno de baja densidad.

Entre los beneficios del uso de estos materiales en los alimentos, se destacan los siguientes:

- Reducción de contaminación, con degradación en un corto periodo de tiempo de (12 a 18 meses).
- Retraso de la migración de humedad, que mantiene las características de textura, sabor y apariencia por más tiempo.
- Retraso de la migración de gases como O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> para evitar daños en el alimento.
- Mejores propiedades para manipulación de los productos.

Arrieta *et al.*, (2018) afirman las biopelículas a base de almidón son escritas como inodoras, insípidas, incoloras muestran muy poca permeabilidad al oxígeno a humedad relativa baja (HR). Además, exhiben una fuerza de tensión moderada y llegan a ser marcadamente frágiles a contenidos bajos de humedad.

Arrieta *et al.* (2015) manifiestan que, las biopelículas comestibles pueden ser heterogéneas en la naturaleza, consistiendo una mezcla de polisacáridos, proteínas, y/o lípidos. Estas mezclas permiten combinar las ventajas y disminuir las desventajas de cada componente en biopelículas heterogéneas.

#### ❖ **Degradación**

Arrieta *et al.*, (2018) manifiestan que los cambios en las propiedades físicas por reacción química o por medios ambientales naturales, que origina la ruptura del enlace en la cadena principal. La degradación en las Biopelículas se inicia a los 18 meses de elaboración, y se degradan por completo a los tres años, reduciendo en gran medida el tiempo que presenta las películas sintéticas, las cuales tienen un tiempo de degradación de 100 a 200 años.

#### ❖ **Bioplásticos**

Hernández (2016) señala los bioplásticos son fabricados a partir de recursos renovables de origen natural, como el almidón o la celulosa (caña de azúcar, maíz, yuca, remolacha, papa). Para crear un bioplástico, se buscan estructuras químicas que permitan la degradación del material por microorganismos, como hongos y bacterias, a diferencia del polipropileno y poli estireno expandido, cuya producción se basa de los derivados del petróleo (recurso que es no renovable). No obstante, hay que precisar que los plásticos biodegradables pueden proceder del petróleo y no deben confundirse con los bioplásticos. Los plásticos biodegradables procedentes del petróleo tienen aditivos que mejoran su capacidad de degradación, pero no satisfacen las normas internacionales de biodegradabilidad: DIN V 54900, EN 13432, ISO 14855, por citar algunas, mientras que los bioplásticos si lo hacen. Los productos desechables bioplásticos se degradan en un periodo menor a un año, donde el residuo final del proceso es la generación de CO<sub>2</sub>, agua y biomasa. Al contrario de los productos desechables plásticos y de poli estireno expandido (durapax) que pueden tomar hasta 1,200 años en degradarse, generando una contaminación acumulativa al ecosistema.

García (2015) menciona que, algunos desechables bioplásticos son aptos para uso en microondas, resisten temperaturas entre -20 y 120 °C, son livianos, resistentes y de apariencia agradable, por lo que se puede considerar como un producto que no pone en riesgo la vida de los consumidores. Además, ayudan a preservar la frescura de los alimentos, en algunos casos son resistentes al agua y al aceite y no transfieren sabores y olores. Sin embargo, algunas desventajas de ellos son, la dificultad para disolverse en agua (pero gran absorción), propiedades mecánicas y de procesado poco satisfactorias (con respecto a los plásticos convencionales), fragilidad y baja temperatura de deformación al calor.

Según Meza (2016), los bioplásticos son materiales capaces de desarrollar una descomposición aeróbica o anaeróbica por acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones que naturalmente ocurren en la biosfera. Son degradados por acción enzimática de los microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente.

#### ❖ **Clasificación de bioplásticos**

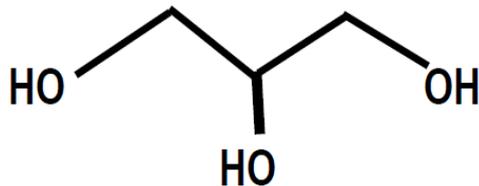
Meza (2016) manifiesta que los polímeros biodegradables se pueden clasificar a partir de su proceso de fabricación de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.
- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables. Algunos ejemplos de este grupo son: ácido poliláctico (PLA), poli-ácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL).
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente. Este grupo engloba a: Polihidroxialcanoatos (PHA), poli-3-hidroxibutarato (PHB).

Sin embargo, las clasificaciones más “estrictas”, clasifican los bioplástico únicamente en función de su procedencia bien sea a partir de fuentes fósiles (derivados del petróleo) o de materias primas naturales, denominándose entonces bioplástico.

### 2.1.7. Glicerina

García (2013) señala que la glicerina es un 1, 2,3-propanotriol sirve para unir cadenas, y por su estructura nos permite obtener estructuras más uniformes debido a la glicerina como recubrimiento y su uso para alimentos, en la manufactura de fibras sintéticas etc, en la Figura 4 se muestra la estructura química de la glicerina.



**Figura 4.** Estructura química de la glicerina.

García (2013) señala que el método para producir glicerina es con la fabricación de biodiesel, haciendo reaccionar triglicéridos (grasas o aceites) con alcohol (etanol o metano). La glicerina cruda que se obtiene de este método es purificada normalmente por la destilación, seguida a veces por tratamientos de blanqueo.

### 2.1.8. Agar - agar

Calvo (2007) menciona que es un polisacárido relativamente caro, por lo que se utiliza en forma limitada, y en muchas aplicaciones se ha sustituido por el carragenano.

El agar es un polisacárido no digerible, que desde el punto de vista nutricional forma parte de la "fibra". Las enzimas capaces de degradar el agar son extraordinariamente raras, incluso entre los microorganismos. Por eso el agar es también un valioso medio de cultivo en bacteriología, utilizándose en esta aplicación desde la década de 1880.

Los geles de agar se forman a concentraciones de menos del 1% de polisacárido, y son transparentes, duros y quebradizos. Esta última propiedad la diferencia de la mayoría de los otros geles de polisacáridos, que son más elásticos. Además, tienen la propiedad particular de presentar una gran histéresis térmica. Es decir, mientras que el gel se forma (en el caso del agar de *Gellidium*) a una temperatura de alrededor de entre 30 °C, volver de nuevo a la disolución exige calentar el gel hasta entre 75 °C y 90 °C, según el tipo. Los

geles de agar de *Gracillaria* presentan el mismo fenómeno, pero menos acusado. Con esta salvedad, los geles de agar son reversibles térmicamente.

## 2.2. ANTECEDENTES

Ricra (2017) en su trabajo de investigación titulado “Estudio comparativo de veinte híbridos en el rendimiento de maíz amarillo duro (*zean mays* L.)”, en el Instituto Nacional de Innovación Agraria-Chiclayo que se llevó a cabo la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos son los siguiente. Los híbridos con menor altura de mazorca fueron 01VF, 17VF, 19VF y 02VF con 0.82 m, 0.82 m, 0.83 m y 0.89 m. El menor porcentaje de humedad de grano lo obtuvo el híbrido experimental 17VF con 16.90 % y el mayor diámetro de mazorca lo mostró 18VF con 5.5 cm respectivamente. El híbrido experimental con las mejores características fenotípicas y genotípicas fue 09VF, que además obtuvo el mayor rendimiento en grano con 13.71 t/ha, y éste fue estadísticamente similar a los híbridos 08VF, 12VF INSIGNIA 860, MEGA HÍBRIDO, 03VF, 18VF, 10VF, 14VF, 11VF, 04VF, 05VF, 15VF y 07VF con 13.18, 13.15, 12.60, 12.50, 12.43, 12.13, 11.89, 11.84, 11.61, 11.26, 11.18, 11.18 y 10.43 t/ha respectivamente. También presentó el mayor peso de 5 mazorcas, número de granos por hilera, peso de grano de 5 mazorcas y peso de 1000 granos. Los híbridos experimentales presentaron un buen comportamiento, superando a los testigos en la mayoría de las variables evaluadas: rendimiento en grano, altura de planta, humedad de grano, peso de 5 mazorcas, longitud y diámetro de mazorca, número de granos/hilera, peso de grano de 5 mazorcas, porcentaje de desgrane, peso de 1000 granos y un óptimo vigor de planta.

Jiménez (2016) en su trabajo de investigación titulado “Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculentum*) variedad guayape”. A obtenido las siguientes características fisicoquímicas del almidón de yuca, la misma que se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. La primera etapa consistió en evaluar la yuca mediante características biométricas, fisicoquímicas y determinar la porción comestible. En la segunda etapa se realizó la extracción y evaluación del almidón mediante características fisicoquímicas, estructurales, morfológicas y propiedades funcionales. Fisicoquímicas: humedad 68,17 % y porcentaje de acidez 0,06 %;

porción comestible 83,05 %. Así mismo se muestran los resultados de evaluar el almidón extraído mediante características fisicoquímicas: humedad 9,68 %, azúcares reductores 0,23 %, valor reductor alcalino 0,5; estructurales: amilosa aparente 21,51 %, amilopectina 78,49 %, amilosa total 22,67 %; morfológicas: tamaño promedio del granulo, 5,22  $\mu\text{m}$  y propiedades 12 funcionales: temperatura de gelatinización 66°C, absorción de agua a 90 °C, 12,99, índice de solubilidad a 90 °C, 8,55, poder de hinchamiento a 90 °C, 15,26, claridad de pasta 59,35, retrogradación 5,32 en 24 horas. Concluyendo que el almidón obtenido se puede aplicar en la industria alimentaria por su bajo contenido de lípidos y proteínas, asimismo por tener propiedades que resaltan como: Temperatura de gelatinización, alta claridad de pasta, baja y estable retrogradación en refrigeración.

Moreno *et al.*, (2012) en su trabajo de investigación titulado “Obtención de biopelículas a partir de la glicerina producto del proceso de transesterificación de aceite de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*)”. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de glicerina a diversas concentraciones (15, 25 y 35 %) en las propiedades físicas y mecánicas en la formulación de las biopelículas de almidón de maíz y caseinato de sodio. En 100 mL de agua se adicionó diferentes proporciones de almidón de maíz y caseinato de sodio, con glicerina en concentraciones de: 15 %, 25 %, 35 % p/p. Se utilizó glicerina con el propósito de mejorar las características físicas y mecánicas, pues permite estructuras más uniformes para su uso en la industria. Diseño completamente al azar (DCA) se utilizó para el análisis de varianza y para la comparación de medias se usó la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad. Las variables de respuesta evaluadas fueron: espesor, el color, la solubilidad y la resistencia a la ruptura. Con respecto a las pruebas físicas se observó que a medida que aumenta la glicerina hay un aumento en el espesor el cual fue determinado con un micrómetro DDR-6000 modelo Suhl, para determinar el color se utilizó colorímetro digital CR – 400. Para solubilidad en agua, se evaluó la disolución de las biopelículas, mostrando que la formulación de almidón y de glicerina es la mejor resistencia que ofrece a todas las concentraciones. En cuanto a la fuerza de ruptura, se realizó una prueba de punción usando un texturómetro modelo Stentar II 11009 STR, llegándose a determinar que a medida que disminuye la concentración de glicerina aumenta la resistencia a la rotura de un punto entre

7,93 N a 15 % de glicerina más almidón y 9.61 N para 35 % de glicerina con caseinato de sodio. Concluyendo que la formulación de almidón de maíz más glicerina resulto ser más uniforme en espesor.

Salazar (2018) en su trabajo de investigación titulado “Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con el almidón nano escrito” donde las películas y recubrimientos comestibles a base de polisacáridos, actualmente resultan una alternativa para fabricar innovadores empaques de alimentos, dada su biodegradabilidad y bajo costo de producción. El objetivo de este trabajo fue formular películas biodegradables utilizando almidón nano estructurado, con mejores propiedades físicas y mecánicas, a humedades relativas altas, comparadas contra películas de almidón nativo. Que obtuvo resultados como el almidón de maíz nano estructurado y nativo. Las películas comestibles se formularon en concentraciones de 3, 4 y 5 % (p/v) de almidón y glicerol, como plastificante (6, 10 y 12 % v/p); mientras que las películas de almidón nativo fueron el modelo control. Se caracterizaron las propiedades físicas (hidrosolubilidad, espesor, difusión), mecánicas (tensión, deformación), y de adsorción y permeabilidad al vapor de agua de las películas, así como la caracterización micro estructural. Las películas formuladas con almidón nano estructurado (PANN) tuvieron mayor capacidad de adsorción de vapor de agua que las nativas (PAN) a humedades relativas bajas (0,115 -0,536 a). En cuanto a la hidrosolubilidad de las PAN y PANN a 25 °C fueron  $25,89 \pm 1,69$  % y  $15,44 \pm 1,38$  %, respectivamente. Las PANN fueron físicamente más estables a humedades relativas altas, presentaron la máxima fuerza a la ruptura y menor deformación. Así como, el menor tiempo de relajación longitudinal ( $t_1$ ) en  $a_w = 0,765$ , mientras que, la película PAN lo presentó con un  $a_w = 0,536$ . Los resultados confirmaron que las películas obtenidas con almidón nano estructurado presentaron buenas y mejores propiedades mecánicas y menor permeabilidad al vapor de agua con respecto al modelo control, con contenidos de humedad mayores, debido a la modificación que presenta la matriz estructural (almidón), a diferencia de las películas PAN.

Meza (2016) en su trabajo de investigación “Elaboración de bioplásticos a nivel de laboratorio a partir de residuos de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* var”. ‘Yungay’ usados para freír, así como evaluar su biodegradabilidad tomando como referencia la Norma ISO 17556: 2012. La metodología para extraer

almidón que mayor cantidad de almidón obtiene, trabajó a temperatura ambiente y 3 % de concentración p/v de MB. La eficiencia obtenida en el proceso de extracción de almidón es de 35,06 % con respecto al residuo sólido. Dicho almidón contiene 26,21 % de amilosa y 73,79 % de amilopectina, y el espectro infrarrojo arroja un 89,8 % de similitud con el espectro del almidón soluble.

La metodología para elaborar el bioplástico más resistente está compuesto por 5 mL de glicerina, 3 mL de ácido acético, 10 g de almidón, 60 mL de agua destilada y se elabora a 150 °C. El comportamiento mecánico del bioplástico se vio más afectado por la variación de ácido acético que por la variación de glicerol. Dicho material alcanza un esfuerzo máximo de 1,47 MPa y una elongación máxima de 19,99 % en el ensayo de tracción; además los ensayos de espectrofotometría mostraron la formación de enlaces característicos de los bioplásticos. La biodegradabilidad aeróbica tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012 indica que el bioplástico elaborado presenta un alto nivel de biodegradación alcanzando un valor de 64,21 % en 92 días.

Usca (2013) en su trabajo de investigación titulado “Elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina”. Para el estudio se aplicó un método inductivo-deductivo, para lo cual se eligió la formulación con la proporción de almidón de yuca (1), sacarosa (3) y gelatina (2). Al aplicar el test de consumidores dio como resultado la aceptación del mismo, por lo tanto, se estableció el análisis físico-químico y microbiológico del bioenvase. Obteniéndose como resultado en el análisis físico-químico, una viscosidad de 5,54 cSt, un espesor de 0,09 mm, un esfuerzo máximo (tracción a la rotura) de 140,6 Kg/cm<sup>2</sup>, una permeabilidad al agua del 80 %, y en el análisis microbiológico para Aerobios Mesófilos 2,9x10<sup>1</sup> UFC/ g, para Coliformes Fecales ausencia, para *Staphylococcus Aureus* 8,8x10<sup>2</sup> UFC /g, para Mohos y Levaduras 1,1 UPC/ g Se concluye que este bioenvase por las características sensoriales antes mencionadas es un producto innovador.

Charro (2015) en su trabajo de investigación titulado “Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata” en el cual fue mezclado con varios plastificantes: glicerina, alcohol poli vinílico y bórax en diferentes concentraciones. A partir de las mejores películas analizadas visualmente se determinó, que el plastificante adecuado era la glicerina, a la cual se añadió melanina como reticulante para disminuir su capacidad higroscópica, y se

establecieron las mejores condiciones de trabajo. Posteriormente se estudió la influencia de las variables: concentración de almidón, plastificante y reticulante en las biopelículas obtenidas a partir de diferentes mezclas las cuales fueron definidas a través de un diseño factorial 2<sup>2</sup>. En las biopelículas obtenidas se analizaron las siguientes propiedades: espesor, solubilidad, humedad, biodegradabilidad, permeabilidad, y la tracción en un solo sentido mediante el método de superficie de respuesta con puntos axiales se escogió la película que presentó las mejores características para el recubrimiento de frutas. De los resultados se concluye que, para cada una de las propiedades mecánicas, físicas y de biodegradabilidad de las películas varían de acuerdo a las concentraciones de almidón y plastificante.

Meré (2009) en su trabajo experimental titulado “Síntesis de un polímero termoplástico biodegradable basado en almidón de patata y diversos plastificantes”.

Se ha comprobado la importancia de la utilización de algunos constituyentes como el agua, el glicerol y la urea por su acción protectora contra la degradación del almidón durante el procesado de estos materiales.

No se ha conseguido fabricar muestras de TPS con buenas propiedades utilizando como plastificantes PVA, PEG y sorbitol.

Al aplicar una energía de cizallamiento más elevada durante el proceso de mezclado, se consiguen romper los gránulos de almidón de una manera más efectiva propiciando una mejor gelatinización del almidón y alcanzándose una mayor homogeneidad. Se ha comprobado que la utilización de agua durante la fabricación del TPS es indispensable para conseguir una correcta gelatinización y desestructuración del almidón.

- La temperatura crítica de gelatinización para el almidón de patata Panreac se estima que se encuentra en el intervalo entre 100 °C y 120 °C.
- El uso de lubricantes para evitar la adherencia de las muestras en la mezcladora, provoca una reducción de la calidad de los polímeros termoplásticos sintetizados.
- El par de torsión de las mezclas se ha relacionado con la temperatura y la influencia de los distintos plastificantes usados durante el proyecto. Un incremento constante del par de torsión durante el proceso de mezcla es un claro indicio de que se está produciendo la degradación de la mezcla.

## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. Hipótesis general**

Si obtenemos biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro, podremos obtener biopelículas de calidad.

### **2.3.2. Hipótesis específicas**

- Si determinamos las características físicas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro podremos obtener biopelículas de calidad.
- Si evaluamos las diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro entonces podremos obtener biopelículas con buenas características físicas.
- Si evaluamos las diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro podremos obtener biopelículas con buenas características mecánicas.

## **2.4. VARIABLES**

### **2.4.1. Variables independientes**

- Diferentes concentraciones de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro y glicerina, para la obtención de biopelículas.

### **2.4.2. Variables dependientes**

- Características físicas del producto obtenido.
- Características mecánicas del producto obtenido.

### **2.4.3. Variables intervinientes**

$Z_1$  = Agua

$Z_2$  = Temperatura de homogenización

$Z_3$  = Tiempo de secado

### **2.4.4. Operacionalización de variables**

En la Tabla 10, se muestran variables, dimensiones e indicadores, para el estudio en el desarrollo de la investigación. Se muestra en la Tabla 10 la operacionalización de variables.

**Tabla 10.** Operacionalización de variables

<b>VARIABLES</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
VARIABLE INDEPENDIENTE Diferentes concentraciones de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro y glicerina, para la obtención de las biopelículas.	Concentraciones de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro ( <i>Zea mays. L</i> ), glicerina y agar – agar.	Concentraciones de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro ( <i>Zea mays. L</i> ), glicerina y agar - agar.
VARIABLE DEPENDIENTE Características físicas del producto obtenido.	Análisis físicos	Espesor Humedad Color
VARIABLE DEPENDIENTE Características mecánicas del producto obtenido.	Análisis mecánicos	Análisis mecánicos

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada y está orientada a la obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro con diferentes concentraciones.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

El nivel es experimental – explicativa, porque intencionalmente se manipula las variables independientes; midiendo sus efectos en la variable dependiente.

#### **3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Análisis físico químico y análisis por instrumentación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Facultad de Ciencias Agrarias de la “Universidad Nacional Hermilio Valdizán”.

#### **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS**

##### **3.3.1. Población**

La población estuvo constituida por el almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro procedente de la Región Huánuco.

##### **3.3.2. Muestra**

Se tomó muestras de 600 gramos por cada variedad de almidón de maíz amiláceo y amarillo duro, extraídos en el laboratorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial acondicionadas y secadas (a temperatura de 35 °C 18 horas).

##### **3.3.3. Unidades de análisis**

La unidad de análisis fue el almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro y las biopelículas obtenidas.

### 3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Se obtuvo biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro, obteniendo cuatro tratamientos con tres repeticiones para cada uno en las dos variedades, como se muestra en la siguiente Tabla 11.

**Tabla 11.** Tratamientos de la investigación

Tratamientos	Almidón /g	Glicerina/ mL	Ácido acético /mL	Agar /g
T <sub>1</sub>	130	150	0,375	10
T <sub>2</sub>	130	150	0,375	12
T <sub>3</sub>	150	200	0,375	14
T <sub>4</sub>	150	200	0,375	18

El agua destilada de 20mL, temperatura 85-90 °C y el tiempo 30 min son constantes en la elaboración de biopelículas.

### 3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de hipótesis para las características físicas de las biopelículas

#### Hipótesis nula

- **H<sub>0</sub>:** Las biopelículas obtenidas con diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro no presentan diferencias en sus características fisicoquímicas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_0 = 0$$

#### Hipótesis Alternativa

- **H<sub>1</sub>:** Al menos una de las biopelículas obtenidas con diferentes concentraciones de almidón y glicerina a partir dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro presentan diferencias en sus características físicas.

$$H_1: \mu_i \neq 0$$

**Prueba de hipótesis para las características mecánicas de las biopelículas**

#### Hipótesis nula

- **H<sub>0</sub>:** Las biopelículas obtenidas con diferentes concentraciones del almidón y glicerina de maíz amiláceo y amarillo duro no presentan diferencias en sus características mecánicas

- **H<sub>0</sub>:**  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_0 = 0$

### Hipótesis Alternativa

- **H<sub>1</sub>**: Al menos una de las biopelículas obtenidas de almidón y glicerina a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro con diferentes concentraciones presentan diferencias en sus características mecánicas.

$$H_1: \mu_i \neq 0$$

#### 3.5.1. Diseño de la investigación

Para obtener las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro cultivada en la Región Huánuco, se utilizó ANOVA (análisis de varianza), para un diseño completamente al azar DCA y para comparar las muestras; para aceptar o rechazar las hipótesis nulas se utilizó la prueba Tukey ( $\alpha=5\%$ ) un nivel de confianza del 95% (0,95).

#### Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Variable de respuestas (espesor, humedad, color, análisis mecánico)
- $\mu$  = Efecto de la media poblacional
- $\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento (nivel del factor)
- $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental ij – ésima unidad experimental

#### 3.5.2. Datos registrados

De acuerdo a los objetivos y variables de estudio, se registran las cantidades de materia prima a utilizar, las características fisicoquímicas de la materia prima de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro, para la obtención de las biopelículas.

Para determinación el análisis mecánico se registra el contenido de espesor, solubilidad, densidad y permeabilidad presentes en las biopelículas.

### **3.5.2.1. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información**

#### **Técnicas**

Para la obtención y registro de datos, se utilizaron técnicas de recolección a través de fuentes: Primarias, secundarias y de terceros, relacionados a la investigación.

Para el procesamiento de la información o análisis estadístico, se utilizó programas como Excel 2016, STATGRAPHICS centurión.

#### **Técnicas de investigación documental o bibliográfica**

Análisis documental: Permitió el análisis del material a estudiar, precisar desde un punto de vista formal y desde su contenido.

Análisis de contenido: Estudiar y analizar de una manera objetiva y sistemática el documento leído.

Fichaje: Nos permitió para registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenadas sistemáticamente, nos servirán de valiosa fuente para elaborar el marco teórico.

#### **Técnicas de campo**

Observación: Técnica que permitió obtener información sobre la obtención de las biopelículas del almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro.

#### **Instrumento de investigación documental**

- Fichas de investigación o documentación:
  - Comentario
  - Resumen
- Fichas de registro o localización
  - Bibliografías
  - Hemerografías
  - Internet

#### **Instrumento de recolección de información en laboratorio**

Cuaderno de apuntes

### **3.6. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.6.1. Materia prima**

Se utilizó el almidón de maíz amiláceo y amarillo duro procedente de la Provincia Huánuco Región Huánuco para la obtención de las biopelículas.

#### **3.6.2. Materiales, equipos y reactivos**

##### **Utensilios**

- Baldes, tinas, coladores, Licuadora manual de 2l, ollas de acero Inoxidable, cucharas, cucharon, jarras, tamizador, moldes de silicona.

##### **Materiales de laboratorio**

- Vaso de precipitación de 50 y 100 mL, bureta de 25 mL, fioles de 50 y 100 mL filtros de jeringa PVDF hidrofílico de 0,22  $\mu\text{m}$  , tips de 200  $\mu\text{L}$ , 1000  $\mu\text{L}$ ; cubetas de plástico para espectrofotómetro de 1,5 mL, papel tisú, rollos de papel toalla matraz Erlenmeyer de 100 y 250 mL, probeta de 50 y 100 mL, tubos de ensayo con tapa, desecador, varillas, placas Petri, mortero con pilón, embudos, pinzas de metal, papel filtro Whatman N° 1 y 2, placas Petri de 3.5 cm y 9.0 cm, micropipetas de 1000 mL, matraz Kitasato de 500 mL, papel aluminio (Budget Buy 25 yo\* 12 IN), guantes de Látex, espátula de acero inoxidable (Stainless Pakistan).

##### **Equipos**

- Espectrofotómetro UV/VIS-Genesys 10S (Thermo Electrón Corporación)
- Balanza analítica (AND-inside Super Hybrid Sensor- Mod. - HR-250 AZ)
- Centrífuga mini spin plus-ependorff, serie 5404ER928861.
- Estufa ECOCELL, temperatura máxima de 250 °C, tipo/modelo, LSIS-B2V/EC
- Equipo de titulación
- Potenciómetro pHmetro SI Analytics-handylab pH 11.
- Balanza analítica OHAUS-Adventurer –TM exactitud de 0.0001 g
- Balanza analítica M-power –sartorius, 0.0001 g
- Micropipetas (ISOLAB de 20-200  $\mu\text{L}$ , 100-1000  $\mu\text{L}$ )
- Termómetro digital (OAKTON, modelo TEMP10K)

- Colorímetro marca KONICA MINOLTA Modelo CR – 400, serie B8209050.
- Texturómetro modelo CT3 25K serial 0666231 voltaje 230v
- Food de hidrator model N° 4926 TCD 220 FB 60
- Equipo Ro-tap con tapa y fondo (tamiz)
- Agitador magnético calefacción c/ blanco humo y celeste. Marca UNICO, mod. L-VM100E.
- Equipo de baño maria color cromado, marca MEMET, Mod. WB14.
- AND – MIX – 50- 0.01%/Maxi 51g
- Mitutuyo IN/MM3

#### **Reactivos**

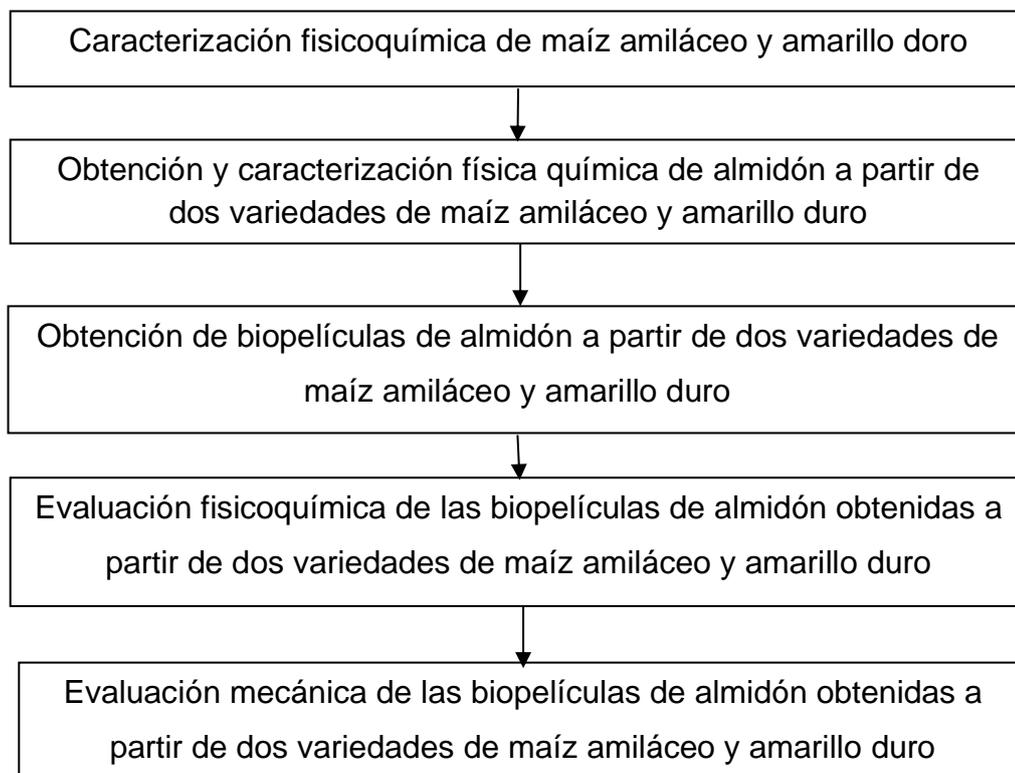
- Glicerina neutralizada 1000 mL, hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N, ácido acético, fenolftaleína.

### **3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la investigación, estuvo enfocado en la obtención de biopelículas del almidón de maíz amiláceo y amarillo duro cultivado en la Región Huánuco, se agrupó en 5 grupos o etapas para el desarrollo de la investigación, a continuación, se detalla el esquema experimental que se desarrolló, como se muestra en la Figura 5.

#### **3.7.1. Caracterización fisicoquímica del maíz amiláceo y amarillo duro**

La caracterización fisicoquímica de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zea mays. L*) se realizó en base a las normas AOAC (Métodos Oficiales de Análisis, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) los siguientes análisis:



**Figura 5.** Esquema del trabajo de investigación

- **Color del grano:** Las medidas de color superficial de maíz amiláceo se realizó con un colorímetro a las muestras. Se registró las coordenadas  $L^*a^*$ ,  $b^*$  de la escala CIE (1986) recomendado por Ramos (2014)
- **Humedad:** Se determinó por el método de la AOAC (2000) a través de la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento, hasta obtener peso constante y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de pesos.
- **Peso:** Se pesó 50 granos de maíz amiláceo y amarillo duro, valor expresado en gramos. (IBPGR, 1991)
- **Longitud del grano:** Se midió la longitud de 10 granos de cada variedad de maíz y se registró el valor promedio en centímetros. (IBPGR, 1991)

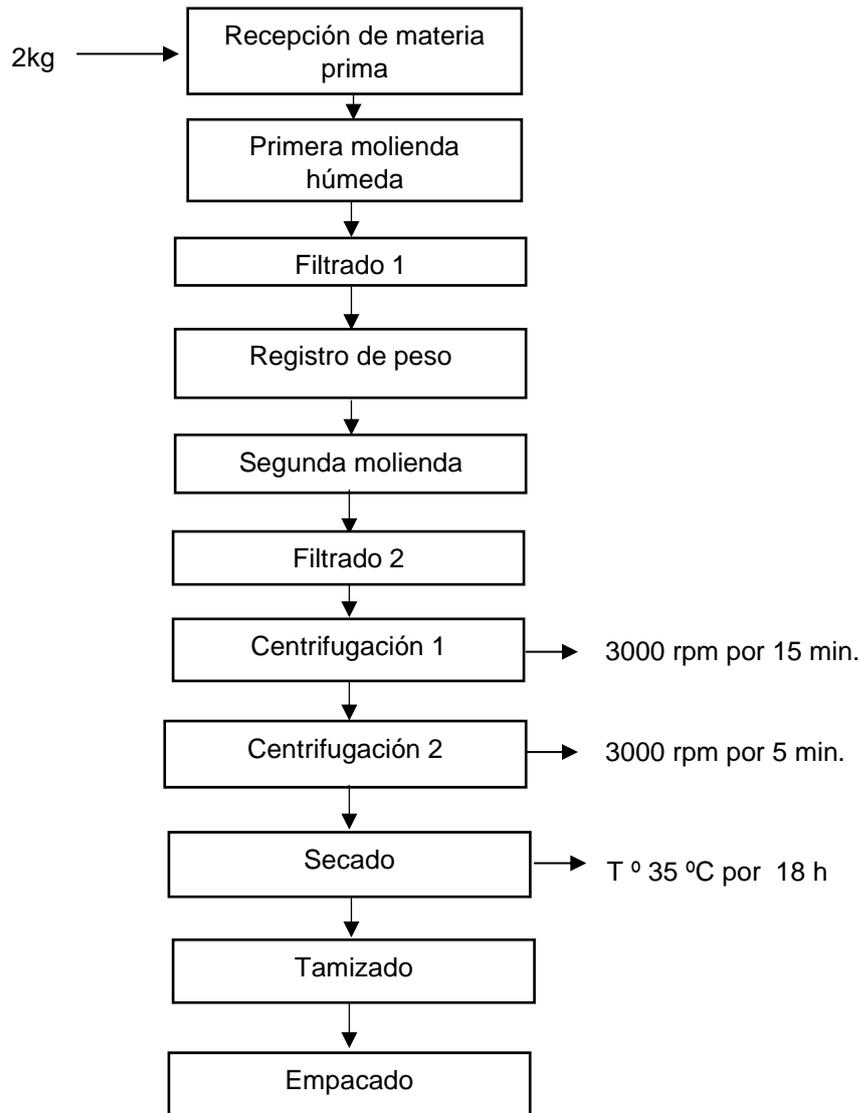
### 3.7.2. Obtención y caracterización física química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

Para obtener almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro se siguió el flujograma que se muestra en la Figura 6.

### 3.7.2.1. Extracción mediante método de centrifugación

El método de centrifugación está basado en los métodos descritos por (Lisinska y Leszczynski 1989; Araujo *et al.*, 2004; Ojeda 2008). Considerando algunas modificaciones. A continuación, se describe en detalle el proceso realizado.

- **Primera molienda húmeda:** En una licuadora se mezcló cada variedad de maíz y agua en una relación de 1:1.
- **Filtrado1:** La mezcla obtenida de la primera molienda se hizo pasar por una muselina adicionando además 250 mL de agua destilada para arrastrar la mayor cantidad de almidón presente.
- **Registro de peso:** Se pesó lo que queda sobre la muselina.
- **Segunda molienda:** La muestra retenida en la muselina se mezcló con agua (1:1) en una licuadora.
- **Filtrado 2:** La masa obtenida de la segunda molienda se pasó nuevamente por una muselina y se adicionó 250 mL de agua destilada. Posteriormente se mezcló con lo obtenido en el primer filtrado.
- **Centrifugación 1:** Los filtrados obtenidos fueron centrifugados a una velocidad de 3000 rpm durante 15 minutos, descartándose el sobrenadante.
- **Centrifugación 2:** A los filtrados obtenidos de la primera etapa de centrifugación se les eliminó el sobrenadante y se adicionó agua. Posteriormente fueron centrifugados a una velocidad de 3000 rpm durante 5 minutos.
- **Secado:** La muestra de almidón depositada en el papel filtro fue dejada en el mismo papel poniéndolas a secar en una estufa a 35°C por 18 horas.
- **Tamizado:** La muestra ya seca fue retirada del papel Whatman y se hizo pasar por un tamiz de 500  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$  respectivamente, para luego envasarla en bolsas plásticas.
- **Empacado:** El producto final fue empacados en los recipientes de polietileno, para no ganar su humedad.



**Figura 6.** Flujograma para obtener el almidón de maíz amiláceo y amarillo duro.

### 3.7.2.2. Caracterización física de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

La caracterización física química del almidón de maíz (*Zea mays. L*). Se realizó en base a las normas AOAC (1997) (Métodos Oficiales de Análisis, Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) los siguientes análisis:

- **Acidez titulable:** Se determinó por el método de la (AOAC, 2000)
- **Humedad:** Se determinó por el método de la AOAC (2010) a través de la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento, hasta obtener peso constante y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de pesos.
- **PH:** Se realizó la medición del pH, de acuerdo al método de (AOAC, 1997)

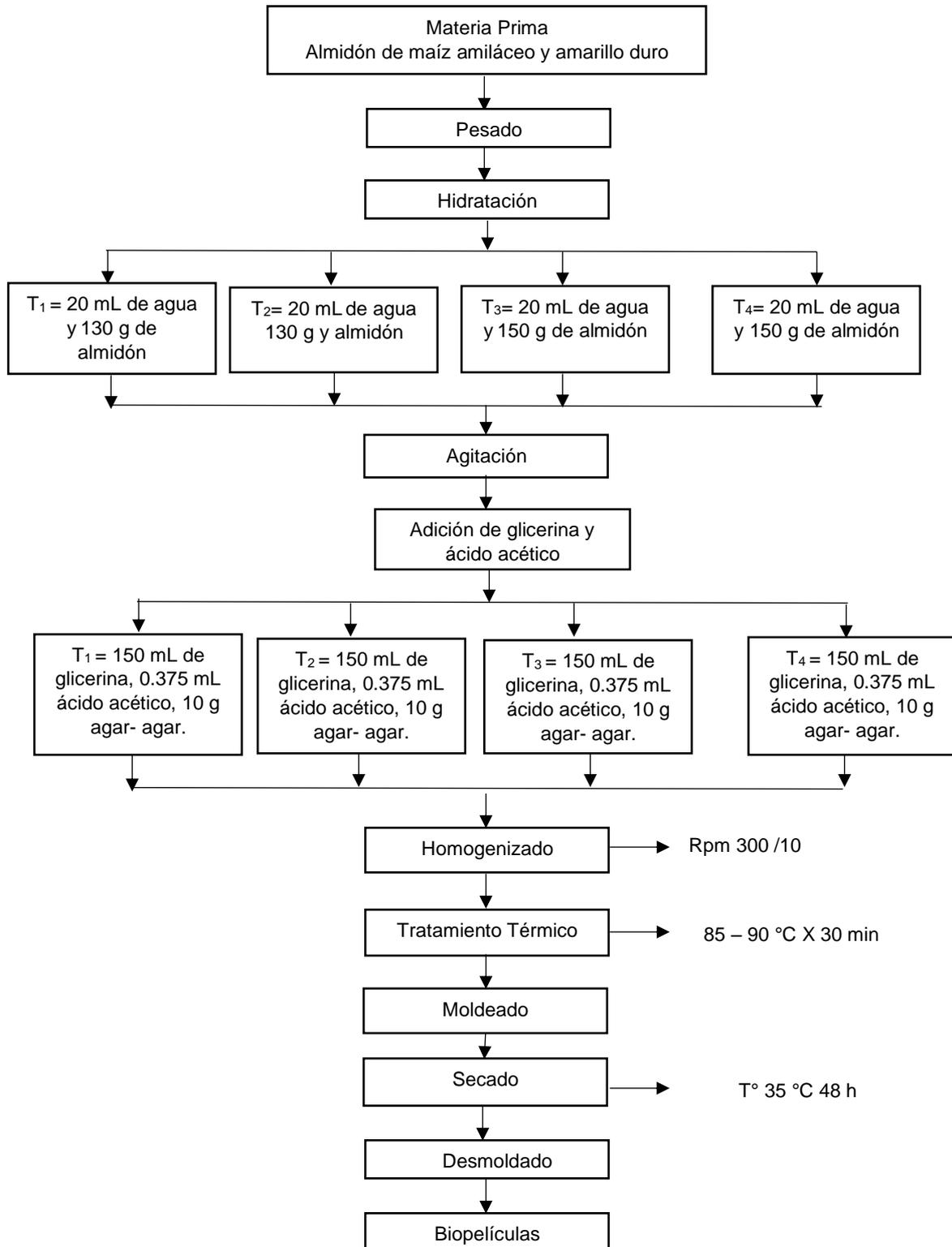
- **Determinación de densidad aparente del almidón suelto:** se determinó usando la técnica de (Smith, 1967)
- **Determinación del tamaño del gránulo:** se determinó utilizando la técnica de (ISI, 1999)
- **Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.** Se determinó usando la técnica de (Anderson *et al.*, 1969)
- **Realizar la cuantificación de azúcares reductores:** Se realizó con la Técnica usada Cronin y Smith (1979), para cuantificar los azúcares reductores con método espectrofotométrico.
- **Determinación del color:** Se realizó con la técnica de Grace (1977) se determinó usando las técnicas espectrofotométricas donde se obtuvo un resultado objetivo y exacto para la determinación de la blancura del almidón mediante la comparación de su grado de reflectividad respecto a la de un patrón de blancura como almidón soluble. En ensayos comparativos, en los que los mismos almidones se evaluaron por el método colorímetro.
- **Temperatura de gelatinización:** Se determinó usando la técnica Grace (1977). Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría.

### 3.7.3. Obtención de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

obtención de biopelículas del almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zea mays*. L.).

- **Materia Prima:** Se adquirió almidones de las dos variedades maíz amiláceo y amarillo duro.
- **Pesado:** Se pesó 600 gramos de almidón por cada variedad de maíz.
- **Hidratación:** Se realizó una incorporación de agua destilada al proceso con la finalidad de homogenizar el almidón de maíz.
- **Agitación:** Es el proceso donde se agito 20 mL de agua destilada durante 10 minutos hasta llegar una temperatura de 85 – 90 °C. (g en b.s.)
- **Adición de glicerina y ácido acético:** Habiendo llegado a la temperatura de gelatinización, se procedió a adicionar el plastificante ácido acético y glicerina, con una agitación continua hasta llegar a la temperatura de 90° C. (Arévalo *et al.*, 2018)

### 3.7.3.1. Obtención de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro



**Figura 7.** Obtención de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

- **Homogenizado:** Es el proceso donde se obtuvo una mezcla para obtener masa homogénea a una temperatura de 90 °C.
- **Tratamiento Térmico:** Se realizó en este proceso para ayudar a la unión de la concentración con temperaturas estipuladas a 85 - 90 °C por un tiempo de 30 minutos.
- **Moldeado:** Luego de haber homogenizado por completo el recubrimiento líquido, se colocó a unos moldes de 15 cm de silicona, realizándolo por triplicado para cada formulación.
- **Secado:** Es el proceso donde se colocó las muestras en una estufa a una temperatura de 35 °C, por 48 horas.
- **Desmoldado:** Se evaluó cada una de las biopelículas secas, eliminando aquellas que presentasen burbujas o grumos, finalmente se procedió a desmoldar.
- **Biopelículas:** Producto final obtenido con características aceptables, listo para ser evaluadas.

#### 3.7.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas obtenidas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

##### - **Espesor**

Según la Norma INEN (1982), La medida de las biopelículas se realizó utilizando un micrómetro manual modelo mitutoyo corporación, donde las muestras de las biopelículas serán medidas por, lo cual se tomará cinco mediciones en varios puntos de las biopelículas.

##### - **Humedad**

Según la norma INEN (1462), consiste en eliminar toda el agua libre de la muestra por volatilización en las biopelículas se determinó por la pérdida de peso de la mismas.

##### - **Color**

Según García (2013), las medidas de color superficial de las biopelículas se realizaron en un colorímetro donde las muestras de las biopelículas se registrarán las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  de la escala CIE; en este sistema el parámetro  $a^*$ , representa la variación rojo-verde, tomando valores positivos para el primero y negativo para el segundo el parámetro  $b^*$ , representa la variación

amarillo-azul, y el parámetro  $L^*$  de luminosidad varía entre 0, para el negro y 100 para el blanco.

### **3.7.5. Evaluación mecánica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

#### **- Fuerza**

Según García (2013), la medida se determinó mediante una prueba de punción usando un texturómetro modelo Stentar 11 11009 STR, donde la fuerza de tensión o ruptura se aplicará a las muestras de las Biopelículas.

#### **- Prueba de resistencia a la tracción**

La resistencia a la tracción, que es la medida de la capacidad de un polímero a resistir a los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta.

#### **- Solubilidad**

Según Gontard (1994), la solubilidad de las biopelículas se determinó mediante la solución de agua destilada.

#### **- Densidad**

Según Gontard (1994), para determinar la densidad de las biopelículas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización físico química del maíz amiláceo y amarillo duro

En la Tabla 12, se muestra los valores de la caracterización físico química del maíz amarillo duro y amiláceo de la región Huánuco. Para el caso, humedad, peso, longitud del grano y color del grano de maíz (anexos 1a, 1b, 1c y 1d), se observa que la probabilidad o valor P es menor a 0,05; lo que indica que hay diferencia significativa, en la que se muestra la evidencia de los contrastes.

**Tabla 12.** Caracterización del maíz amiláceo y amarillo duro

Análisis		Variedades de maíz	
		Maíz amarillo duro	Maíz amiláceo
Humedad (%)		3,98 ± 0,29 <sup>b</sup>	5,33 ± 0,13 <sup>a</sup>
Peso (g)		0,34 ± 0,38 <sup>b</sup>	0,67 ± 0,11 <sup>a</sup>
Longitud del grano (mm)		11,64 ± 0,99 <sup>b</sup>	16,02 ± 1,87 <sup>a</sup>
Color del grano	L*	80,23 ± 1,184 <sup>a</sup>	62,87 ± 8,103 <sup>b</sup>
	a*	2,27 ± 1,021 <sup>a</sup>	17,23 ± 6,372 <sup>b</sup>
	b*	20,27 ± 2,811 <sup>a</sup>	21,97 ± 10,070 <sup>a</sup>

Promedio ± DS, (n=3), letras diferentes en una misma fila, indica diferencia estadística.  
\* Peso 50 unidades, longitud 10 unidades, colores L\*, a\*, b\*.

La humedad como promedio de maíz amarillo duro fue de 3,98 ± 0,29 % y de maíz amiláceo 5,33 ± 0,13 %, los pesos como promedio de maíz amarillo duro 0,34 ± 0,38 g y de maíz amiláceo 0,67 ± 0,11 g, longitud de los granos como promedio de maíz amarillo duro 11,64 ± 0,99 mm y de maíz amiláceo 16,02 ± 1,87 mm. El color como promedio fue L\* (80,23 ± 1,184; 62,87 ± 8,103); a\* (2,27 ± 1,021; 17,23 ± 6,372); b\* (20,27 ± 2,811; 21,97 ± 10,070).

### 4.2. Obtención y caracterización físico química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

En la Tabla 13, se muestran los valores de caracterización físico química de almidón a partir de dos variedades de maíz amarillo duro y amiláceo de la región Huánuco. Para el caso de acidez, humedad, pH, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, determinación de azúcares reductores, Distribución del tamaño del granulo peso neto individual, Distribución del tamaño del granulo gran

total (2a, 2b, 2c, 2g, 2h, 2i, 2j, 2l, 2ll, 2m) se observa que la probabilidad o valor P es menor a 0,05; lo que indica se acepta la hipótesis alternativa lo que hay diferencia significativa; entonces el almidón de maíz amarillo, amiláceo varia respecto a sus características acidez ( $0,05 \pm 0,01$ ;  $0,02 \pm 0,005$ ), humedad ( $9,16 \pm 1,69$ ;  $9,07 \pm 0,59$ ), pH ( $6,33 \pm 0,06$ ;  $7,0 \pm 0,0$ ), índice de solubilidad en agua ( $12,38 \pm 0,65$ ;  $8,09 \pm 1,99$ ), poder de hinchamiento ( $3,94 \pm 0,08$ ;  $3,74 \pm 0,09$ ), determinación de azúcares reductores ( $0,36 \pm 0,03$ ; ND), determinación del color ( $6,06 \pm 0,19$ ;  $1,90 \pm 0,17$ ), distribución del tamaño del granulo peso neto individual  $150 \mu\text{m}$  ( $6,85 \pm 0,03$ ;  $6,09 \pm 0,02$ ),  $300 \mu\text{m}$  ( $21,97 \pm 0,03$ ;  $23,20 \pm 0,02$ ) e  $600 \mu\text{m}$  ( $0,37 \pm 0,02$ ;  $0,61 \pm 0,02$ ), para el caso de color  $b^*$  ( $9,9 \pm 0,2$ ;  $5,8 \pm 0,1$ ). En Figura 8 se observa la determinación de índice de absorción de agua. Para el caso de densidad aparente de almidón suelto, densidad aparente de almidón empacado, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización,



**Figura 8.** Determinación índice de absorción de agua.

**Tabla 13.** Características de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

<b>Dos variedades de almidón de maíz</b>	<b>Almidón de maíz amarillo duro</b>	<b>Almidón de maíz amiláceo</b>
Acidez	0,05 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,005 <sup>a</sup>
Humedad	9,16 ± 1,69 <sup>b</sup>	9,07 ± 0,59 <sup>a</sup>
pH	6,33 ± 0,06 <sup>b</sup>	7,0 ± 0,0 <sup>a</sup>
Densidad aparente del almidón suelto	0,98 ± 0,8 <sup>b</sup>	0,85 ± 0,57 <sup>a</sup>
Densidad aparente del almidón empacado	1,57 ± 1,37 <sup>b</sup>	1,5 ± 0,95 <sup>a</sup>
Índice de absorción de agua	3,80 ± 0,07 <sup>b</sup>	3,66 ± 0,07 <sup>a</sup>
Índice de solubilidad en agua	12,38 ± 0,65 <sup>b</sup>	8,11 ± 1,99 <sup>a</sup>
Poder de hinchamiento	3,94 ± 0,08 <sup>b</sup>	3,74 ± 0,09 <sup>a</sup>
Determinación de azúcares reductores	0,36 ± 0,03 <sup>b</sup>	ND
Temperatura de gelatinización	67,67 ± 0,58 <sup>b</sup>	68,67 ± 0,58 <sup>a</sup>
<b>Distribución del tamaño del granulo peso neto individual</b>	<b>Almidón de maíz amarillo duro</b>	<b>Almidón de maíz amiláceo</b>
150 µm	0,37 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,61 ± 0,02 <sup>a</sup>
300 µm	21,97 ± 0,03 <sup>a</sup>	23,20 ± 0,02 <sup>a</sup>
600 µm	6,85 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,09 ± 0,02 <sup>a</sup>
L*	90,0 ± 0,529 <sup>b</sup>	90,87 ± 0,493 <sup>a</sup>
a*	1,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	2,03 ± 0,208 <sup>a</sup>
b*	9,9 ± 0,2 <sup>b</sup>	5,8 ± 0,1 <sup>a</sup>
ΔE	6,06 ± 0,19 <sup>b</sup>	1,90 ± 0,17 <sup>a</sup>

Promedio ± DS (n=3). Letras a, b súper índices filas significan diferentes significativas (α =0,05), L\* luminosidad; a\*, -a verde, a rojo; b\* -b azul, b amarillo.

Se observa que la probabilidad o el valor de p es mayor a 0,05; indica que no hay diferencia significativa; entonces el almidón de maíz amarillo duro, amiláceo varia respecto a sus características densidad aparente del almidón suelto (0,98 ± 0,87; 0,85 ± 0,57), densidad aparente del almidón empacado (1,57 ± 1,37; 1,5 ± 0,95), índice de absorción de agua (3,80 ± 0,07; 3,66 ± 0,07), temperatura de gelatinización (67,67 ± 0,58; 68,67 ± 0,58) y para el caso de color L\* (90,0 ± 0,529; 90,87 ± 0,493) a\* (1,9 ± 0,1; 2,03 ± 0,208), ΔE (6,06 ± 0,19; 1,90 ± 0,17).

#### **4.3. Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zea mays. L.*). Se hizo para diferenciar la mejor polimerización de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro para la elaboración de las biopelículas donde el óptimo fue el mejor tratamiento con concentraciones de almidón 150 g, ácido acético 0,375 mL, glicerina 200 mL, agar - agar 18 g, con un tiempo de 30 min y agua 20 mL, presentó la mejor formación de las biopelículas debido a que fue elásticas, resistente y estable, los tratamientos uno, dos, tres, fueron descartado por no ser elásticas resistentes y estables como biopelículas para su respectivo análisis.

#### **4.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

En la Tabla 15 se muestran los valores de descripción de los parámetros físicos de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amarillo duro y amiláceo de la región Huánuco. Para el caso de espesor, (3a), color (3c), se observa que la probabilidad o valor ( $P < 0,05$ ), lo que indica se acepta la hipótesis alternativa lo que hay diferencia significativa, entonces las biopelículas del almidón de maíz amarillo, amiláceo varia respecto a sus parámetros físicos espesor ( $0,60 \pm 0,080$ ;  $0,68 \pm 0,217$ ;  $0,02 \pm 0,005$ );  $L^*$  ( $83,63 \pm 1,484$ ;  $85,47 \pm 1,550$ ;  $94,13 \pm 0,321$ ),  $a^*$  ( $1,63 \pm 0,058$ ;  $1,57 \pm 0,23$ ;  $2,63 \pm 0,287$ )  $b^*$  ( $6,63 \pm 3,511$ ;  $2,37 \pm 2,548$ ;  $-0,03 \pm 0,152$ ). ( $P > 0,05$ ), indica que no hay diferencia significativa; entonces las biopelículas del almidón de maíz amarillo duro, amiláceo varia respecto a sus parámetros físicos humedad ( $6,52 \pm 0,454$ ;  $6,53 \pm 0,589$ ;  $0,03 \pm 0,0$ ), color fondo blanco,  $\Delta E$  ( $18,66 \pm 3,729$ ;  $14,13 \pm 2,977$ ).

**Tabla 14.** Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

Dos variedades de biopelículas	Biopelículas almidón de maíz amarillo duro		Biopelículas almidón de maíz amiláceo	Biopelículas almidón de maíz tottus
Espesor		0,60 ± 0,080 <sup>b</sup>	0,68 ± 0,217 <sup>a</sup>	0,02 ± 0,005 <sup>a</sup>
Humedad		6,52 ± 0,454 <sup>b</sup>	6,53 ± 0,589 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,0 <sup>a</sup>
Color con fondo blanco	L* a* b*	83,63 ± 1,484 <sup>b</sup> 1,63 ± 0,058 <sup>b</sup> 6,63 ± 3,511 <sup>b</sup>	85,47 ± 1,550 <sup>a</sup> 1,57 ± 0,231 <sup>a</sup> 2,37 ± 2,548 <sup>a</sup>	94,13 ± 0,321 <sup>a</sup> 2,63 ± 0,287 <sup>a</sup> -0,03 ± 0,152 <sup>a</sup>
	$\Delta E$	18,66 ± 3,729 <sup>b</sup>	14,13 ± 2,977 <sup>a</sup>	

Promedio ± DS (n=3). Letras a, b súper índices filas significan diferentes significativas ( $\alpha = 0,05$ ), L\* luminosidad; a\*, -a verde, a rojo; b\* -b azul, b amarillo.

#### 4.5. Evaluación mecánica de las biopelículas obtenidas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo

En la Tabla 15, se muestran los valores de descripción de los parámetros mecánica fuerza dureza (g), deformación según fuerza, dureza terminado en (J), Solubilidad y densidad de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amarillo duro y amiláceo de la región Huánuco. Para el caso de fuerza (dureza), dureza terminado y solubilidad (3a, 3c, 3d) se observa que la probabilidad o valor P es menor a 0,05; lo que indica se acepta la hipótesis alternativa lo que hay diferencia significativa, se muestra la evidencia de los contrastes; entonces las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amarillo, amiláceo varia respecto a sus parámetros mecánico fuerza-dureza (154,67 ± 13,316; 396,33 ± 28,711; 423,33 ± 20,132), dureza terminado (0,01 ± 0,001; 0,01 ± 0,003; 0,04 ± 0,005), solubilidad (57,95 ± 5,652; 76,77 ± 3,345), con respecto al maíz amarillo duro se obtuvo que si hay diferencia, la evidencia de los contrastes; varia respecto a sus parámetros mecánicos de fuerza de rotura obteniéndose, (6,36 ± 2,282; 4,63 ± 0,500; 5,69 ± 0,441), densidad (0,26 ± 0,035; 0,54 ± 0,408).

**Tabla 15.** Evaluación mecánica de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

<b>Dos variedades de biopelículas</b>	<b>Biopelículas almidón de maíz amarillo duro</b>	<b>Biopelículas almidón de maíz amiláceo</b>	<b>Biopelículas de tottus</b>
Fuerza - Dureza (g)	154,67 ± 13,316 <sup>b</sup>	396,33 ± 28,711 <sup>a</sup>	423,33 ± 20,132 <sup>a</sup>
Deformación según fuerza (mm)	6,36 ± 2,282 <sup>b</sup>	4,63 ± 0,500 <sup>a</sup>	5,69 ± 0,441 <sup>a</sup>
Dureza terminada en (J)	0,01 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,005 <sup>a</sup>
Solubilidad	57,95 ± 5,652 <sup>b</sup>	76,77 ± 3,345 <sup>a</sup>	
Densidad	0,26 ± 0,035 <sup>b</sup>	0,54 ± 0,408 <sup>a</sup>	

Promedio ± DS (n=3). Letras a, b súper índices filas significan diferentes significativas ( $\alpha = 0,05$ ).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Caracterización físico química de maíz amiláceo y amarillo duro

En Tabla 12, referente a la caracterización físico química de maíz amarillo duro de la región Huánuco; para el caso de la humedad, peso, longitud y color; Según Huamán (2017), en cuanto al porcentaje de humedad del grano obtuvo en maíz amarillo castillo 9,71 % y en maíz amiláceo 5,28 %; según Ricra (2017) en cuanto al peso de las 1000 unidad de maíz amarillo duro el mayor peso es de 465 g, y el menor es de 234.98 g, para el caso de longitud promedio fue de 22 cm. El híbrido con menor longitud es de 15.59 cm, el cual fue estadísticamente similar con los híbridos 02VF, 13VF, 17VF, 15VF y 16VF con 15,75 – 15,93 – 16 – 16,05 y 16,13 cm; color, según Huamán (2017) en su investigación obtuvo para  $L^*$  (28,63; 64,86),  $a^*$ (11,05; 4,43),  $b^*$ (5,85; 20,62). Los resultados obtenidos en la investigación fueron para la variedad del maíz amarillo duro en cuanto a la humedad  $3.97667 \pm 0.285365$ , peso  $0.3434 \pm 0.0373407$ , longitud  $16.02 \pm 1.86952$ , color  $L^*80,23 \pm 1,184$ ,  $a^*2,27 \pm 1,021$  y  $b^*20,27 \pm 2,811$ . Y para el maíz amiláceo en cuanto a la humedad  $5.3333 \pm 0.130512$ , peso  $0.67 \pm 0.114286$ , longitud  $11.64 \pm 0.989051$ , color  $L^*62,87 \pm 8,103$ ,  $a^* 17,23 \pm 6,372$  y  $b^*21,97 \pm 10,070$ . Según Ricra (2017), en cuanto a peso y longitud son cercanos en incluso se encuentra dentro de los parámetros con los resultados obtenidos en la investigación de maíz amarillo duro, Según Huamán (2017), en cuanto a la humedad existe diferencia significativa, en cuanto al color también los resultados son diferentes a su investigación de Huamán, dependerá al factor de la  $T^0$  de ambiente, de la variedad, del tipo de suelo, región de siembra y factores climáticos.

### 5.2. Obtención y caracterización físico química de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro

El proceso de obtención del almidón fue empleado por el método de centrifugación, en cuanto a rendimiento se obtuvo el 65 % maíz amiláceo y 45 % de maíz amarillo duro en base seca. Según Ojeda (2008), quien obtiene un rendimiento promedio de 67,45 % en base seca. La concentración de amilosa en los gránulos del almidón de maíz fue incrementa con la edad fisiológica del tejido en el cual son sintetizados (Boyer *et al.*, 1976). Lu *et al.* (1996) reportaron que cuando el maíz es cultivado a temperaturas elevadas (35 °C) disminuye el

contenido de amilosa comparado con el cultivado a 25 °C. En cuanto a los resultados se muestra en la Tabla 13, referente a la caracterización físico química de almidón del maíz amiláceo y amarillo duro cultivada en la región Huánuco. Según Ramos (2016), la media o promedio del porcentaje de acidez de almidón de yuca es 0,009 %, pH 4,5 a 5,5, humedad de  $9,684 \pm 0,09$ , temperatura de gelatinización 58,5 a 70 °C, azúcares reductores  $0,232 \pm 0,05$ , tamaño de grano que el rango es de  $4\mu\text{m}$  a  $6,67\mu\text{m}$ , índice de absorción de agua fueron de  $2,11 \pm 0,01$  ( $T^{\circ} 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $5,9 \pm 0,03$  ( $T^{\circ} 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y  $7,58 \pm 0,03$  ( $T^{\circ} 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), índice de solubilidad  $2,50 \pm 0,21$  ( $T^{\circ} 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $4,36 \pm 0,11$  ( $T^{\circ} 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y  $4,73 \pm 1,61$  ( $T^{\circ} 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Poder de hinchamiento  $2,16 \pm 0,01$  ( $T^{\circ} 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $6,67 \pm 0,05$  ( $T^{\circ} 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y  $7,93 \pm 0,03$  ( $T^{\circ} 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). El resultado obtenido según Natali, (2008). El porcentaje de pH de maíz amiláceo fue de (4,0 y 5,0). La temperatura de gelatinización, (60°C y 70°C). Y según Hernández-Medina-Torruco-Guerrero. (2008). Las temperaturas de gelatinización fueron de 78,4, 61,3, 65,2 y 74,9 °C, y según Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, Betancur-Ancona (2008). El tamaño promedio de los gránulos de almidón varió de 10,6 a 16,5  $\mu\text{m}$ . Según Gaytán *et al* (2000), determino color en harina de maíz amarillo que fue  $L^* 88$ ,  $a^* -2$ ,  $b^*58$ ; según Torres y Guerra (2003), determino color en harina de maíz blanco que fue  $L^*91$ ,  $a^*0$ ,  $b^*18$ . Este valor comparado con los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación para el almidón del maíz amarillo duro fueron en cuanto a acidez  $0,05 \pm 0,01$ , humedad  $5,06 \pm 0,09$ , pH  $6,33 \pm 0,06$ , densidad aparente de almidón suelto  $0,98 \pm 0,87$ , índice de absorción de agua  $3,80 \pm 0,07$ , índice de solubilidad en el agua  $12,38 \pm 0,63$ , poder de hinchamiento  $5,94 \pm 0,08$ , azúcares reductores  $0,36 \pm 0,03$ , color  $L^* 90,0 \pm 0,529$ ,  $a^* 1,9 \pm 0,1$ ,  $b^* 9,9 \pm 0,26$ ,  $\Delta E 06 \pm 0,19$ , temperatura de gelatinización  $67,67 \pm 0,58$  y tamaño de granulo 150 ( $0,37 \pm 0,02$ ), 300 ( $21,97 \pm 0,03$ ), 600 ( $6,85 \pm 0,03$ ). Para el almidón del maíz amiláceo fueron en cuanto a acidez  $0,02 \pm 0,005$ , humedad  $9,07 \pm 0,59$ , pH  $7 \pm 0,0$ , densidad aparente de almidón suelto  $0,37 \pm 0,01$ , índice de absorción de agua  $3,66 \pm 0,07$ , índice de solubilidad en el agua  $8,11 \pm 1,99$ , poder de hinchamiento  $3,74 \pm 0,09$ , azúcares reductores ND, color  $L^* 90,87 \pm 0,493$   $a^* 2,03 \pm 0,208$ ,  $b^* 5,8 \pm 0,1$ ;  $\Delta E 1,90 \pm 0,17$ , temperatura de gelatinización  $68,67 \pm 0,58$  y tamaño de granulo 150 ( $0,62 \pm 0,02$ ), 300 ( $23,20 \pm 0,02$ ), 600 ( $6,09 \pm 0,02$ ), probablemente dependerá al factor de la  $T^{\circ}$  de ambiente, la cantidad de pH, azúcares reductores depende de la variedad, del tipo de

suelo, región de siembra, factores climáticos como la sequía White y Weber, (2003). Para el porcentaje de solubilidad se observó que mientras mayor sea la temperatura también lo es el porcentaje de solubilidad, incrementándose a partir de los 60°C, Según la (FAO, 2007).

### **5.3. Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

Obtención de biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro de la región Huánuco. Según Meza (2016), en su trabajo de investigación titulado “Elaboración de bioplásticos a nivel de laboratorio a partir de residuos de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* var”. ‘Yungay’ las proporciones fueron lo siguiente 5 mL de glicerina, 3 mL de ácido acético, 10 g de almidón, 60 mL de agua destilada, García (2015) en su trabajo de investigación titulado “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz” las proporciones utilizados fueron almidón de maíz 25,31 %, agua destilada 63,27 %, ácido acético 6,64 %, glicerina 4,78 %. Las concentraciones utilizadas en la elaboración de las biopelículas. En la investigación fueron el mejor tratamiento 150 mL glicerina, 0,375 ácido acético, 113 g de almidón, 20 mL, 18 g agar –agar, de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro tubo una formación elástica, resistente y estable óptimo para los análisis, el mejor fue de maíz amiláceo por lo que posee alto contenido de amilosa y en cuanto a los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> forma las biopelículas con las características físicas químicas y mecánicas inadecuadas. El cual podría influir las proporciones de glicerina y agar – agar.

### **5.4. Evaluación fisicoquímica de las biopelículas de almidón obtenidas a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

En la Tabla 14, referente a la caracterización físico química de las biopelículas elaboradas a base de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro, Según Santiago (2015), menciona para la humedad de (0,115 - 0,536), Rivera (2014) respecto a la humedad debe ser de 6,01 a 14,84 %, Según Trujillo, (2014), respecto al, espesor fue de 0.11 mm. Según García (2013) para el caso de espesor, el promedio fue de 0,51 a 0,88 mm. Los resultados obtenidos en la investigación para las biopelículas del almidón de maíz amarillo duro fueron. Espesor  $0,60 \pm 0,080$ . Humedad  $6,52 \pm 0,454$ . Color

con fondo blanco  $18,66 \pm 3,729$  haciendo una comparación con CIE se encuentra dentro de los parámetros donde las coordenadas indican. Los resultados obtenidos en la investigación para las biopelículas de almidón de maíz amiláceo fueron. Espesor fue de  $0,68 \pm 0,217$ , humedad fue de  $6,53 \pm 0,589$ , color con fondo blanco  $15,83 \pm 1,504$ . En cuanto a la humedad se encontró por encima de lo mencionado por Santiago (2015), está dentro del rango según Rivera (2014), por lo tanto, mayor cantidad de almidón mayor humedad. En cuanto al espesor se encontró por encima de lo mencionado por Trujillo (2014) y comparado con los resultados obtenidos según García (2013), se encontró muy cercano en cuanto a los resultados.

### **5.5. Evaluación mecánica de las biopelículas obtenidas de almidón de maíz amiláceo y amarillo**

En la Tabla 15, referente a la caracterización mecánica de las biopelículas elaboradas a base de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro, Según Trujillo, (2014), respecto a la tensión en la ruptura fue de 5.22MPa, solubilidad, fue de 20,54 %. Según García (2013), la fuerza de ruptura fue de 7,93 N con 15 % de glicerina, solubilidad fue de 20 %. Los resultados obtenidos en la investigación para las biopelículas del almidón de maíz amarillo duro fueron. Para el caso de las fuerzas - Dureza (g) fue de  $154,67 \pm 13,316$  y la deformación según fuerza (mm) fue de  $6,36 \pm 2,282$ , dureza terminada en (J) fue de  $0,01 \pm 0,001$ , solubilidad fue de  $57,95 \pm 5,652$ , la densidad según Frías (2015) para termoplásticos fue de  $0,9 - 1,4.m^3$ . Los resultados obtenidos en la investigación para las biopelículas del almidón de maíz amiláceo fueron, para el caso de las fuerzas - Dureza (g) fue de  $396,33 \pm 28,711$  y la deformación según fuerza (mm) fue de  $4,63 \pm 0,500$ , dureza terminada en (J), fue de  $0,01 \pm 0,003$ , solubilidad  $76,77 \pm 3,345$ . En cuanto a la solubilidad se encontró por encima de lo mencionado por Trujillo (2014) y García (2015), quizás esto debido a la variedad del almidón y la incorporación de agar-agar hacia las muestras correspondientes. En cuanto a la rotura de tensión se encontró por debajo de los resultados obtenidos por Trujillo (2014) y García (2015), probable mente esto al ser la amilosa el principal componente para la combinación con el plastificante, creando fuerzas polares que forman una red de enlaces para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera de las biopelículas. Boyer *et al.*, (1976).

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

En cuanto a obtención y caracterización fisicoquímica de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zae mays. L.*) se obtuvo que el maíz amiláceo presenta mejores características para el proceso de las biopelículas.

En cuanto a la caracterización fisicoquímicas de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro (*Zae mays. L.*) el más adecuado fue el tratamiento cuatro con concentraciones de: almidón 150 g, ácido acético 0,375 mL, glicerina 200 mL, agar - agar 18 g, con un tiempo de 30 min, agua 20 mL, donde las biopelículas obtenida fue elástica, resistente y estable del almidón de maíz amiláceo casi cercanos a la muestra control de bolsa biodegradable.

Se obtuvo las mejores características mecánicas de las biopelículas de almidón de maíz amiláceo que fue, para el caso de las fuerzas - dureza (g), deformación según fuerza (mm), dureza terminada en (J), solubilidad y densidad, donde las biopelículas elaboradas con el almidón de maíz amarillo duro no son resistentes en cuanto a las características mecánicas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Desarrollar nuevas investigaciones utilizando almidones de otras especies vegetales.
- Emplear otros métodos de evaluación y optimizar las soluciones para obtener mejores resultados en aspectos como ruptura y solubilidad en agua.
- Se recomienda utilizar un equipo extrusor para la elaboración de las biopelículas, de esta forma se garantiza el grosor uniforme del producto, obteniendo evaluaciones más precisas de sus propiedades mecánicas.
- Evaluar el tiempo de vida útil de las biopelículas biodegradables en diversas condiciones de humedad relativa, por análisis mecánica y física.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, vol.30, nº 2, p - 113-120.
- Agama-Acevedo, E., Salinas-Moreno, Y., Pacheco-Vargas, G., & Bello-Pérez, L. A. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. Revista mexicana de ciencias agrícola, vol. 2, no 3, p. 317-329.
- Aguilar Méndez, M. A. (2013). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate (Doctoral dissertation).
- Alvis, Armando, et al. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información tecnológica, 2008, vol. 19, no 1, p. 19-28.
- Arévalo Alvarenga, V. L., Peña, A., Arnoldo, G., & Laínez Amaya, S. E. (2018). Formulación y caracterización de una Biopelícula comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y Yuca (*Manihot esculenta*) (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Arrieta Almario, Á., Jaramillo Muñoz, A., & Palencia Luna, M. (2015). Películas conductoras de almidón de yuca (Cassava) como material para un acumulador electroquímico de carga (batería). Revista de la Sociedad Química del Perú, vol. 81, no 4, p. 328-338.
- Arrieta, A., Durango, L., & Arizal, E. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Espacios, 39(53).
- Benítez, C., & Pfeiffer, H. P. (2006). El maíz: origen, composición química y morfología. Materiales avanzados, vol. 7, p. 15-20.
- Cabrerizo, C. (2012). El maíz en la alimentación Humana.
- Calvo, M. (2007). Bioquímica de los alimentos. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html> (Verificado: 12 de septiembre de 2011)
- Campos Donoso, P., González Gómez, S., & Reyes Najle, N. (2009). Bio plásticos utilizados en la agroindustria - aplicación en láminas para la

germinación de la semilla del pimiento.

- Cedano, P., Simón, H., Rolando Franco, S., Ramírez Urbina, C. C., Villanueva Benites, S., & Zapata Carrasco, A. P. (2018). Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú.
- Charro Espinosa Mónica Margarita. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Chunhuay Ruiz, Y. (2017). Evaluación del rendimiento del Maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al Maíz en Allpas-Acobamba.
- Delgado Rimas Yenny. (2018). Aplicaciones de almidones nativos y modificados en la industria láctea y cárnica.
- DRA – Huánuco (2008), Variedades o tipos de Maíz.
- España, E. P. S. E. A. (2007). El maíz blanco gigante cusco, una propuesta (doctoral dissertation, pontificia universidad católica del Perú).
- Fernández Fernández, N. A. (1995). Estudio de la extracción y pre purificación de antiocianinas del Maíz Morado (*Zea Mays L.*).
- Fries, A. M., & Tapia, M. E. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO, ANPE-PERÚ, p 70 – 75.
- García Moreno Jymm Alan (2013). “Estudio comparativo en la elaboración de biofilm a partir de almidón de maíz (*Zea mays*) y proteína de leche con adición de glicerina como agente plastificante, obtenida durante el proceso de biodiesel en la estación de EEA El porvenir–Distrito de Juan Guerra.
- García Quiñonez Alma Verónica (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.
- García, M., & Jymm, A. (2013). “Estudio comparativo en la elaboración de biofilm a partir de almidón de maíz (*Zea Mays*) y proteína de leche con adición de glicerina como agente plastificante, obtenida durante el proceso de biodiesel en la estación de EEA El porvenir–Distrito de Juan Guerra.
- Gontard, N., Duchez, C., CUQ, J. L., & Guilbert, S. (1994). Edible composite

films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International journal of food science & technology*, vol. 29, no 1, p. 39-50.

González, R; Urbina, N y Morón L. (2015). Caracterización visco elástica de biopelículas obtenidas a base de mezclas binarias. *Información tecnológica*, vol. 26, nº 3, p. 71-76

Guerra, N. (2017). Evaluación de características físicas de granos de maíz carhuay (*Zea mays amylacea*) por calentamiento microondas a diferentes tiempos y potencias (Bachelor's thesis, Quito: UCE), p– 6- 13.

Hernández Cabrera Karen Annai. (2016). Formulación y Caracterización de Películas Comestibles de Almidón de Papa Nativo y Modificado. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México.

Hurtado, M. L., Escobar, B., & Estévez, A. M. (2001). Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo "snack". *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 51, nº 3, p. 303-308.

INIA, (2015).

Jiménez Ramos, E. (2016). Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculentum*) variedad guayape.

Manrique Chávez, A. (1999). Maíz morado peruano (*Zea mays* L. amilaceae st.) (No. F01 M3. I55 No. 2-S). Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima (Perú).

Martínez Ortiz, L. (2007). Obtención y caracterización de almidones de malanga, arroz y maíz ceroso modificados por extrusión termoplástica para su (uso como encapsulantes de aceite esencial de naranja.

Martínez, O., Calderón, B. L., Rodríguez, J. P., Cabrera, C. Z., & Valle, F. M. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Revista Colombiana de Química*, vol. 44, nº 2, p. 16-21.

mediante gelatinización química superficial: propiedades morfológicas, fisicoquímicas y moleculares. *Revista mexicana de ingeniería química*, 2015, vol. 14, no 1, p. 73-80.

Mere Marcos, J. (2009). Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio

- ambiente (Bachelor's thesis).
- Meza Ramos, P. N. (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio.
- MINAG-OEE (1990 - 2011), el tipo de maíz de los años 22 la evolución de la producción, superficie cosechada y rendimientos.
- Ministerio de Agricultura-Dirección General de Promoción Agraria – (2004)
- Moreno, A., Garay, R., & Guerrero, J. (2012). Obtención de biopelículas a partir de la glicerina producto del proceso de transesterificación de aceite de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.).
- Ortas, L. (2008). Cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. boletín.7.
- Pares Navarro, Omar, et al. Determinación de condiciones de reacción y cinética en la acetilación de almidón de yuca. *Centro Azúcar*, (2018), vol. 45, no 2, p. 88-100.
- Pineda-Gómez, P., et al. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y ciencia*, 2010, vol. 6, nº 11, p. 129-141.
- Quispe Jacobo, F., Arroyo Condorena, K., & Gorriti Gutiérrez, A. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 77, no 3, p. 205-217.
- Ricra Reyes, C. P. (2017). Estudio comparativo de veinte híbridos en el rendimiento de maíz amarillo duro (*zean mays* L.) en el Instituto Nacional de Innovación Agraria-Chiclayo.
- Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Valdivia.
- Rodríguez Mendoza, A. R. (2018). Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de maíz amiláceo (*Zea mays* L.), Huayaupuquio 3040 msnm-Ayacucho.
- Salazar Salas, B. R. I. A. N. D. A. (2018). Películas y recubrimientos comestibles (PCs y RCs) basadas en quitosano-agar.

- Sánchez Ortega, I., y Pérez-Urria Carril, E. 2014. Maíz I (*Zea mays*). REDUCA Biología, vol,7, N° 2, 151-171.
- Sívoli, L., Pérez, E., & Rodríguez, P. (2012). Análisis estructural del almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* C.) empleando técnicas morfométricas, químicas, térmicas y reológicas. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), vol. 29, p. 293-313.
- Tovar Benítez Tomas (2008). Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento.
- Tovar Benítez, T. (2008). Caracterización Morfológica y termica del almidon de Maíz (*Zea mays* L) obtenido por diferentes metodos de aislamiento.
- Trujillo Rivera, C. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*manihot esculente crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos.
- 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).
- Vílchez Fernández, C. M. (2019). Comparativo de nueve híbridos comerciales y tres testigos de Maíz Amarillo duro y rendimiento de grano en Lambayeque 2015, p, 21 - 22.

## Anexos

### Datos de la Caracterización de dos variedades de maíz

Muestra de maíz	Humedad %	Color del grano		
		L*	a*	b*
Maíz amarillo duro	3.96	79.6	3	23.5
	3.70	81.6	1.1	18.9
	4.27	79.5	2.7	18.4
Maíz amiláceo	5.32	53.8	24.2	24.1
	5.21	69.4	11.7	30.8
	5.47	65.4	15.8	11

### Anexo 1a. Análisis estadístico para humedad de maíz

#### Resumen Estadístico para Humedad %

Muestra de maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Maíz amarillo duro	3	3.97667	0.285365	7.17599%	3.7	4.27
Maíz amiláceo	3	5.33333	0.130512	2.4471%	5.21	5.47
Total	6	4.655	0.769123	16.5225%	3.7	5.47

#### Tabla ANOVA para humedad por muestra de maíz

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.76082	1	2.76082	56.08	0.0017
Intra grupos	0.196933	4	0.0492333		
Total (Corr.)	2.95775	5			

#### Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amarillo duro	3	3.97667	X	Maíz amarillo duro - Maíz amiláceo	*	-1.35667	0.503007
Maíz amiláceo	3	5.33333	X				

\* indica una diferencia significativa.

### Anexo 1b. Análisis estadístico para peso de maíz

#### Resumen estadístico para peso

Muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
maíz amarillo duro	50	0.3434	0.0373407	10.8738%	0.27	0.44
maíz amiláceo	50	0.67	0.114286	17.0576%	0.48	0.99
Total	100	0.5067	0.184638	36.4392%	0.27	0.99

#### Tabla ANOVA para peso por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.66669	1	2.66669	368.95	0.0000
Intra grupos	0.708322	98	0.00722778		
Total (Corr.)	3.37501	99			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amarillo duro	50	0.3434	X	maíz amarillo duro - maíz amiláceo	*	-0.3266	0.0337425
Maíz amiláceo	50	0.67	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Datos de la Caracterización de dos variedades de maíz**

N°	Peso		Longitud	
	Maíz amarillo duro	Maíz amiláceo	Maíz amarillo duro	Maíz amiláceo
1	0.34	0.57	16.5	11.8
2	0.33	0.56	16.2	11.4
3	0.38	0.58	17.5	10
4	0.42	0.56	19.3	12
5	0.32	0.6	16.6	11.8
6	0.37	0.81	14.8	10
7	0.44	0.62	14.6	11.5
8	0.31	0.74	16.7	12.5
9	0.28	0.66	15.7	13
10	0.39	0.52	12.3	12.4
11	0.35	0.48		
12	0.27	0.64		
13	0.32	0.66		
14	0.36	0.7		
15	0.38	0.75		
16	0.29	0.56		
17	0.37	0.62		
18	0.33	0.57		
19	0.33	0.76		
20	0.37	0.72		
21	0.39	0.7		
22	0.38	0.61		
23	0.33	0.93		
24	0.34	0.63		
25	0.36	0.96		
26	0.32	0.64		
27	0.31	0.75		
28	0.39	0.64		
29	0.34	0.7		
30	0.34	0.58		
31	0.31	0.82		
32	0.28	0.6		
33	0.29	0.61		
34	0.3	0.6		
35	0.35	0.7		
36	0.34	0.57		
37	0.31	0.59		
38	0.36	0.62		
39	0.28	0.71		
40	0.37	0.65		
41	0.37	0.59		
42	0.37	0.87		
43	0.33	0.99		

44	0.34	0.6		
45	0.37	0.75		
46	0.36	0.52		
47	0.3	0.87		
48	0.36	0.72		
49	0.39	0.6		
50	0.34	0.7		

**Anexo 1c. Análisis estadístico para longitud del grano**  
**Resumen estadístico para longitud**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Maíz amarillo duro	10	11.64	0.989051	8.497%	10.0	13.0
Maíz amiláceo	10	16.02	1.86952	11.6699%	12.3	19.3
Total	20	13.83	2.67721	19.358%	10.0	19.3

**Tabla ANOVA para longitud por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	95.922	1	95.922	42.89	0.0000
Intra grupos	40.26	18	2.23667		
Total (Corr.)	136.182	19			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amarillo duro	10	11.64	X	Maíz amarillo duro - Maíz amiláceo	*	-4.38	1.40516
Maíz amiláceo	10	16.02	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 1c. Análisis estadístico para el color del grano**  
**Resumen estadístico para L**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Maíz amarillo	3	80.2333	1.18462	1.47647%	79.5	81.6
Maíz amiláceo	3	62.8667	8.10267	12.8887%	53.8	69.4
Total	6	71.55	10.8307	15.1372%	53.8	81.6

**Tabla ANOVA para L por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	452.402	1	452.402	13.49	0.0213
Intra grupos	134.113	4	33.5283		
Total (Corr.)	586.515	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amiláceo	3	62.8667	X	Maíz amarillo - Maíz amiláceo	*	17.3667	13.1266
Maíz amarillo	3	80.2333	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para a**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Maíz amarillo	3	2.26667	1.02144	45.0634%	1.1	3.0
Maíz amiláceo	3	17.2333	6.37207	36.9753%	11.7	24.2
Total	6	9.75	9.15746	93.9226%	1.1	24.2

**Tabla ANOVA para a por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	336.002	1	336.002	16.14	0.0159
Intra grupos	83.2933	4	20.8233		
Total (Corr.)	419.295	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amarillo	3	2.26667	X	Maíz amarillo - Maíz amiláceo	*	-14.9667	10.3447
Maíz amiláceo	3	17.2333	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para b**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Maíz amarillo	3	20.2667	2.81129	13.8715%	18.4	23.5
Maíz amiláceo	3	21.9667	10.0709	45.8464%	11.0	30.8
Total	6	21.1167	6.67815	31.625%	11.0	30.8

**Tabla ANOVA para b por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.335	1	4.335	0.08	0.7922
Intra grupos	218.653	4	54.6633		
Total (Corr.)	222.988	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Maíz amarillo	3	20.2667	X	Maíz amarillo - Maíz amiláceo	.	-1.7	16.7607
Maíz amiláceo	3	21.9667	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Datos de la caracterización del almidón de maíz amiláceo y amarillo duro**

Características	Maíz amarillo duro	Maíz amiláceo
pH	6.4	7
	6.3	7
	6.3	7
Acidez	0.04	0.02
	0.05	0.03
	0.06	0.02
Humedad	10.82	9.59
	7.44	8.43
	9.21	9.18
Densidad aparente del almidón suelto	0.49	0.51
	0.48	0.54
	1.99	1.51
Densidad aparente del almidón empacado	0.76	0.94
	0.8	0.96
	3.16	2.6
Índice de absorción de agua	3.87	3.67
	3.78	3.72
	3.74	3.59
Índice de solubilidad en agua	12.84	7.31
	12.68	10.36
	11.64	6.62
Poder de hinchamiento	4.02	3.74
	3.92	3.83
	3.87	3.65
Temperatura de gelatinización	68	69
	67	68
	68	69
Azúcares reductores	0.39	ND
	0.35	ND
	0.34	ND

**Anexo 2a. Análisis estadístico para acidez de almidón**

**Resumen estadístico para acidez**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Almidón de maíz amarillo	3	0.05	0.01	20.0%	0.04	0.06
Almidón de maíz amiláceo	3	0.0233333	0.0057735	24.7436%	0.02	0.03
Total	6	0.0366667	0.0163299	44.5362%	0.02	0.06

**Tabla ANOVA para acidez por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00106667	1	0.00106667	16.00	0.0161
Intra grupos	0.000266667	4	0.0000666667		
Total (Corr.)	0.00133333	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amiláceo	3	0.0233	X	Almidón de maíz amarillo - almidón de maíz amiláceo	*	0.026667	0.0185097
Almidón de maíz amarillo	3	0.05	X				

## Anexo 2b. Análisis estadístico para humedad de almidón

### Resumen estadístico para humedad (%)

Muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo
almidón maíz amarillo duro	3	9.15667	1.69063	18.4634%	7.44	10.82
Almidón de maíz amiláceo	3	9.06667	0.588246	6.48801%	8.43	9.59
Total	6	9.11167	1.1332	12.4368%	7.44	10.82

### Tabla ANOVA para humedad por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.01215	1	0.01215	0.01	0.9348
Intra grupos	6.40853	4	1.60213		
Total (Corr.)	6.42068	5			

### Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amiláceo	3	9.067	X	almidón maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo		0.09	2.86942
almidón maíz amarillo duro	3	9.1567	X				

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 2C. Análisis estadístico para pH de almidón

### Resumen estadístico para pH

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	6.33333	0.057735	0.911606%	6.3	6.4
Amiláceo	3	7.0	0.0	0.0%	7.0	7.0
Total	6	6.66667	0.36697	5.50454%	6.3	7.0

### Tabla ANOVA para pH por almidón maíz

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.666667	1	0.666667	400.00	0.0000
Intra grupos	0.00666667	4	0.00166667		
Total (Corr.)	0.673333	5			

### Método: 95.0 porcentaje LSD

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amarillo Duro	3	6.33333	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	-0.666667	0.0925485
Amiláceo	3	7.0	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2d. Análisis estadístico para densidad aparente de almidón suelto de maíz**  
**Resumen estadístico para densidad aparente de almidón suelto**

muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
almidón maíz amarillo duro	3	0.986667	0.868927	88.0669%	0.48	1.99
Almidón de maíz amiláceo	3	0.853333	0.568888	66.6665%	0.51	1.51
Total	6	0.92	0.660908	71.8379%	0.48	1.99

**Tabla ANOVA para densidad aparente de almidón suelto por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0266667	1	0.0266667	0.05	0.8349
Intra grupos	2.15733	4	0.539333		
Total (Corr.)	2.184	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amiláceo	3	0.8533	X	almidón maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo		0.133333	1.66484
almidón maíz amarillo duro	3	0.9867	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2e. Análisis estadístico para densidad aparente de almidón empacado de maíz**  
**Resumen estadístico para densidad aparente de almidón empacado**

Muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
almidón maíz amarillo duro	3	1.57333	1.37424	87.3457%	0.76	3.16
Almidón de maíz amiláceo	3	1.5	0.95268	63.512%	0.94	2.6
Total	6	1.53667	1.05833	68.8719%	0.76	3.16

**Tabla ANOVA para densidad aparente de almidón empacado por muestras**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00806667	1	0.00806667	0.01	0.9431
Intra grupos	5.59227	4	1.39807		
Total (Corr.)	5.60033	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amiláceo	3	1.5	X	almidón maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo		0.0733333	2.68046
almidón maíz amarillo duro	3	1.573	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2f. Análisis estadístico para índice de absorción de agua de almidón de maíz**  
**Resumen estadístico para índice de absorción de agua de almidón de maíz**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	3.79667	0.0665833	1.75373%	3.74	3.87
Amiláceo	3	3.66	0.0655744	1.79165%	3.59	3.72
Total	6	3.72833	0.0953764	2.55815%	3.59	3.87

**Tabla ANOVA para índice de absorción de agua de almidón de maíz.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0280167	1	0.0280167	6.42	0.0645
Intra grupos	0.0174667	4	0.00436667		
Total (Corr.)	0.0454833	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	3.66	X	Amarillo Duro – Amiláceo		0.136667	0.149803
Amarillo Duro	3	3.79667	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2g. Análisis estadístico para índice de absorción de agua de almidón de maíz**  
**Resumen estadístico para índice de absorción de agua de almidón de maíz**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	12.3847	0.654381	5.2838%	11.6352	12.8427
Amiláceo	3	8.09983	1.99163	24.5885%	6.6219	10.3647
Total	6	10.2422	2.69553	26.3177%	6.6219	12.8427

**Tabla ANOVA para índice de absorción de agua de almidón de maíz**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	27.5397	1	27.5397	12.53	0.0240
Intra grupos	8.7896	4	2.1974		
Total (Corr.)	36.3293	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	8.09983	X	Amarillo Duro – Amiláceo	*	4.28483	3.36046
Amarillo Duro	3	12.3847	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2h. Análisis estadístico para poder de hinchamiento de almidón de maíz**  
**Resumen estadístico para poder de hinchamiento de almidón de maíz**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	3.93667	0.0763763	1.94013%	3.87	4.02
Amiláceo	3	3.74	0.09	2.40642%	3.65	3.83
Total	6	3.83833	0.13106	3.4145%	3.65	4.02

**Tabla ANOVA para poder de hinchamiento de almidón de maíz.**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0580167	1	0.0580167	8.33	0.0448
Intra grupos	0.0278667	4	0.00696667		
Total (Corr.)	0.0858833	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	3.74	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	0.196667	0.189216
Amarillo Duro	3	3.93667	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2i. Análisis estadístico para reductores de almidón de maíz**  
**Resumen estadístico para azúcares reductores**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	0.36	0.0264575	7.34931%	0.34	0.39
Amiláceo	3	0.0	0.0	%	0.0	0.0
Total	6	0.18	0.197889	109.938%	0.0	0.39

**Tabla ANOVA para azúcares reductores por almidón maíz**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.1944	1	0.1944	555.43	0.0000
Intra grupos	0.0014	4	0.00035		
Total (Corr.)	0.1958	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	0.0	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	0.36	0.042411
Amarillo Duro	3	0.36	X				

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 2j. Análisis estadístico para determinación de color de almidón

Muestra de almidones	Color de almidón		
	L*	a*	b*
Almidón de maíz amarillo duro	90.6	1.9	9.9
	89.6	1.8	9.7
	89.8	2	10.1
Almidón de maíz amiláceo	91.2	2.2	5.7
	90.3	1.8	5.8
	91.1	2.1	5.9

### Resumen Estadístico para L

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Almidón de maíz amarillo duro	3	90.0	0.52915	0.587945%	89.6	90.6
Almidón de maíz amiláceo	3	90.8667	0.493288	0.54287%	90.3	91.2
Total	6	90.4333	0.659293	0.729037%	89.6	91.2

### Tabla ANOVA para L por Muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.12667	1	1.12667	4.31	0.1066
Intra grupos	1.04667	4	0.261667		
Total (Corr.)	2.17333	5			

### Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amarillo duro	3	90.0	X	Almidón de maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo		-0.866667	1.15963
Almidón de maíz amiláceo	3	90.867	X				

\* indica una diferencia significativa.

### Resumen estadístico para a

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Almidón de maíz amarillo duro	3	1.9	0.1	5.26316%	1.8	2.0
Almidón de maíz amiláceo	3	2.03333	0.208167	10.2377%	1.8	2.2
Total	6	1.96667	0.163299	8.30336%	1.8	2.2

### Tabla ANOVA para a por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0266667	1	0.0266667	1.00	0.3739
Intra grupos	0.106667	4	0.0266667		
Total (Corr.)	0.133333	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amarillo duro	3	1.9	X	Almidón de maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo		-0.133333	0.370194
Almidón de maíz amiláceo	3	2.0333	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para b**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Almidón de maíz amarillo duro	3	9.9	0.2	2.0202%	9.7	10.1
Almidón de maíz amiláceo	3	5.8	0.1	1.72414%	5.7	5.9
Total	6	7.85	2.25011	28.6638%	5.7	10.1

**Tabla ANOVA para b por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25.215	1	25.215	1008.60	0.0000
Intra grupos	0.1	4	0.025		
Total (Corr.)	25.315	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Almidón de maíz amiláceo	3	5.8	X	Almidón de maíz amarillo duro - Almidón de maíz amiláceo	*	4.1	0.358439
Almidón de maíz amarillo duro	3	9.9	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para determinación de color  $\Delta E$**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	6.05667	0.193477	3.19445%	5.94	6.28
Amiláceo	3	1.90333	0.16563	8.70211%	1.73	2.06
Total	6	3.98	2.28057	57.3008%	1.73	6.28

**Tabla ANOVA para determinación de color por almidón maíz**

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25.8753	1	25.8753	797.80	0.0000
Intra grupos	0.129733	4	0.0324333		
Total (Corr.)	26.005	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	1.9033	X	Amarillo Duro – Amiláceo	*	4.15333	0.408264
Amarillo Duro	3	6.0567	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2k. Análisis estadístico para temperatura de gelatinización de almidón  
Resumen estadístico para temperatura de gelatinización**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo duro	3	67.6667	0.57735	0.853227%	67.0	68.0
Amiláceo	3	68.6667	0.57735	0.840801%	68.0	69.0
Total	6	68.1667	0.752773	1.10431%	67.0	69.0

**Tabla ANOVA para temperatura de gelatinización de almidón maíz**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.5	1	1.5	4.50	0.1012
Intra grupos	1.33333	4	0.333333		
Total (Corr.)	2.83333	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amarillo duro	3	67.6667	X	Amarillo Duro - Amiláceo		-1.0	1.30883
Amiláceo	3	68.6667	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2l. Análisis estadístico para distribución de tamaño de granulo de almidón 150 µm  
Resumen estadístico para distribución de tamaño de granulo**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	0.366667	0.0152753	4.16598%	0.35	0.38
Amiláceo	3	0.613333	0.0152753	2.49053%	0.6	0.63
Total	6	0.49	0.135794	27.7131%	0.35	0.63

**Tabla ANOVA para distribución de tamaño de granulo**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0912667	1	0.0912667	391.14	0.0000
Intra grupos	0.000933333	4	0.000233333		
Total (Corr.)	0.0922	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amarillo Duro	3	0.3667	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	-0.246667	0.0346285
Amiláceo	3	0.6133	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2II. Análisis estadístico para distribución de tamaño de granulo de almidón 300  $\mu\text{m}$**

**Resumen Estadístico para distribución de tamaño de granulo**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	21.97	0.0264575	0.120426%	21.94	21.99
Amiláceo	3	23.2	0.02	0.0862069%	23.18	23.22
Total	6	22.585	0.674025	2.98439%	21.94	23.22

**Tabla ANOVA para distribución de tamaño de granulo**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.26935	1	2.26935	4126.09	0.0000
Intra grupos	0.0022	4	0.00055		
Total (Corr.)	2.27155	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amarillo Duro	3	21.97	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	-1.23	0.053165
Amiláceo	3	23.2	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 2m. Análisis estadístico para distribución de tamaño de granulo de almidón 600  $\mu\text{m}$**

**Resumen Estadístico para distribución de tamaño de granulo**

Almidón maíz	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amarillo Duro	3	6.85	0.0264575	0.386241%	6.82	6.87
Amiláceo	3	6.09333	0.0208167	0.34163%	6.07	6.11
Total	6	6.47167	0.41499	6.41241%	6.07	6.87

**Tabla ANOVA para distribución de tamaño de granulo**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.858817	1	0.858817	1515.56	0.0000
Intra grupos	0.00226667	4	0.000566667		
Total (Corr.)	0.861083	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Almidón maíz	Caso	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	6.09333	X	Amarillo Duro - Amiláceo	*	0.756667	0.0539646
Amarillo Duro	3	6.85	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Formulación para la obtención de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz amiláceo y amarillo duro**

Componentes	Tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Agua	20 mL	20 mL	20 mL	20 mL
Almidón de maíz	130 g	130 g	150 g	150 g
Acido acético	0,375 mL	0,375 mL	0,375 mL	0,375 mL
Glicerina	150 mL	150 mL	200 mL	200 mL
Tiempo	15 t	15 t	15 t	15 t
Temperatura	85 - 90 °C	85 - 90 °C	85 - 90°C	85 - 90 °C
Tiempo	30 min	30 min	30 min	30 min
Agar	10 g	12 g	14 g	18 g

**Caracterización de dos variedades de biopelículas de almidón de maíz**

Características	Biopelículas de amarillo duro	Biopelículas de amiláceo	Biopelículas de tottus
Espesor	0.533	0.817	0.03
	0.689	0.800	0.03
	0.574	0.432	0.02
Humedad	6.82	5.86	0.03
	6.75	6.93	0.03
	6.00	6.82	0.03

**Anexo 3a. Análisis estadístico para espesor de biopelículas de almidón**

**Resumen estadístico para espesor de biopelículas**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas amarillo	3	0.598667	0.0808723	13.5087%	0.533	0.689
Biopelículas amiláceo	3	0.683	0.217539	31.8504%	0.432	0.817
Biopelículas tottus	3	0.0266667	0.0057735	21.6506%	0.02	0.03
Total	9	0.436111	0.330315	75.741%	0.02	0.817

**Tabla ANOVA para espesor de biopelículas por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.76507	2	0.382535	21.29	0.0019
Intra grupos	0.107793	6	0.0179656		
Total (Corr.)	0.872863	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas tottus	3	0.02667	X	biopelículas amarillo - biopelículas amiláceo		-0.0843333	0.335793
Biopelículas amarillo	3	0.59867	X	biopelículas amarillo - biopelículas tottus	*	0.572	0.335793
Biopelículas amiláceo	3	0.683	X	biopelículas amiláceo - biopelículas tottus	*	0.656333	0.335793

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 3b. Análisis estadístico para humedad de biopelículas de almidón.  
Resumen estadístico para humedad de biopelículas**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Biopelículas amarillo	3	6.52333	0.454569	6.96836%	6.0	6.82	0.82
Biopelículas amiláceo	3	6.53667	0.588586	9.00437%	5.86	6.93	1.07
Biopelículas tottus	3	0.03	0.0	0.0%	0.03	0.03	0.0
Total	9	4.36333	3.27121	74.9704%	0.03	6.93	6.9

**Tabla ANOVA para humedad de biopelículas por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	G l	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	84.5003	2	42.2501	229.18	0.0000
Intra grupos	1.10613	6	0.184356		
Total (Corr.)	85.6064	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas tottus	3	0.03	X	Biopelículas amarillo - Biopelículas amiláceo		-0.01333	1.07567
Biopelículas amarillo	3	6.5233	X	Biopelículas amarillo - Biopelículas tottus	*	6.49333	1.07567
Biopelículas amiláceo	3	6.5367	X	Biopelículas amiláceo - Biopelículas tottus	*	6.50667	1.07567

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 3c. Análisis estadístico para color con fondo blanco de biopelículas de almidón**

Muestra de biopelículas	Color de las biopelículas		
	L*	a*	b*
Biopelículas de almidón amarillo duro	84.0	1.7	6.3
	84.9	1.6	3.3
	82.0	1.6	10.3
Biopelículas de almidón amiláceo	86.6	1.7	0.7
	86.1	1.7	1.1
	83.7	1.3	5.3
Biopelículas de tottus	94.0	2.8	-9.2
	93.9	2.8	-8.9
	94.5	2.3	-9.0

**Resumen estadístico para L**

tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
amarillo duro	3	83.6333	1.48436	1.77485%	82.0	84.9
Amiláceo	3	85.4667	1.55027	1.81389%	83.7	86.6
Tottus	3	94.1333	0.321455	0.341489%	93.9	94.5
Total	9	87.7444	4.97672	5.67184%	82.0	94.5

**Tabla ANOVA para L por tratamientos**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	188.722	2	94.3611	60.10	0.0001
Intra grupos	9.42	6	1.57		
Total (Corr.)	198.142	8			

**Método: 95.0 porcentaje LSD**

tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
amarillo duro	3	83.6333	X	amarillo duro - amiláceo		-1.83333	2.50336
Amiláceo	3	85.4667	X	amarillo duro - tottus	*	-10.5	2.50336
Tottus	3	94.1333	X	amiláceo - tottus	*	-8.66667	2.50336

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para a**

tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
amarillo duro	3	1.63333	0.057735	3.5348%	1.6	1.7
Amiláceo	3	1.56667	0.23094	14.7409%	1.3	1.7
Tottus	3	2.63333	0.288675	10.9623%	2.3	2.8
Total	9	1.94444	0.550252	28.2987%	1.3	2.8

**Tabla ANOVA para a por tratamientos**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.14222	2	1.07111	22.95	0.0015
Intra grupos	0.28	6	0.0466667		
Total (Corr.)	2.42222	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Amiláceo	3	1.56667	X	amarillo duro - amiláceo		0.0666667	0.541197
amarillo duro	3	1.63333	X	amarillo duro - tottus	*	-1.0	0.541197
Tottus	3	2.63333	X	amiláceo - tottus	*	-1.06667	0.541197

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para b**

tratamiento	Recuentos	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
amarillo duro	3	6.63333	3.51188	52.943%	3.3	10.3
Amiláceo	3	2.36667	2.5482	107.671%	0.7	5.3
Tottus	3	-9.03333	0.152753	-1.69099%	-9.2	-8.9
Total	9	-0.0111111	7.34259	-66083.3%	-9.2	10.3

**Tabla ANOVA para b por tratamientos**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	393.609	2	196.804	31.32	0.0007
Intra grupos	37.7	6	6.28333		
Total (Corr.)	431.309	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas de tottus	3	-9.033	X	Biopelículas de almidón amarillo - Biopelículas de almidón amiláceo		4.26667	6.27982
Biopelículas de almidón amiláceo	3	2.367	X	Biopelículas de almidón amarillo - Biopelículas de tottus	*	15.6667	6.27982
Biopelículas de almidón amarillo	3	6.633	X	Biopelículas de almidón amiláceo - Biopelículas de tottus	*	11.4	6.27982

\* indica una diferencia significativa.

**Resumen estadístico para color con fondo blanco**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas amarillo	3	18.6667	3.72988	19.9815%	15.21	22.62
Biopelículas amiláceo	3	14.13	2.97799	21.0756%	12.11	17.55
Total	6	16.3983	3.90981	23.8427%	12.11	22.62

**Tabla ANOVA para color con fondo blanco por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	30.872	1	30.872	2.71	0.1750
Intra grupos	45.5609	4	11.3902		
Total (Corr.)	76.4329	5			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas amiláceo	3	14.13	X	biopelículas amarillo - biopelículas amiláceo		4.53667	7.65087
Biopelículas amarillo	3	18.667	X				

\* indica una diferencia significativa.

**Evaluación mecánica de tratamientos de biopelículas en estudio**

Características	Biopelículas de amarillo duro	Biopelículas de amiláceo	Biopelículas de tottus
Fuerza – dureza (g)	166	372	402
	140	389	426
	158	428	442
Deformación según fuerza (mm)	4.87	5.06	5.21
	5.87	4.75	5.78
	8.99	4.08	6.08
Dureza terminada en (J)	0.0057	0.0104	0.0356
	0.0081	0.0108	0.0436
	0.0090	0.0162	0.0468

**Evaluación mecánica de tratamientos de biopelículas en estudio**  
**Anexo 3a. Análisis estadístico para dureza de biopelículas de almidón**  
**Resumen estadístico para dureza**

Biopelículas	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas de amarillo	3	154.667	13.3167	8.60991%	140.0	166.0
Biopelículas de amiláceo	3	396.333	28.7112	7.24421%	372.0	428.0
Biopelículas de tottus	3	423.333	20.1329	4.7558%	402.0	442.0
Total	9	324.778	129.483	39.8683%	140.0	442.0

**Tabla ANOVA para dureza por biopelículas**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	131314.	2	65656.8	139.99	0.0000
Intra grupos	2814.0	6	469.0		
Total (Corr.)	134128.	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Biopelículas	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas de amarillo	3	154.67	X	Biopelículas de amarillo - Biopelículas de amiláceo	*	-241.667	54.2548
Biopelículas de amiláceo	3	396.33	X	Biopelículas de amarillo - Biopelículas de tottus	*	-268.667	54.2548
Biopelículas de tottus	3	423.33	X	Biopelículas de amiláceo - Biopelículas de tottus		-27.0	54.2548

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 3b. Análisis estadístico para deformación según dureza de las biopelículas de almidón**

**Resumen estadístico para deformación según dureza**

Muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas amarillo	3	6.36333	2.28187	35.8597%	4.87	8.99
Biopelículas amiláceo	3	4.63	0.500899	10.8186%	4.08	5.06
Biopelículas tottus	3	5.69	0.441928	7.76674%	5.21	6.08
Total	9	5.56111	1.40924	25.341%	4.08	8.99

**Tabla ANOVA para deformación según dureza por muestras**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.58142	2	2.29071	1.22	0.3604
Intra grupos	11.3063	6	1.88438		
Total (Corr.)	15.8877	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas amiláceo	3	4.63	X	biopelículas amarillo - biopelículas amiláceo		1.73333	3.43903
Biopelículas tottus	3	5.69	X	biopelículas amarillo - biopelículas tottus		0.673333	3.43903
Biopelículas amarillo	3	6.363	X	biopelículas amiláceo - biopelículas tottus		-1.06	3.43903

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 3c. Análisis estadístico para trabajo de dureza terminado de biopelículas de almidón.**

**Resumen estadístico para trabajo de dureza terminado**

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas tottus	3	0.042	0.00576888	13.7354%	0.0356	0.0468
Biopelículas amarillo	3	0.0076	0.00170587	22.4457%	0.0057	0.009
Biopelículas amiláceo	3	0.0124667	0.00323934	25.984%	0.0104	0.0162
Total	9	0.0206889	0.0164796	79.6546%	0.0057	0.0468

**Tabla ANOVA para trabajo de dureza terminado por muestra**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00207926	2	0.00103963	66.81	0.0001
Intra grupos	0.0000933667	6	0.0000155611		
Total (Corr.)	0.00217263	8			

**Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD**

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas amarillo	3	0.0076	X	biopelículas tottus - biopelículas amarillo	*	0.0344	0.0098826
Biopelículas amiláceo	3	0.012467	X	biopelículas tottus - biopelículas amiláceo	*	0.0295333	0.0098826
Biopelículas tottus	3	0.042	X	biopelículas amarillo - biopelículas amiláceo		-0.0048666	0.0098826

\* indica una diferencia significativa.

**Evaluación mecánica de tratamientos de biopelículas en estudio**

Características	Biopelículas de amarillo duro	Biopelículas de amiláceo
Solubilidad (%)	54.69	0.4
	54.69	0.22
	64.48	1
Densidad	77.58	0.26
	79.63	0.3
	73.09	0.23

### Anexo 3d. Análisis estadístico para solubilidad de biopelículas de almidón

#### Resumen estadístico para solubilidad

Muestras	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Biopelículas de amarillo duro	3	57.9533	5.65226	9.75312%	54.69	64.48
Biopelículas de amiláceo	3	76.7667	3.345	4.35736%	73.09	79.63
Total	6	67.36	11.1102	16.4938%	54.69	79.63

#### Tabla ANOVA para solubilidad por muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	530.912	1	530.912	24.62	0.0077
Intra grupos	86.2741	4	21.5685		
Total (Corr.)	617.186	5			

#### Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Biopelículas de amarillo duro	3	57.953	X	biopelículas de amarillo duro - biopelículas de amiláceo	*	-18.8133	10.5282
Biopelículas de amiláceo	3	76.767	X				

\* indica una diferencia significativa.

### Anexo 3c. Análisis estadístico para densidad de biopelículas de almidón.

#### Resumen estadístico para densidad

Muestra	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
Biopelículas de amiláceo	3	0.263333	0.0351188	13.3363%	0.23
Biopelículas de amarillo	3	0.54	0.408412	75.6318%	0.22
Total	6	0.401667	0.300294	74.7621%	0.22

#### Tabla ANOVA para densidad por muestra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.114817	1	0.114817	1.37	0.3073
Intra grupos	0.336067	4	0.0840167		
Total (Corr.)	0.450883	5			

#### Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos	Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
biopelículas de amiláceo	3	0.2633	X	biopelículas de amiláceo - biopelículas de amarillo		-0.276667	0.657094
biopelículas de amarillo	3	0.54	X				

\* indica una diferencia significativa.

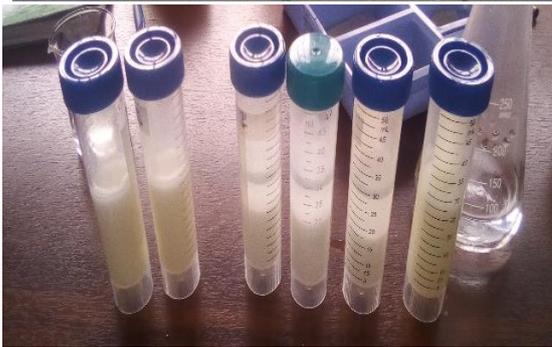
**Panel Fotográfico**  
**Maíz amiláceo y amarillo duro**

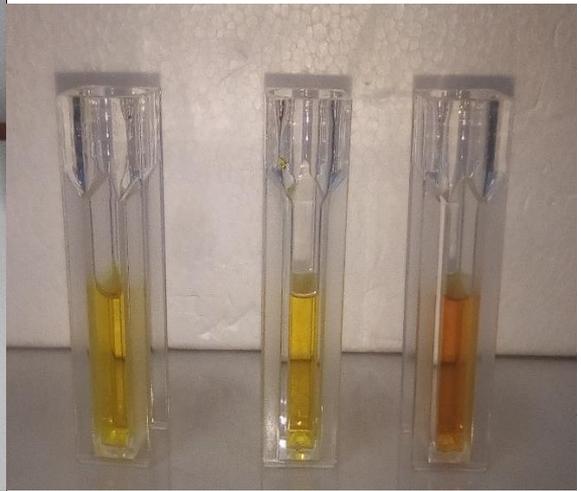


**Obtención de almidón de dos variedades de maíz**



## Caracterización físicoquímica de las dos variedades de almidón





**Formulación para la obtención de las biopelículas de almidón a partir de dos variedades de maíz**



## Obtencion de biopelículas

