



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE UNA PELÍCULA PLÁSTICA BIODEGRADABLE A  
PARTIR DE ALMIDÓN EXTRAÍDO DE RESIDUOS DE DOS DIFERENTES  
VARIETADES DE PAPAS INDUSTRIALIZADAS.

AUTOR

Melani Damaris Chulde Fuentes

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE UNA PELÍCULA PLÁSTICA BIODEGRADABLE A PARTIR  
DE ALMIDÓN EXTRAÍDO DE RESIDUOS DE DOS DIFERENTES  
VARIEDADES DE PAPAS INDUSTRIALIZADAS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y  
Remediación.

Profesor Guía

MSc. Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Autora

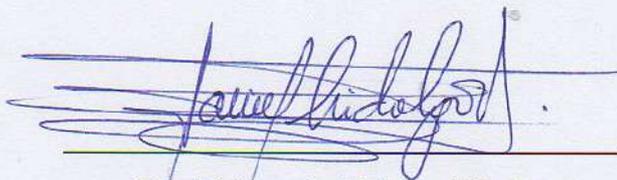
Melani Damaris Chulde Fuentes

Año

2020

### DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Elaboración de una película plástica biodegradable a partir de almidón extraído de residuos de dos diferentes variedades de papas industrializadas, a través de reuniones periódicas con el estudiante Melani Damaris Chulde Fuente, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Hernán Hidalgo Villalba', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat obscured by the line.

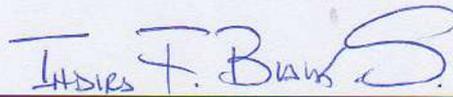
Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Magister en Ciencias, Especialización Ingeniería Ambiental

CC: 180191444-9

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Elaboración de una película plástica biodegradable a partir de almidón extraído de residuos de dos diferentes variedades de papas industrializadas, de la estudiante Melani Damaris Chulde Fuentes, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, reading "INDIRA F. BLACK SOLÍS", is written over a horizontal line.

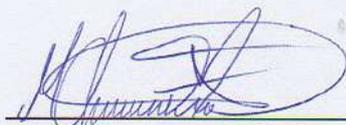
Indira Fernandina Black Solís

Máster en Conservación y Gestión del Medio Natural

CC: 171127356-3

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



---

Melani Damaris Chulde Fuentes

CC: 0401493689

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi guía en cada paso de mi vida, bendecirme con cada momento y cada situación que me ha hecho crecer como ser humano.

A mis padres y hermanos, por todo el apoyo y esfuerzo impuesto en mí, también por sus consejos y valores que han infundido en mí día a día, haciendo de mí una mejor persona.

Agradezco a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad de las Américas, en especial al Magister Daniel Hidalgo, porque gracias a su apoyo, sugerencias y recomendaciones hoy puedo culminar este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres, hermanos, sobrinos, por su amor incondicional, y por estar pendientes de mi en todo este transcurso, a mi mejor amiga Estefania Mosquera por ser la cómplice de mis mejores momentos en mi vida universitaria, por todo su apoyo brindado en días difíciles, gracias a ellos estoy alcanzando una meta más en mi vida.

## Resumen

El presente trabajo consistió en la elaboración de biopelículas a base de almidón extraído de residuos de papa superchola y capiro, por medio del método de decantación el cual consistió en 7 etapas: recolección del residuo de papa, clasificación, lavado de residuo, secado, pesado, triturado, filtrado, y decantado. Las variedades seleccionadas fueron debido al contenido de almidón, y por su alto consumo en el mercado industrial para la obtención de snacks. Una vez extraído el almidón, se calculó el rendimiento obtenido, y se realizaron pruebas de pureza para obtener las biopelículas. Donde se trabajó con 9 tratamientos por variedad, los cuales contenían: glicerina, ácido acético, agua destilada, y almidón en distintas proporciones en base a la pureza obtenida. Después se realizaron pruebas sensoriales para seleccionar las cinco mejores, y posteriormente se pasó a realizar pruebas físico-mecánicas por variedad para identificar la calidad de las biopelículas. Finalmente se realizaron ensayos de biodegradabilidad gravimétricos y microbiológicos. Los resultados tuvieron una mínima variación en cuanto a sus características físico-mecánicas. Sin embargo las biopelículas con los mejores resultados fueron C1A1B2 con 0% de ácido acético, 40% de glicerina, y 10% de almidón de superchola con un factor de rotura de 668 N/m, fuerza de tensión de 2.82 Mpa, y elongación de rotura de 28%, además de la C1A1B1, con una variación de 20% de glicerina y 0% de ácido acético, y 10% de almidón de capiro con factor de rotura 1010N/m, fuerza de tensión de 3.98 Mpa, elongación de rotura 46%. Al comparar las dos biopelículas, la combinación con almidón de capiro, presento las mejores características en cuanto al rango que se encuentra un polietileno de baja densidad, donde se identificó que los valores varían entre los rangos de 5% a 50 % de elongación y de un factor de tensión entre los 3 y 55 Mpa, lo que hace que pueda llegar a ser un remplazo de polietilenos de baja densidad. Determinando también que su biodegradabilidad, por dos métodos (gravimétrico, y microbiológico), demostraron que tienen un 97% de pérdida de peso en 15 días, y efectivamente el uso experimental de la cepa, exhibió positivamente la biodegradabilidad de las biopelículas.

## Abstract

The present work consisted of the elaboration of starch based biofilms extracted from potato residues, by means of the decantation method which consisted of 7 stages: potato residue collection, classification, residue washing, drying no more than 50 ° C, heavy, crushed, filtered, and decanted. The selected varieties were superchola, and capiro due to the starch content, and for its high consumption in the industrial market to obtain snacks. Once the starch was extracted, purity tests were performed to obtain the biofilms, 9 combinations per variety were worked: glycerin, acetic acid, distilled water, and starch in different proportions based on purity. Then sensory tests were performed to select those that have better characteristics; Subsequently, physical-mechanical tests were performed with the 5 biofilms per variety previously preselected. Finally, gravimetric and microbiological biodegradability tests were performed for the 10 samples. The results had minimal variation in terms of their physical-mechanical characteristics. However, among the combinations, the biofilms that obtained the best results were C1A1B2 with 0% acetic acid, 40% glycerin, and 10% superchola starch with a breaking factor of 668 N / m, tensile strength of 2.82 Mpa , and elongation of breakage of 28%, in addition to C1A1B1, with a variation of 20% glycerin and 0% acetic acid, and 10% of capiro starch with breakage factor 1010N / m, tensile strength of 3.98 Mpa , elongation of break 46%. When comparing the two biofilms, the combination with capillary starch, I present the best characteristics in terms of the range of a low density polyethylene, where it was identified that the values vary between the ranges of 5% to 50% elongation and a tension factor between 3 and 55 Mpa, which means that it can become a replacement for low density polyethylenes. Also determining that their biodegradability, by two methods (gravimetric, and microbiological with the use of the Pseudomone strain), demonstrated that they have a 97% weight loss in 15 days, and indeed the experimental use of the strain, positively exhibited the biodegradability of biofilms.

# INDICE

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Objetivo General .....	4
1.3. Objetivo Específicos.....	4
1.4. Alcance .....	4
1.5. Justificación.....	5
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Papa.....	6
2.1.1. Origen .....	6
2.1.2. Composición química de las Papas Nativas del Ecuador. ....	8
2.1.3. Variedades de Papa en Ecuador. ....	8
2.1.4. Papa superchola. ....	10
2.1.5. Papa Capiro. ....	11
2.1.6. Industrialización de la papa.....	12
2.1.7. Cáscara de Papa .....	12
2.1.8. La cáscara de papa en la Industria .....	13
2.2. Almidón .....	14
2.2.1. Generalidades.....	14
2.2.2. Propiedades estructurales del almidón natural .....	14
2.2.3. Almidón nativo de papa.....	16
2.2.4. Aplicación del almidón de papa.....	17
2.3. Almidón de papa Termoplastificado .....	18
2.3.1. Tratamientos hidrotérmicos para el almidón de papa .....	18
2.4. Polímeros .....	20

2.5. Funcionalidad de los polímeros biodegradables .....	21
2.5.1. Elaboración de Bioplástico .....	21
2.5.2. Componentes para la elaboración de bioplásticos .....	23
2.6. Propiedades Mecánicas en los plásticos.....	24
2.6.1. Tracción .....	24
2.6.2. Elongación .....	25
2.7. Determinación de la biodegradabilidad del bioplástico .....	26
2.7.1. Generalidades.....	26
2.7.2. Microorganismos para la biodegradación.....	27
<b>3. CAPITULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
3.1.1. Muestra .....	28
3.1.2. Obtención de almidón .....	28
3.2. Análisis cualitativo de la presencia de almidón .....	32
3.3. Determinación del grado de pureza del almidón obtenido .....	33
3.4. Obtención de la biopelícula plástica .....	35
3.5. <i>Caracterización de biopelícula</i> .....	39
3.5.1. Análisis Sensoriales .....	39
3.6. Determinación de pruebas físico-mecánicas.....	40
3.7. Determinación de biodegradabilidad.....	40
3.7.1. Método gravimétrico.....	40
3.7.2. Método microbiológico .....	42
3.8. Análisis de datos. ....	42
<b>4. CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1. Rendimiento del método de extracción de almidón.....	43

4.2. Presencia de almidón por método cualitativo .....	44
4.3. Pureza de almidón por variedad de residuo de papa para la obtención de la biopelícula.....	44
4.4. Calificaciones sensoriales .....	45
4.5. Caracterización de ensayos físicos y mecánicos .....	46
4.6. Resultados de Biodegradabilidad.....	56
4.6.1. Método Gravimétrico .....	56
4.6.2. Método microbiológico .....	59
<b>5. CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
5.1. Conclusiones.....	61
5.2. Recomendaciones.....	62
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## **1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

Los plásticos sintéticos se han desarrollado por las primeras décadas del siglo XX, con un superior impulso durante la II Guerra Mundial, por el excesivo uso que se le daba durante la época. El crecimiento de la industria del plástico ha ido elevándose generando varios avances, para el cumplimiento de las necesidades del ser humano, razones por las cuales se convirtieron en un material de consumo masivo mundialmente (Meneses, Corrales & Marco, 2007).

En la actualidad el uso y consumo de plásticos sintéticos dentro de la industrialización, y en la vida cotidiana se ha ido convirtiendo en una dependencia por parte del ser humano, lo cual es alarmante debido a que estos polímeros son obtenidos específicamente a partir del petróleo. Todos los plásticos son populares por ser muy livianos, y resistentes a la oxidación, lo cual hace que sean inalterables ante los agentes atmosféricos, versátiles, y en especial son considerados como un aislante de corriente eléctrica, llegando a sustituir a otros materiales, como son: la madera, piedra o metal. Una de sus características fundamentales es la durabilidad, la misma que se considera como una gran desventaja, debido a su persistencia en el medio ambiente (alrededor de 500 años), ya que por la resistencia a la corrosión al agua, y a la descomposición bacteriana, han llegado a ser residuos difíciles de eliminar, razón por la cual los residuos ocupan un gran espacio dentro de los vertederos, basureros o en el medio ambiente; que consecuentemente se han ido tornando en un problema ambiental (Valdivieso, Ortegón & Uscategui, 2013).

Una vez que los plásticos ya hayan tenido el uso apropiado, son enviados directamente al vertedero de desechos, y es allí donde permanecen por millones de años; la mayoría de estos desechos son generados en Asia, pero la mayor producción de residuos per cápita se encuentra en Estados Unidos, Japón y la Unión Europea. Cabe señalar que de los 9.000 millones de toneladas de plásticos que se han producido en el mundo únicamente el 9% es

reciclable considerando que, si aún se mantiene el patrón de consumo conforme el transcurso de los años, y se persiste en mantener las prácticas de gestión actuales; en el año 2050 podremos encontrar alrededor de 12.000 millones de toneladas de basura plástica, en todos los vertederos y espacios naturales. Además, si para ese año se llega a mantener ese ritmo de producción de plástico, la industria de este polímero llegara a tener un consumo del 20% de la producción global del petróleo. Del cual un gran porcentaje de estos plásticos van a fragmentarse lentamente en trozos más pequeños, hasta llegar a convertirse en micro plásticos; mismos que se han encontrado en los océanos, y que hace que su eliminación sea más compleja, debido a que pueden ser ingeridos por los peces; llegando así a ingresar a nuestra cadena alimenticia, causando fuertes intoxicaciones (ONU, 2018). Por lo tanto, con el avance de las investigaciones, se han ido desarrollando nuevas técnicas para la obtención de plástico, una de las técnicas es el uso de polímeros biodegradables a base de almidón, la cual tuvo inicio en los años 70, que continua en la actualidad en algunos laboratorios a nivel mundial.

El almidón termoplástico conocido como (TPS), es denominado como una de las alternativas más económicas, y amigables con el medio ambiente en varias aplicaciones de productos de la industria, que actualmente se hacen con plásticos sintéticos (Rodríguez, Muñoz & Gómez, 2015). No obstante, el uso de dichos polímeros naturales se extiende en varios sectores, teniéndose en cuenta las distintas funcionalidades que debe tener el material según sea la aplicación a la que se vaya a especificar. Entre todos los polímeros naturales que se puedan utilizar se han ido destacando los polisacáridos como es el almidón de varias fuentes de origen (yuca, papa, maíz, banano, etc.); los cuales se han destacado por sus propiedades físicas, mecánicas, de barrera, y estructurales, que ayudan a la formación de películas biodegradables, tomando en consideración que las propiedades mecánicas se verán manifestadas, según el tipo de polímero y de los aditivos que sean utilizados para su elaboración (Enriquez, Cerón, Mora, Coral, 2017).

En base a un estudio realizado por Chandra y Rustgi, (1998), la cantidad de almidón que más se puede conseguir, abunda en las plantas de los principales cultivos como son: las papas, el maíz y el arroz. El almidón está compuesto por una mezcla de polisacáridos, amilosa y amilopectina. Su eficiencia dependerá de las propiedades físicas y químicas del gránulo, mismas que pueden ser modificadas para ser adaptadas a la aplicación que se requiera asignar (Ruiz Avilés, 2005). Por lo tanto la obtención de almidón de papa en Ecuador es una gran alternativa; ya que según la Food and Agriculture Organization (FAO) dispone de un gran uso y no únicamente como fuente de alimento (Cavero, Arturo & Benites, 2016).

El consumo mundial de papa, ha cambiado de papa fresca a productos procesados, como son las papas tostadas(hojuelas de papa fritas), congeladas, prefritas y deshidratadas (Moreno & Orozco, s. f.). Por lo tanto, hace que la presencia de almidón en cualquiera de sus presentaciones sea una gran posibilidad de industrialización; para la obtención de productos con un valor agregado de gran aceptación. En donde la papa que se usa para la industrialización va ser toda aquella que este en su etapa de madurez, y que contenga una elevada gravedad específica, y contenido de sólidos; en donde el valor de la gravedad específica estará directamente relacionado con el rendimiento, y la calidad en cuanto a todo lo que se refiera a textura interna de los productos procesados a obtener, como son las hojuelas (Murillo, 2007).

Sin embargo, por medio de tipologías que llegan a describir la situación real de una planta industrial de producción de papa, se ve identificado el proceso que conllevan estas en el manejo de residuos sólidos que provienen de dichas operaciones; en donde se presentan altas cantidades de almidón, que van desde un 15% a un 20% de su propio peso Silva & Martínez, (2009).

Surgiendo la opción de llegar a transformar la cascara de papa; que en la industria la denominan "sin valor", con un contenido de almidón, de peso en seco de 1,3%; que hace que se pueda tomar en cuenta para la aplicación del mismo en la obtención de películas bioplásticas(Isique, 2017).

Logrando de esta manera dar solución a la problemática ambiental, no solo de la contaminación por el plástico sintético; sino también a la del micro plástico. Considerando que el uso de residuos de una industrialización de papa se torne como una forma de ingreso económico adicional; debido a que se le da un valor agregado al residuo al momento de reutilizarlo. Para la producción de almidón en nuevos productos de uso industrial no alimenticios, como la obtención de bioplásticos (Martinez, 2010).

### **1.2. Objetivo General**

Obtener una película plástica biodegradable a partir de almidón extraídos de residuos de dos diferentes variedades de papas industrializadas.

### **1.3. Objetivo Específicos**

- Comparar el rendimiento del almidón extraído de residuos dos diferentes variedades de papa industrializada.
  - Determinar las condiciones adecuadas para la elaboración de una película biodegradable, a partir del almidón extraído del residuo de dos variedades de papa industrializada.
- Analizar la calidad de las películas plásticas biodegradables, por medio de pruebas físico-mecánicas, y de biodegradabilidad.

### **1.4. Alcance**

El presente estudio buscó obtener una película plástica biodegradable a partir de almidón extraído de residuos de dos diferentes variedades de papas, utilizadas en la industria de "snacks". La extracción fue realizada a nivel de laboratorio en las instalaciones de la Universidad de las Américas, donde se busca aprovechar todo el almidón que se pueda obtener de dichos residuos, caracterizándose el almidón con la ayuda de pruebas de pureza, y así encontrar la variación de la calidad y rendimiento de este. Con el cual se pueda realizar las distintas combinaciones con los aditivos y plastificantes. Finalmente obtener las biopelículas, logrando evaluarlas mediante la identificación de sus características físico-mecánicas, y biodegradabilidad.

### 1.5. Justificación

Los plásticos sintéticos, por sus características: económicas, de producción y compra; han llegado a tener un uso excesivo e inconsciente, por parte del ser humano. El cual genera aproximadamente 280 millones de toneladas al año de desechos plásticos que, en vez de ir disminuyendo al paso del tiempo, esta ha ido formado una gran acumulación, generando así varios daños al medio ambiente. Se dice que para la descomposición de dichos residuos estos tienen que pasar por varios años, pero la realidad es que estos materiales no se degradan, sino que pasan a una fase de transformación de partículas mucho más pequeñas de plástico conocidas como: micro plástico, que llegan a provocar un efecto más fuerte de contaminación, debido a su excesiva acumulación en el ambiente. Actualmente se vive en un consumismo progresivo por parte de la sociedad desarrollándose un papel farsante al hablar del cuidado del medio ambiente, ya que la mayoría se encuentra ligada al consumismo, obligando a la sociedad a usar productos innecesarios, que en su mayoría son plásticos Arias & Cruz, (2019). Por lo tanto, se busca dar una solución y una alternativa de mejora a este estilo de vida cotidiano. Buscando nuevas alternativas de obtención de plástico, para la satisfacción de nuestras necesidades; en donde se ha ido desarrollando investigaciones de obtención de plástico biodegradable, mismo que llegan a ser mucho más amigables con el medio ambiente. Donde una de las alternativas con más estudios realizados es el uso de almidones, para la obtención de películas bioplásticas Silva & Martínez, (2009).

Encontrando en varios estudios realizados anteriormente, se ha identificado que el almidón obtenido de la papa, tanto como tubérculo o residuo posee una gran cantidad de almidón, lo cual hace que sea una muy buena alternativa, para mejorar la problemática del impacto de plástico en el medio ambiente en la actualidad, y a futuro lograr mejorar el estilo de vida de las personas Usca & Lucero, (2013). En Ecuador existe un gran consumo de papa como alimento dentro y fuera de la industria; mismo que no cuenta con una cultura que se encamine al aprovechamiento del residuo de la papa, como una fuente alterna

de materia prima para la obtención de otro producto. En donde la mayoría de productos, que generan residuos de papa vienen de un nivel primario, o de producción en proceso de transformación industrial; como es la materia prima de origen biológico, misma que se ha ido motivando a optar por un desarrollo con nuevas técnicas de manejo de residuos (Cury, Aguas, Martínez, Olivero, & Chams, 2017).

Según datos que se obtienen del INIAP, en Ecuador en el año 2011; la producción anual de papa fue de 30147 mil toneladas métricas, de las cuales alrededor de 45 mil toneladas fueron descartadas, considerándose como un desperdicio, el cual podría ser aprovechado para la obtención de almidón (Charro, 2015). Para lo cual, se busca la elaboración de películas bioplásticas a partir de almidón obtenido de residuos de cascara de papa descartada; y así lograr tener un enorme potencial a futuro, ya que contribuye a un sistema ecológico y con aprovechamiento de recursos naturales, lo cual hace que la explotación de petróleo para la obtención de la materia prima para plástico disminuya, y ayude a que se reduzca potencialmente el deterioro del medio ambiente que afecta de manera directa al suelo, agua, aire, fauna y flora. Además de dar la oportunidad de buscar nuevas y mejoradas técnicas que no solo ayuden a obtener productos que satisfagan las necesidades del ser humano, sino que también este no tenga mayor impacto al ambiente ya que, al dar a conocer la reutilización de residuos, se puede emprender ciclos cerrados dentro de grandes industrias como es la producción de snacks.

## **2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Papa.**

#### **2.1.1. Origen**

La diversidad genética de la papa conocida científicamente como (*Solanum Tuberosum L.*), nace en los Andes de América del Sur, cultivada de forma silvestre (Ramírez, 1984). Fue conocida primero por Pedro Cieza que menciona la papa en el año de 1538 (Murillo, 2007), y desde entonces hasta la actualidad existen evidencias arqueológicas que demuestran que varias

culturas antiguas, como (la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica), llegaron a cultivar la papa (Andrade, Bastidas & Sherwood, 2002). La evolución de las especies de la papa cultivada inicio a nivel diploide (dos pares de cromosomas), conociendo de esta manera la existencia aproximada de diversificación que se daba después del cultivo de 2000 especies dentro del género *Solanum*, y de las cuales se conoció que únicamente 8 pueden ser comestibles (Rodríguez, 2010).

En Ecuador se identificó que la mayor demanda de siembra fue de 30 cultivos; de las cuales se destaca las variedades INIAP gabriela y superchola, en terrenos pequeños, las cuales son mantenidas comúnmente por propósitos botánicos (Monteros, Cuesta, Jiménez, López & Carmen, 2005).

Se debe mencionar que el país cuenta con 4 zonas de producción de papa, las cuales son:

Zona centro norte: Carchi e Imbabura, con el 12 % de superficie. Donde se encuentra el mayor rendimiento de cultivo a nivel nacional, teniendo una producción de papa temprana o primor, con mayores precios dentro del mercado, por lo cual es una de las zonas donde se la cultiva durante todos los 365 días del año Román & Hurtado, (2002).

Zona central: Pichincha Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, cumplen con el 18 % de superficie. Donde el cultivo es realizado durante todo el año, con excepción de épocas de invierno; este cultivo se da bajo riesgo, la cual tiene como su mayor ventaja la cercanía a centros de consumo Román & Hurtado, (2002).

Zona centro sur: Cañar, Azuay y Loja, por sus bajas precipitaciones; el cultivo de papa es baja. Donde únicamente se cultiva por semilleros por el clima que poseen; Cañar es una de las provincias con más papicultora, donde el cultivo está a los 2000 m.s.n.m Román & Hurtado, (2002).

### 2.1.2. Composición química de las Papas Nativas del Ecuador.

Varios agricultores confirman que los valores de los tubérculos, y las raíces se definen, como un término dentro de la producción de energía, debido a que es cosechada por algunas hectáreas. Donde la papa es una de las más eficientes entre algunos otros cultivos comestibles. La cantidad y calidad que poseen los cultivos de papa, se han ido conociendo por las sustancias nutritivas que estos poseen, la cuales van a variar según la variedad y la condición de campo (Muñoz,2014). En la siguiente tabla, se puede conocer aproximadamente la información de la composición química que poseen las papas nativas que existen en Ecuador.

Tabla 1.

*Composición química de las Papas Nativas del Ecuador.*

Composición	Unidad	PAPAS NATIVAS	
		Máximo	Mínimo
Proteína	G	10.6	5.6
Fibra	G	6.1	1.9
Almidón	G	87.5	79.1
Potasio	Mg	2163	15167
Hierro	Mg	17.7	2.3
Zinc	Mg	5	0.8
Polifenoles totales	mg (ácido gálico)	646	144
Carotenos totales	(ug/g de muestra)	2.8	0.9

Tomado de: (García, 2010)

### 2.1.3. Variedades de Papa en Ecuador.

El consumo de papa en Ecuador ha ido aumentando, conforme la población va creciendo. Se conoce que en nuestro país existen más de 400 variedades, de las cuales la mayoría se encuentran sobre los 3.000 metros sobre el nivel del mar. La altura, la fuerte radiación solar, y la calidad de suelos orgánicos andinos que posee el país; logran brindar a las distintas variedades de papa

una naturalidad especial, las cuales en su mayoría no hacen uso de fertilizantes químicos (Monteros et al., 2005). En la siguiente tabla, podemos observar la variedad de papa según la zona de cultivo en Ecuador.

Tabla 2.

*Variedades de papa sembradas por zona de cultivo en Ecuador.*

<b>Zona de Cultivo</b>	<b>Variedad</b>
Norte Provincia de Carchi	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chola</li> <li>➤ Superchola</li> <li>➤ Gabriela</li> <li>➤ Esperanza</li> <li>➤ María</li> <li>➤ Fripapa 99</li> <li>➤ ICA – Capiro</li> <li>➤ Margarita</li> <li>➤ Ormus</li> <li>➤ Yema huevo (Chauchas)</li> </ul>
Centro: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chola</li> <li>➤ Uvilla</li> <li>➤ Santa Catalina</li> <li>➤ Esperanza</li> <li>➤ Gabriela</li> <li>➤ María</li> <li>➤ Rosita</li> <li>➤ Santa Isabel</li> <li>➤ Superchola</li> <li>➤ Yema de Huevo</li> <li>➤ Fripapa</li> <li>➤ Cecilia- Leona</li> </ul>
Sur: Provincia de Cañar, Azuay y Loja	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uvilla</li> <li>➤ Bolona</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Santa Catalina</li> <li>➤ Esperanza</li> <li>➤ Soledad Cañari</li> <li>➤ Gabriela</li> </ul>
--	---

Tomado de: (Charro, 2015)

#### **2.1.4. Papa superchola.**

Su origen genérico es: "*Curipamba negra x Solanum demissum* x clones x chola seleccionada" (Andrade et al., 2002). La papa superchola es una variedad de papa mejorada por el Sr. Germán Bastidas Vaca, un agricultor habitante del cantón Montufar del Carchi. La papa superchola, fue previamente seleccionada por medio de cruzamientos entre otras dos variedades de papa (Rosita x Curipamba Negra), esto se dio en el año de 1968 (Saquina, 2012).

La planta de la que proviene la superchola, posee un tallo erecto, con un color verde y manchas púrpuras, con alas erectas y onduladas; sus hojas tienen varias disecciones con un foliolo terminal, y de dos a tres pares de interhojuelas entre los fólidos laterales; con una floración moderada de color púrpura, con rosado (Mastrocola et al., 2016).

La descripción Taxonómica de la papa superchola es la siguiente:

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Subgénero: *Potatoe*

Sección: *Petota*

Serie: *Tuberosa*

Especie: *Solanum Tuberosum*

Subespecie: *Andígena*

### 2.1.5. Papa Capiro.

Su origen genérico es: "*Solanum Tuberosum x Solanum andígena*", esta variedad de papa, fue principalmente suministrada por la Sabana de Bogotá (Buitrago, López, Coronado & Osorno, 2004). El centro de diversidad genética que posee la papa se halla en el altiplano entre Perú y Bolivia a orillas del Lago Titicaca. Lugar en el cual, esta se convirtió en domestica alrededor de 10.000 años. La modificación de esta especie, se distingue por ser una papa tetraploide ( $2n= 4x=48$ ) con dos subespecies, *Tuberosum* y *Andígena*, donde la primera es adaptada a latitudes de 25 y 50 °, y la segunda de 0° y 20° Sanchez & Forero, (2016).

La planta es de tamaño medio de 0,90 m de altura aproximadamente, posee seis tallos principales, con un gran hábito de crecimiento semierecto, es de color verde oscuro, con foliolos primarios, con mucha área foliar; sus tallos tienen unos pigmentos y pubescencias en los órganos vegetativos, donde sus flores muestran un color lila, con partes blancas; y sus tubérculos son de forma comprimida aplanada, con un predominio de tamaños desde una clase cero a primera, con una piel de color rosado oscuro, y pulpa de color crema (Alvarez, Socorro & Moreno, 2011).

La Descripción Taxonómica de la papa Capiro es la siguiente:

División: *Angiosperma*

Clase: *Dicotiledoneae*

Subclase: *Tubiflorae*

Familia: *Solanácea*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Solanum (Linneaus)*

Subgénero: *Potatoe (G. Don)*

Sección: *Petota (Dumortier)*

Nombre científico: *Solanum Tuberosum L.*

### **2.1.6. Industrialización de la papa**

La industrialización de la papa es del 60% en los países desarrollados, de la producción total, mientras que en otros países se procesa tan solo el 10 % Araucan & Lagos, (2011). En Ecuador la industrialización de tubérculos es nueva; Donde la papa, que es usada es la que se encuentra en etapa de madurez, que contiene una elevada gravedad específica y alto contenido de sólidos(Mancero, 2008).

La producción se ha ido desarrollando en los ámbitos de producción de (hojuelas o chips), la cual tubo inicio en la década pasada; en pequeños puestos artesanales a nivel familiar; posteriormente esta se ha ido extendiendo en varias empresas como: Fritolay, Nutrinisa, Ecomsa, Pepsico, entre las más conocidas dentro del país, que desarrollan ofertas elevadas dentro del mercado de productos amparados, como una marca de garantía que incluyen con un registro sanitario, fecha de elaboración, y de caducidad. El negocio, tiene su competencia en producciones informales de hojuelas de papa, por su naturaleza cuenta con precios económicos(García, 2010).

El 80 % de la oferta comercial de la producción de papa del país, se comercializa en fresco para consumo doméstico, y las industrias procesadoras de papa, tienen una demanda de la diferencia, para la producción de hojuelas y papas a la francesa procesadas, de las cuales las papas que poseen una gran preferencia en la industria según la INIAP, son: (capiro, superchola, yema de huevo) (Navarrete, 2011).

### **2.1.7. Cáscara de Papa**

El tubérculo de la papa es solamente un tallo subterráneo transformado para almacenar almidón. Tiene una parte exterior del tubérculo que se lo conoce como Periderma; posterior a esta viene una franja estrecha apenas visible, que se denomina como corteza; donde ambas secciones van a formar a lo que conocemos como cáscara, la cual es el 2% de toda la papa (Prada, 2008).

En la siguiente tabla, podemos observar la composición de los residuos de cascara de la papa.

Tabla 3.

*Composición de los residuos de cascara de papa.*

<b>Parámetros</b>	<b>Peso seco (%)</b>
Humedad	85.06
Carbohidratos totales	68.7
Azúcares solubles totales	1
Azúcares reductores	0.61
Almidón	1.3
Proteínas (N. tot 6.25)	8
Ceniza	6.34

Tomado de: (Arapoglou, Varzakas, Vlyssides & Israilides, 2010)

### **2.1.8. La cáscara de papa en la Industria**

En la industria, la cáscara de papa es considerada "sin valor" sin considerar que está posee una gran cantidad de almidón (un polvo fino, y sin sabor). Este almidón posee una gran textura a diferencia de otros almidones, como el de trigo y maíz, permitiendo así elaborar productos más gustosos. La fibra alimentaria representa una gran fuente de carbohidratos, y abundante vitamina C. Por lo tanto son una buena fuente de energía, de la cual la industria no le considera de tal manera que no se le da un uso alternativo que como desecho (Isique, 2017).

La cáscara de papa es una fuente exitosa, que ayuda a recuperar los compuestos fenólicos al tubérculo; debido a que alrededor del 50% de estos compuestos son ubicados en la piel, tejidos adyacentes, y en la parte central del tubérculo (Suárez, 2009).

Donde la eficacia de la extracción, estabilidad y actividades que realizan, contienen fenólicos e idoneidad, que son de gran uso alimenticio, y

considerándose de gran importancia para la recuperación y elaboración de subproductos industriales (Peschel et al., 2006).

## **2.2. Almidón**

### **2.2.1. Generalidades**

Es el principal carbohidrato de reserva de origen vegetal, sólidos y en polvo, al igual que la fécula, que se encuentran presentes en (tallos, granos y tubérculos). Es un glúcido abundante dentro del reino vegetal, ya que su función principal es poder generar energía para el desarrollo posterior de las plantas. La diferencia que tiene entre almidón y fécula es que únicamente se conoce como almidón a todo aquello que se extrae de cereales (granos), caso contrario este se denominara fécula (Hernández, Torruco, Chel & Betancur, 2008).

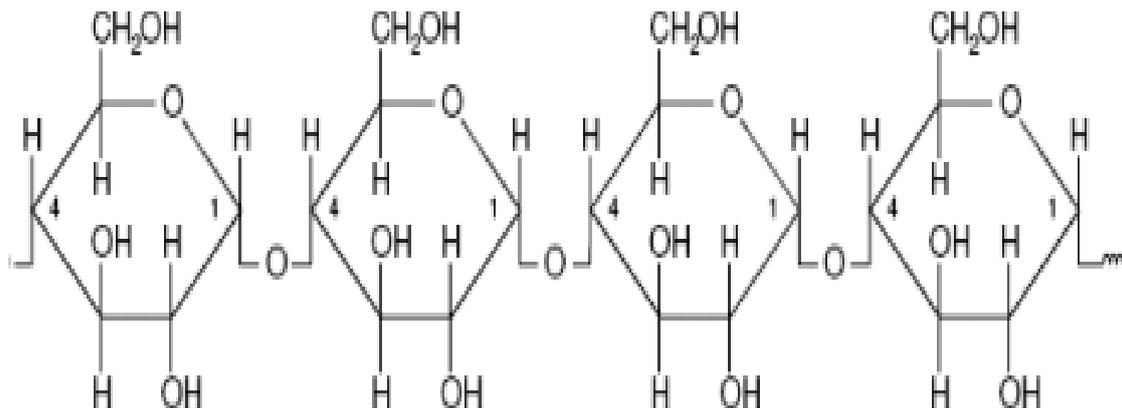
El almidón, es un polisacárido que posee una gran variedad de formas y tamaños de partículas que van a establecer un rango de 05 a 100  $\mu\text{m}$ , los cuales tienen un efecto en sus propiedades funcionales, debido a que al ser sometida a la homogenización con agua se forma una suspensión temporal, la que hace que no se dé una solución. Sin embargo al momento que esta se rompe por agitación, todos estos gránulos poseen la tendencia a hincharse al momento considerándose un proceso irreversible (Hernández et al., 2008).

### **2.2.2. Propiedades estructurales del almidón natural**

Estructuralmente el almidón o también conocido como: fécula es un polisacárido homogéneo, que se forma por la unión de otros dos diferentes polisacáridos:

**Amilosa.** \_ Es aquel resultado de condensación de D-glucopiranosas, por la asociación de dos enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4), estos van a crear largas cadenas lineales con alrededor de 200 y 2500 unidades, y formar pesos moleculares que van desde un millón. Su unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa, que ayuda a que se pueda tener una conformación tridimensional helicoidal, en

donde cada vuelta que se da de hélice posee átomos de hidrógeno siendo así un lipofílico, mientras que otros grupos hidroxilos van a estar situados en el exterior lipofílico, y los otros grupos de hidroxilos van a localizarse en la parte de a fuera de la hélice. Identificando que la mayoría de los almidones van a tener de un 17 % a 25% de amilosa (Janssen & Moscicki, 2006).



*Figura 1.* Estructura de Amilosa.

Adaptado de (Veasey, Bulbifera & Silva, 2009)

**Amilopectina.** \_ Es aquella que está formada por cadenas de glucosa, que se encuentran unidas por los enlaces  $\alpha$  (1,4) glucosídicos. Dichas ramificaciones se van a encontrar de 15 a 30 unidades, con la presencia de ramificación  $\alpha$  (1,6). Estas ramificaciones van a dar referencia a que la amilopectina, sea parcialmente soluble en agua caliente que la amilosa; y además que los enlaces que contiene van a ser entre un carbono de glucosa y 6 de carbono de ramificación. Son muy ramificadas las cadenas, sin embargo son menos ramificadas que la forma de carbohidrato de la reserva animal (glucógeno) (Charro, 2015). La amilopectina, va a poseer aproximadamente el 75% o 83% en peso del almidón Janssen & Moscicki, (2006).

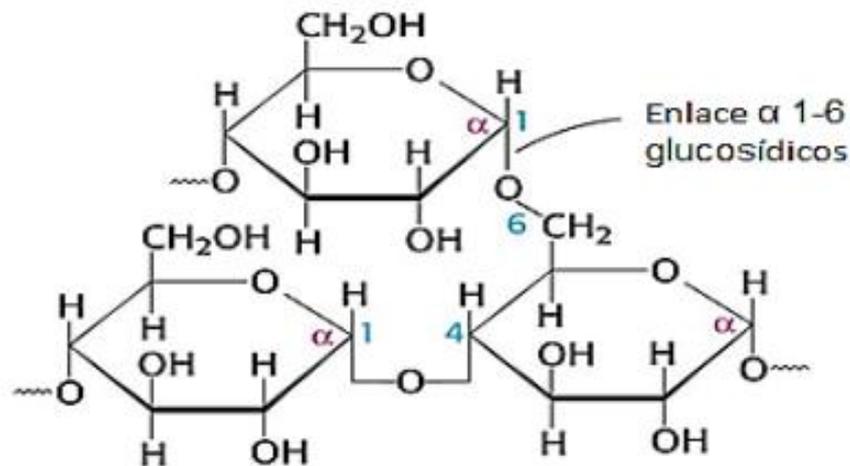


Figura 2. Estructura de Amilopectina.

Adaptado de (Veasey et al., 2009)

### 2.2.3. Almidón nativo de papa

De todos los almidones, el de la papa es uno de los que más desarrolla la consistencia en gelificación. Este almidón posee un tamaño de partícula pequeño de alrededor 2  $\mu\text{m}$  a 66  $\mu\text{m}$ , con una forma elipsoidal que ayuda a una formación de película clara; siendo el tamaño de las partículas demasiado versátiles, a comparación a otros almidones provenientes de la yuca y maíz.; En ellos existe una media poblacional de 15  $\mu\text{m}$ , donde su tamaño y forma dependerá del origen que proviene Arena & Diana, (2019).

El almidón de papa se destaca debido a que contiene una superficie suave, lo que hace que los procesos de modificación química, o de la obtención de sus compuestos, sean más factibles. El almidón tiene una proporción del 20% del contenido total de la fécula (papa), y una relación de 14% de amilosa y 86% de amilopectina, que hace que en los entornos donde este se trabaje, se vea una interacción de forma negativa, para lo cual se necesita tomar acciones correctivas en su modificación (FAO, 1999).

Tabla 4.

*Porcentaje de almidón que poseen varios tipos de papa.*

<b>Variedades de papa</b>	<b>% Almidón base húmeda</b>	<b>%Humedad</b>	<b>% Almidón base seca</b>
Yema de huevo	13.99	74.80	55.51
Superchola	19.41	74.41	75.87
Roja	14.69	79.42	71.39
Violeta	14.04	70.68	47.91
Esperanza	10.73	77.91	48.59
Capiro	15.1	78.90	71.55

Tomado de: (Saputra, 2017)

#### **2.2.4. Aplicación del almidón de papa**

En la actualidad, el uso del almidón es considerada como una fuente natural y como materia prima, ya que puede ser de gran ayuda en el campo industrial o producción de productos como es el papel, farmacéuticos, adhesivos, alimentos, madera laminada, textiles, plásticos, y como materia prima para la obtención de etanol. La característica principal es su aplicación, como componente dietario para el ser humano, ya que provee de un 70% a 80% de calorías que se consume a nivel mundial. La industria que más uso hace del almidón es la farmacéutica, debido a que es aplicada como excipiente en diferentes utilidades de forma desintegrante, aglutinante o diluyente en la creación de formas farmacéuticas.

Además de sus propiedades organolépticas y fisicoquímica, otra de las aplicaciones más frecuentes, es él estudió que se ha desarrollado en la incorporación del almidón a los plásticos, siendo de gran interés a nivel ecológico, ya que al formar parte de los polímeros naturales ayudan a la creación de nuevos materiales biodegradables, teniendo en cuenta las

características que el almidón posea según sea su tipo de origen (Arena & Diana, 2019). Donde el almidón de papa es multifuncional, debido a que presenta varias propiedades como: su dispersión en el agua fría, viscosidad elevada, estabilidad de cizallamiento, y la buena estabilidad de retrogradación; propiedades que pueden ser utilizadas en diferentes aplicaciones de alimentos y otros procesos de fabricación texturizantes, que son formadores de películas, aglutinantes de agua y como un material de relleno (espesantes), que hacen que su uso en la creación de biopelículas sea exitosa (Acosta, Gomajoa, Benavides, Charfuelan, & Valenzuela, 2018).

### **2.3. Almidón de papa Termoplastificado**

El almidón Termoplastificado es un plástico que se lo conoce como TPS, es uno de los materiales más renovables, que llegan a incorporarse en el suelo como un abono orgánico siendo amigable con el medio ambiente. El desarrollo y la producción de este material termoplástico biodegradables, es esencial para reducir la cantidad total de los residuos plásticos sintéticos que se encuentran en el mundo.

La mayoría de plásticos son de procedencia del petróleo con varios aditivos que mejoran la capacidad de degradación, sin embargo estos no llegan a cumplir las normas de biodegradabilidad, mientras que los bioplástico (TPS) si cumplen (Villada, Acosta & Velasco, 2008).

#### **2.3.1. Tratamientos hidrotérmicos para el almidón de papa**

El almidón tiene un estado insoluble en agua que llega a formar suspensión temporal de sus partículas, las cuales no se disuelven en agua y se ubican en el fondo del recipiente que las contiene, a menos que se realice una agitación donde las partículas gruesas pueden captar agua, las cuales provocan la formación de la suspensión, que hace referencia a un cambio mínimo en el almidón. Cabe señalar que, mientras no se haya cocido la mezcla almidón agua, los cambios efectuados en el almidón por efecto de la captación del agua, son irreversibles luego de secarse. (Meza, 2016).

Para la obtención de almidón en el presente trabajo se realizaron dos métodos:

Gelatinización. Es el método en donde los gránulos de almidón que son insolubles en agua; debido a la estructura sistematizada que poseen se calientan de 60°C a 70 °C, iniciándose un proceso pausado de absorción de agua de aquellos gránulos con estructuras escasamente organizadas y aseguibles. Al tener elevadas temperaturas, el granulo llegara absorber abundante agua empezando aumentar su volumen siendo el rango de temperatura el que produce un hinchamiento conocido como gelatinización (Martinez, Lapo, Pérez, Zambrano & Maza Valle, 2015).

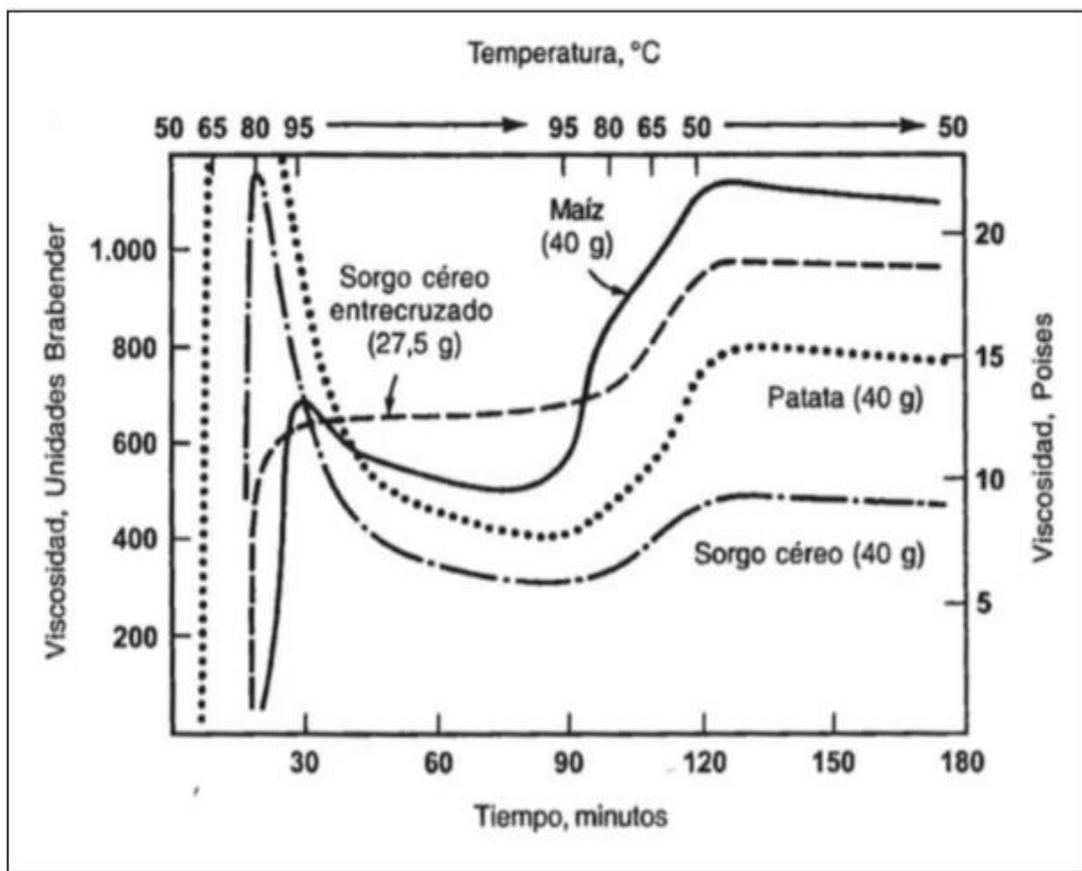
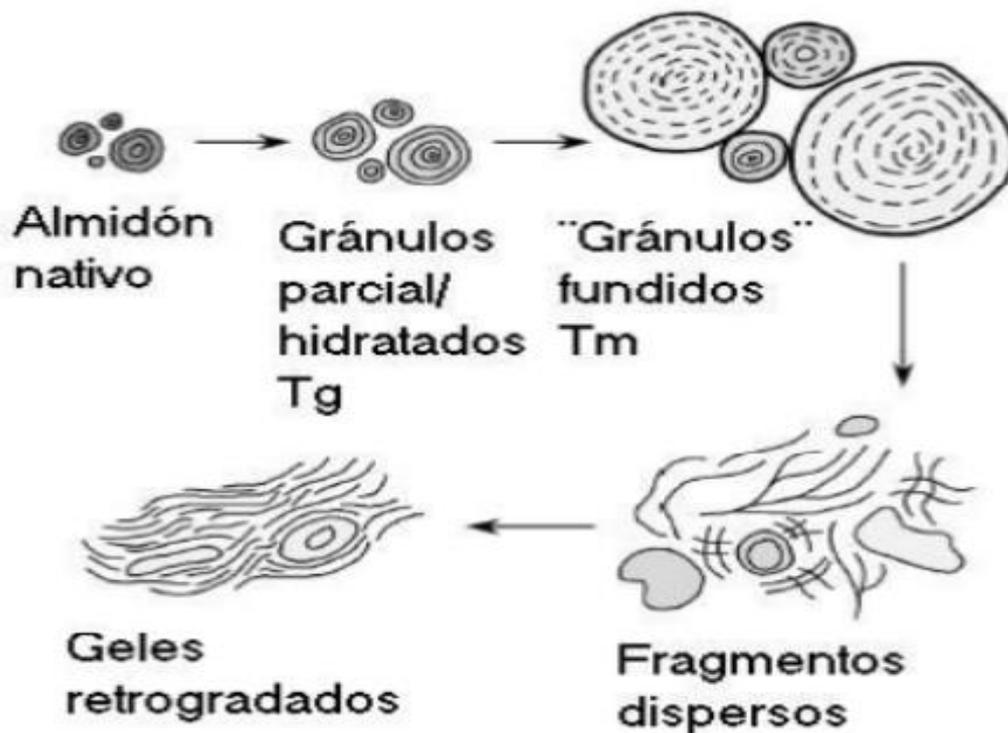


Figura 3. Tiempos y temperaturas de gelatinización para varios almidones.

Adaptado de (Meza, 2016)

Retrogradación. Es el método de insolubilización y precipitación del granulo de manera voluntaria de sus moléculas de amilosa, en el que sus cadenas lineales

se van a organizar análogamente por puentes de hidrogeno. La predisposición que poseerá cada almidón será distinta ante la retrogradación, la cual está vinculada al contenido que se obtenga de amilosa (Villada et al., 2008).



*Figura 4.* Representación esquematizada de los cambios que sufre el almidón durante el proceso del sobre calentamiento de agua.

Adaptado de (Sandoval, Rodriguez & Fernandez, 2005)

#### 2.4. Polímeros

Son compuestos químicos que están constituidos por moléculas, que cuentan con una gran cantidad de átomos y un elevado peso molecular. Su unidad es el monómero, que se identifican como moléculas muy pequeñas entrelazadas químicamente entre ellas (Charro, 2015)

Se debe señalar que los polímeros se pueden dividir entre biodegradables y no biodegradables, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.

*Clasificación de polímeros degradables y no biodegradables.*

	<b>BIODEGRADABLES</b>	<b>NO BIODEGRADABLES</b>
<b>ORIGEN</b>	Almidón	Rilsan-Polymamide
<b>RENOVABLE</b>	Polihidroxicarbonatos- PHAs Ácido Poliláctico-PLA	(ARKEMA) Plástico ecológico por medio de caña de azúcar (BRASKEM)
<b>ORIGEN NO</b>	Alcohol Polivinílico	Polímeros convencionales:
<b>RENOVABLE</b>	Poliésteres sintéticos Polibutilen succinato-PBS Polibutilen succinato adipato-PBSA	Polopropileno-PP Polietileno-PE Tereftalato de Polietileno-PET

Tomado de: (Charro, 2015)

## **2.5. Funcionalidad de los polímeros biodegradables**

Los polímeros biodegradables van a desempeñar distintas funciones a las que se encuentra ligada su composición química y estructural. Estas funciones se verán asociadas a una protección de calidad que se debe aplicar en la elaboración del bioplástico, que consiste esencialmente en dar una protección en la transferencia de algunas sustancias, desde alimentos como hacia el medio ambiente y así contrariamente (Valero et al., 2013).

### **2.5.1. Elaboración de Bioplástico**

Los bioplásticos (BPL) son materiales plásticos que se caracterizan por ser biodegradables, provienen de materia orgánica como de los recursos agrícolas,

forestales y animales), que poseen como principio fundamental ser renovables, y amigables con el medio ambiente(Villada et al., 2008).

Los BPL forman parte de un subgrupo llamado plásticos biodegradables (EDP), los cuales al igual que los bioplásticos se degradan velozmente por la acción de microorganismos que vienen de fuentes no renovables (Valero et al., 2013). Estos bioplásticos se ven clasificados en función de su origen en los siguientes grupos:

Bioplásticos que proceden de recursos renovables, Son obtenidos de biomasa, como son el almidón, y la celulosa, en los que sus monómeros se producen por medio de fermentación de recursos renovables, aun cuando su proceso de polimerización posterior es por vía química convencional, internamente el principal representante denominado es: poli ácido láctico (PLA), se pueden incluir otros que poseen monómeros, que pueden llegar a ser obtenidos de forma potencial a partir de algunos recursos renovables como PBT,PTT, y las poliamidas (Ventures, 2007).

Bioplásticos que provienen de la industria petroquímica, los cuales encajan en la definición que cumple los distintos criterios de la norma EN 1342, que es usada para la biodegradabilidad y compostaje de los plásticos y productos plásticos. Posee un representante, que son nombrados como poliésteres alifáticos y alifáticos - aromáticos, además del alcohol vinílico y poliéster – amidas (Ventures, 2007).

Bioplásticos que no son sintetizados por una vía biotecnológica, en donde existen dos puntos de vista, en la producción del bioplástico. Uno de ellos va a ser dado por los monómeros que se necesitan para la síntesis de los bioplásticos, donde su principal función es la polimerización que se da posteriormente por una vía química. Otro de los puntos de vista dice que consiste en la síntesis de los bioplásticos por medio de los procedimientos biotecnológicos que se da por la fermentación microbiana, aun cuando se

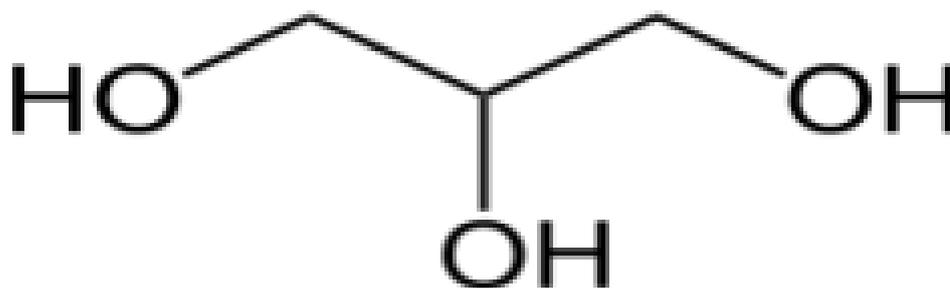
contempla otras tecnologías más avanzadas conocidas como auténticas factorías de bioplásticos, que no son aceptadas, y cuyo primordial representante son los polihidroxialcanoatos (PHA) (Valero et al., 2013).

### 2.5.2. Componentes para la elaboración de bioplásticos

Para la elaboración del presente bioplástico, se procedió a tomar en cuenta el uso de almidón, el cual requiere la adición de algunos reactivos en la mezcla que ayuden a las condiciones necesarias, precisando de varios componentes que proporcionen características de plasticidad, humectación, espesantes, resistencia, lubricación y desmoldantes (Valero et al., 2013).

**Plastificante.** - Según la norma ASTM D883, es un material que se añade a un plástico para facilitar el procesamiento, y así mejorar las características de flexibilidad o distensibilidad (Jiménez, Téllez, Profesional & López, 2010).

Uno de los plastificantes más usados para la elaboración de la película biodegradable es el glicerol, el cual es un alcohol con tres hidroxilos que le ayudan a ser soluble en agua, dando un aspecto líquido incoloro y viscoso. Este líquido no es tóxico, y se considera como un gran lubricante. La fórmula química es C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> (Charro, 2015).



*Figura 5.* Estructura química (glicerol).

Adaptado de (Rosales, 2016).

Modificadores químicos. La modificación química que posee el almidón está completamente relacionado con reacciones que aparecen en el grupo de hidroxilos del polímero de almidón, donde algunas de las reacciones químicas modificadas que son aplicados al almidón son: vía éter, formación de ésteres, oxidación e hidrólisis de grupos hidroxilos, de los cuales usualmente para la obtención de polímeros a base de almidón, se deberá usar la esterificación del polisacárido con ácido acético, el cual es uno de los modificadores más volubles para el almidón de papa (Rosales, 2016).

Este ácido se lo puede encontrar específicamente en el vinagre, el cual ayuda a brindar un sabor avinagrado. La fórmula molecular que posee es (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>). Este ácido en la mezcla para la obtención del bioplástico, actúa como un modificador químico, ya que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, dándole una particularidad hidrofóbica al material (Iranzo, 1946).

## **2.6. Propiedades Mecánicas en los plásticos**

Todos los plásticos deben ser sometidos a distintos estados de carga en diferentes aplicaciones, que se caracterizan por sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los polímeros van a depender principalmente de su composición, su estructura y de la condición del proceso en la que este se encuentre, además de existir otros factores que intervienen en las mismas, siendo elementales en el tiempo como es la velocidad de la concentración de los esfuerzos, y la temperatura (Beltran & Marcilla, s. f.).

### **2.6.1. Tracción**

Los ensayos de tracción son medidas de respuesta de algunos materiales, ante fuerzas que tienden a estirarlos. De todos estos ensayos se suele tener información detallada de resistencia a la tracción, elongación y módulo. Los equipos que son usados para los ensayos tienen un brazo fijo y uno movable, que están atados por una mordaza, con los cuales se sujetan las probetas cuidadosamente, en donde se puede controlar la medida de carga aplicada y la elongación de la probeta a cierta distancia (Beltran & Marcilla, s. f.).

Por medio de dichas medidas de fuerza y alargamiento realizadas a las distintas probetas de sección y longitud inicial, se logra obtener una gráfica que representa la tensión, con respecto a la deformación longitudinal unitaria de la probeta (Escacena, 2010).

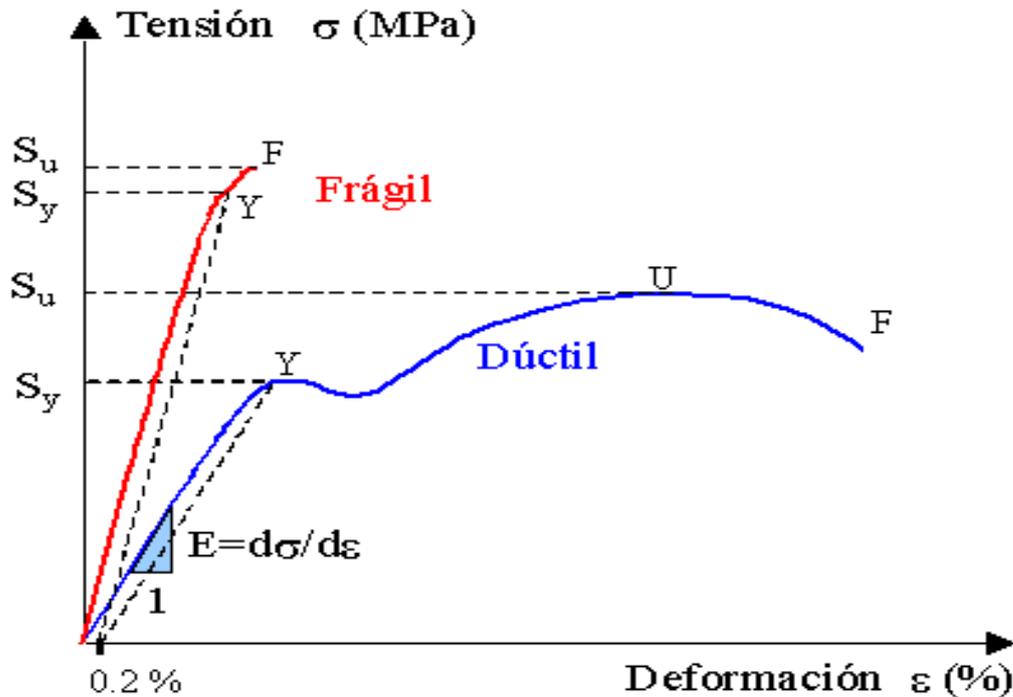


Figura 6. Curva de tensión en función a la deformación.

Adaptado de (Beltrán, 2011).

Y) Límite que posee la fluencia (punto que indica el fin de la zona de elasticidad, en donde la deformación permanente va a alcanzar el 0.2%).

U) Es el límite de resistencia final (máxima tensión que va a resistir la probeta antes de romperse).

F) Límite de deformación (punto en donde la probeta se rompe).

### 2.6.2. Elongación

El ensayo de elongación se refiere al movimiento o situación en donde se da un aumento masivo de masa longitudinal de una estructura, que se va a definir como un material, objeto o también elemento que forma un sistema que provoca el sufrimiento de un proceso de estiramiento constante. La elongación ya medida nos va a indicar una evolución característica, que se la conoce como

curva de fluencia, el cual ayudara a determinar los distintos valores (Hamburg,2018).

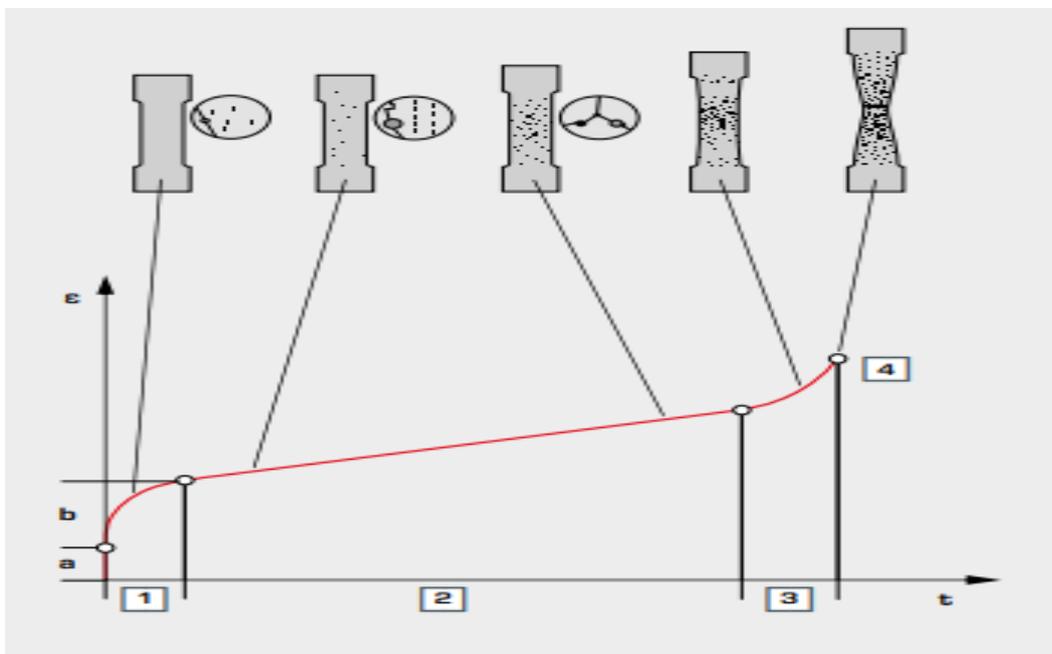


Figura 7. Curva de elongación en función del tiempo.

Adaptado de (Hamburg, 2018).

- 1) Fluencia primaria que va disminuyendo según la velocidad de fluencia, donde resulta importante la influencia del ablandamiento del diferente material, siendo este más veloz.
- 2) Fluencia secundaria con más velocidad, que es constante el cual llega a encontrarse en un equilibrio estacionario.
- 3) Fluencia terciaria con una velocidad que va aumentando constantemente hasta la rotura,
- 4) Fractura de la probeta, en donde la fase es muy breve.

## 2.7. Determinación de la biodegradabilidad del bioplástico

### 2.7.1. Generalidades

En la norma ASTM D-5488-94d se define “biodegradable” como aquel material que puede llegar a perder dióxido de carbono, agua, metano, en el proceso de biodegradación uno de sus mecanismos fundamentales es la acción enzimática de los microorganismos, los cuales pueden llegar a medirse con la ayuda de ensayos estándares, en distintos periodos específicos de tiempo. Este ensayo va a reflejar las condiciones eliminadas disponibles(Guamán, 2019).

La capacidad intrínseca que puede poseer cualquier tipo de material para que pueda ser degradado por acción natural de los microorganismos como las bacterias, hongos, y algas, van haciendo que este obtenga progresivamente una estructura mucho más simple. El material se verá convertido en dióxido de carbono, agua, metano y biomasa, en un periodo corto de tiempo (M.Charro, 2015).

Definiéndose los productos finales de las pruebas de biodegradabilidad en presencia de oxígeno y sin oxígeno:

Descomposición aeróbica: Con oxígeno ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{biomasa}$ )

Descomposición anaeróbica: Sin oxígeno ( $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{biomasa}$ )

### **2.7.2. Microorganismos para la biodegradación**

Los microorganismos que se involucran dentro de las pruebas de biodegradabilidad son aquellos, que se encuentran en agua, compost o suelo, en otras condiciones de temperatura o de humedad, entre otras; Se llegan a considerar así a todos aquellos microorganismos fijados en la superficie del material en descomposición, colonizándose por reacciones de hidrolisis (G. Ramírez, 2017). Dentro del presente estudio se procedió a identificar la biodegradabilidad de la película plástica, con la cepa de *Pseudomona* (AP). Esta cepa es una especie de bacteria Gramnegativa, aeróbica con una motilidad unipolar, considerándose como un patógeno oportunista entre los humanos y plantas. En estudios anteriores, se ha identificado que la cepa *Pseudomona* es una gran degradadora de polímeros, los cuales sostienen que la capacidad biodegradación del compuesto, estará relacionada directamente con la expresión de enzimas que posee dicha bacteria (Augusto, Rivera, Gándara, Berenice, & Ortigoza, 2015).

## **3. CAPITULO III. METODOLOGÍA**

El trabajo de investigación fue del tipo experimental. Se realizo en condiciones de laboratorio en la Universidad de las Américas. La materia prima de partida (residuo de papa de dos variedades), fue adquirido en la empresa PEPSICO,

con cinco fases de obtención: extracción de almidón, caracterización de la pureza del almidón, ensayos para la elaboración de las biopelículas, pruebas sensoriales de las láminas elaboradas, pruebas físico-mecánicas de las películas y finalmente ensayos de biodegradabilidad. Todos los ensayos se realizaron independientemente para cada una de las variedades de estudio.

### 3.1.1. Muestra

La muestra consistió en la recolección de 10 kg de residuos de papa por variedad (superchola y capiro). Obtenidas de los desechos generados en la Industrialización de snacks

### 3.1.2. Obtención de almidón

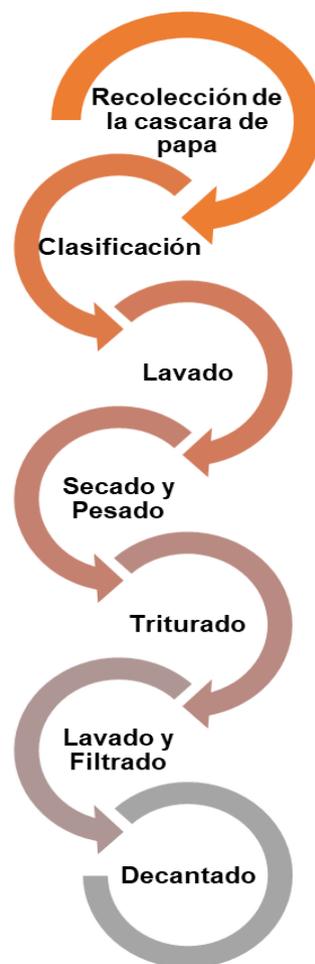


Figura 8. Diagrama del proceso de obtención de almidón.

Se utilizo el método de decantación descrito por (Zárate ,2014).

Selección de las variedades de papa. - Las variedades de papa se seleccionaron en base al contenido de almidón presente en ellas, y por su elevado consumo en el mercado industrial del Ecuador.



*Figura 9.* Selección de las variedades de papa (superchola y capiro).

- a) Residuos de papa superchola
- b) Residuos de papa capiro

Clasificación y lavado de la cáscara de papa. La materia prima fue clasificada homogéneamente en base a la buena apariencia, ausencia de descomposición y aquellos residuos que no contenga tubérculo incluido, la cual fue debidamente lavada tres veces con agua y estropajo, que ayuda a eliminar residuos de tierra.



*Figura 10.* Clasificación y lavado del residuo, por variedad (superchola y capiro).

Secado y pesado. Ya limpia la cascara, se la llevo a secar en tarrinas plásticas, a temperatura ambiente por dos horas. Para agilizar el proceso se tomaron lotes pequeños de aproximadamente 2 kg del peso total.



*Figura 11.* Secado y pesado del residuo por variedad (superchola y capiro).

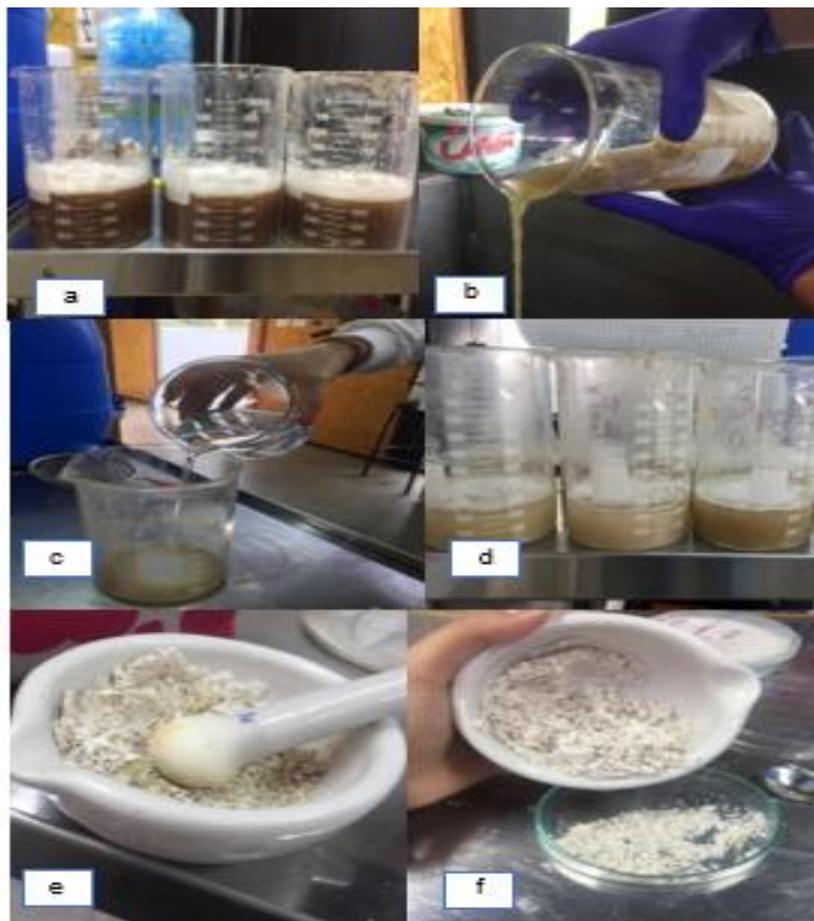
Proceso de trituración, lavado y filtrado. Una vez secado el material fue colocado en una licuadora SAMURAI (optimix plus), con 100 ml de agua para ser licuado por 4 minutos. Posteriormente se filtró y se separó la fase líquida de la sólida, donde la suspensión líquida de almidón fue colocada en un vaso de precipitación de 500 ml. Para finalmente identificar el rendimiento del proceso de extracción de almidón, por medio del siguiente cálculo:

$$\% \text{Rendimiento en base húmeda} = \frac{\text{Peso de almidón seco}}{\text{Peso de cascara seca}} \times 100$$



*Figura 12.* Proceso de trituración, lavado y filtrado por variedad (superchola y capiro).

Decantado y secado. La suspensión líquida de almidón recolectada del residuo, se dejó decantar dos veces consecutivas, cada una por dos horas. Luego del primer proceso de decantación y eliminación del sobrante de agua, este se volvió a lavar con 50 ml de agua limpia, para así quitar el resto de los residuos de tierra que hayan permanecido mezclados con el almidón. El almidón decantado se llevó a secar en la estufa con una temperatura de 50 °C por 24 horas, obteniendo así gránulos de almidón seco los cuales tuvieron que ser molidos en un mortero y colocados en un recipiente de vidrio en un lugar fresco (Melian, S., 2010).



*Figura 13.* Decantado y secado por variedad (superchola y capiro).

- a) Decantación de almidón una vez filtrado.
- b) Regado del sobrenadante (agua sucia).
- c) Lavado de almidón con agua potable.
- d) Decantado de almidón limpio.
- e) Presión de los gránulos de almidón con un mortero.
- f) Colocación de almidón en recipiente de vidrio.

### 3.2. Análisis cualitativo de la presencia de almidón

Se tomó una pequeña cantidad de 1 g del extracto sólido y seco por variedad, el cual se lo coloco en un tubo de ensayo con 5 ml de agua destilada, para diluirlo. Una vez hecha la dilución se añadió 0.5 ml de solución 0.025 N de yoduro de potasio, para observar la formación del complejo yodo almidón, que se denota de color negro.



*Figura 14.* Análisis cualitativo de la presencia de almidón por variedad (superchola y capiro).

- a) Extracto sólido y seco obtenido.
- b) Dilución en un tubo de ensayo del extracto con agua destilada.
- c) Colocación de 0.5 ml de solución 0.025 N de KI/I (Yodo yoduro de potasio).

### **3.3. Determinación del grado de pureza del almidón obtenido**

El proceso consta de cuatro fases de caracterización: análisis de proteína cruda, fibra cruda, humedad y cenizas, según la metodología propuesta por (Moreno, Humarán, Báez, Báez & León, 2017). Los primeros análisis para realizar son fibra cruda(A0AC978.10) y proteína cruda (AOAC 2001.1.1), mismos que fueron enviados al laboratorio SEIDLABORATORY CIA. TDA.

Humedad. Se utilizó el método AOAC.925.10, que inició colocando los crisoles en el horno secador a 150°C por 24 horas, para lograr un peso constante. Después se añadieron 2 g de muestra (almidón de papa), volviendo a colocar en el horno secador a 105°C por 3 horas y, posteriormente al desecador por 15 minutos para obtener un peso final.



Figura 15. Análisis de humedad por el método AOAC por variedad (superchola y capiro).

$$\text{Humedad} = \frac{(\text{Peso de muestra húmeda} - \text{muestra seca})}{(\text{Peso de muestra húmeda})} \times 100$$

Cenizas. El crisol que contiene la muestra seca del peso anterior fue colocado al horno ya precalentado a 600 °C, y se mantuvo en el por 2 horas, para luego transferir nuevamente a desecador para que logre enfriarse y poder pesar inmediatamente.



Figura 16. Análisis de cenizas por variedad (superchola y capiro).

$$\text{Cenizas} = \frac{\text{Peso de muestra calcinada}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Pureza. Finalmente para conocer la pureza del almidón extraído por variedad, se utilizó la ecuación propuesta por (Moreno et al., 2017).

$$\text{Pureza} = 100 - (\text{fibra cruda} + \text{proteína cruda} + \text{ceniza})$$

### 3.4. Obtención de la biopelícula plástica

Elaboración de molde. Se cortaron placas de vidrio de 26 x 13 cm, en las cuales se esparció la mezcla obtenida para el bioplástico, con la ayuda de una espátula a fin de obtener una superficie uniforme en la película formada.



Figura 17. Elaboración de molde en placas de vidrio de 26 x13 cm.

#### Detalles de cálculos

Para que sea comparable los biopolímeros obtenidos con los dos tipos de almidón, se trabajó en base al peso del almidón puro y seco, para lo cual se procedió a calcular la cantidad a pesar del almidón crudo obtenido en primera instancia (almidón original) con las siguientes fórmulas:

$$\text{Almidón original seco} = \text{Almidón original} * \frac{100 - \% \text{ humedad}}{100}$$

$$\text{Almidón puro y seco} = \text{Almidón original seco} * \frac{\% \text{ Pureza}}{100}$$

$$\text{Almidón original} = \frac{\text{Almidón puro seco}}{\frac{100 - \% \text{ humedad}}{100} * \frac{\% \text{ Pureza}}{100}}$$

Para realizar las mezclas, se tomó en cuenta como referencia otros métodos ya aplicados, donde se determinó la concentración de la mezcla con base a la pureza del almidón (Ramos, 2016).

- Para determinar el % de Almidón se aplicó la siguiente formula:

$$\%Almidón = \frac{\text{Peso almidón}}{\text{Peso mezcla}} \times 100$$

- Para el % de Solución de ácido acético (se trabajó con una solución de concentración 5% de ácido acético) se aplicó la siguiente formula:

$$\%Solución \text{ ácido acético} = \frac{\text{Peso sol ácido acético}}{\text{Peso mezcla}} \times 100$$

- Para el % de Glicerina se aplicó la siguiente formula:

$$\%Glicerina = \frac{\text{Peso glicerina}}{\text{Peso almidón}} \times 100$$

Diseño experimental:

Tabla 6.

*Variables Independientes.*

N°	Factor		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	Ác. Acético (g)	A	0%	50%	10%
2	Glicerina (g)	B	20%	40%	50%
CONSTANTE EN CADA CORRIDA	Almidón (g) capiro	C1		10%	
	Almidón (g) superchola	C2		10%	
	Agua		600%		
	Temperatura de secado de la película (°C)		50		

Tabla 7.

*Tratamientos en base del Diseño experimental.*

<b>N°</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>
<b>1</b>	C1A1B1
<b>2</b>	C1A1B2
<b>3</b>	C1A1B3
<b>4</b>	C1A2B1
<b>5</b>	C1A2B2
<b>6</b>	C1A2B3
<b>7</b>	C1A3B1
<b>8</b>	C1A3B2
<b>9</b>	C1A3B3
<b>10</b>	C2A1B1
<b>11</b>	C2A1B2
<b>12</b>	C2A1B3
<b>13</b>	C2A2B1
<b>14</b>	C2A2B2
<b>15</b>	C2A2B3
<b>16</b>	C2A3B1
<b>17</b>	C2A3B2
<b>18</b>	C2A3B3

Una vez ya obtenido las mezclas se procedió la elaboración del bioplástico según las metodologías propuestas por Meza, (2016), y Terrazas et al. (2015):



Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de obtención de biopelícula.

### 3.5. Caracterización de biopelícula

#### 3.5.1. Análisis Sensoriales

Se realizaron pruebas sensoriales, para la identificación de las cinco mejores biopelículas obtenidas, basada en la metodología de Tubón & Lucero, (2013). Donde primero se realizó la caracterización de los principales atributos de las láminas por variedad. Calificándolas por medio de una tabla de puntuación, la cual se estructura de 1 a 9; es decir de mayor a menor puntuación. Donde 1 será (inaceptable) y 9(aceptable), según sea la apariencia del tacto y vista, que estas muestren ante los parámetros organolépticos.

Tabla 8.

Valoración para la calificación sensorial de la biopelícula.

ATRIBUTOS ORGANOLÉPTICOS				PUNTOS
Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte	1 - 9

Tomado de: Tubón & Lucero,(2013)

### **3.6. Determinación de pruebas físico-mecánicas**

El proceso de ensayos de caracterización mecánica de las muestras obtenidas por variedad de cascara de papa, se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP) de la Escuela Politécnica Nacional. Los ensayos realizados se basaron en la norma ASTM D882, para análisis de tracción, la cual requiere muestra de 2,5 cm x 12 cm con 5 repeticiones, para proceder a ser colocadas en la máquina de tracción universal ZWICK ROELL ZO10 (Cavero et al., 2016).

Las condiciones requeridas en la técnica:

Velocidad: 50 mm/min

Gauge Length: 48.70 mm

Separación entre las mordazas: 48.70 mm

Temperatura: 18°C

### **3.7. Determinación de biodegradabilidad**

#### **3.7.1. Método gravimétrico**

El análisis de biodegradabilidad se realizó en base a la metodología de (Peinado, 2015), con algunas modificaciones tomadas de (Pereda, Moreira, Roura, Marcovich, & Aranguren, 2014). Se procedió a cortar las biopelículas por variedad en cuadros de 5 x 5 cm, para después ser colocados en mallas, que ayuden a que estas no se estropeen con el suelo, exista el acceso de microorganismos, y contengan la humedad necesaria para la biodegradación.

Después se las coloco en tarrinas de plástico previamente llenadas de suelo composta de origen orgánico, con alta carga de microorganismos (20.000 millones por gramo de materia seca). Lo cual hace que tenga buenas características de fertilizante biológico a una profundidad de 5 cm de la superficie. Para finalmente realizar agujeros en la tapa de las tarrinas plásticas para asegurar la degradación aeróbica, y poder tomar mediciones de peso al inicio, a los 5,10, y 15 días. Cabe recalcar, que para la toma de datos se

procedió primero a secar las láminas enterradas a temperatura ambiente por 15 minutos, para lograr obtener su peso en seco. (Pereda et al., 2014).

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

$P_i$  = Peso inicial seco de la lámina de bioplástico.

$P_f$  = Peso final seco de la lámina de bioplástico.



*Figura 19.* Diagrama de flujo del proceso de biodegradabilidad de la biopelícula por variedad.

### 3.7.2. Método microbiológico

Se procedió a usar 15 tubos para cada lamina por variedad, con 3 repeticiones cada uno. Donde se inició esterilizando todo el material: los tubos de ensayo con tapa, pinzas, muestras de bioplástico y pipetas de 10 y 5 ml en el equipo de autoclave BKQ- B7511. Una vez esterilizados los materiales, se procedió a añadir 10ml de medio mineral (*Burchnel Has Brot*), el cual está compuesto de sulfato de magnesio, calcio, fosfato, nitrato de potasio. Para después colocar 2ml de *Pseudomona* (AP), y consecuentemente 1gr de la muestra de película plástica. Recalcando que es la única fuente de CO<sub>2</sub>, para la cepa.

Una vez realizado el paso anterior, se tomó la primera medición de turbidez antes que se dé la incubación de la cepa AP, con la ayuda de un espectrofotómetro (uv/vis), luego se colocaron los tubos en la incubadora a 27°C por 48 horas, para finalmente tomar datos de absorbancia con unidades experimentales en un lapso de 4 días, y de esta manera poder identificar si existe biodegradabilidad en las biopelículas.

### 3.8. Análisis de datos.

Los datos se evaluaron, para poder aplicar un análisis paramétrico o no paramétrico. Primero, se inició realizando el promedio de datos obtenidos en cada proceso por variedad. Para después obtener el promedio de cada uno de los ensayos realizados, las cuales se transformaron a LOG(X)+1, en caso de que se deba lograr la homogeneidad de varianzas. Luego se dio corrida a la prueba de LEVENE para confirmar dicha homogeneidad. Y así finalmente comparar las medias, de las relaciones a través de un análisis de varianza (ANOVA). Donde se registró el nivel de significancia ( $p$ ) y la distribución de probabilidad continua (F) en cada análisis.

Para los casos que obtuvieron una diferencia significativa con respecto a ( $p$ ) se realizó la prueba LSD, para identificar cual tuvo mayor incidencia en los resultados de comparación múltiple con respecto a otros resultados. Mientras que para los casos de valores que no presenciaron una distribución normal, se

realizó el análisis Kruskal-Wallis, en donde se identifica la distribución de las medias expresadas como JI. Cuadrado, grados de libertad (df) y las diferencias significativas de la prueba no paramétrica (H).

#### 4. CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1. Rendimiento del método de extracción de almidón

Tabla 9.

*Rendimiento de los ensayos de extracción de almidón obtenidos por variedad de residuo.*

N° Repetición	Rendimiento base húmeda (%) almidón de superchola	Rendimiento base húmeda (%) almidón de capiro
1	2.71%	2.17%
2	1.62%	1.61%
3	2.61%	2.13%
4	2.75%	2.18%
5	2.17%	2.34%
6	1.46%	1.37%
<b>Promedio</b>	<b>2.2%</b>	<b>1.97%</b>

Datos referidos en el promedio del rendimiento de ensayo por repetición

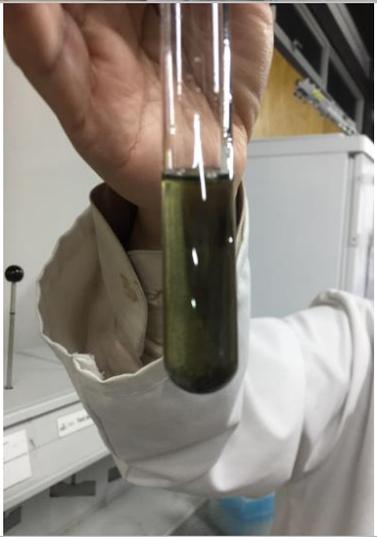
Los porcentajes obtenidos indican que el rendimiento de la variedad de almidón extraído de residuos de papa superchola y capiro poseen ligeras variaciones, que van en un rango del (1% al 2%).

Analizando el rango del promedio obtenido con otros estudios ya realizados por (Guamán, 2019), en donde se realizó el mismo proceso de extracción de almidón, pero con un rendimiento del (1,47% al 5,78%), debido a que en él se usó mayor cantidad de residuos que en el presente estudio. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio se encuentran en un rango aproximado del rendimiento obtenido por (Guamán, 2019).

#### 4.2. Presencia de almidón por método cualitativo

Tabla 10.

*Análisis cualitativo de presencia de almidón por variedad de residuo.*

Análisis Cualitativo	Presencia de Almidón
<b>Superchola</b>	
<b>Capiro</b>	

Color negro, determina la presencia de almidón.

Se logró observar que existe la presencia de almidón por la formación complejo yodo almidón, en donde claramente se denoto el color negro respectivamente por variedad de residuos de tubérculo.

#### 4.3. Pureza de almidón por variedad de residuo de papa para la obtención de la biopelícula

Tabla 11.

*Datos promedio usados de los análisis para la obtención de Pureza.*

<b>CAPIRO</b>				
Humedad %	Cenizas %	Proteína cruda %	Fibra cruda %	Pureza %
18.097	0.646	0.870	1.010	97.474
<b>SUPERCHOLA</b>				
Humedad %	Cenizas %	Proteína cruda %	Fibra cruda %	Pureza %
14.142	1.992	0.825	0.980	96.203

Los datos obtenidos de pureza entre el 97,474% y 96.203%, de las distintas variedades superchola y capiro, muestran que los dos almidones cuentan relativamente con una mínima variación de pureza. Sin embargo, esa leve variación depende de los factores de humedad, cenizas, proteína, y fibra que cada uno posee.

#### 4.4. Calificaciones sensoriales

Tabla 12.

*Calificación sensorial, según sea la apariencia del tacto y vista de las diferentes combinaciones, para la elaboración de biopelículas obtenidas a base de residuos de dos diferentes variedades de papa.*

<b>Combinaciones</b>	<b>Translucido (1 – 9)</b>	<b>Lisa (1 – 9)</b>	<b>Flexible (1 – 9)</b>	<b>Fuerte (1 – 9)</b>	<b>Promedios sensoriales</b>	<b>Selección de biopelícula</b>
C1A1B1 C2A1B1	7	6	8	7	7	<b>SI</b>
C1A1B2 C2A1B2	6	7	6	6	6.25	<b>SI</b>
C1A1B3 C2A1B3	9	8	7	9	8.25	<b>SI</b>
C1A2B1 C2A2B1	3	3	4	3	3.25	<b>NO</b>
C1A2B2 C2A2B2	2	4	2	2	2.5	<b>NO</b>
C1A2B3 C2A2B3	1	2	1	1	1.25	<b>NO</b>

C1A3B1 C2A3B1	5	5	3	5	4.5	SI
C1A3B2 C2A3B2	4	1	5	3	3.25	NO
C1A3B3 C2A3B3	8	9	9	8	8.5	SI

El rango de calificación va de 1 a 9, donde 1 será (inaceptable) y 9 (aceptable).

C1: Almidón capiro

C2: Almidón superchola

Por medio de las calificaciones otorgadas a las diferentes biopelículas obtenidas por variedad de residuo de papa, identificadas en la (Tabla 12), se determinó que las mejores combinaciones por medio de las calificaciones sensoriales fueron: (C1A1B1, C1A1B2, C1A1B3, C1A3B1, C1A3B3, C2A1B1, C2A1B2, C2A1B3, C2A3B1, C2A3B3). Debido a que poseen una buena apariencia, flexibilidad, dureza, y transparencia con respecto a los otros tratamientos, que poseen una baja calificación.

#### 4.5. Caracterización de ensayos físicos y mecánicos

Tabla 13.

*Datos de las medias de las 5 repeticiones por combinación de pruebas físico-mecánicas (tracción, compresión y torsión), que describen el comportamiento de las biopelículas obtenidas a base de almidón extraído de residuos de dos variedades de papa, con diferentes combinaciones de aditivos.*

IDENTIFICACIÓN DE MEZCLA SUPER CHOLA							
COMBINACIÓN	Ac. Acético (A) %	Glicerina (B) (%)	Almidón (C) %	ESPESOR	FACTOR DE ROTURA(N/m)	FUERZA DE TENSIÓN (Mpa)	ELONGACIÓN DE ROTURA (%)
C2A1B1	0	20	10	0.28930	543	1.84	40
C2A1B2	0	40	10	0.23310	668	2.82	28
C2A1B3	0	50	10	0.26420	359	1.43	31
C2A3B1	10	20	10	0.26100	445	1.73	46
C2A3B3	10	50	10	0.30980	638	2.01	44
IDENTIFICACIÓN DE MEZCLA CAPIRO							

COMBINACIÓN	Ac. Acético (A) %	Glicerina (B) (%)	Almidón (C) %	ESPESOR	FACTOR DE ROTURA(N/m)	FUERZA DE TENSION N (Mpa)	ELONGACIÓN DE ROTURA (%)
<b>C1A1B1</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0.25950</b>	<b>1010</b>	<b>3.98</b>	<b>46</b>
<b>C1A1B2</b>	0	40	10	0.38770	494	1.28	31
<b>C1A1B3</b>	0	50	10	0.33990	492	1.42	36
<b>C1A3B1</b>	10	20	10	0.31120	269	0.90548	32
<b>C1A3B3</b>	10	50	10	0.36670	588	1.61	44

Tracción: Es aquella en donde se aplican fuerzas que traten de alargar la probeta.

Comprensión: Es aquella en donde se aplican fuerzas para acortar la probeta.

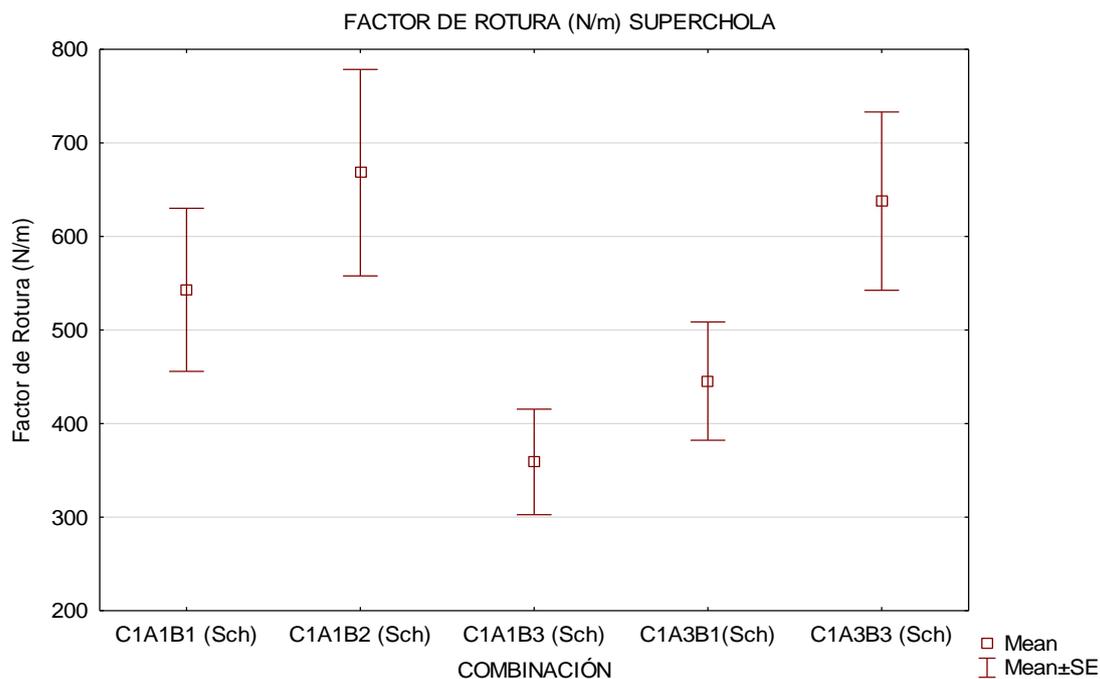
Torsión: Es aquella en donde se aplican fuerzas que tratan de hacer girar la probeta, alrededor de un eje.

Las medias obtenidas de las repeticiones realizadas, en cuanto a las pruebas físico – mecánicas como se indica en la (Tabla 13) nos muestran que, entre las mejores biopelículas por variedad, se encuentran la C2A1B2 con 0% de ácido acético, 40% de glicerina, y 10 % de almidón de superchola, y la C1A1B1, que posee 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón de capiro. Por lo tanto, al diferenciar sus resultados obtenidos, entre factor de rotura (N/m), fuerza de tensión (Mpa) y elongación (%), la que mejores resultados obtuvo entre las dos biopelículas fue la C1A1B1 en base al 10% de almidón de capiro, con un factor de rotura de 1010 (N/m), fuerza de tensión de 3.98 (Mpa), y con 46% de elongación.

Por lo tanto, al poder identificar dicho resultado entre variabilidad de almidón, junto a la cantidad de aditivos (glicerina, y ácido acético), se obtuvieron resultados por ensayo físico- mecánicos, en donde se demostró que:

#### Factor de rotura.

Como se observa en la (figura 20) no existe significancia entre las biopelículas obtenidas a base de superchola, sin embargo, el punto más elevado en función de su alargamiento (N/m), fue la C1A1B2 (Sch), la cual está constituida por 0% de ácido acético, 40% glicerina, y 10% de almidón.

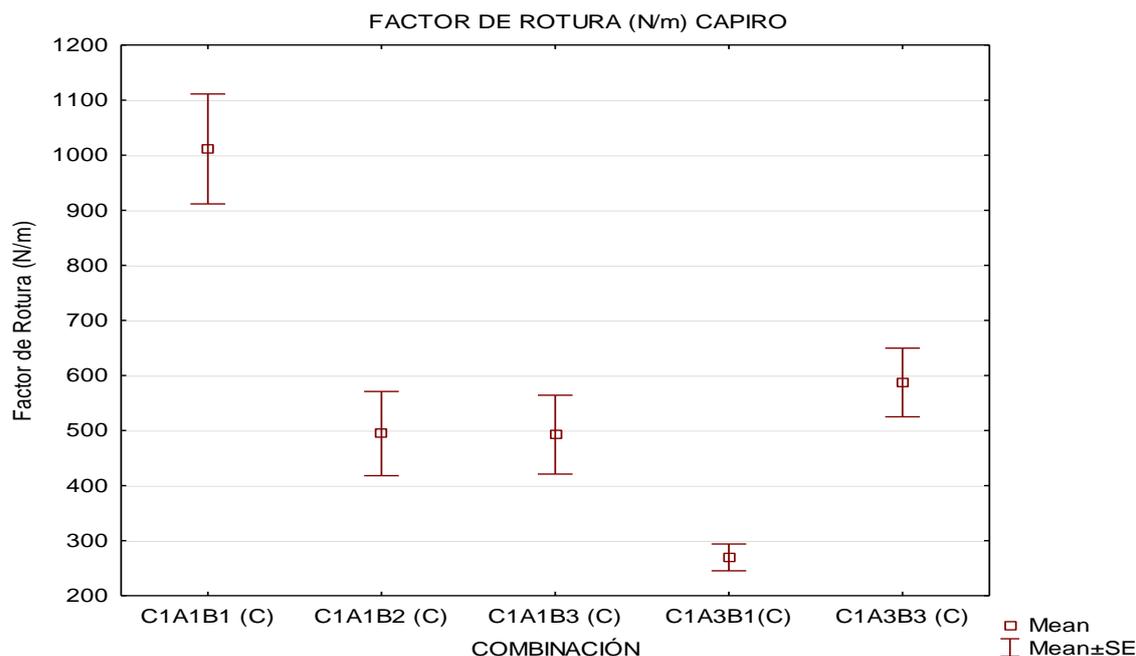


Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones.

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 20.* ANOVA  $F(4, 20) = 2.3346$ ,  $p = .09066$  Combinación de mezcla superchola por punto más alto en función de su alargamiento.

En cuanto el factor de rotura en las biopelículas realizadas con almidón de capiro, como se observa en la (Figura 21), se identificó que existe una significancia entre la C1A1B1 (C) con la C1A3B1(C), respectivamente  $p = .00001$  señalando que la diferencia entre ellas fue la cantidad de aditivos, donde la C1A1B1(C), está constituida de un 0% de ácido acético, 20% de glicerina, y 10% de almidón y C1A3B1(C) lleva un 10% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, denotando que en dichos tratamientos, para la caracterización de factor de rotura existió un punto óptimo de plastificante (glicerina), que fue del 20%, y en cuanto al ácido acético la cantidad del mismo, ocasiono que baje el factor de rotura.



Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones.

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 21.* ANOVA  $F(4, 20) = 14.597$ ,  $p = .00001$  Combinación de tratamiento con almidón de capiro por punto más alto con respecto a la tensión de rotura en función de su alargamiento.

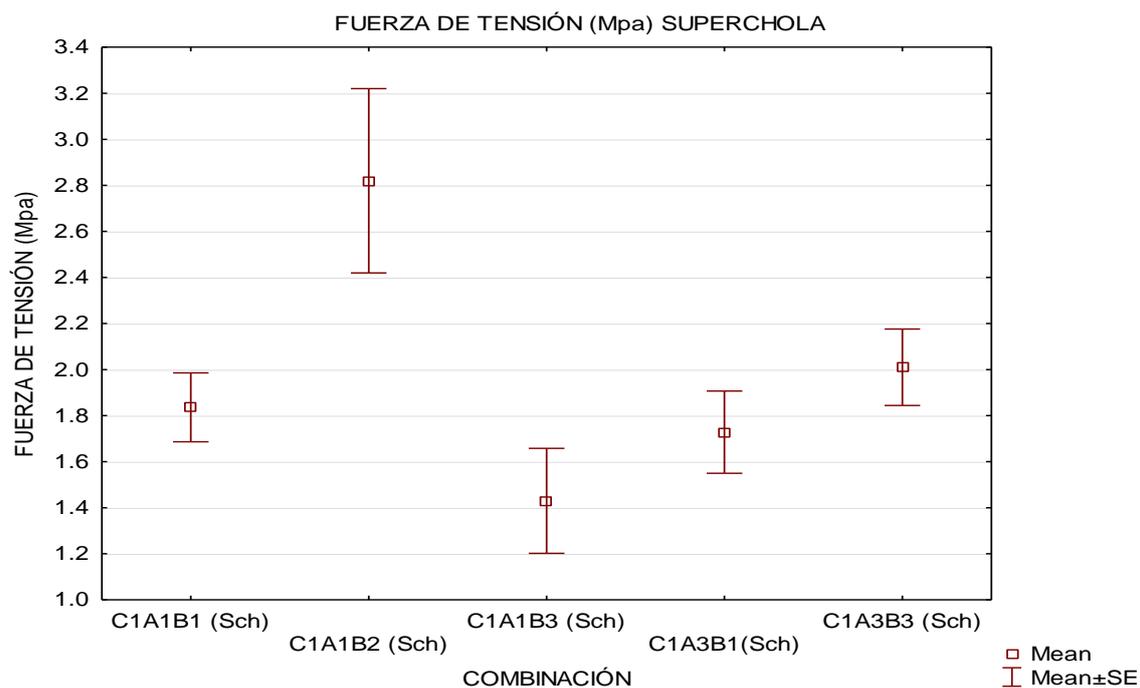
Diferenciando los resultados obtenidos por parte de las dos variedades de capiro y superchola, por medio de la prueba LSD se observa que existe una significancia  $p = .00002$ . Señalando que entre las dos se denota que la presencia de ácido acético y glicerina tiene un efecto con respecto al factor de rotura.

Donde la variación del tratamiento C1A1B1 (C), que se destaca entre las dos variedades posee un 20% de glicerina, 0% de ácido acético, y 10% de almidón, y la más baja es la C1A1B2 (Sch), que tiene 0% de ácido acético, 40% de glicerina, y 10% de almidón. Donde se identifica que el plastificante (glicerina) posee un punto óptimo que va del 20% al 40%, y el efecto que causa el ácido acético para cualquiera de las dos variedades tiende a bajar el factor de rotura.

En un estudio ya realizado por Arena & Diana, (2019), menciona que La reacción de polimerización o de cocción del almidón, es un proceso que depende de los elementos de agregación al gránulo de almidón obtenido, ya que se crean ciertos enlaces con hidrógenos libres posterior a su modificación química, los cuales se verán establecidos con materiales como etanol, glicerina, agua y alcohol isopropílico, de los cuales en el presente estudio se usaron: glicerina, ácido acético y agua , mismos que al hacer interacción química con el almidón no deben ir en proporciones elevadas, ya que el exceso de estos aditivos causaría que la biopelícula pierda características, en cuanto a su factor de rotura.

#### Fuerza de Tensión.

La resistencia que poseen las biopelículas con almidón de superchola en el límite de elasticidad de su fuerza de tensión, no cuentan con una significancia. Tal como se observa en la (Figura 22). Sin embargo, se identifica que la biopelícula C1A1B2 (Sch) con 0% de ácido acético, 40 % de glicerina, y 10% de almidón, es la que posee la fuerza de tensión máxima a comparación a las otras.

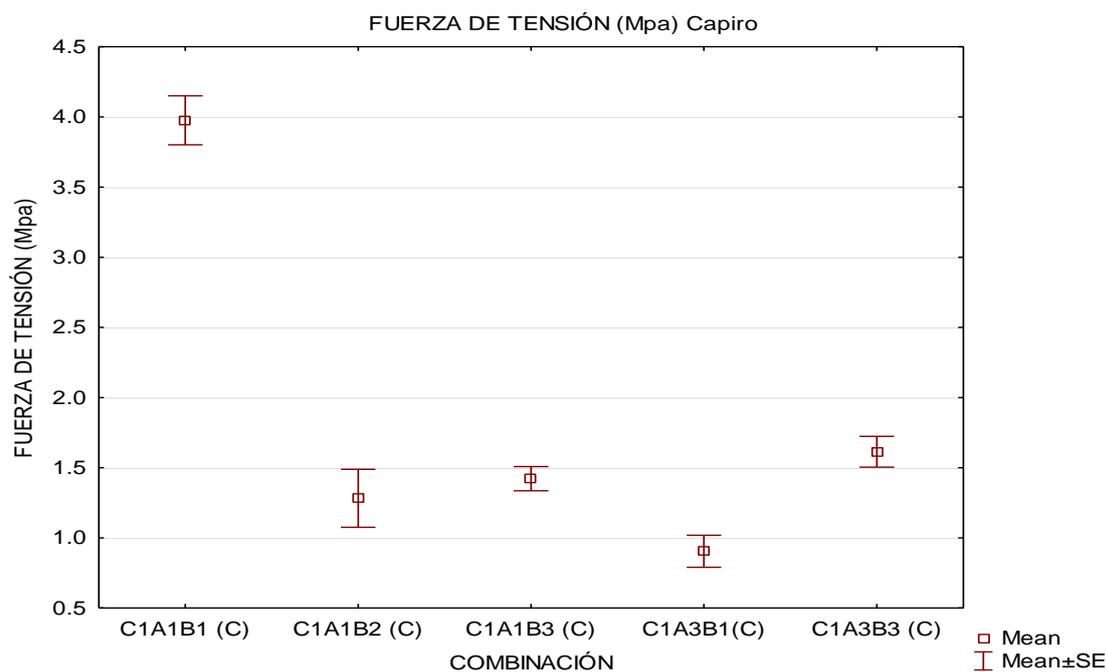


Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 22.* ANOVA F (4, 20) =4.6454,  $p=0.00815$  Combinación de mezcla Superchola, por punto más alto con respecto a su fuerza de tensión.

Las biopelículas a base de almidón de capiro, muestran una significancia  $p=0.00000$ . Tal como se observa en la (Figura 23), donde la mejor biopelícula fue la C1A1B1 (C), constituida con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, a diferencia de la biopelícula C1A3B1(C) con 10% de ácido acético, 20% de glicerina, y 10% de almidón, que es aquella que posee un menor punto de fuerza de tensión Mpa. Por lo que se pudo determinar que el porcentaje de glicerina tiene una gran influencia en el factor de tensión de los tratamientos, misma que presentó un punto óptimo del 20%.



Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 23.* ANOVA  $F(4, 20) = 70.726$ ,  $p = .00000$  Combinación de mezcla Capiro, por punto más alto con respecto a su fuerza de tensión.

Comparando los resultados obtenidos entre las biopelículas obtenidas por las dos variedades, se evidencia una gran diferencia significativa entre ellas. Donde la combinación C1A1B1 (C) con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, con respecto a todas las otras combinaciones, tanto para capiro, como para superchola, se encuentra en el punto superior que las otras.

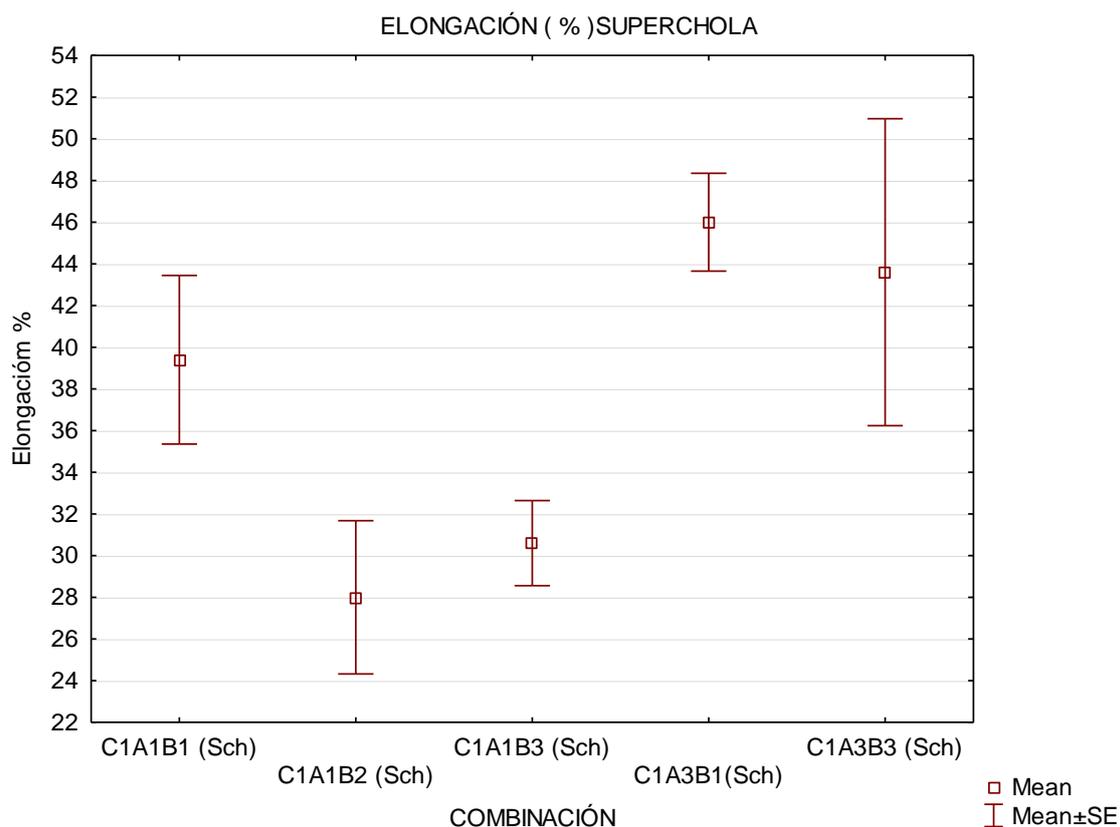
Se debe señalar que la misma prueba mecánica se realizó en otro estudio por Arena & Diana, (2019) , en el cual se usó almidón de papa capiro, para la obtención de películas plásticas. En donde se menciona que el aumento de la fuerza de tensión va con respecto a las propiedades con las que según sea realizado el proceso, comparándolo con un material polimérico como es el polietileno de baja densidad, el cual es usado con frecuencia en el área

industrial que posee una resistencia a la fuerza de tensión entre 3 a 55 Mpa con dureza del 91%. Por lo tanto, al comparar nuestro resultado que es de 3.98 Mpa de la biopelícula C1A1B1 (C). La cual se muestra entre el rango que posee un polietileno de baja densidad, lo que quiere decir que la presente mezcla cuenta con muy buenas propiedades mecánicas de fuerza de tensión.

#### Porcentaje de elongación.

Los resultados obtenidos, con respecto al porcentaje de elongación son aquellos que se dan después de la fractura que tienen las distintas películas. En donde se identifica por medio de la (Figura 24), que no existió diferencia significativa entre las biopelículas a base de almidón de superchola. Observando que la que tiene el mayor punto de % de elongación fue la C1A3B1 (Sch), que está constituida por 10% de ácido acético, 20 % glicerina, y 10 % de almidón, lo que la diferencia de las otras biopelículas, que posee el % de elongación más baja.

Identificando, que el porcentaje de elongación en los tratamientos entre la variación de glicerina de 20,40 y 50 %, tiene un efecto en cuanto a las características físico-mecánicas de las biopelículas. Donde la que posee menor cantidad de glicerina es la que posee mayor porcentaje de elongación.

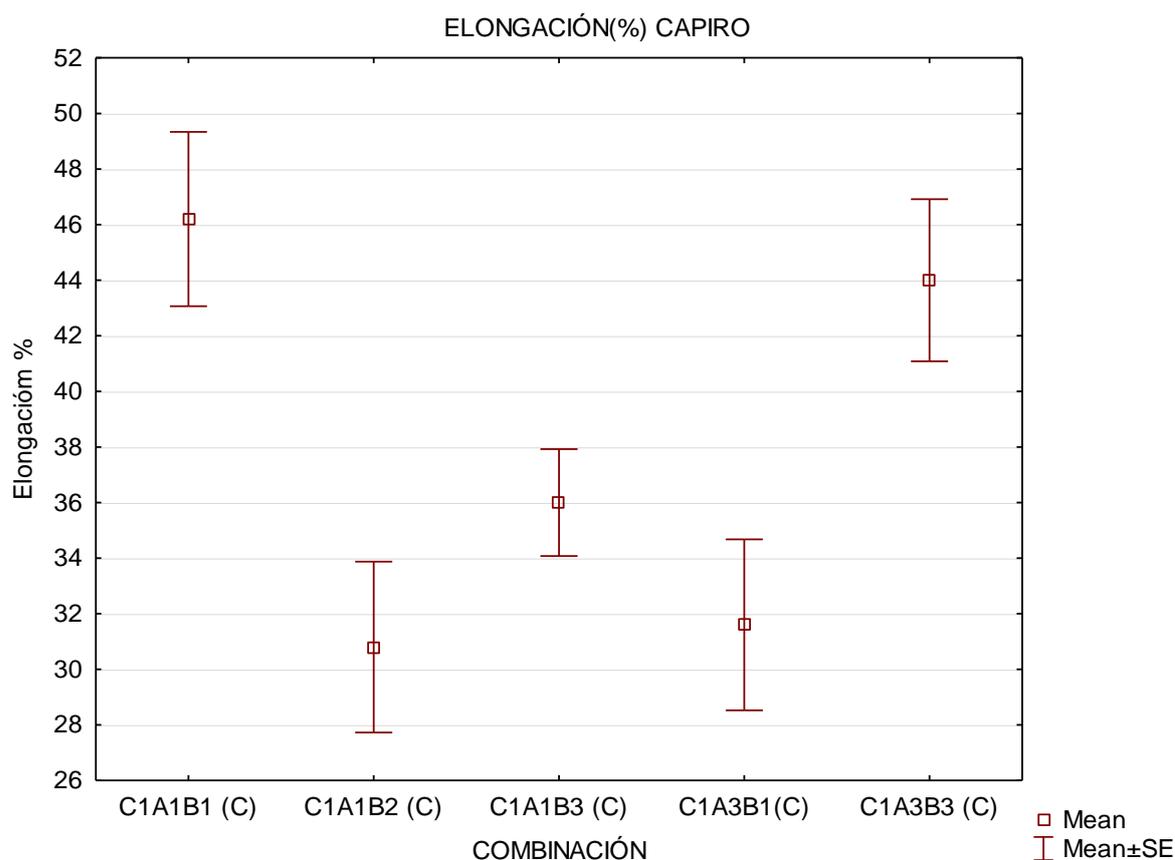


Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 24.* ANOVA  $F(4, 20) = 3.3446$ ,  $p = 0.02987$  Combinación de mezcla superchola, con respecto al porcentaje de elongación más alto.

El porcentaje de elongación en las combinaciones, de uso de almidón Capiro, dio una significancia entre ellas  $p = 0.00224$ , tal como se muestra en la (Figura 25), donde el mayor porcentaje de elongación posee la biopelícula C1A1B1 (C), que está constituida por 0% de ácido acético, 20 % de glicerina Y 10 % de almidón, y la que tuvo el % más bajo fue la C1A1B2 (C), que posee 0% de ácido acético, 40% de glicerina y 10% de almidón. Identificando que la cantidad de glicerina influye en el porcentaje de elongación que tengan las combinaciones.



Mean: Muestran las medias calculadas por las 5 repeticiones

Mean +/- SE: Denotas +/- errores estándar

*Figura 25.* ANOVA  $F(4, 20) = 6.0957$ ,  $p = .00224$  Combinación de mezcla Capiro con respecto al porcentaje de elongación más alto, considerando 5 repeticiones por combinación.

Al realizar el análisis de comparación entre las biopelículas obtenidas por variedad, se pudo observar que existe una gran significancia. Donde la que mayor porcentaje de elongación obtuvo, fue la C1A1B1 (C) con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, con respecto a las demás. Sin embargo, la combinación con almidón de super chola C1A3B3 (Sch) con 10% de ácido acético, 20% de glicerina, y 10% de almidón, nos lleva a determinar que la variabilidad de ácido acético o glicerina tiene un gran efecto con respecto a la elongación de las probetas.

Al comparar los resultados obtenidos con el estudio realizado por Arena & Diana, (2019). Donde obtienen una elongación máxima entre 16.41% y un 41.49%, los cuales son comparados con el porcentaje de alargamiento de un polietileno de baja densidad, de 5 al 50 %. Estableciendo que la película obtenida por parte de ellos a base de almidón resulta satisfactoria, debido a que cumple con la norma técnica ASTM D - 638, considerándose que se logra obtener un material competitivo con respecto a los polietilenos de baja densidad.

Por lo cual los datos obtenidos en el presente estudio del 46 % de elongación para las dos variedades, cumplen con la norma técnica ASTM D-638, y al comparar con el porcentaje de los polietilenos de baja densidad, muestra un resultado satisfactorio debido a que se encuentra en el rango. Cabe mencionar que la norma a la que se basó el presente estudio fue ASTM D882, sin embargo se menciona por (Machado, 2012), que la norma ASTM D882, se asemeja a la norma ASTM D-638 usada para las pruebas físico mecánicas realizadas por Arena & Diana, (2019).

#### **4.6. Resultados de Biodegradabilidad**

##### **4.6.1. Método Gravimétrico**

Como se observa en la (Figura 27), la pérdida de peso de las biopelículas fue notable, debido a que el porcentaje de pérdida fue aumentando en el transcurso de los días. Del cual la que muestra mayor pérdida de peso en cuanto a la combinación con almidón de Super chola fue la C2A1B3 con 0% de ácido acético, 50% de glicerina y 10% de almidón, que inicio con 0%, y termino con 79 % del día 15 de pérdida, a diferencia de la C2A1B2 con 0% de ácido acético, 40% de glicerina y 10% de almidón, con peso inicial de 0% a un final de 62% de pérdida.

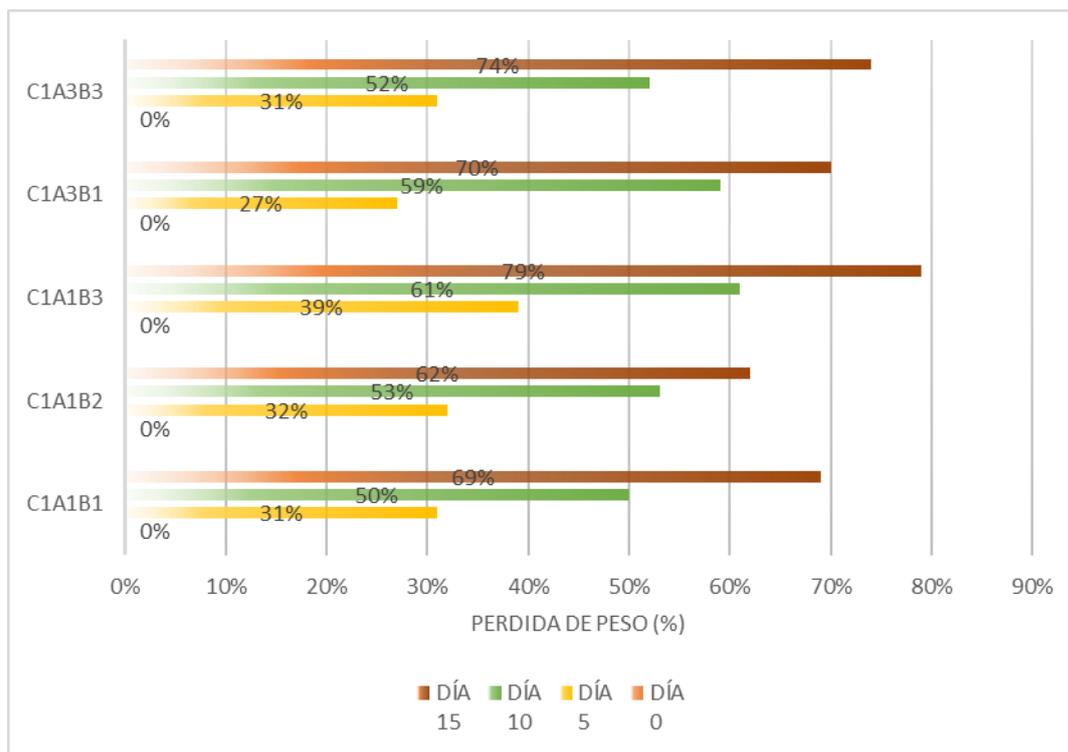


Figura 27. Pérdida de peso de la biopelícula a base de almidón (superchola).

En cuanto a la pérdida de peso de las biopelículas obtenidas a base al almidón de capiro como se muestra en la (Figura 28), se observa que existió pérdida de peso al pasar los días. Donde la que mayor pérdida de peso obtuvo fue la biopelícula C1A3B1 con 10% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, la cual inicio pesando 0% y terminó pesando 79%, y la que obtuvo un bajo peso, fue la biopelícula C1A1B2, con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, la cual inicio con 0% de pérdida, y terminó con 71%.

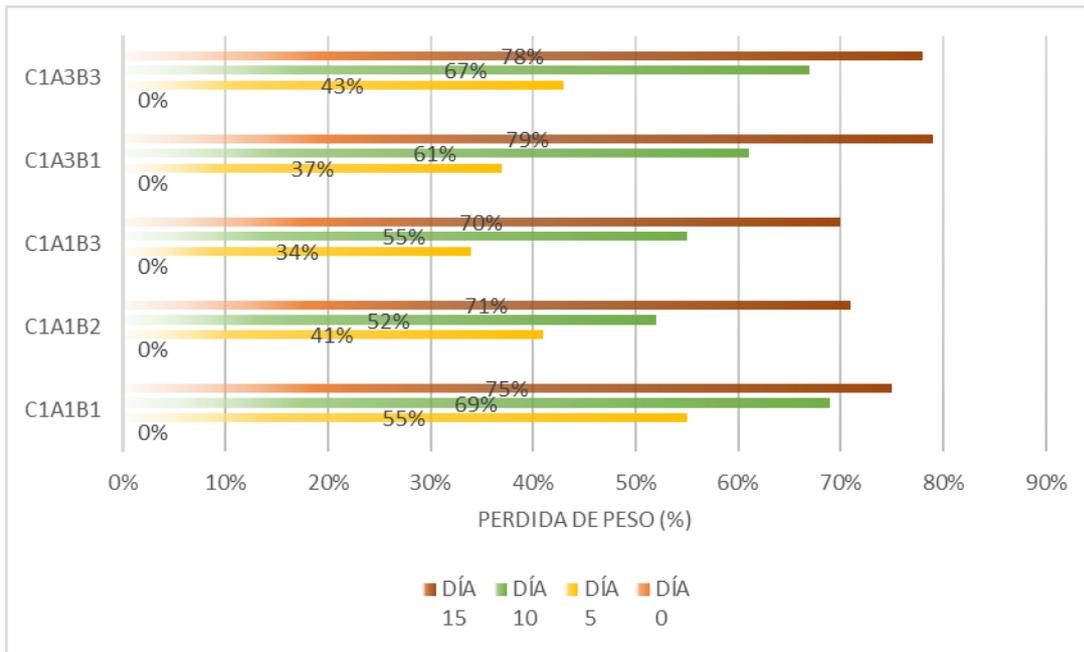


Figura 28. Pérdida de peso de la biopelícula a base de almidón (Capiro).

Comparando los resultados obtenidos, podemos demostrar que la pérdida de peso fue notable para las películas a base de almidón de capiro, como de superchola. Identificando que el porcentaje de pérdida a los 15 días fue de un 79% para las dos variedades. Analizando que la cantidad de aditivos de glicerina, como ácido acético pudo haber sido lo que daba la significancia en cuanto a su porcentaje de pérdida, mas no la variabilidad de almidón. Debido a que el almidón es un material orgánico.

En el estudio realizado, por Arena & Diana, (2019), menciona que el tiempo de degradación que posee un material a base de almidón de papa cada 65 horas, tiene una pérdida del 0.0091%, dato que al hacerlo referencia a la cantidad de % de pérdida en los 15 días del presente estudio, se puede determinar que existe una buena degradabilidad.

#### 4.6.2. Método microbiológico

Como indica la (Figura 29) con respecto a los datos obtenidos de turbidez, podemos identificar que, de la toma inicial a la toma final existió un aumento de turbidez, con una tendencia más elevada a biodegradarse según el tipo de tratamiento con el que se realizó la biopelícula. Donde la muestra C1A1B2 con 0% de ácido acético, 40% de glicerina, y 10% de almidón muestra un aumento de turbidez que las otras.

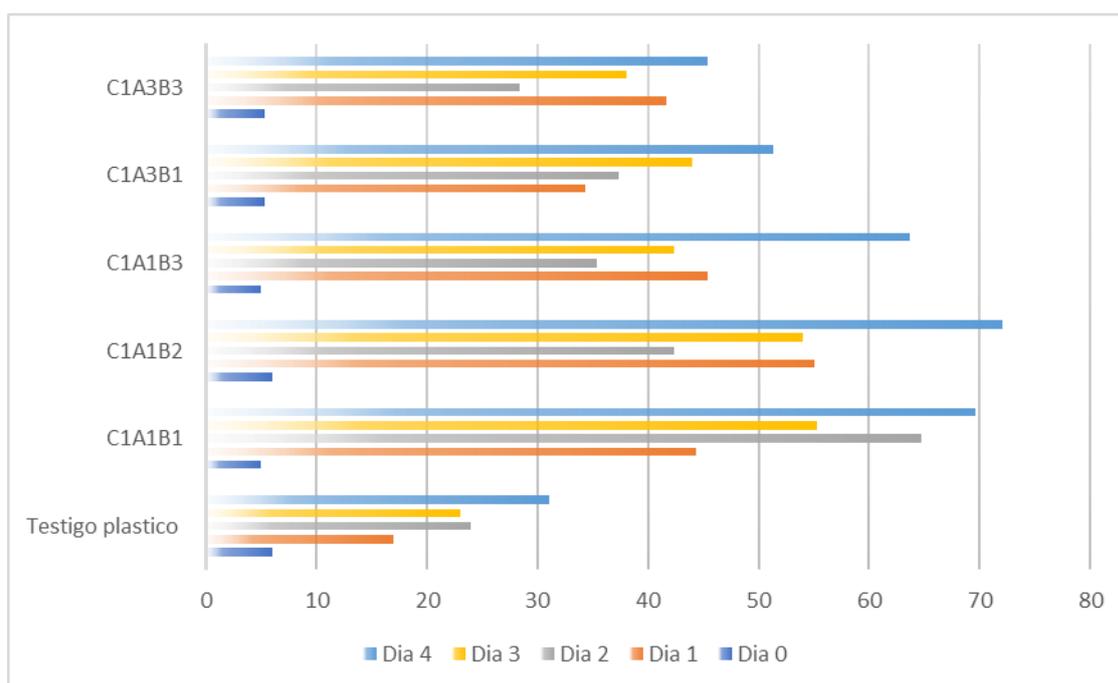
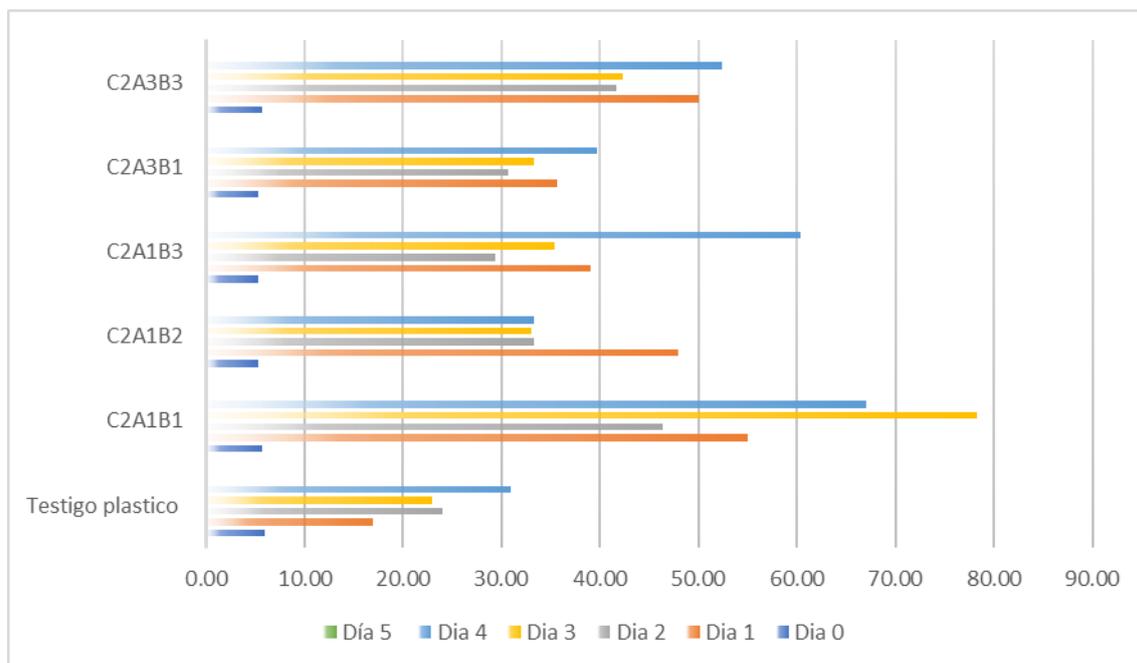


Figura 29. Datos de turbidez de las biopelículas a base de almidón (capiro).

Los datos obtenidos de turbidez, con respecto a las biopelículas a base de almidón de superchola, como se muestra en la (Figura 30) se evidencia que existe mayor variación de datos de turbidez, donde la que posee mayor turbidez es la C2A1B1 con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, con respecto a la toma inicial y final.



*Figura 30.* Datos de turbidez de las biopelículas a base de almidón (superchola).

Comparando los dos resultados obtenidos por variedad, se puede determinar que las biopelículas elaboradas a base de almidón de capiro y superchola son biodegradables debido al aumento de turbidez. Aunque entre ellas la que más turbidez tubo, fue la C2A1B1 de superchola con 0% de ácido acético, 20% de glicerina y 10% de almidón, que las otras. Identificándose que las partes de biomasa del plástico fueron metabolizando, y transformándose en biomasa microbiana, debido a que su única fuente de CO<sub>2</sub> fue la película a base de almidón. Considerándose que este posee propiedades microbianas.

## 5. CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El método seleccionado de decantación (base húmeda), usado para extraer el almidón de los residuos de papa superchola y capiro, tuvieron un rendimiento similar entre los dos, debido a que la cantidad de residuo triturado fue la misma. Determinándose que, entre mayor cantidad de residuo, mayor rendimiento.

El proceso de elaboración de las biopelículas biodegradables mostró que la adición de plastificantes afecta a la microestructura. Debido a que, a mayores proporciones de ácido acético y glicerina, con relación al almidón, estas desmejoran las características físico-mecánicas de las biopelículas, por lo que no todas ellas fueron factibles para los pruebas físico-mecánicas.

En cuanto a la calidad de las biopelículas obtenidas a base de los almidones de superchola y capiro, mediante las pruebas físico mecánica. Determinaron que la mejor fue la C1A3B1(Sch) de espesor 0.26100 mm, con factor de rotura de 445 N/m, fuerza de tracción de 1.73 Mpa y con un 46 % de elongación de rotura, y en el caso de capiro fue la C1A1B1(C), de espesor de 0.2595 mm, con un factor de rotura de 1010 N/m, fuerza de tensión de 3.98 Mpa y con 46% de elongación. Que, al ser comparadas entre ellas, no se obtuvo una significancia elevada. Sin embargo, la que mejores características tubo, fue la biopelícula a base de almidón de capiro, que cabe señalar dicho almidón obtuvo una mejor pureza, y al haber sido comparado con un polímero de baja densidad (usado con frecuencia a nivel industrial), cuenta con una elongación entre valores del 5 al 50 %, resistencia a la tensión entre los 3 y 55 Mpa, Lo cual señala que la biopelícula C1A1B1 de capiro se encuentra entre dichos rangos, determinando que esta biopelícula posee buenas propiedades mecánicas, pudiendo llegar a competir con polímeros de baja densidad, transformándose en el remplazo de los mismos en los materiales como: tapas, coberturas y fibras de refuerzo.

Las pruebas de biodegradabilidad por los dos métodos realizados determinaron que se asegura la pérdida de peso de la biopelícula obtenida por variedad. Lo

que podría hacer que el uso de estos bioplásticos para procesos realizados en compostaje sea factible por su rápida degradación, ya que en 15 días por el método gravimétrico se perdió un 97% de peso, y por el método microbiológico se identificó que el material en primera instancia posee propiedades microbianas, debido a que es un material orgánico.

## **5.2. Recomendaciones**

Por medio del presente estudio, al analizar el método realizado se recomienda que en el proceso para la extracción de almidón en la parte de trituración se lo realice no únicamente con ayuda de un solo equipo, debido a que por ser el más importante dentro del método de decantación este podría tener mejores condiciones, si se lo realiza con nuevas y mejores tecnologías.

Con respecto al proceso de obtención de la biopelícula se aconseja que el proceso de secado no sea mayor a 50°C durante 24h, debido a que la película podría secarse demasiado y no formarse.

Finalmente se recomienda realizar un análisis económico debido al rendimiento obtenido, para ver la factibilidad de la producción de la biopelícula como un sustituto predeterminado de polietileno de baja densidad.

## REFERENCIAS

- Acosta, J., Gomajoa, H., Benavides, Y., Charfuelan, A., & Valenzuela, F. (2018). *Investigation / research*.
- Alvarez, R., Socorro, M., & Moreno, J. (2011). *Descripción de variedades de Papa*. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16246/40293\\_25148.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16246/40293_25148.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andrade, H., Bastidas, O., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la Papa en Ecuador* (INIAP-CIP). Quito- Ecuador.
- Arapoglou, D., Varzakas, T., Vlyssides, A., & Israilides, C. (2010). Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*, 30(10), 1898-1902. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.017>
- Araucan, L., & Lagos, L. (2011). *Fundación para la Innovación Agraria Producción y Comercialización de la Papa*. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de [https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75500\\_archivo\\_01.pdf](https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75500_archivo_01.pdf)
- Arena, C., & Diana, P. (2019). *Evaluación Del Proceso De Modificación De Almidón De Papa Mediante Acetilación Y Oxidación, Para Su Aplicación Como Excipiente En La Industria Farmacéutica A Nivel Laboratorio*. 373426. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6043/1/6111689-201-1-IQ.pdf>
- Arias, I., & Cruz, C. (2019). *Bioplásticos elaborados a partir de materiales orgánicos*. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <http://www.acmor.org.mx/sites/default/files/1bioplasticos.pdf>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao*, 163, 134. <https://doi.org/9253056770-9789253056774>
- Augusto, S., Rivera, H., Gándara, J. M., Berenice, L., & Ortigoza, P. (2015).

- Hydrocarbonoclastic bacteria biodegrading expanded polystyrene. *Foresta Veracruzana*, 17(2), 21-28. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/497/49743956003.pdf>
- Beltrán, M. (2011). Tema 1. Estructura y propiedades de los polímeros. *Polímeros*, 1-42. Recuperado c de <https://core.ac.uk/download/pdf/16369100.pdf>
- Beltran, M., & Marcilla, A. (s. f.). *Estructura Y Propiedades De Los Polimeros*. 1-54. Recuperado el 9 de diciembre de 2019, de <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf>
- Buitrago, G. V., López, A. P., Coronado, A. P., & Osorno, F. L. (2004). Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1), 102-110. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662004000100015>
- Cavero, A., Arturo, H., & Benites, A. (2016). *Evaluation of chemical and mechanical properties of biopolymers by modified potato starch*. 82(3). Recuperado el 8 de diciembre de 2019, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n3/a07v82n3.pdf>
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martínez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S), 122. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- D.F.López- Enriquez, A. Cerón-Cadenas, O. Osorio- Mora, O.E. Checa-Coral, H. . V.-C. (2017). *Evaluación de Propiedades Mecánicas de Películas Biodegradables a Base de Almidón de Papa, Almidón de Yuca y Proteína de Suero de Leche*. 2, 582-587. Recuperado el 9 de diciembre de 2019, de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/10/95.pdf>
- Escacena Ventura, J. M. (2010). Comportamiento a tracción. *Caracterización de las propiedades mecánicas del aluminio 7075-T651*, 3-8. Recuperado el 10 de diciembre de 2019, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4089/fichero/3.pdf>

- FAO. (1999). Análisis físicoquímico del almidón. *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de Yuca.*, 140, 61-134.
- García, D. (2010). *Caracterización Física, Química Y Nutricional De La Papa*. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de file:///C:/Users/MELANY/Downloads/40786\_1 (1).pdf
- Guamán, J. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. *Facultad de ciencias*, 1-54.
- Gunt/ Hamburg. (2018). *Métodos de ensayo mecánicos Ensayo de materiales*. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de [https://gunt.de/images/download/Mtodos-de-ensayo-mecnicos-conocimientos-bsicos\\_spanish.pdf](https://gunt.de/images/download/Mtodos-de-ensayo-mecnicos-conocimientos-bsicos_spanish.pdf)
- Hernández, Torruco, Chel, & Betancur. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718-726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Iranzo Rubio, V. (1946). Ácidos Y Bases. *Anales de la Universidad de Murcia*, (1944). Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de [https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/25521/1/Nº 28 Ácidos y bases.pdf](https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/25521/1/Nº%20Ácidos%20y%20bases.pdf)
- Isique, B. (2017). *Universidad nacional del santa*. Recuperado el 3 de diciembre de 2019, de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3053/47038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Janssen, L., & Moscicki, L. (2006). Thermoplastic starch as packaging material. *Acta Sci.Pol., Technica Agraria*, 5(1), 19-25. Recuperado el 4 de noviembre de 2019, de [http://wydawnictwo.up.lublin.pl/acta/technica\\_agraria/2006/acta\\_tech\\_5\(1\)\\_art\\_02.pdf](http://wydawnictwo.up.lublin.pl/acta/technica_agraria/2006/acta_tech_5(1)_art_02.pdf)
- Jiménez-alvarez, F. J., Téllez-jurado, L., Profesional, U., & López, A. (2010).

Efecto de un aditivo plastificante comercial sobre la estructura cristalina de la plagioclasa utilizada en la fabricación de blocks ligeros de concreto. *Superficies y vacío*, 23, 104-108.

Leiva López, C., & Obando Pérez, R. (2014). Extracción De Almidón a Partir De Variedades De Papa Cultivadas En Nicaragua. *Ingeniería Química*. Recuperado el 4 de noviembre de 2019, de <http://ribuni.uni.edu.ni/1472/1/40038.pdf>

Loyola, N., Oyarce, E., & Acuña, C. (2010). *Evaluación del Contenido de Almidón en Papas*. (2002), 41-52. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v28n2/art05.pdf>

M.Charro. (2015). *Obtención de Plastico Biodegradable a Partir de Almidón de Patata* (Vol. 151). <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

Machado, D. (2012). *Estudio de la Deformabilidad a Tracción de Películas Plásticas: Normas ASTM D638 vs ASTM D882*. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de [file:///C:/Users/MELANY/Documents/udla/decimo/MET/TESIS/PDF TESIS ALMIDON DE PAPA/marco teórico/industrializacion del bio \(2\).pdf](file:///C:/Users/MELANY/Documents/udla/decimo/MET/TESIS/PDF%20TESIS%20ALMIDON%20DE%20PAPA/marco%20teórico/industrializacion%20del%20bio%20(2).pdf)

Mancero, L. (2008). *Estudio de la Cadena de Papa en el Ecuador*. 28. Recuperado el 5 de noviembre de 2019, de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/cadena\\_papa.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/cadena_papa.pdf)

Martinez, F. (2010). *Centro de investigación y de estudios avanzados del ipn unidad querétaro* “. Recuperado el 4 de enero de 2020, de <file:///C:/Users/MELANY/Downloads/04.pdf>

Martinez, O., Lapo Calderón, B., Pérez Rodriguez, J., Zambrano Cabrera, C., & Maza Valle, F. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Revista Colombiana de Química*, 44(2), 16-21. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309044127003>

Marvin, D. (2017). *Evaluación del Comportamiento de la Edlectroreolofía del*

- Almidón a través de Campos Eléctricos Inducidos por una Corriente Eléctrica*. Recuperado el 2 de enero de 2020, de [http://www.repositorio.usac.edu.gt/6453/1/Marvin Danilo Ajcip Xuyá.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/6453/1/Marvin%20Danilo%20Ajcip%20Xuy%C3%A1.pdf)
- Mastrocola, N., Pingo, G., Mera, X., Rivadeneria, J., Monteros, C., & Cuesta, X. (2016). *Catálogo de variedades de papa nativas*. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Melian, S., D. E. (2010). Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades. *Cybertesis.Uach.Cl*, 22-29. Recuperado el 5 de diciembre 2019, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>
- Meneses, J., Corrales, C., & Marco, V. (2007). *Síntesis y Caracterización de un Polímero Biodegradable a Partir Del Almidón de Yuca*. 57-67. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/185/182>
- 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*. 116. Recuperado el 5 de diciembre 2019, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Monteros, E. C., Cuesta, X., Jiménez, J., López, G., & Carmen, C. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador*. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de [https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion PDF/papas\\_nativas\\_ecuador.pdf](https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/papas_nativas_ecuador.pdf)
- Moreno-Bustillos, A. I., Humarán-Sarmiento, V., Paulina Báez-Valdez, E., Erandy Báez-Hernández, G., & León-Villanueva, A. (2017). *Transformación Del Almidón De Papa, Mucílago De Nopal Y Sábila En Bioplásticos Como Productos De Valor Agregado Amigables Con El Ambiente Transformation of Potato Starch, Nopal Mucylaga and Bioplast Labels As Aggregate Value*

- Products Friendly With the Env.* Recuperado el 4 de octubre de 2019, de <http://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>
- Moreno, G., & Orozco, J. (s. f.). *Calidad de la papa para usos industriales. Boletín de la papa.* Recuperado el 2 de enero de 2010, de [http://www.papaslatinas.org/wp-content/uploads/2017/09/Memoria\\_ALAP-2014.pdf](http://www.papaslatinas.org/wp-content/uploads/2017/09/Memoria_ALAP-2014.pdf)
- Muñoz, M. (2014). *Composición y aportes nutricionales de la papa.* 36-37. Recuperado el 13 de noviembre de 2019, de [http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/09/revista\\_agricola\\_octubre\\_36-37.pdf](http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/09/revista_agricola_octubre_36-37.pdf)
- Murillo, O. (2007). *Ficha técnica de industrialización de Papa.* Recuperado el 3 de octubre de 2019, de [https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/papa\\_ftp.pdf](https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/papa_ftp.pdf)
- Navarrete, M. (2011). Evaluación del efecto de la hidrácida maleica, sobre la vida útil y calidad de la variedad Yana shungo (*Solanum spp.*). *European Potato Journal*, 4(1), 104-106. <https://doi.org/10.1007/bf02365012>
- ONU(Medio Ambiente). (2018). *El estado de los plásticos.* Recuperado el 2 de octubre de 2019, de [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state\\_plastics\\_WED\\_SP.pdf?isAllowed=y&sequence=5](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?isAllowed=y&sequence=5)
- Pardo, O., Castañeda, J., & Ortiz, C. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronomica*, 62(4), 289-295. Recuperado el 5 de diciembre 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a01.pdf>
- Peinado, M. (2015). *Estudio De La Biodegradabilidad Y Desintegración De Películas a Base De Almidón Y Pva Que Incorporan Diferentes Sustancias Antimicrobianas.* 51. Recuperado el 5 de diciembre 2019, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/PEINADO - ESTUDIO DE LA BIODEGRADABILIDAD Y GRADO DE DESINTEGRACIÓN DE FILMS A BASE DE ALMIDON Y P...pdf?sequence=1>
- Peña-Carrasco, E. F. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica de*

- almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de llave (Puno) (Tesis de pregrado)*. 103. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2655/Q02-P45-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pereda, M., Moreira, M., Roura, S., Marcovich, N., & Aranguren, M. (2014). *Bio-películas para el envasado de alimentos: proteínas y carbohidratos*. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/7796/CONICET\\_Digital\\_Nro.6729\\_A.pdf?sequence=11](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/7796/CONICET_Digital_Nro.6729_A.pdf?sequence=11)
- Peschel, W., Sánchez-Rabameda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzía, I., Jiménez, D., ... Codina, C. (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97(1), 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.033>
- Prada Ospina, R. (2008). *Alternativa de aprovechamiento eficiente de recursos biodegradables*. 182-192. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>
- Ramírez, C. (1984). *Historia del Cultivo de la Papa en Costa Rica*. 3. Recuperado el 3 de noviembre de 2019, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/B50-0040.pdf>
- Ramírez, G. (2017). *Biodegradación de Residuos Industriales mediante la bacteria Bacillus lincheniformis*. 70. Recuperado el 3 de noviembre de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14970/1/UPS-CT007388.pdf>
- Rodríguez, L. E. (2010). *Origen y evolución de la papa cultivada . Una revisión*. *Origins and evolution of cultivated potato . A review*. 28(1), 9-17.
- Rodríguez, P., Muñoz, E., & Gómez, Y. (2015). *Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja densidad por inyección*. 2015. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, de [file:///C:/Users/MELANY/Downloads/218-Texto del artículo-459-2-10-20160415.pdf](file:///C:/Users/MELANY/Downloads/218-Texto%20del%20artículo-459-2-10-20160415.pdf)

- Román, M., & Hurtado, G. (2002). Cultivo de la papa. Guía técnica. *Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal*, 34.
- Rosales, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga ( Colocasia esculenta ), por el método de polimerización por condensación*. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <http://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Ruiz Avilés, G. (2005). *Polímeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. Eafit*, 15-22. Recuperado el 3 de octubre de 2020, de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys\\_RuizAviles\\_2005.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2)
- Sanchez, R., & Forero, C. (2016). *Modelo productivo*. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13750/76681\\_66356.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13750/76681_66356.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sandoval, A., Rodriguez, E., & Fernandez, A. (2005). Application of Analysis By Differential Scanning Calorimetry (Dsc) for the Characterization of the Modifications of the Starch. *Dyna*, 72(146), 45-53.
- Saputra, D. S. A. (2017). Obtención de Bioetanol a partir de Hidrólisis Enzimática y Fermentación de Arracacha. *Вестник Росздравнадзора*, 6, 5-9. Recuperado, el 3 de octubre de 2019, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8158/1/T-UCE-0017-002-2017.pdf>
- Saquina, S. (2012). *Producción de Tubérculo o Semilla de Papa ( Solanum tuberosum ), Categoría Prebásica Utilizada Biol en un Sistema Aeropónico en el Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*.
- Silva, M. L. H., & Martínez, B. G. (2009). Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 3(1), 103-129. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <http://hemeroteca.unad.edu.co/entrenamiento/index.php/pi/article/view/572/1324>

- Suárez Hernández, P. (2009). Pardeamiento enzimático: caracterización fenotípica, bioquímica y molecular en variedades de papa nativas de la Argentina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 66-72.
- Tubón Usca, I. R., & Lucero, O. (2013). Formulación, Elaboración y Evaluación de Bioenvase para Caramelos a Base de Almidón de Yuca, Sacarosa y Gelatina. *Facultad de Ciencias, Bachelor*, 107. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2572>
- Valero-Valdivieso, M. F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *DYNA (Colombia)*, 80(181), 171-180. Recuperado el 3 de octubre de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20642/45329>
- Veasey, E. A., De Dioscorea Bulbifera, T., Foto, L., & Silva, D. M. (2009). *MARCoS ViníCiuS Bohrer MonTeiro SiqueirA 1 Raíces y tubérculos tropicales olvidados o subutilizados en Brasil Tropical root and tuber crops forgotten or underexploited in Brazil*. 3(31), 110-125. Recuperado el 4 de noviembre de 2019, de <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/vol3/vol.3no.1/Vol.3.No.1.Art.9.pdf>
- Ventures, T. (2007). *Observatorio Industria del Sector Químico (Bioplásticos)*. (May 2014).
- Villada, H. S., Acosta, H. A., & Velasco, R. J. (2008). Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables. *Informacion Tecnologica*, 19(2), 3-14.
- Zárate Polanco, L. (2014). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(1), 1-24. Recuperado el 3 de enero de 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n1/a06v81n1.pdf>

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Informe realizado por el laboratorio SEIDLaboratory de Almidón de superchola.**



INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
<b>CLIENTE:</b>	MELANI CHULDE		
<b>DIRECCION:</b>	LA CALIFORNIA ALTA		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	ALMIDON DE PAPA "SUPER CHOLA"		
<b>TIPO DE PRODUCTO:</b>	ALMIDON DE PAPA "SUPER CHOLA"		
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	ND	<b>FECHA DE CADUCIDAD:</b>	ND
<b>LOTE:</b>	ND	<b>CONTENIDO DECLARADO:</b>	ND
<b>MATERIAL DE ENVASE:</b>	CAJA PETRI	<b>FORMA DE CONSERVACIÓN:</b>	AMBIENTE
INFORMACION DE LA MUESTRA			
<b>CODIGO LABORATORIO:</b>	195157-1	<b>CONTENIDO ENCONTRADO:</b>	136,4 g
<b>FECHA RECEPCION:</b>	19/11/12	<b>FECHA INICIO ENSAYO:</b>	19/11/12
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:</b>	Temperatura 20 ° C	<b>MUESTREO:</b> Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió	
ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Proteína F= 6,25	M. INTERNO (AOAC 2001.11)	%	0,84
Proteína F= 6,25	M. INTERNO (AOAC 2001.11)	%	0,81
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	0,98
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	0,98

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

Datos tomados del cuaderno de P-RG-01 Pág. 114A / F-RG-05 Pág. 35A

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

- **Tiempo de almacenamiento de informes:** Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente

19/11/19

**FECHA EMISION**

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito. [Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio](#)

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el período estipulado.

Información

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad [directordecalidad@seidlaboratory.com.ec](mailto:directordecalidad@seidlaboratory.com.ec); Gerencia General [gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec](mailto:gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec); Servicio al Cliente [servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec](mailto:servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec)

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 – 0992750633

**Anexo 2.** Informe realizado por el laboratorio SEIDLaboratory de Almidón de caipiro.



INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
<b>CLIENTE:</b>	MELANI CHULDE		
<b>DIRECCION:</b>	LA CALIFORNIA ALTA		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	ALMIDON DE PAPA "CAPIRO"		
<b>TIPO DE PRODUCTO:</b>	ALMIDON DE PAPA "CAPIRO"		
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	ND	<b>FECHA DE CADUCIDAD:</b>	ND
<b>LOTE:</b>	ND	<b>CONTENIDO DECLARADO:</b>	ND
<b>MATERIAL DE ENVASE:</b>	CAJA PETRI	<b>FORMA DE CONSERVACION:</b>	AMBIENTE
INFORMACION DE LA MUESTRA			
<b>CODIGO LABORATORIO:</b>	195158-1	<b>CONTENIDO ENCONTRADO:</b>	136,7 g
<b>FECHA RECEPCION:</b>	19/11/12	<b>FECHA INICIO ENSAYO:</b>	19/11/12
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:</b>	Temperatura 20 ° C	<b>MUESTREO:</b> Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió	
ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Proteína F= 6,25	M. INTERNO (AOAC 2001.11)	%	0,88
Proteína F= 6,25	M. INTERNO (AOAC 2001.11)	%	0,86
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	1,00
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	1,02

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

Datos tomados del cuaderno de P-RG-01 Pág. 114A / F-RG-05 Pág. 35A

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

- **Tiempo de almacenamiento de informes:** Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,

19/11/19

**FECHA EMISION**

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito. [Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio](#)

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el período estipulado.

Información

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad [directordecalidad@seidlaboratory.com.ec](mailto:directordecalidad@seidlaboratory.com.ec); Gerencia General [gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec](mailto:gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec); Servicio al Cliente [servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec](mailto:servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec)

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0992750633

**Anexo 3.** Datos crudos de Pureza de Almidón capiro y superchola.

CAPIRO									
MUESTRA	PESO DEL CRISOL	MUESTRA HÚMEDA	PNETO SECO HUMEDO	CENIZAS	HUMEDAD %	%CE NIZAS	%PROTEINA CRUDA	%FIBRA CRUDA	PUREZA
C1	25.5046	2.0060	27.1492	25.5148	18.016%	0.620%	0.88%	1%	97.5%
C2	26.1102	2.0195	27.7626	26.1213	18.178%	0.672%	0.860%	1%	97.4%

SUPER CHOLA									
MUESTRA	PESO DEL CRISOL	MUESTRA HUMEDA	PNETO SECO HUMEDO	CENIZAS	HUMEDAD %	%CE NIZAS	%PROTEINA CRUDA	%FIBRA CRUDA	PUREZA
SCH1	23.2099	2.3930	25.2582	23.2494	14.405%	1.928%	0.84%	0.98%	96.3%
SHC3	24.8552	2.0339	26.6068	24.8912	13.880%	2.055%	0.81%	0.98%	96.2%

**Anexo 4.** Datos crudos de biodegradabilidad de Almidón de superchola.

Combinación	Repetición	Tiempo							
		0	PROMEDIO	5	PROMEDIO	10	PROMEDIO	15	PROMEDIO
C1A1B1	testigo	0%	0%	0%	31%	0%	50%	0%	69%
	x	0%		25%		50%		75%	
	y	0%		38%		50%		63%	
C1A1B2	testigo	0%	0%	0%	32%	0%	53%	0%	62%
	x	0%		38%		62%		73%	
	y	0%		27%		45%		51%	
C1A1B3	testigo	0%	0%	0%	39%	0%	61%	0%	79%

	x	0 %		43 %		59 %		78 %	
	y	0 %		35 %		64 %		81 %	
<b>C1A3B1</b>	testigo	0 %	0%	0%	27%	0%	59%	0%	70%
	x	0 %		33 %		65 %		73 %	
	y	0 %		20 %		53 %		68 %	
<b>C1A3B3</b>	testigo	0 %	0%	0%	31%	0%	52%	0%	74%
	x	0 %		25 %		50 %		68 %	
	y	0 %		36 %		55 %		81 %	

**Anexo 5.** Datos crudos de biodegradabilidad de Almidón de Capiro.

		<b>CAPIRO</b>						
<b>Combinación</b>	<b>Repetición</b>	<b>Tiempo</b>						<b>Promedio</b>
		0	5		10		15	
<b>C1A1B1</b>	testigo	0%	0%	55%	0%	69%	0%	75%
	x	0%	61%		68%		79%	
	y	0%	50%		69%		71%	
<b>C1A1B2</b>	testigo	0%	0%	41%	0%	52%	0%	71%
	x	0%	54%		58%		73%	
	y	0%	27%		45%		69%	
<b>C1A1B3</b>	testigo	0%	0%	34%	0%	55%	0%	70%
	x	0%	36%		58%		73%	
	y	0%	32%		53%		68%	
<b>C1A3B1</b>	testigo	0%	0%	37%	0%	61%	0%	79%
	x	0%	35%		58%		78%	
	y	0%	39%		64%		81%	
<b>C1A3B3</b>	testigo	0%	0%	43%	0%	67%	0%	78%
	x	0%	38%		63%		79%	
	y	0%	48%		72%		78%	

**Anexo 6.** Datos crudos de Absorbancia superchola.

<b>SUPER CHOLA ABSORBANCIA</b>						
<b>Combinació n</b>	<b>Repetició n</b>	<b>Tiempo</b>				
		0	1	2	3	4
<b>Testigo</b>	plástico	0.078	0.242	0.227	0.277	0.3
<b>Testigo</b>	vacío	0.081	0.118	0.11	0.103	0.1
<b>C1A1B1</b>	x	0.087	0.335	0.50	0.592	0.333
	y	0.084	0.252	0.322	0.554	0.443
	z	0.092	0.759	0.392	0.461	0.316
		0.0876666 7	0.4486666 7	0.4046666 7	0.5356666 7	0.364
<b>C1A1B2</b>	x	0.083	0.279	0.264	0.279	0.32
	y	0.082	0.288	0.367	0.353	0.235
	z	0.093	0.214	0.29	0.304	0.196
		0.086	0.2603333 3	0.307	0.312	0.2503333 3
<b>C1A1B3</b>	x	0.113	0.171	0.230	0.366	0.509
	y	0.101	0.222	0.300	0.241	0.505
	z	0.119	0.215	0.318	0.253	0.355
		0.111	0.2026666 7	0.2826666 7	0.2866666 7	0.4563333 3
<b>C1A3B1</b>	x	0.073	0.187	0.200	0.294	0.26
	y	0.076	0.21	0.26	0.25	0.4
	z	0.081	0.223	0.24	0.253	0.161
		0.0766666 7	0.2066666 7	0.2333333 3	0.2656666 7	0.2736666 7
<b>C1A3B3</b>	x	0.103	0.171	0.276	0.272	0.48
	y	0.092	0.149	0.342	0.28	0.179
	z	0.087	0.383	0.364	0.385	0.377

**Anexo 7.** Datos crudos de biodegradabilidad de Almidón de superchola.

<b>CAPIRO ABSORBANCIA</b>						
<b>Combinació n</b>	<b>Repetició n</b>	<b>Tiempo</b>				
		0	1	2	3	4
<b>Testigo</b>	plástico	0.078	0.242	0.277	0.277	0.3
<b>Testigo</b>	vacío	0.081	0.118	0.11	0.103	0.1
<b>C1A1B1</b>	x	0.079	0.282	0.374	0.496	0.321
	y	0.082	0.164	0.298	0.482	0.823
	z	0.083	0.215	0.236	0.278	0.175

<b>promedio</b>		0.0813333 3	0.2203333 3	0.3026666 7	0.4186666 7	0.4396666 7
<b>C1A1B2</b>	x	0.075	0.212	0.23	0.349	0.553
	y	0.086	0.206	0.351	0.467	0.556
	z	0.099	0.241	0.312	0.327	0.4
		0.0866666 7	0.2196666 7	0.2976666 7	0.381	0.503
<b>C1A1B3</b>	x	0.108	0.187	0.295	0.37	0.551
	y	0.101	0.282	0.545	0.333	0.286
	z	0.091	0.204	0.31	0.261	0.418
		0.1	0.2243333 3	0.3833333 3	0.3213333 3	0.4183333 3
<b>C1A3B1</b>	x	0.075	0.155	0.271	0.386	0.325
	y	0.083	0.139	0.285	0.325	0.478
	z	0.087	0.192	0.293	0.361	0.224
<b>promedio</b>		0.0816666 7	0.162	0.283	0.3573333 3	0.3423333 3
<b>C1A3B3</b>	x	0.086	0.123	0.218	0.306	0.244
	y	0.102	0.179	0.267	0.245	0.163
	z	0.098	0.211	0.296	0.292	0.28

### Anexo 8. Datos de peso promedio de Absorbancia de Capiro.

<b>CAPIRO PESO</b>				
<b>Combinación</b>	Repetición	Unidad		
		<b>Testigo</b>	plástico	NTU/FNU
<b>Testigo</b>	x	NTU/FNU	58.4	59.4
<b>C1A1B1</b>	x	NTU/FNU	55.6	3.8
	y	NTU/FNU	57.1	2.3
	z	NTU/FNU	57	2.4
promedio				2.83333333
<b>C1A1B2</b>	x	NTU/FNU	57.2	2.2
	y	NTU/FNU	56.7	2.7
	z	NTU/FNU	56	3.4
promedio				2.76666667
<b>C1A1B3</b>	x	NTU/FNU	58.2	1.2
	y	NTU/FNU	57	2.4
	z	NTU/FNU	58.6	0.8
promedio				1.46666667
<b>C1A3B1</b>	x	NTU/FNU	58.1	1.3
	y	NTU/FNU	54.8	4.6
	z	NTU/FNU	57	2.4

	promedio			2.76666667
<b>C1A3B3</b>	x	NTU/FNU	56.6	2.8
	y	NTU/FNU	58.7	0.7
	z	NTU/FNU	57.9	1.5
	promedio			1.66666667

**Anexo 9.** Datos de peso promedio de Absorbancia de superchola.

<b>SUPER CHOLA PESO</b>				
Combinación	Repetición			
		Unidad		
<b>Testigo</b>	plástico	NTU/FNU	57.8	
<b>Testigo</b>	x	NTU/FNU	58.4	59.4
<b>C1A1B1</b>	x	NTU/FNU	55.4	4
	y	NTU/FNU	56.2	3.2
	z	NTU/FNU	57.7	1.7
	promedio			2.96666667
<b>C1A1B2</b>	x	NTU/FNU	57.1	2.3
	y	NTU/FNU	57.9	1.5
	z	NTU/FNU	58.5	0.9
	promedio			1.56666667
<b>C1A1B3</b>	x	NTU/FNU	57.5	1.9
	y	NTU/FNU	57	2.4
	z	NTU/FNU	56.6	2.8
	promedio			2.36666667
<b>C1A3B1</b>	x	NTU/FNU	58.2	1.2
	y	NTU/FNU	57.6	1.8
	z	NTU/FNU	57.4	2
	promedio			1.66666667
<b>C1A3B3</b>	x	NTU/FNU	57.8	1.6
	y	NTU/FNU	56.8	2.6
	z	NTU/FNU	55.5	3.9
	promedio			2.7

**Anexo 10.** Datos de espesor de repeticiones de Biopelícula de Capito.

N° PROBETA	VARIEDAD	COMBINACIÓN	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)	PROMEDIO ESPESOR
<b>1</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B1	1	0.242	0.2695
			2	0.219	

			3	0.315	
			4	0.264	
			5	0.297	
<b>2</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B1	1	0.176	0.2225
			2	0.111	
			3	0.171	
			4	0.181	
			5	0.269	
<b>3</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B1	1	0.265	0.249
			2	0.270	
			3	0.234	
			4	0.209	
			5	0.233	
<b>4</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B1	1	0.355	0.373
			2	0.446	
			3	0.525	
			4	0.386	
			5	0.391	
<b>5</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B1	1	0.331	0.3325
			2	0.346	
			3	0.326	
			4	0.372	
			5	0.334	
<b>1</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B2	1	0.248	0.265
			2	0.244	
			3	0.272	
			4	0.275	
			5	0.282	
<b>2</b>	SUPERCHOLA	C1A1B2	1	0.229	0.2455
			2	0.234	
			3	0.295	
			4	0.225	
			5	0.262	
<b>3</b>	SUPERCHOLA	C1A1B2	1	0.264	0.2295
			2	0.286	
			3	0.23	
			4	0.208	
			5	0.195	
<b>4</b>	SUPERCHOLA	C1A1B2	1	0.218	0.238
			2	0.237	
			3	0.214	
			4	0.246	
			5	0.258	

<b>5</b>	SUPERCHOLA	C1A1B2	1	0.212	0.1875
			2	0.187	
			3	0.176	
			4	0.179	
			5	0.163	
<b>1</b>	SUPERCHOLA	C1A1 B3	1	0.388	0.365
			2	0.396	
			3	0.4	
			4	0.368	
			5	0.342	
<b>2</b>	SUPERCHOLA	C1A1B3	1	0.284	0.3225
			2	0.388	
			3	0.284	
			4	0.36	
			5	0.361	
<b>3</b>	SUPERCHOLA	C1A1B3	1	0.254	0.2505
			2	0.221	
			3	0.25	
			4	0.286	
			5	0.247	
<b>4</b>	SUPERCHOLA	C1A1B3	1	0.26	0.251
			2	0.226	
			3	0.186	
			4	0.261	
			5	0.242	
<b>5</b>	SUPERCHOLA	C1A1B3	1	0.347	0.3605
			2	0.396	
			3	0.412	
			4	0.358	
			5	0.374	
<b>1</b>	SUPERCHOLA	C1A3B1	1	0.180	0.177
			2	0.190	
			3	0.234	
			4	0.275	
			5	0.174	
<b>2</b>	SUPERCHOLA	C1A3B1	1	0.261	0.2755
			2	0.268	
			3	0.275	
			4	0.242	
			5	0.29	
<b>3</b>	SUPERCHOLA	C1A3B1	1	0.293	0.2315
			2	0.213	
			3	0.258	

			4	0.19	
			5	0.17	
4	SUPERCHOLA	C1A3B1	1	0.374	0.3595
			2	0.392	
			3	0.324	
			4	0.325	
			5	0.345	
5	SUPERCHOLA	C1A3B1	1	0.283	0.2615
			2	0.301	
			3	0.203	
			4	0.212	
			5	0.24	
1	SUPERCHOLA	C1A3B3	1	0.362	0.3575
			2	0.32	
			3	0.383	
			4	0.368	
			5	0.353	
2	SUPERCHOLA	C1A3B3	1	0.366	0.3855
			2	0.465	
			3	0.353	
			4	0.36	
			5	0.405	
3	SUPERCHOLA	C1A3B3	1	0.312	0.2915
			2	0.277	
			3	0.279	
			4	0.275	
			5	0.271	
4	SUPERCHOLA	C1A3B3	1	0.359	0.32
			2	0.293	
			3	0.296	
			4	0.344	
			5	0.281	
5	SUPERCHOLA	C1A3B3	1	0.179	0.1945
			2	0.223	
			3	0.203	
			4	0.195	
			5	0.21	

**Anexo 11.** Datos de espesor de repeticiones de Biopelícula de Superchola.

<b>N° PROBETA</b>	<b>VARIEDAD</b>	<b>COMBINACIÓN</b>	<b>REPETICIÓN</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>PROMEDIO ESPESOR</b>
<b>1</b>	CAPIRO	C1A1 B1	1	0.253	0.2455
			2	0.22	
			3	0.239	
			4	0.245	
			5	0.238	
<b>2</b>	CAPIRO	C1A1 B1	1	0.144	0.1485
			2	0.146	
			3	0.156	
			4	0.177	
			5	0.153	
<b>3</b>	CAPIRO	C1A1 B1	1	0.239	0.2465
			2	0.283	
			3	0.281	
			4	0.291	
			5	0.254	
<b>4</b>	CAPIRO	C1A1 B1	1	0.352	0.3235
			2	0.418	
			3	0.454	
			4	0.293	
			5	0.295	
<b>5</b>	CAPIRO	C1A1 B1	1	0.369	0.3325
			2	0.412	
			3	0.318	
			4	0.33	
			5	0.296	
<b>1</b>	CAPIRO	C1A1 B2	1	0.428	0.454
			2	0.416	
			3	0.403	
			4	0.385	
			5	0.48	
<b>2</b>	CAPIRO	C1A1B2	1	0.391	0.35
			2	0.361	
			3	0.388	
			4	0.343	
			5	0.309	
<b>3</b>	CAPIRO	C1A1B2	1	0.452	0.426
			2	0.372	

			3	0.326	
			4	0.335	
			5	0.4	
<b>4</b>	CAPIRO	C1A1B2	1	0.326	0.329
			2	0.258	
			3	0.357	
			4	0.31	
			5	0.332	
<b>5</b>	CAPIRO	C1A1B2	1	0.425	0.3795
			2	0.335	
			3	0.336	
			4	0.32	
			5	0.334	
<b>1</b>	CAPIRO	C1A1 B3	1	0.374	0.3355
			2	0.358	
			3	0.366	
			4	0.325	
			5	0.297	
<b>2</b>	CAPIRO	C1A1B3	1	0.315	0.2985
			2	0.344	
			3	0.326	
			4	0.27	
			5	0.282	
<b>3</b>	CAPIRO	C1A1B3	1	0.3	0.2555
			2	0.284	
			3	0.365	
			4	0.315	
			5	0.211	
<b>4</b>	CAPIRO	C1A1B3	1	0.378	0.4285
			2	0.452	
			3	0.466	
			4	0.344	
			5	0.479	
<b>5</b>	CAPIRO	C1A1B3	1	0.437	0.3815
			2	0.41	
			3	0.4	
			4	0.378	
			5	0.326	
<b>1</b>	CAPIRO	C1A3B1	1	0.366	0.4285
			2	0.378	
			3	0.431	
			4	0.435	
			5	0.491	

<b>2</b>	CAPIRO	C1A3B1	1	0.293	0.235
			2	0.279	
			3	0.255	
			4	0.213	
			5	0.177	
<b>3</b>	CAPIRO	C1A3B1	1	0.247	0.245
			2	0.326	
			3	0.207	
			4	0.2	
			5	0.243	
<b>4</b>	CAPIRO	C1A3B1	1	0.336	0.3075
			2	0.331	
			3	0.273	
			4	0.365	
			5	0.279	
<b>5</b>	CAPIRO	C1A3B1	1	0.352	0.34
			2	0.464	
			3	0.43	
			4	0.338	
			5	0.328	
<b>1</b>	CAPIRO	C1A3B3	1	0.482	0.4355
			2	0.466	
			3	0.323	
			4	0.361	
			5	0.389	
<b>2</b>	CAPIRO	C1A3B3	1	0.461	0.3905
			2	0.285	
			3	0.402	
			4	0.341	
			5	0.32	
<b>3</b>	CAPIRO	C1A3B3	1	0.268	0.299
			2	0.258	
			3	0.266	
			4	0.37	
			5	0.33	
<b>4</b>	CAPIRO	C1A3B3	1	0.404	0.4445
			2	0.384	
			3	0.51	
			4	0.468	
			5	0.485	
<b>5</b>	CAPIRO	C1A3B3	1	0.3	0.2625
			2	0.293	
			3	0.324	

			4	0.333
			5	0.225

**Anexo 12.** Datos de factor de rotura de biopelícula de Almidón de Capiro y Superchola.

COMBINACIÓN	Repetición	Factor de Rotura (N/m)	LOG (X)+1
C1A1B1 (Sch)	1	559	3.747
C1A1B1 (Sch)	2	300	3.477
C1A1B1 (Sch)	3	446	3.649
C1A1B1 (Sch)	4	829	3.919
C1A1B1 (Sch)	5	581	3.764
C1A1B1 (C)	1	1030	4.013
C1A1B1 (C)	2	637	3.804
C1A1B1 (C)	3	1050	4.021
C1A1B1 (C)	4	1110	4.045
C1A1B1 (C)	5	1230	4.090
C1A1B2 (Sch)	1	799	3.903
C1A1B2 (Sch)	2	561	3.749
C1A1B2 (Sch)	3	670	3.826
C1A1B2 (Sch)	4	983	3.993
C1A1B2 (Sch)	5	328	3.516
C1A1B2 (C)	1	645	3.810
C1A1B2 (C)	2	712	3.852
C1A1B2 (C)	3	381	3.581
C1A1B2 (C)	4	338	3.529
C1A1B2 (C)	5	396	3.598
C1A1B3 (Sch)	1	309	3.490
C1A1B3 (Sch)	2	378	3.577
C1A1B3 (Sch)	3	269	3.430
C1A1B3 (Sch)	4	269	3.430
C1A1B3 (Sch)	5	570	3.756
C1A1B3 (C)	1	426	3.629
C1A1B3 (C)	2	424	3.627
C1A1B3 (C)	3	306	3.486
C1A1B3 (C)	4	712	3.852
C1A1B3 (C)	5	595	3.775
C1A3B1(Sch)	1	365	3.562
C1A3B1(Sch)	2	415	3.618
C1A3B1(Sch)	3	479	3.680
C1A3B1(Sch)	4	669	3.825
C1A3B1(Sch)	5	299	3.476
C1A3B1(C)	1	250	3.398
C1A3B1(C)	2	256	3.408
C1A3B1(C)	3	234	3.369

C1A3B1(C)	4	366	3.563
C1A3B1(C)	5	242	3.384
C1A3B3 (Sch)	1	724	3.860
C1A3B3 (Sch)	2	797	3.901
C1A3B3 (Sch)	3	644	3.809
C1A3B3 (Sch)	4	754	3.877
C1A3B3 (Sch)	5	270	3.431
C1A3B3 ©	1	686	3.836
C1A3B3 (C)	2	566	3.753
C1A3B3 (C)	3	405	3.607
C1A3B3 (C)	4	760	3.881
C1A3B3 (C)	5	520	3.716

**Anexo 13.** Daros de Fuerza de Tensión Capiro y Superchola.

COMBINACIÓN	Repetición	FUERZA DE TENSIÓN (Mpa)	LOG (X)+1
C1A1B1 (Sch)	1	2.07	1.316
C1A1B1 (Sch)	2	1.35	1.130
C1A1B1 (Sch)	3	1.79	1.253
C1A1B1 (Sch)	4	2.22	1.346
C1A1B1 (Sch)	5	1.75	1.243
C1A1B1 (C)	1	4.21	1.624
C1A1B1 (C)	2	4.29	1.632
C1A1B1 (C)	3	4.26	1.629
C1A1B1 (C)	4	3.44	1.537
C1A1B1 (C)	5	3.68	1.566
C1A1B2 (Sch)	1	3.02	1.480
C1A1B2 (Sch)	2	2.28	1.358
C1A1B2 (Sch)	3	2.92	1.465
C1A1B2 (Sch)	4	4.13	1.616
C1A1B2 (Sch)	5	1.75	1.243
C1A1B2 (C)	1	1.42	1.152
C1A1B2 (C)	2	2.03	1.307
C1A1B2 (C)	3	0.89	0.949
C1A1B2 (C)	4	1.03	1.013
C1A1B2 (C)	5	1.04	1.017
C1A1B3 (Sch)	1	2.26	1.354
C1A1B3 (Sch)	2	1.17	1.068
C1A1B3 (Sch)	3	1.07	1.029
C1A1B3 (Sch)	4	1.07	1.029
C1A1B3 (Sch)	5	1.58	1.199
C1A1B3 (C)	1	1.27	1.104
C1A1B3 (C)	2	1.42	1.152
C1A1B3 (C)	3	1.2	1.079
C1A1B3 (C)	4	1.66	1.220

C1A1B3 (C)	5	1.56	1.193
C1A3B1(Sch)	1	2.06	1.314
C1A3B1(Sch)	2	1.51	1.179
C1A3B1(Sch)	3	2.07	1.316
C1A3B1(Sch)	4	1.86	1.270
C1A3B1(Sch)	5	1.14	1.057
C1A3B1(C)	1	0.582	0.765
C1A3B1(C)	2	1.09	1.037
C1A3B1(C)	3	0.95	0.978
C1A3B1(C)	4	1.19	1.076
C1A3B1(C)	5	0.71	0.851
C1A3B3 (Sch)	1	2.02	1.305
C1A3B3 (Sch)	2	2.07	1.316
C1A3B3 (Sch)	3	2.21	1.344
C1A3B3 (Sch)	4	2.36	1.373
C1A3B3 (Sch)	5	1.39	1.143
C1A3B3 (C)	1	1.58	1.199
C1A3B3 (C)	2	1.45	1.161
C1A3B3 (C)	3	1.35	1.130
C1A3B3 (C)	4	1.71	1.233
C1A3B3 (C)	5	1.98	1.297

**Anexo 14.** Datos de Elongación % de biopelícula de superchola y capiro.

COMBINACIÓN	Repetición	Elongación %	LOG (X)+1
C1A1B1 (Sch)	1	28	2.447
C1A1B1 (Sch)	2	34	2.531
C1A1B1 (Sch)	3	38	2.580
C1A1B1 (Sch)	4	49	2.690
C1A1B1 (Sch)	5	48	2.681
C1A1B1 (C)	1	45	2.653
C1A1B1 (C)	2	37	2.568
C1A1B1 (C)	3	55	2.740
C1A1B1 (C)	4	51	2.708
C1A1B1 (C)	5	43	2.633
C1A1B2 (Sch)	1	27	2.431
C1A1B2 (Sch)	2	28	2.447
C1A1B2 (Sch)	3	30	2.477
C1A1B2 (Sch)	4	39	2.591
C1A1B2 (Sch)	5	16	2.204
C1A1B2 (C)	1	24	2.380

<b>C1A1B2 (C)</b>	2	40	2.602
<b>C1A1B2 (C)</b>	3	26	2.415
<b>C1A1B2 (C)</b>	4	28	2.447
<b>C1A1B2 (C)</b>	5	36	2.556
<b>C1A1B3 (Sch)</b>	1	26	2.415
<b>C1A1B3 (Sch)</b>	2	38	2.580
<b>C1A1B3 (Sch)</b>	3	30	2.477
<b>C1A1B3 (Sch)</b>	4	28	2.447
<b>C1A1B3 (Sch)</b>	5	31	2.491
<b>C1A1B3 (C)</b>	1	30	2.477
<b>C1A1B3 (C)</b>	2	39	2.591
<b>C1A1B3 (C)</b>	3	33	2.519
<b>C1A1B3 (C)</b>	4	38	2.580
<b>C1A1B3 (C)</b>	5	40	2.602
<b>C1A3B1(Sch)</b>	1	46	2.663
<b>C1A3B1(Sch)</b>	2	40	2.602
<b>C1A3B1(Sch)</b>	3	54	2.732
<b>C1A3B1(Sch)</b>	4	43	2.633
<b>C1A3B1(Sch)</b>	5	47	2.672
<b>C1A3B1(C)</b>	1	30	2.477
<b>C1A3B1(C)</b>	2	31	2.491
<b>C1A3B1(C)</b>	3	34	2.531
<b>C1A3B1(C)</b>	4	41	2.613
<b>C1A3B1(C)</b>	5	22	2.342
<b>C1A3B3 (Sch)</b>	1	53	2.724
<b>C1A3B3 (Sch)</b>	2	54	2.732
<b>C1A3B3 (Sch)</b>	3	44	2.643
<b>C1A3B3 (Sch)</b>	4	52	2.716
<b>C1A3B3 (Sch)</b>	5	15	2.176
<b>C1A3B3 (C)</b>	1	46	2.663
<b>C1A3B3 (C)</b>	2	37	2.568
<b>C1A3B3 (C)</b>	3	40	2.602
<b>C1A3B3 (C)</b>	4	43	2.633
<b>C1A3B3 (C)</b>	5	54	2.732

## Anexo 15. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B1 Superchola.

Nombre arch. de muestra: SUPERCHOLA C1a\_1ms

Autor de la muestra: Alex Darío Aguilar

ID of material tested  
SUPERCHOLA C1A1B1

Gráfico 1

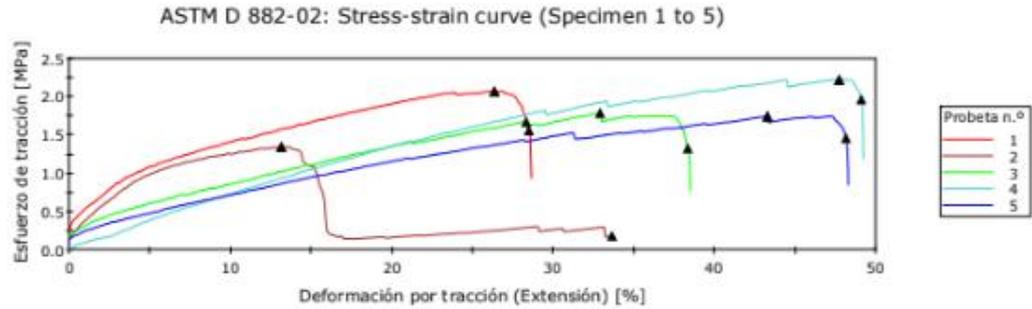
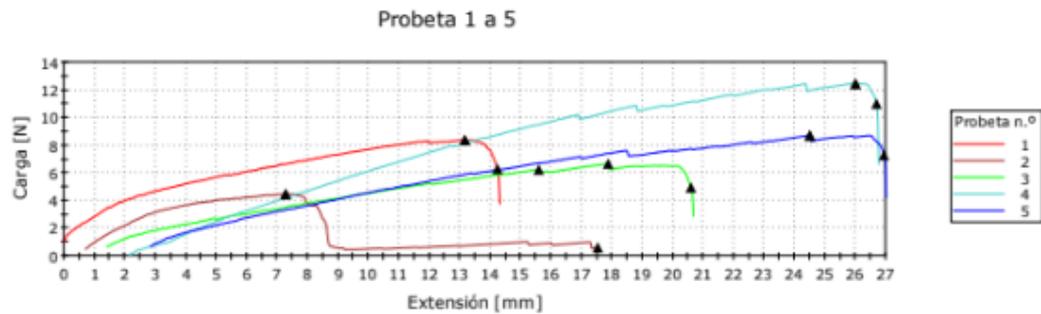


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,2695	559	2,07	28	10,2	29,3
2	15,00	0,2225	300	1,35	34	21,4	24,6
3	15,00	0,2490	446	1,79	38	11,9	16,4
4	15,00	0,3730	829	2,22	49	12,6	7,36
5	15,00	0,3325	581	1,75	48	10,3	12,8
Media	15,00	0,2893	543	1,84	40	13,3	18,1
S.D.	0,00	0,06	194,85	0,34	8,98	4,67	8,88

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 16. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B2 Superchola.

Nombre arch. de muestra: SUPERCHOLA C1A1B2 ii\_jans

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar:

ID of material tested  
SUPERCHOLA C1A1B2

Gráfico 1

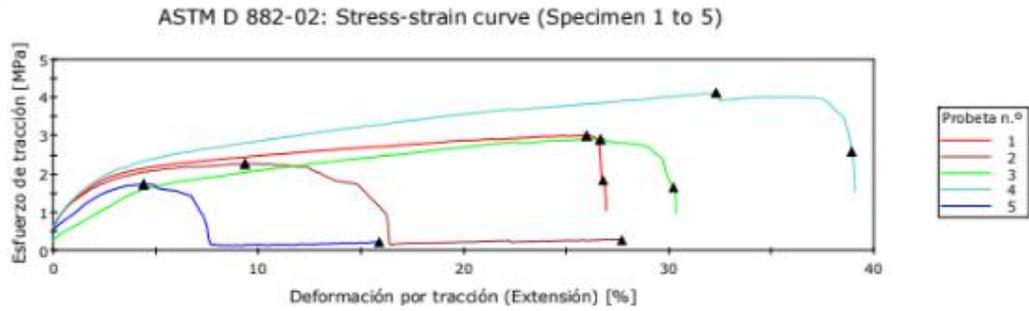
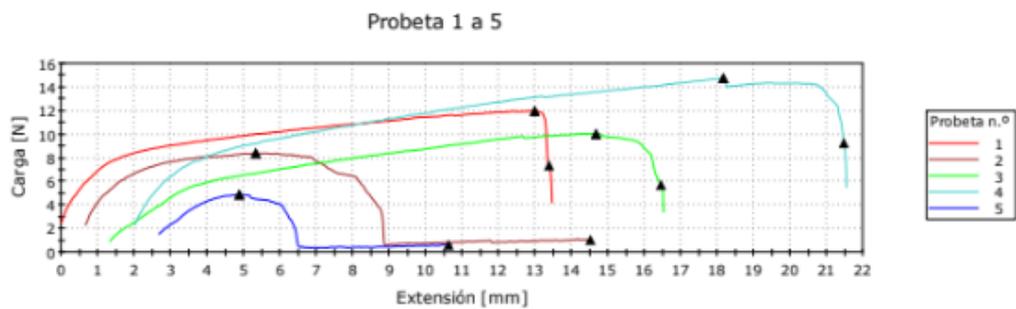


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,2650	799	3,02	27	19,0	65,9
2	15,00	0,2455	561	2,28	28	15,9	62,6
3	15,00	0,2295	670	2,92	30	42,9	41,8
4	15,00	0,2380	983	4,13	39	24,4	69,8
5	15,00	0,1875	328	1,75	16	14,4	53,9
Media	15,00	0,2331	668	2,82	28	23,3	58,8
S.O.	0,00	0,03	246,69	0,89	8,24	11,61	11,19

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 17. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B3 superchola.

Nombre arch. de muestra: SUPERCHOLA C1A1B3 a\_tens

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar:

ID of material tested  
SUPERCHOLA C1A1B3

Gráfico 1

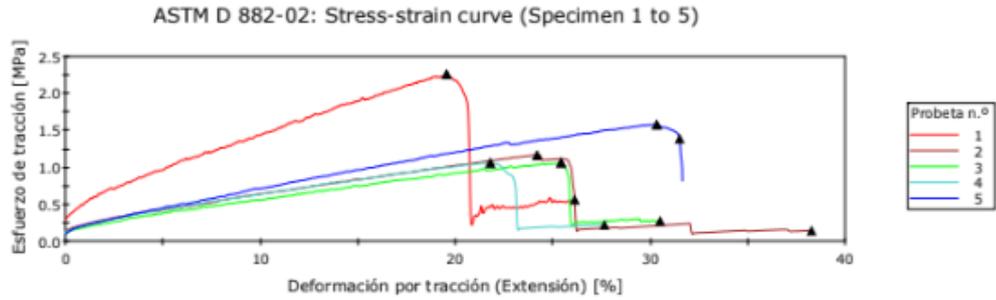
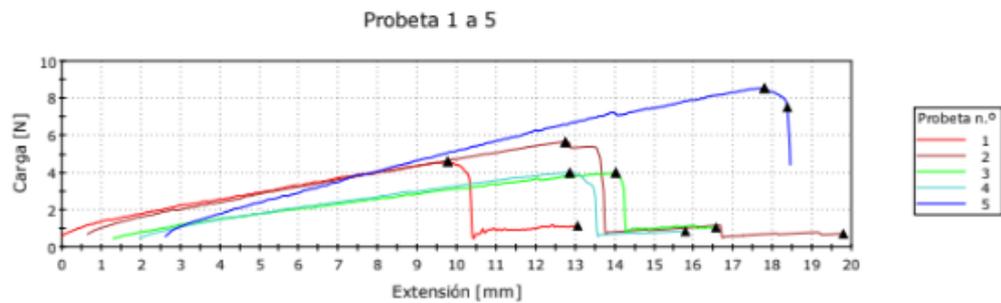


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Módulo al Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Módulo al Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,1365	309	2,26	26	12,1	25,7
2	15,00	0,3225	378	1,17	38	9,23	11,7
3	15,00	0,2505	269	1,07	30	10,7	10,1
4	15,00	0,2510	269	1,07	28	9,02	11,5
5	15,00	0,3605	570	1,58	31	4,04	11,6
Media	15,00	0,2642	359	1,43	31	9,01	14,1
S.D.	0,00	0,09	126,29	0,51	4,69	3,03	6,53

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 18. Pruebas mecánicas de la combinación C1A3B1 superchola.

Nombre arch. de muestra: SUPERCHOLA C1A3B1 Ia\_1ens

Autor de la muestra: Alex Darío Aguilar:

ID of material tested  
SUPERCHOLA C1A3B1

Gráfico 1

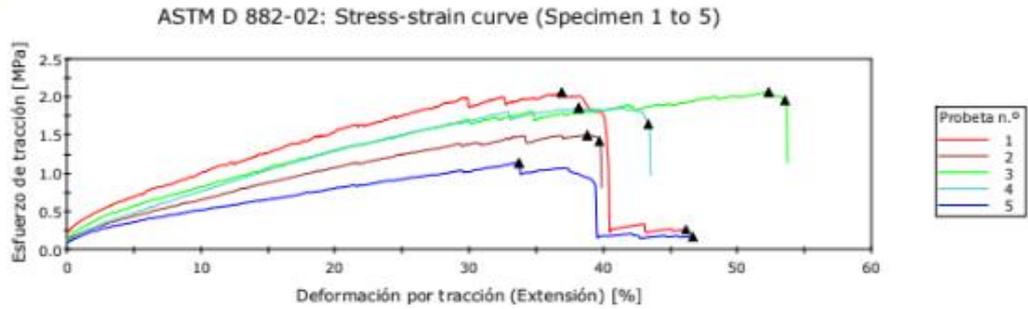
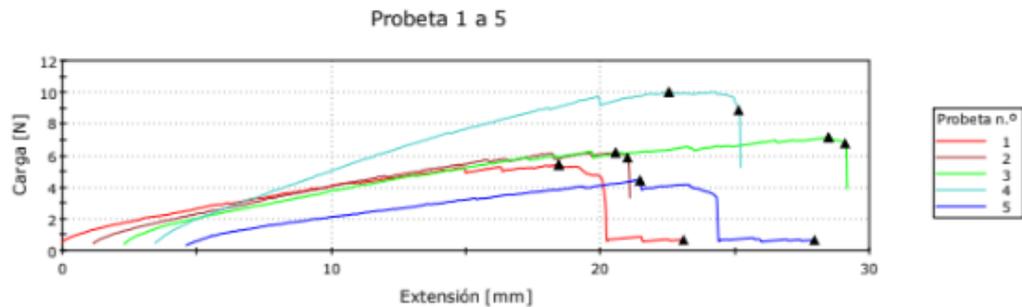


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Esesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,1770	365	2,06	46	6,60	18,7
2	15,00	0,2755	415	1,51	40	-1,95	11,6
3	15,00	0,2315	479	2,07	54	1,15	15,4
4	15,00	0,3595	669	1,86	43	10,0	12,4
5	15,00	0,2615	299	1,14	47	-1,60	9,88
Media	15,00	0,2610	445	1,73	46	2,85	13,6
S.D.	0,00	0,07	141,36	0,40	5,10	5,28	3,50

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 19. Pruebas mecánicas de la combinación C1A3B3 superchola.

Nombre arch. de muestra: SUPERCHOLA C1A3B3 la\_jens

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar;

ID of material tested  
SUPERCHOLA C1A3B3

Gráfico 1

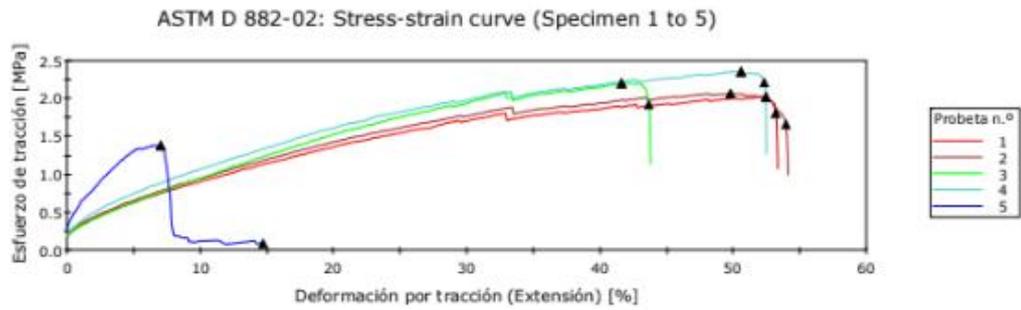
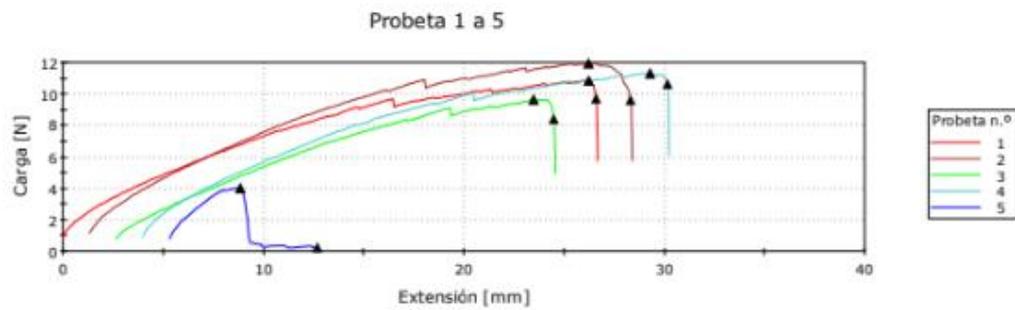


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3 %) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3 %) [MPa]
1	15,00	0,3575	724	2,02	53	10,1	16,9
2	15,00	0,3855	797	2,07	54	1,43	17,4
3	15,00	0,2915	644	2,21	44	0,96687	16,4
4	15,00	0,3200	754	2,36	52	18,3	20,1
5	15,00	0,1945	270	1,39	15	23,0	33,4
Media	15,00	0,3098	638	2,01	44	10,8	20,8
S.D.	0,00	0,07	213,09	0,37	16,64	9,88	7,15

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 20. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B1 Capiro.

Nombre arch. de muestra: CAPIRO C1A1B1\_ia\_1ens

Autor de la muestra: Alex Darío Aguilar:

ID of material tested  
CAPIRO C1A1B1

Gráfico 1

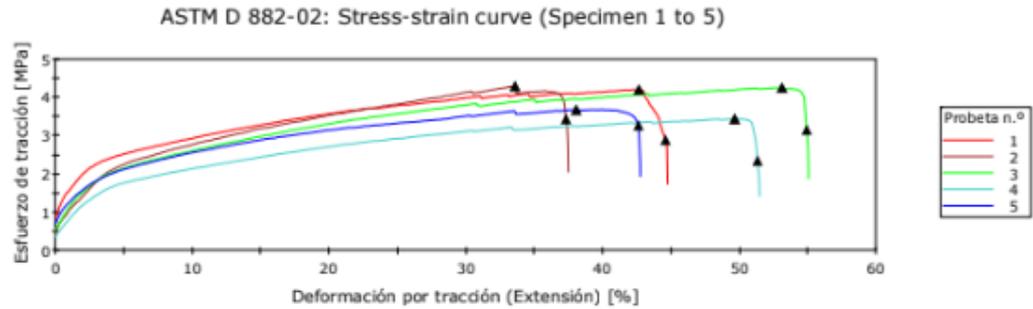
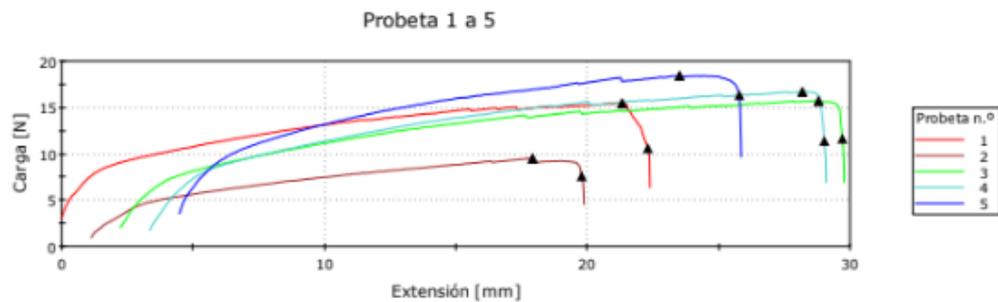


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,2455	1030	4,21	45	13,6	75,6
2	15,00	0,1485	637	4,29	37	26,0	60,3
3	15,00	0,2465	1050	4,26	55	26,7	60,9
4	15,00	0,3235	1110	3,44	51	21,4	48,7
5	15,00	0,3335	1230	3,68	43	23,0	61,1
Media	15,00	0,2595	1010	3,98	46	22,1	61,3
S.D.	0,00	0,07	223,15	0,39	7,00	5,22	9,54

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 21. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B2 Capiro.

Nombre arch. de muestra: CAPIRO C1A1B2 la\_1ens

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar:

ID of material tested  
CAPIRO C1A1B2

Gráfico 1

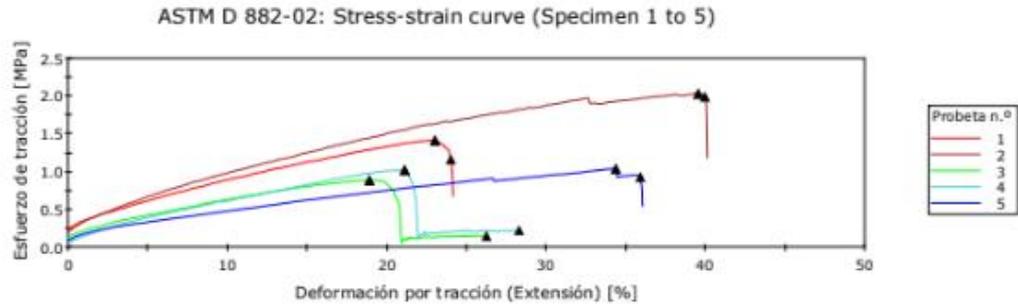
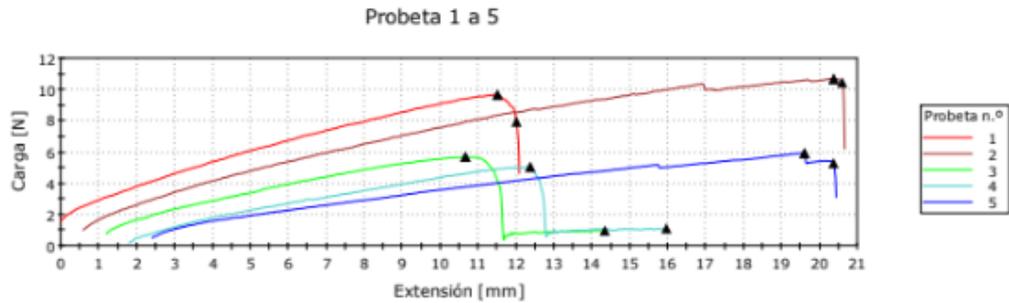


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Esesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,4540	645	1,42	24	5,10	16,5
2	15,00	0,3500	712	2,03	40	11,8	17,4
3	15,00	0,4260	381	0,89451	26	5,85	11,4
4	15,00	0,3290	338	1,03	28	6,03	9,73
5	15,00	0,3795	396	1,04	36	3,28	9,32
Media	15,00	0,3877	494	1,28	31	6,41	12,9
S.D.	0,00	0,05	170,73	0,46	6,76	3,19	3,82

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método

ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 21. Pruebas mecánicas de la combinación C1A1B3 Capiro.

Nombre arch. de muestra: CAPIRO C1A1B3a\_1era  
 Autor de la muestra: Alex Darío Aguilar:  
 ID of material tested  
 CAPIRO C1A1B3  
 Gráfico 1

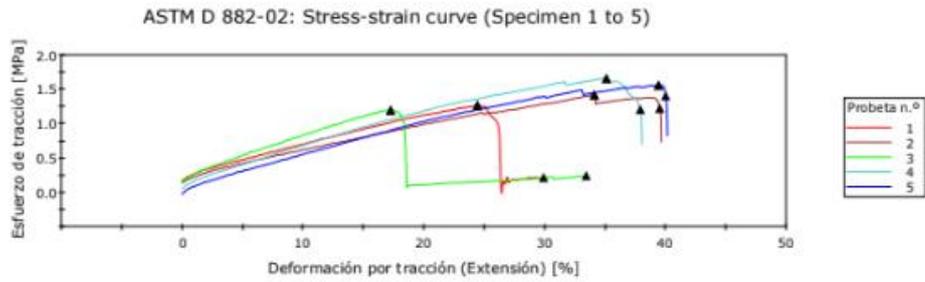
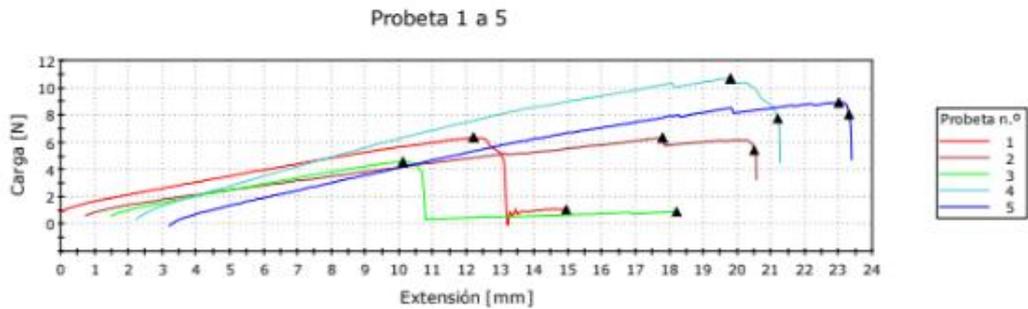


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,3355	426	1,27	30	2,79	12,9
2	15,00	0,2985	424	1,42	39	1,19	11,4
3	15,00	0,2555	306	1,20	33	5,81	13,7
4	15,00	0,4285	712	1,66	38	0,16109	10,0
5	15,00	0,3815	595	1,56	40	-0,63057	7,01
Media	15,00	0,3399	492	1,42	36	1,87	11,0
S.D.	0,00	0,07	160,05	0,19	4,34	2,55	2,85

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
 ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 22. Pruebas mecánicas de la combinación C1A3B1 Capiro.

Nombre ach. de muestra: CAPIRO C1A3B1\_a\_tela

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar:

ID of material tested  
CAPIRO C1A3B1

Gráfico 1

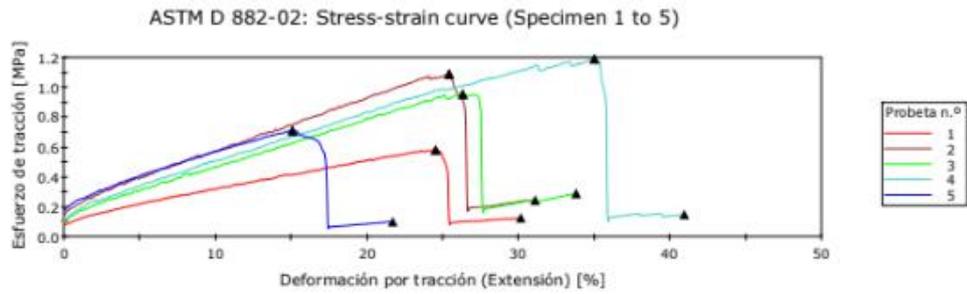
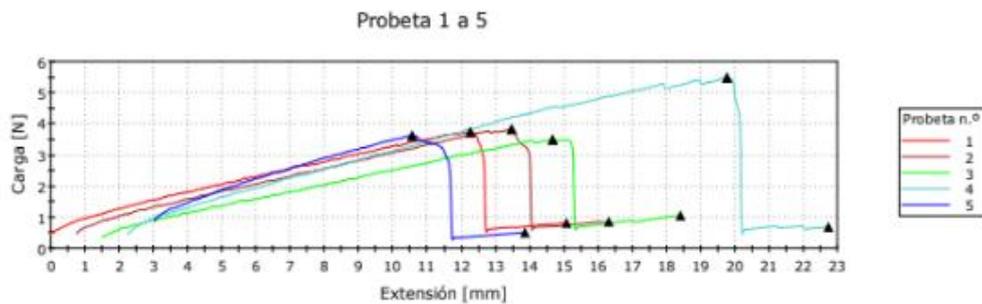


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Módulo al Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Módulo al Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,4285	250	0,58234	30	1,67	5,80
2	15,00	0,2350	256	1,09	31	12,9	10,5
3	15,00	0,2450	234	0,95404	34	3,82	8,52
4	15,00	0,3075	366	1,19	41	1,79	8,94
5	15,00	0,3400	242	0,71145	22	-0,07168	11,0
Media	15,00	0,3112	269	0,90548	32	-4,03	8,95
S.D.	0,00	0,08	54,55	0,25	6,93	5,17	2,04

Gráfico 2



Fecha guardada del método: 13/01/2020 12:44:02

Nota de la muestra 1

Descripción del método  
ASTM D 882-10 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting

## Anexo 23. Pruebas mecánicas de la combinación C1A3B3 Capiro.

Nombre arch. de muestra: CAPIRO C1A3B3a\_tens

Autor de la muestra: Alex Dario Aguilar:

ID of material tested  
CAPIRO C1A3B3

Gráfico 1

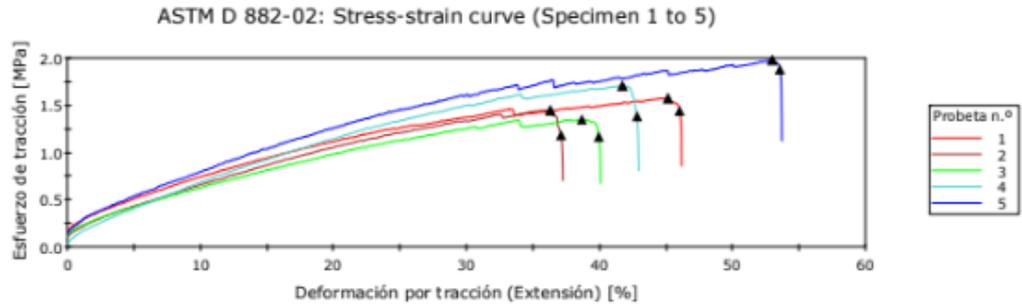


Tabla de resultados 1

	Anchura [mm]	Espesor [mm]	Breaking Factor [N/m]	Tensile Strength [MPa]	% Elongation at Break [%]	Móduloal Modulus (Tangent 3%) [MPa]	Móduloal Modulus (Secant 3%) [MPa]
1	15,00	0,4355	686	1,58	46	7,50	13,7
2	15,00	0,3905	566	1,45	37	7,25	11,4
3	15,00	0,2999	405	1,35	40	-2,13	11,4
4	15,00	0,4450	760	1,71	43	6,28	9,99
5	15,00	0,2625	520	1,98	54	6,19	14,2
Media	15,00	0,3667	588	1,61	44	5,02	12,1
S.D.	0,00	0,08	139,21	0,25	6,33	4,04	1,77