

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



## “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE A BASE DE GEL DE ALOE VERA (*Aloe Barbadensis* Miller), ALMIDÓN DE PAPA YUNGAY Y GLICEROL”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA DE  
ALIMENTOS

BACHILLER LAURA TERESA QUINECHE MINAYA

Callao, 2018

PERU

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA PELÍCULA BIODEGRADABLE A  
BASE DE GEL DE ALOE VERA (*Aloe Barbadensis Miller*), ALMIDÓN DE PAPA  
YUNGAY Y GLICEROL**

---

LAURA TERESA QUINECHE MINAYA  
TESISTA

---

DR. ING. CÁCERES PAREDES, JOSÉ RAMÓN  
ASESOR



### **DEDICATORIA:**

Es mi deseo dedicar esta tesis a mis padres María y Jaime, porque siempre creyeron en mí, dándome su apoyo y ayuda incondicional para ser una mejor persona.

A mis hermanas Claudia y Daniela, quienes estuvieron siempre a mi lado en los buenos y malos momentos

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron y fueron fuente de inspiración para lograr los objetivos que me propuse y poder llegar a la culminación de mi tesis.

Mención especial y agradecimiento profundo a las siguientes personas:

- Al Dr. Ing. José Ramón Cáceres Paredes, por su asesoría, su paciencia y sus consejos en la elaboración de este trabajo de investigación.
- A la Ing. Mabel Luna Chávez, directora del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao, sin cuyo valioso apoyo no hubiese podido llevar a cabo la parte experimental de la presente tesis.
- Y por último a Karen Villena Santiago, estudiante de los últimos ciclos de la carrera de Ingeniería de Alimentos, y que fuera asignada como apoyo de laboratorio.

Laura Quineche

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	10
INTRODUCCIÓN .....	13
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
1.1 Determinación del problema.....	14
1.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
1.4 Justificación .....	18
1.5 Importancia .....	19
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 Antecedentes del estudio.....	21
2.2 Marco teórico.....	27
2.2.1 Plásticos y películas biodegradables.....	27
2.2.2 La Sábila.....	30
b) Estructura de la sábila o aloe vera .....	31
c) Composición .....	31
d) Variedades.....	32
✓ Aloe arborescens Mill.....	32
✓ Aloe barbadensis Miller.....	33
✓ Aloe ferox Mill.....	34
✓ Aloe succotrina .....	35
e) Gel del aloe vera .....	35
2.2.3 La papa .....	36
a) Origen de la papa.....	36
a) Características químicas .....	37
b) Almidón .....	38
✓ Amilosa.....	39
✓ Amilopectina.....	39

c)	Gelatinización.....	39
d)	Retrogradación.....	40
2.2.4	Plastificantes.....	41
a)	Glicerol.....	42
2.3	Definiciones o términos básicos.....	44
III.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	49
3.1	Variables de la investigación.....	49
3.2	Operacionalización de variables.....	50
3.3	Hipótesis.....	51
IV.	METODOLOGÍA.....	52
4.1	Tipo de investigación.....	52
4.2	Diseño de a investigación.....	53
4.3	Población y muestra.....	58
4.3.1	PARA EL PRIMER MUESTREO.....	58
4.3.2	PARA EL SEGUNDO MUESTREO.....	59
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
4.4.1	Método de casting.....	60
4.4.2	Prueba de biodegradabilidad.....	60
4.4.3	Prueba de textura o compresión.....	60
4.4.4	Ensayo de espesor.....	61
4.4.5	Ensayo de solubilidad.....	61
4.4.6	Ensayo de permeabilidad al vapor del agua.....	61
4.5	Procedimientos de recolección de datos.....	62
4.6	Plan de análisis estadístico de datos.....	62
V.	RESULTADOS.....	63
5.1.	Prueba de viscosidad.....	63
5.1.1	Prueba estadística para la prueba de viscosidad.....	69
5.2.	Prueba de biodegradabilidad.....	71
5.2.1	Prueba de biodegradabilidad en medio anaerobio.....	71
5.2.2	Prueba de biodegradabilidad en medio aerobio.....	73
5.3.	Ensayo de espesor.....	76
5.3.1	Prueba estadística del ensayo de espesor.....	77
5.4.	Prueba de Solubilidad.....	81

5.5. Prueba de permeabilidad al vapor de agua.....	82
5.5.1 Prueba estadística .....	85
5.6. Prueba de textura.....	89
VI. DISCUSIONES .....	90
VII. CONCLUSIONES.....	96
VIII. RECOMENDACIONES.....	98
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	107
ANEXO N° 2: ESQUEMA TENTATIVO DE LA TESIS .....	109
ANEXO N° 3 EXTRACCIÓN DE ALOE VERA.....	110
ANEXO N° 4 Extracción de almidón de papa.....	112
ANEXO N° 5 Elaboración de las películas biodegradables .....	115
ANEXO N° 6 Pruebas.....	117
ANEXO N° 7 RESULTADOS DE PRUEBA DE TEXTURA .....	118



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: POLÍMEROS BIODEGRADABLES Y NO BIODEGRADABLES</b> .....	27
<b>Tabla 2: TABULACIÓN DE VARIABLES</b> .....	49
<b>Tabla 3: TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	50
<b>Tabla 4: DISEÑO EXPERIMENTAL 2<sup>4</sup> PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE</b> .....	54
<b>Tabla 5: RESULTADOS DE ENSAYOS PRELIMINARES</b> .....	63
<b>Tabla 6: DATOS OBTENIDOS EN EL VISCOSÍMETRO DIGITAL EN LA MUESTRA 90:10</b> .....	64
<b>Tabla 7: DATOS OBTENIDOS EN EL VISCOSÍMETRO DIGITAL EN LA MUESTRA 60:10</b> .....	67
<b>Tabla 8: PESOS INICIALES DE LAS MUESTRAS EN MEDIO ANAEROBIO</b> ...	71
<b>Tabla 9: PESOS DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES EN TIERRA DE ABONO EN MEDIO ANAEROBIO DURANTE 20 DÍAS.</b> .....	71
<b>Tabla 10: RESULTADOS PARA EL ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO ANAEROBIO</b> .....	72
<b>Tabla 11: PESOS INICIALES DE LAS MUESTRAS EN MEDIO AEROBIO</b> .....	73
<b>Tabla 12: PESOS DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES EN TIERRA DE ABONO EN MEDIO AEROBIO DURANTE 20 DÍAS.</b> .....	74
<b>Tabla 13: RESULTADOS PARA EL ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO AEROBIO</b> .....	75
<b>Tabla 14: DATOS OBTENIDOS PARA LA PRUEBA DE ESPESOR EN MICRÓMETROS PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE</b> .....	76
<b>Tabla 15: DATOS OBTENIDOS PARA LA PRUEBA DE ESPESOR EN MILÍMETROS PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE</b> .....	76
<b>Tabla 16: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESPESOR PARA LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES.</b> .....	77
<b>Tabla 17: DATOS INICIALES PARA LA PRUEBA DE SOLUBILIDAD</b> .....	81
<b>Tabla 18: PESOS RECUPERADO DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES</b> .....	81
<b>Tabla 19: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLUBILIDAD PARA LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES</b> .....	82
<b>Tabla 20: PESOS INICIALES PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD</b> .....	83
<b>Tabla 21: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD</b> .....	83
<b>Tabla 22: PENDIENTES DE LA RECTA PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD</b> .....	84
<b>Tabla 23: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA</b> .....	85
<b>Tabla 24: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TEXTURA</b> .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: ALOE ARBORESCENS MILL</b> .....	33
<b>Figura 2: ALOE BARBADENSIS MILLER</b> .....	34
<b>Figura 3: ALOE FEROX MILL</b> .....	34
<b>Figura 4: ALOE SUCCOTRINA</b> .....	35
<b>Figura 5: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TUBÉRCULO DE LA PAPA</b> .....	37
<b>Figura 6: MICRONUTRIENTES EN LA PAPA</b> .....	38
<b>Figura 7: TARJETA DE INFORME PARA PRUEBA DE NORMALIDAD</b> .....	69
<b>Figura 8: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60</b> .....	70
<b>Figura 9: PRUEBA DE NORMALIDAD DE PROMEDIO 90:10</b> .....	78
<b>Figura 10: PRUEBA DE NORMALIDAD DE PROMEDIO 60:10</b> .....	78
<b>Figura 11: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60</b> .....	79
<b>Figura 12: INFORME DE RESUMEN DE PROMEDIO 90:10 Y PROMEDIO 60:10</b> .....	80
<b>FIGURA 13: PRUEBA de normalidad Promedio 90:10</b> .....	86
<b>Figura 14: PRUEBA DE NORMALIDAD PROMEDIO 60:10</b> .....	87
<b>Figura 15: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60</b> .....	88

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1: CURVA DE VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA 90:10 .....</b>	<b>65</b>
<b>Gráfica 2: CURVA DE VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA 60:10 .....</b>	<b>68</b>
<b>Gráfica 3: BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO ANAEROBIO .....</b>	<b>73</b>
<b>Gráfica 4: BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO AEROBIO.....</b>	<b>75</b>

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar y caracterizar mediante pruebas físicas, químicas y biológicas una película biodegradable a base aloe vera, almidón de papa y glicerol con parámetros de tiempo entre 10-15 horas y de temperatura entre 35-55°C en el proceso de secado mediante la técnica de casting. Fue un estudio de tipo experimental, aplicada, explicativa, primaria y cuantitativa con un diseño factorial de  $2^4$  con el cual se realizó el estudio de las 4 variables indicadas. Las formulaciones utilizadas fueron de 90:10; 60:40: 90:40, 60:10 en el cual el glicerol (plastificante) se utilizó en un 30% respecto al almidón (0,30 p/p). Los datos se analizaron a través de un programa estadístico “Minitab 2016” para la determinación de diferencia significativa entre las muestras utilizando la prueba de T de student. Los resultados refieren que las muestras 90:10 y 60:10 fueron las más aceptadas para la elaboración de las películas con un valor de biodegradabilidad de 18,378% y 20,691% en medio aerobio respectivamente y de 4,483% y 3,850% en medio anaerobio respectivamente en un periodo de 20 días. Se concluye que es posible elaborar y caracterizar una película biodegradable en base a aloe vera, almidón de papa y glicerol.

**Palabras claves:** polímeros, películas biodegradables, aloe vera, almidón de papa, glicerol, biodegradabilidad, viscosidad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y textura.

## **ABSTRACT**

The present research had as an objective to develop and characterize through physical, chemical and biological testing, a biodegradable film based on aloe vera, potato starch and glycerol with time parameters between 10-15 hours and temperature between 35-55 ° C during the drying process using the casting technique. It was an experimental study, applied, explicatory, primary and quantitative with a factorial design of 2<sup>4</sup>. The formulations used were 90:10; 60:40: 90:40 and 60:10, in which glycerol (plasticizer) was used in which 30% with respect to the starch (0,30w/w). The results obtained were analyzed using Minitab 2016 statistical program for the determination of significant differences between the samples, using the student T test. The results showed that the 90:10 and 60:10 samples were the most accepted for the preparation of the films with a biodegradability of 18,378% and 20,691% in aerobic medium and 4,483% and 3,850% in anaerobic medium respectively in a period of 20 days. In conclusion it is possible to elaborate and characterize a biodegradable film based on aloe vera, potato starch and glycerol.

**Keywords:** Polymers, biodegradable films, aloe vera, potato starch, glycerol biodegradability, viscosity, solubility, water permeability vapor and texture

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de gran diversidad de materiales en la producción, conservación y comercialización de los alimentos se ve inmerso en el tema de la globalización, que genera en el transcurso de los años, que la comunicación entre naciones se vaya haciendo cada vez más empalmada, el sistema mundial provoca el desarrollo acelerado de las industrias y ante la surtida demanda, éstas se ven obligadas a hacer uso de recursos tales los polímeros sintéticos elaborados a base de petróleo, lamentablemente, con dicha actividad el más perjudicado es nuestro medio ambiente debido al calentamiento global que ocasiona la acumulación de dichos residuos en el planeta. Nuestro país es un gran productor de elementos naturales que si son oportunamente utilizados podrían facilitarnos la implementación de estrategias más amigables para el medio.

La presente investigación tiene como finalidad la obtención de una película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa, tiempo y temperatura de secado; el glicerol no se considera como variable de estudio pues la cantidad a utilizar constituye un porcentaje definido de almidón de papa. Se aplicará un diseño factorial de  $2^4$  con el cual se realizará el estudio de las 4 variables indicadas utilizando el “método de casting”, el cual permite, luego de formada la solución, esparcirlo sobre una superficie plana y llevarlo a secar a condiciones controladas, y su posterior caracterización.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Determinación del problema**

En estos días la contaminación del planeta es el problema de mayor relevancia, que a pesar de ser confrontado por muchas organizaciones y naciones aún se encuentra lejos de solucionarse. La basura se sigue acumulando, tapando ríos, contaminando tierras y los desechos tóxicos siguen provocando modificaciones en el ecosistema (Angulo, 2013).

Gran parte de la contaminación presente en nuestro planeta es atribuida a la eliminación de productos como los envases plásticos. Debido a la composición de los plásticos, estos tardan cientos de años en descomponerse en el medio ambiente y dependiendo del tipo de plástico hasta 1000 años. El plástico con el transcurso de los años se va fragmentando en pequeños trozos cada vez más diminutos los cuales atraen y acumulan sustancias tóxicas. Por lo que utilizar masivamente un material tan duradero para objetos desechables es uno de los errores con mayores consecuencias catastróficas a nivel mundial. (Delgado; 2013)

La mayoría de los plásticos contienen en su composición sustancias químicas dañinas como BPA (Bisfenol A) y ftalatos, los cuales resultan inseguros para el consumo o uso humano. La realidad es que los consumidores en todo el mundo emplean cada año millones de millones de bolsas plásticas no reutilizables, cuyo promedio de uso es de apenas

12 minutos, pero terminan contaminando el agua, sofocando humedales y enredando, enfermando o matando animales. (Carmona; 2011)

El empaque de un alimento tiene como función principal preservar y proteger el producto que contiene, para así poder extender su vida útil. El uso excesivo de empaques elaborados a partir de materiales sintéticos ha generado graves problemas ambientales debido a su total falta de biodegradabilidad. (Rubio-Anaya, Guerrero-Beltrán; 2012)

El reemplazo total de los plásticos sintéticos por materiales biodegradables para la elaboración de envases no se ha logrado hasta el presente. Ya que solo el 30% de las industrias utilizan este tipo de material, no obstante se han sustituido algunos polímeros sintéticos por otros de origen natural y han permitido el desarrollo de productos con características específicas relacionadas con las propiedades de barrera mecánicas y térmicas en determinados envases como películas y protectores. (Villada, Acosta y Velasco; 2007)

Por consiguiente es fundamental establecer formulaciones de películas biodegradables a partir de productos naturales para la elaboración de envases más seguros para la salud de los consumidores y para el bienestar del medio ambiente.



## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Es posible elaborar, determinar las variables del proceso de secado y caracterizar una película biodegradable en base a gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller), almidón de papa (Yungay) y glicerol para ser utilizado como material de empaque para alimentos?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la proporción de gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol en la formulación de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?
- ¿Cuáles son las variables de control en el proceso de secado durante la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?
- ¿Cuáles son las características físicas, químicas y biológicas de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar una película biodegradable en base a gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol que se utilice como material de empaque para alimentos, determinar las variables del proceso de secado y caracterizarla física, química y biológicamente.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la proporción de la película biodegradable con gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol en la formulación de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.
- Determinar en el proceso de secado los parámetros de control en la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.
- Caracterizar física, química y biológicamente la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.

## 1.4 Justificación

El desarrollo de la presente investigación se justifica:

- 1) Porqué, en la actualidad existe un gran interés por disminuir la contaminación ambiental, especialmente la que es ocasionada por el uso de los plásticos en el ámbito industrial y que una descomposición lenta, que puede tardar cientos y miles de años, en función de su naturaleza y composición.
- 2) Porqué, a nivel mundial se vienen realizando campañas de reciclaje y reducción en el uso de los envases plásticos; sin embargo, el uso de estos envases se ha ido incrementando debido a la gran demanda de los mismos y a su oferta de las diferentes industrias.
- 3) Porqué, la tendencia mundial actual es la elaboración de productos amigables con el ambiente; es decir, de productos con componentes naturales y que sean fácilmente biodegradables, estos productos que denominados películas biodegradables en periodos temporales menores que los plásticos convencionales.
- 4) Por qué, el Perú es un país productor y exportador de diversas variedades de papa, cuyos volúmenes de exportación -según el INEI- creció en 8,8%, comparativamente entre marzo del año pasado y del presente, explicado por el mayor envío de productos tradicionales en comparación con los no tradicionales.

- 5) Porqué, en contraste con la cultura de reciclaje en el país -según el Informe Nacional de Residuos sólidos municipales y no municipales de los años 2010 y 2011- la generación de residuos producidos por restos orgánicos de cocina, huesos, papeles, plásticos, botellas, bolsas, envases de vidrio, latas, metales, madera entre otros creció del 79,58% al 87,77%, los que son eliminados en rellenos sanitarios y al océano.
- 6) Porqué, en coherencia a la tendencia de las investigaciones e investigadores es encontrar solución en la elaboración de películas biodegradables por la “técnica del casting”, que se utilicen para el recubrimiento y empaque de alimentos, que sean económicos y contribuyan a evitar el deterioro del medio ambiente.

### **1.5 Importancia**

La importancia del estudio realizado se puede visualizar:

- a) Porque, permitió elaborar una película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa y glicerol como una alternativa que contribuya a evitar el deterioro del medio ambiente y a su vez que sea utilizado para el recubrimiento y empaque de alimentos.
- b) Porque, el conocimiento de los datos obtenidos en la prueba de caracterización de la película biodegradable beneficiaran a:

- a. Las empresas dedicadas al área de empaques y embalajes de alimentos, como una alternativa sustentable y amigable con el medio ambiente.
- b. A los profesionales e investigadores dedicados al estudio de alternativas de recubrimientos biodegradables de alimentos que puedan incrementar el periodo de vida útil y mejorar el aspecto del producto.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

- a) **ORTIZ, M; et al. en Desarrollo de una película plástica a partir de almidón extraído de papa residual<sup>1</sup>**, señalan que para la elaboración del plástico se agregó a un vaso de precipitado de 200 ml 8 gr de almidón, 75 ml de agua, 11 ml de glicerol y 6 ml de HCL al 0.1M, se agitó hasta lograr una mezcla homogénea, posteriormente fue colocado en una placa de calentamiento previamente puesta a 300 °C de temperatura, se continuó con la agitación mediante una varilla de vidrio hasta obtener una mezcla de textura similar a la de un engrudo. Se retiró del vaso y se colocó la mezcla sobre una superficie de acrílico y se procedió a extender con la misma varilla. Se dejó reposar y secar por 24 h, y finalmente la película plástica fue retirada de forma delicada para evitar su ruptura.
- b) **RUIZ, A; en Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca<sup>2</sup>**, señala que para la obtención de un polímero biodegradable se prepararon cuatro mezclas utilizando una mezcladora electromecánica. La desestructuración del almidón se inicia en un molino abierto y luego se continúa en una extrusora de monohusillo. Se pesan muestras de

---

<sup>1</sup> ORTIZ, M; et al. en DESARROLLO DE UNA PELÍCULA PLÁSTICA A PARTIR DE ALMIDÓN EXTRAÍDO DE PAPA RESIDUAL; Universidad Tecnológica de Jalisco, México; Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos; 2013

<sup>2</sup> RUIZ ÁVILES, Gladys; en OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA; Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2(4), 5-28

500 g, que se alimentan a un molino abierto, donde se obtienen bandas (láminas) que se parten en cintas de 15 mm de ancho y luego en pequeños trozos, se secan a una temperatura de 100°C por 12 horas y se alimentan en una extrusora con un diámetro de 30 mm para obtener el polímero biodegradable en forma de gránulos. Luego estos gránulos se alimentan a una extrusora de un reómetro de torque, con un diámetro de 25 mm para obtener películas.

- c) NAVIA, D; et al. en Isotermas de adsorción de bioplástico de harina de yuca moldeados por compresión<sup>3</sup>**; menciona que la harina de yuca (HY) el polvillo de fique (PF) y el glicerol (G) se mezclaron en proporción 0.6:0.25:0.15. Cada mezcla se homogenizó en mezcladora industrial (KidchanAid, USA) durante 30 minutos con adición del 60% de agua (p/p), posteriormente se moldeó por compresión a 200°C durante 3 minutos.
- d) IBARGÜEN, Ángel; PINZÓN, Magda; ARBELÁEZ, Lina; en Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L)<sup>4</sup>**; menciona que las películas de gel de Aloe vera fueron preparadas utilizando la técnica de casting, que es la técnica utilizada para formar películas a partir de

---

<sup>3</sup> NAVIA, Diana; AYALA, Alfredo; VILLADA, Héctor; en ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE HARINA DE YUCA MOLDEADOS POR COMPRESIÓN; Universidad del Cauca; Popoyán-Colombia; 2011.

<sup>4</sup> IBARGÜEN, Ángel; PINZÓN, Magda; ARBELÁEZ, Lina; en ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE GEL DE ALOE VERA (*ALOE BARBADENSIS* MILLER L); Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos; Colombia; vol. 23, n° 26; 2015.

una solución que contenga un polímero formador. Se vertieron 25 mL de las soluciones en cajas de petri de plástico, y finalmente se secaron a 40 °C por 12 h, posteriormente se desprendieron las películas de su respectivo molde y finalmente son acondicionadas a temperatura y humedad relativa ambiental para los respectivos análisis.

e) **IBARGÜEN, Ángel; PINZÓN, Magda; ARBELÁEZ, Lina; en Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L)<sup>5</sup>**; hace mención al procedimiento realizado por Sarmiento en el 2009; quien realizó un fileteado manual a las hojas de aloe vera, el cual consistió en cortar con un cuchillo, 2,5 cm de la base de la hoja para dejar escurrir el acíbar de color amarillo, que le adjudica un sabor amargo al gel. Del mismo modo se cortó el extremo superior y sus partes laterales en donde se encuentran pequeñas espinas, para luego extraer la pulpa interna o gel mucilaginoso, separando las partes de la hojas adheridas a él por medio de un corte con cuchillo. El gel extraído fue lavado por aspersión con agua y escurrido, para retirar los residuos de acíbar presentes en el gel.

---

<sup>5</sup> IBARGÜEN, Ángel; PINZÓN, Magda; ARBELÁEZ, Lina; en ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE GEL DE ALOE VERA (*ALOE BARBADENSIS* MILLER L); Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos; Colombia; vol. 23, n° 26; 2015



- f) **TRUJILLO, N; et al. en Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote<sup>6</sup>**; señalan que realizaron un total de 13 formulaciones, basándose en la metodología propuesta por Rodríguez et al., (2006), con modificaciones, en donde se emplearon 9 formulaciones con base en almidón de papa, y cuatro con base en almidón de yuca, en donde las variables fueron la concentración del almidón, el tiempo de dispersión en baño maría a la temperatura de 70°C, empleándose un diseño factorial 3<sup>2</sup> para el almidón de papa, en donde las variables independientes fueron la concentración de almidón a emplear en la formulación (4, 8 y 10%) y el tiempo de dispersión (30, 45 y 60 min). De las formulaciones anteriores se estableció emplear almidón de yuca al 4% y un tiempo de dispersión de 30 minutos, y para el almidón de papa 10% por un tiempo de 45 minutos.
- g) **ZAMUDIO, Paul; et al. en Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano<sup>7</sup>**; menciona que el objetivo de la investigación elaborar películas con almidón oxidado de plátano y glicerol usando la gelatinización térmica y vertido en placa en donde las películas se prepararon mezclando una concentración de almidón de plátano (nativo u oxidado) de 4% p/p en base seca y

---

<sup>6</sup> TRUJILLO, N; et al. en EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES CON BASE EN ALMIDÓN DE PAPA Y YUCA EN LA CONSERVACIÓN DEL MANGO CV. ZAPOTE; Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos; Colombia; vol. 10, n° 1; pág. 5-17; 2012.

<sup>7</sup> ZAMUDIO, Paul; et al. en CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PELÍCULAS PREPARADAS CON ALMIDÓN OXIDADO DE PLÁTANO; Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN; Yauhtepec, Morelos, México; 2007.

glicerol de 2% p/p. Para algunas películas se adicionó una concentración fija de aceite de girasol de  $2 \text{ g L}^{-1}$ , para evaluar el color, la solubilidad en agua y el comportamiento térmico de las películas.

**h) LOPEZ, Olivia; en Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón<sup>8</sup>**; señala que la extracción comenzó con la recepción de la materia prima y el lavado de las raíces para eliminar restos de tierra. Con el fin de reducir la carga microbiana de las raíces se incorporó una etapa de sanitización que consistió en el lavado con solución de hipoclorito de sodio (250 ppm de  $\text{Cl}_2$ ) durante 10 minutos. Luego las raíces se pelaron y se procesaron con un rallador de disco rotatorio especialmente diseñado para este fin. La pasta rallada se colocó en agua (2L/Kg raíces), y se almacenó a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 h. Luego, la mezcla se filtró a través de una muselina y se obtuvo el almidón en suspensión acuosa, denominado “lechada de almidón”. La suspensión se decantó a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  y se recuperó el material insoluble sedimentado constituido principalmente por almidón, el que luego se secó a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

---

<sup>8</sup> LOPEZ, Olivia; en DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN; Tesis para doctorado; Universidad Nacional de la Plata; Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química; Argentina; 2012.

i) **DOMÍNGUEZ, R; et al. en El gel de Aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria<sup>9</sup>**; menciona que la separación manual por fileteado es el método más utilizado y que provee mejores rendimientos y una mejor calidad del gel, en el cual se realiza con un cuchillo a partir de aproximadamente 2,5 cm desde la base de la hoja abarcando su extremo superior y las partes laterales, el gel obtenido se licúa con aspas de acero. En seguida se hace una adición de vitamina C y ácido cítrico. El pH del jugo se ajusta entre 3,0 y 3,5 mediante la adición de ácido cítrico.

---

<sup>9</sup> DOMÍNGUEZ, R; et al. en EL GEL DE ALOE VERA: ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROCESAMIENTO, ACTIVIDAD BIOLÓGICA E IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA. Revista Mexicana de Ingeniería Química; vol. 11, n°1, pág. 23-43, 2012.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Plásticos y películas biodegradables

#### a) Polímeros

Según la IUPAC, un polímero es una macromolécula, es decir, una molécula con masa molecular relativamente grande, formada esencialmente por la repetición múltiple de unidades derivadas de otras moléculas de masa molecular más pequeña denominadas monómeros mediante el proceso de polimerización.

Los polímeros pueden ser degradables o no biodegradables como se puede apreciar en la tabla 1 adjunta

**Tabla 1: POLÍMEROS BIODEGRADABLES Y NO BIODEGRADABLES**

CLASES	BIODEGRADABLE	NO BIODEGRADABLE
<b>ORIGEN RENOVABLE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almidón</li><li>• Polihidroxialcanatos – PHAs</li><li>• Ácido Poliláctico - PLA</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rilsan – Polyamide (ARKEMA)</li><li>• Plástico ecológico a partir de caña de azúcar (BRASKEM)</li></ul>
<b>ORIGEN NO RENOVABLE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alcohol Polivinílico</li><li>• Poliéster sintéticos</li><li>• Polibutilen succinato – PBS</li><li>• Polibutilen succinato adipato - PBSA</li></ul>	Polímeros convencionales: <ul style="list-style-type: none"><li>• Polipropileno – PP</li><li>• Polietileno – PE</li><li>• Tereftalato de Polietileno - PET</li></ul>

Fuente: Charro, M; Quito-2015 obtenido en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

## **b) Polímeros biodegradables**

Para definir a un material biodegradable, la American Society of Testing and Materials o por sus siglas en inglés ASTM los define como “aquel capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, mediante la acción enzimática de microorganismos que puede ser medida por test estandarizados en un período específico de tiempo, en condiciones normalizadas de depósito” (ASTM, 2005)

Los polímeros biodegradables se pueden dividir en 4 grupos o categorías principales:

- ✓ Polímeros naturales: Son polímeros naturales, fácilmente disponibles, extraídos de animales marinos o vegetales como la celulosa, almidón y las proteínas
- ✓ Polímeros naturales modificados o producidos por síntesis química clásica a partir de monómeros biológicos renovables: como el acetato de celulosa o los polialcanoatos
- ✓ Materiales compuestos que combinan partículas biodegradables por ejemplo el almidón, la celulosa regenerada o gomas naturales con polímeros sintéticos como las mezclas de almidón y poliestireno o almidón y policaprolactona.
- ✓ Polímeros sintéticos; como los poliésteres, las poliesteramidas y los poliuretanos, entre otros. (Villada, et al.; 2006, Catrillón)

### **c) Pruebas para determinar la calidad de la película biodegradable**

#### **✓ Ensayo de biodegradabilidad**

El proceso de biodegradación de un polímero se puede llevar a cabo en diversos ambientes, en función de dónde finalice la vida útil del producto. Se considera que el compostaje es el medio más favorable, ya que mediante este proceso se consigue valorizar los residuos, obteniendo un compost que puede ser empleado en agricultura, en lugar de simplemente eliminar dichos residuos.

El porcentaje de biodegradación se mide mediante la relación entre el dióxido de carbono generado a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que puede producirse a partir del material de ensayo. Así, por ejemplo, un 75% de biodegradación significa que un 75% de los átomos de carbono (C) presentes en el envase se convirtió en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El método también determina la velocidad del proceso de conversión; es decir, en cuánto tiempo se logra el porcentaje especificado de biodegradación. La incubación debe realizarse a una temperatura constante de aproximadamente 58 °C (Hernández y Guzmán, 2009; Pascual, 2011).

Las normas internacionales (transpuestas a nivel nacional) más empleadas en la determinación de la biodegradabilidad de los materiales plásticos son las siguientes:

- **UNE-EN-ISO 14852:2005:** Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en medio acuoso. Método según el análisis del dióxido de carbono generado (ISO 14852:1999).
- **UNE-EN-ISO 14855:2005:** Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final y desintegración de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis del dióxido de carbono generado (ISO 14855:1999).
- **UNE-EN-ISO 17556:2005 Plásticos:** Determinación de la biodegradabilidad aeróbica última en el suelo mediante la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro o bien mediante la cantidad de dióxido de carbono generada (ISO 17556:2003).

## **2.2.2 La Sábila**

### **a) Origen y Ubicación**

Según algunos autores el nombre del género *Aloe*, al parecer, proviene del griego y significa mar, ya que muchas especies del mismo, en su estado natural, crecen cercanas a éste, otros autores afirman que podría derivar del árabe *ollech* o *alua*; o bien del hebraico *halat*, vocablos que hacen referencia al sabor amargo de las hojas (Fonnegra y Jiménez, 2007). Esta planta es originaria de África o de la parte norte del Nilo, crece espontáneamente en Sudáfrica y Kenia. Se cultiva abundantemente en Venezuela, la cuenca del Caribe, Texas, Arizona y Florida (Ramírez, 2003)

## **b) Estructura de la sábila o aloe vera**

La planta de sábila se compone de raíz, tallo, hojas y flores, del cual nos centraremos en las hojas, estas crecen al nivel del suelo y presentan una estructura con forma lanceolada y dentada los cuales le sirve de protección. La estructura en sí de las hojas se encuentra formada por el exocarpio o corteza cubierta por una cutícula delgada; la corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta con una coloración verde o verde azulado variando por diversos factores tales como: lugar, clima o nutrición de la planta. El parénquima también conocido como pulpa o gel se ubica en la parte central de la hoja llegando a representar entre el 65 al 80% aproximadamente. Entre la corteza y la pulpa, ocupando toda la superficie interna de la hoja se encuentran los conductos de aloína, que son una serie de canales longitudinales de pocos milímetros de diámetro por donde circula la savia de la planta también conocida como acíbar (Domínguez, F; et al 2012).

## **c) Composición**

Dentro de la composición química de la sábila o aloe vera se encuentran componentes fenólicos, los cuales son generalmente clasificados en dos grandes grupos: las cromonas, como la aloensina y las antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloína, isobarbaloína y la aloemodina; estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células



epidermales cuya principal función es la de ser el laxante drástico del Aloe.

La aloína es un glicósido antraquinónico el cual le confiere propiedades laxantes al acíbar, este es el componente principal del acíbar y es lo que la planta secreta como defensa para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable; también interviene en el proceso de control de la transpiración en condiciones de elevada insolación.

También se encuentran polisacáridos, glicoproteínas y aminoácidos en el gel o mucílago el cual es incoloro e insípido de las hojas (Reinaldo, M; et al, 2002; Domínguez-Fernández, R; et al; 2011)

#### **d) Variedades**

Existen alrededor de 300 especies de Aloe, siendo los más importantes por sus propiedades medicinales: Aloe barbadensis Miller, Aloe perry Baker, Aloe arborencens. No obstante, Aloe barbadensis Miller es la más utilizada en la medicina curativa y llamada comúnmente Aloe vera (Quisintiya, 2014)

##### **✓ Aloe arborescens Mill**

Planta con tallo erguido tal como se muestra en la figura 1 de la página 24, bien desarrollado de (1-3) m. Hojas numerosas, en forma de rosetas terminales, erectamente extendidas a extendidas deflexas, lanceoladas-acuminadas de 50 - 60 cm de longitud, 5 - 7 cm de ancho en la base,

verde oscuro a verde azulado de márgenes con dientes curvados hacia delante de 3 - 5 mm de longitud, 5 - 20 mm de distancia. Inflorescencia racimosa usualmente simple. Perianto de 3,5 cm de longitud, escarlata, comprimido sobre el ovario, de color naranja-rojo. Ha sido exportada a muchos países tropicales y subtropicales como una planta ornamental. (Carpano; et al, 2009; Estupiñán, 2012)

**Figura 1: ALOE ARBORESCENS MILL**



**Fuente:** Carpano, S., Castro, M. & SPegazzini, E.; Brasil, 2009, obtenido en <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/581192E82.pdf>

✓ **Aloe barbadensis Miller**

Planta con tallo erguido, tal como se muestra en la figura 2 de la página 25, bien desarrollado de (30-40) cm de longitud, hojas elongadas, carnosas y ricas en agua, alcanzan una altura de (50 – 70) cm, presentan un ancho en la base de (5–7) cm, una coloración de verde oscuro a verde azulado de márgenes con dientes curvados hacia delante de (3–5) mm de longitud y (5 – 20) mm de distancia, las flores son tubulares, colgantes y amarillas. Puede haber de 12 a 16 hojas por planta. (Estupiñán, 2012)

**Figura 2: ALOE BARBADENSIS MILLER**



**Fuente:** Carpano, S., Castro, M. & SPegazzini, E.; Brasil, 2009, obtenido en <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/581192E82.pdf>

✓ **Aloe ferox Mill**

Arbusto perenne con un tallo de (2-3) m de altura, tal como se muestra en la figura 3, tiene numerosa hojas en forma de rosetas que son de color verde claro, ovaladas- lanceoladas, de (40-60) cm de largo, espinoso en las cimas y en los bordes; inflorescencia en racimo erecto de 60 cm de altura; con flores de perianto 2,5cm de longitud, de color rojo, amarillo o naranja (Estupiñán, 2012)

**Figura 3: ALOE FEROX MILL**



**Fuente:** Carpano, S., Castro, M. & SPegazzini, E.; Brasil, 2009, obtenido en <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/581192E82.pdf>

✓ **Aloe succotrina**

Planta caulescente, con tallo erecto, corto; hojas en forma de rosetas, lanceoladas, de color verde a gris-verde, tal como se muestra en la figura 4, en ocasiones con unas pocas manchas blancas; dientes marginales de (2-4) mm, firmes, blancos, distanciados hasta 10 mm. Inflorescencia de aproximadamente 1 m, racimos cilíndrico-acuminados, de (25-35) cm. Flores de color rojo con ápice verde. Tépalos libres hasta la base. (Estupiñán, 2012)

**Figura 4: ALOE SUCCOTRINA**



**Fuente:** Carpano, S., Castro, M. & SPegazzini, E.; Brasil, 2009, obtenido en <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/581192E82.pdf>

**e) Gel del aloe vera**

El gel de Aloe vera contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con

alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables (Vega, Ampuero, Días y Lemus, 2005)

Se han detectado diferentes polisacáridos en la pulpa del Aloe vera los cuales incluyen a la manosa, galactosa, arabinosa, sustancias pécticas y ácido glucurónico.

Diferentes estudios han identificado a la manosa como el azúcar más importante presente en el gel de Aloe vera, pero encontraste existen otros estudios que han reportado ausencia de este azúcar encontrando sustancias pécticas como el mayor componente, estas diferencias se deben principalmente a los lugares geográficos donde ha sido cultivada la planta de Aloe vera (Vega, Ampuero, Días y Lemus, 2005).

### **2.2.3 La papa**

#### **a) Origen de la papa**

La papa también conocida como *Solanum tuberosum* L. se encuentra en su gran mayoría cultivada en las tierras altas de los Andes de América del Sur, constituye el cuarto alimento de mayor consumo en el mundo y su producción a nivel mundial es de unos 320 millones de toneladas por año, la cual tiende a aumentar. Pedro Cieza de León en el año de 1538 realizó la primera crónica donde se menciona a la papa. Cieza encontró tubérculos primero en la parte alta del valle del Cusco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador mencionando que los pobladores de

ese tiempo denominaban ha dicho tubérculo con el nombre de “papas” (Borba, 2008; Charro, 2015)

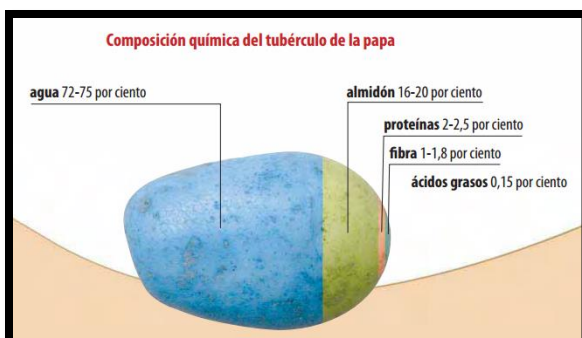
La papa se siembra a lo largo de toda la sierra del Perú. Se la encuentra desde la sierra de Piura, Cajamarca y Amazonas en el norte, hasta el Altiplano de Puno y la sierra de Tacna, por el sur.

Es decir, en el Perú se siembra y produce papa en gran número de condiciones: punas secas, punas húmeda, valles interandinos de la sierra, vertientes orientales húmedas, vertientes occidentales sub-áridas y en los valles costeros subdesérticos (Usucachi, 2011).

#### a) Características químicas


Un tubérculo de papa crudo tiene un gran contenido de micronutrientes, las vitaminas y minerales esenciales para la salud tal como se muestra en la figura 5. Una papa de tamaño medio contiene una gran cantidad de potasio, y casi la mitad de la vitamina C necesaria a diario para los adultos. También es una fuente importante de vitaminas del complejo B y minerales, como el fósforo y el magnesio (FAO, 2008), tal como se muestra en la figura 6 de la página 29.

**Figura 5: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TUBÉRCULO DE LA PAPA**



Fuente: FAO, 2008 obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>

**Figura 6: MICRONUTRIENTES EN LA PAPA.**



<b>Micronutrientes</b>	
<i>(una papa cruda, con su piel, 213 g)</i>	
<b>Minerales</b>	
Potasio	897 mg
Fósforo	121 mg
Magnesio	49 mg
Hierro	1,66 mg
<b>Vitaminas</b>	
Vitamina C	42 mg
Niacina	2,2 mg
Vitamina B6	0,62 mg
Tiamina	0,17 mg

Fuente: FAO, 2008 obtenido de  
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>

### **b) Almidón**

El almidón se encuentra dentro del grupo de los carbohidratos presentes en el reino vegetal, este es un polímero de glucosa el cual constituye el tejido de almacenamiento más importante en las plantas.

En lo que respecta a cereales y tubérculos, el almidón se encuentra en las células formando estructuras denominadas gránulos de almidón. Estos gránulos tendrán un tamaño característico por cada alimento, pero varía entre 2 a 100 micras. Los gránulos de arroz se encuentran entre los más pequeños mientras que los gránulos de papa se encuentran entre los más grandes. Poseen una forma redondeada, alargada o más o menos irregular.

Este polímero es de elevado peso molecular el cual está formado por una sucesión de moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,4 los cuales se ramifican en determinados puntos de la cadena por enlaces  $\alpha$ -1,6. Se encuentra compuesto por dos moléculas específicas denominadas amilosa y amilopectina.

✓ **Amilosa**

Este primer compuesto del almidón representa entre el 20-30%, en su mayoría se encuentra en forma lineal por unidades D-glucosa mediante enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos, aunque muchas moléculas presentan pocas ramificaciones en el enlace  $\alpha$ -1,6.

✓ **Amilopectina**

Este segundo compuesto también se encuentra formado por enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos, con diferencia de la amilosa que en cada 15 a 30 unidades aparece una ramificación con enlace  $\alpha$ -1,6; estas ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en el agua que la amilosa.

**c) Gelatinización**

La gelatinización es un proceso que ocurre cuando los gránulos de almidón se comienzan a hinchar por el calentamiento en presencia de agua. Inicialmente los gránulos de almidón son insolubles en agua fría pero estos por efecto del calor ocasionan una pérdida irreversible de las zonas cristalinas en los gránulos llegando a afectar su estructura.



También se puede decir que la gelatinización es un proceso endotérmico el cual va acompañado de la lixiviación de la amilosa y pérdida de la birrefringencia del gránulo incrementando drásticamente la capacidad del almidón de ser digerido por enzimas amilolíticas.

Al final de este fenómeno se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los restos de los gránulos, también hidratados. La intensidad de la gelatinización depende de la fuente botánica de la que proviene el almidón, del contenido de humedad de la muestra y de ciertas condiciones experimentales tales como pH, presencia de sólidos, etc. (FAO/OMS, 1997; LOPEZ, 2011)

#### **d) Retrogradación**

Para entender lo que significa retrogradación hay que tener en cuenta que el almidón gelatinizado no se encuentra en equilibrio termodinámico, por lo tanto con el tiempo se produce una progresiva re-asociación de las moléculas de almidón (FAO/OMS, 1997) por lo que al momento de la formación de cristales este va acompañada por un aumento gradual en la rigidez y la separación de las fases entre el polímero y solvente (sinéresis), afectando la textura, digestibilidad y aceptación por el consumidor de los productos a base de almidón. A nivel molecular este fenómeno se define como la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente por puentes de hidrogeno de las cadenas de

amilosa lixiviadas, produciendo una red tridimensional donde quedan los gránulos hinchados, y dentro de éstos la amilopectina recristaliza. (LOPEZ, 2012; CHARRO, 2015)

#### **2.2.4 Plastificantes**

Un plastificante es una sustancia que se incorpora a un material plástico o elastómero para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación. Un plastificante puede reducir la viscosidad del fundido, rebajar la temperatura de transición vítrea o disminuir el módulo elástico del fundido (IUPAC-SUÁREZ, 2011)

De acuerdo con la normativa (ASTM D-883), un plastificante es un material, que se incorpora a un plástico para facilitar su proceso y mejorar su flexibilidad o distensibilidad. La adición de un plastificante puede hacer que disminuya la viscosidad en estado fundido, el módulo de elasticidad, y la temperatura de transición vítrea de un plástico.

Los plastificantes de uso más común son los polioles, especialmente el glicerol o glicerina. Andersen, reportó el uso de etilenglicol, propilenglicol, butanodiol, sorbitol, manitol, arabitol, monoglicéridos, diglicéridos, derivados del propanodiol y hexanodiol y alditol (Enríquez, M. et al 2013).

### **a) Glicerol**

El glicerol es un compuesto químico básico obtenido principalmente como coproducto en la industria oleoquímica, mientras que la glicerina es el nombre comercial que reciben las mezclas con alto contenido de glicerol (Posada-Duque, 2010).

Las mezclas que contienen glicerol tienen un aspecto morfológico suave y uniforme. En teoría deben tener un aspecto final homogéneo, esta característica es un claro indicador de que el almidón ha sido plastificado. Este componente presenta una gran utilidad para retardar la retrogradación de los productos termo plastificados y su acción como lubricante facilita la movilidad de las cadenas poliméricas del almidón (Charro, 2015)

### **b) Efecto del proceso de gelatinización y del plastificante en las propiedades del almidón**

El almidón termoplástico se puede obtener a partir del almidón nativo mediante la ruptura de los gránulos de almidón y del proceso de plastificación. Este proceso se produce a través de la transformación de los gránulos en un material homogéneo con la destrucción de los enlaces de hidrógeno entre las moléculas del almidón; y con la formación de enlaces de hidrógeno entre las moléculas del plastificante añadido y el almidón. La plastificación se puede lograr por la presencia de un plastificante apropiado mediante la aplicación de calor y un proceso

continuo como la extrusión para la obtención de una fase fundida homogénea. El grado de gelatinización depende del contenido y el tipo de plastificante y de los parámetros del proceso tales como el esfuerzo cortante, la viscosidad en el estado fundido, el tiempo y la temperatura.

Los plastificantes tales como el glicerol, el monoestearato de glicerilo, glicol, xilitol, sorbitol, azúcar u oligosacáridos, ácidos, ácidos grasos, lípidos y derivados se usan para superar la fragilidad de las películas y para mejorar la flexibilidad y extensibilidad de las mismas. Las moléculas pequeñas que contienen el grupo funcional -CO-NH-, tales como la urea y la formamida o mezclas de formamida/urea también pueden tenerla propiedad de plastificar al almidón nativo (Plackett, 2011)

### **2.3 Definiciones o términos básicos**

**Agitación:** Forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiriera un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente. (Geankoplis, 2006)

**Almidón.-** El almidón o fécula, es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos, la amilosa (en proporción del 20 %) y la amilopectina (80 %). Es el glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales y la fuente de calorías más importante consumida por el ser humano (Calvo, M.; Robinson, D.; Sevillano, E.; 1991)

**Biodegradable.-** adjetivo que hace referencia a que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales (Boletín técnico de Poliolefinas, 2011)

**Calidad.-** Es el grado en que el conjunto de características inherentes de un producto cumple con determinados requisitos. (Ministerio de Educación Nacional, 2005)

**Concentración.-** La concentración es la relación que hay entre la cantidad de un soluto y un disolvente. (Química General, 1994)

**Decantado:** Proceso en el cual se traspasa el líquido obtenido a otro recipiente sin que se combine con la parte sólida obtenida. (Labate, 2007)

**Desmoldado:** Proceso en el cual se separa la película de la placa de acrílico para ser analizada. (Elaboración propia, 2017)

**Escurrido:** Proceso en el cual las hojas de sábila son colocadas de manera vertical para ayudar a la eliminación del acíbar. (Elaboración propia, 2017)

**Esparcido:** Proceso de extender la película sobre las placas de acrílico. (Elaboración propia, 2017)

**Filtrado:** Proceso unitario de separación de sólidos mediante el uso de una gasa o malla. (Colina, 2008)

**Gel.-** Materia con apariencia de sólido y aspecto gelatinoso que se forma al dejar en reposo una disolución coloidal; se emplea como soporte de catalizadores y para separar mezclas por adsorción. (Gil, 2018 y elaboración propia, 2017)

**Glicerol.-** También denominada glicerina presente de forma natural en el organismo y constituido por tres átomos de carbono, se puede obtener artificialmente y su uso es de suma importancia en todo tipo de industria. (Lafuente, 2017).

**Homogenizado.-** Proceso de transformación por el cual un conjunto de elementos diversos adoptan características comunes y uniformes. (Hielscher, Tecnología de ultrasonidos).

**Inmersión.-** Acción de introducir o introducirse algo dentro de un fluido. (Pérez, 2012)

**Lavado.-** Acción y efecto de limpiar, mojando o empapando con agua u otro líquido algún cuerpo u objeto con la finalidad de quitar manchas o purificar. (Delgado, 2006)

**Licuadao:** Proceso de trituración del gel de aloe vera mediante una licuadora. (Elaboración propia, 2017)

**Mucílago.-** Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables. (Vega, A.; Ampuero, N.; Díaz, L. & Lemus, R., 2005)

**Película.-** las películas son estructuras solidas delgadas de las cuales se puede despreciar muchos efectos físicos de su grosor, son importantes porque permiten ahorrar energía, son muy compactas, ligeras y debido a que se desprecia una dimensión son más fáciles de caracterizar físicamente. (Enríquez, M. Velasco, R. Ortiz, V. 2012)

**Permeabilidad.-** Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atravesase sin alterar su estructura interna. (Boletín agrario)

**Pesado:** Esta es una operación que implica la cuantificación de varios aspectos, entre los cuales se cuenta, el volumen comprado, el volumen de la calidad adecuada para el proceso y los datos sobre el volumen para la cuantificación del rendimiento. (Figuerola, 1997)

**Plástico.-** Material compuesto por resinas, proteínas y otras sustancias con la característica de ser fácil de moldear y poder modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura. (Boletín técnico de Poliolefinas, 2011)

**Polímero.-** Los polímeros se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena. (Boletín técnico de Poliolefinas, 2011)

**Rallado:** Proceso en el cual es sometida la papa para ser reducida a partes más pequeñas con ayuda de un rallador de acero inoxidable. (Elaboración propia, 2017)

**Rendimiento.-** Es la cantidad obtenida de la ejecución de algún proceso (físico, químico o biológico), con la finalidad de poder cuantificar la efectividad de un procedimiento. (Vega, A.; Ampuero, N.; Díaz, L. & Lemus, R., 2005)

**Reposo.-** El reposo es el estado de la materia en donde un cuerpo no se encuentra en movimiento o no se encuentra tensionado en el espacio o con respecto a algún sistema de referencia. (Vega, A.; Ampuero, N.; Díaz, L. & Lemus, R., 2005)

**Selección:** Una inspección breve pero muy completa es necesaria en esta etapa, elaborando un registro basado en los criterios para aceptar o no las materias primas. (Vélez, 2008)



**Secado:** La operación de secado es una operación de transferencia de masa de contacto gas- sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. (Tecante, 2009)

**Solubilidad.-** Es la capacidad que tiene una sustancia o cuerpo para poder disolverse al mezclarse en otra. (Brown, 1998).

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Variables de la investigación

##### 3.1.1 Tabulación de variables

Tabla 2: TABULACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADORES
VI	Gel de aloe vera	60 %
		90 %
	Almidón de papa	10 %
		40 %
	Temperatura de secado	35 °C
		55 °C
	Tiempo de secado	10 horas
		15 horas
VD	Calidad del producto mediante ensayos de caracterización	Pruebas físicas, químicas y biológicas.

Fuente: Elaboración propia.

##### 3.1.2 Variables Independientes

- Porcentaje de aloe vera
- Porcentaje de almidón de papa
- Temperatura de secado
- Tiempo de secado

##### 3.1.3 Variable Dependiente

- Calidad del producto mediante pruebas físicas, químicas y biológicas.

##### 3.1.4 Variables independientes potenciales

- Humedad relativa
- Presión atmosférica
- Temperatura del aire

Nota: El glicerol (plastificante) se utiliza en un 30% respecto al almidón (0,30 p/p). La formulación 60% aloe vera y 10% almidón se completa con 30% de agua. La muestra 90% aloe y 40% almidón se realiza con la finalidad de demostrar la sobresaturación de la muestra.

### 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 3: TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

1	2	3	4	5	6	7
VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONSTITUTIVA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Proporción de la mezcla	Independiente	Proporción adecuada para la elaboración de la película.	Establecido según las características de la película	Porcentaje	Gel de aloe vera Almidón de papa	%
Temperatura de secado	Independiente	La temperatura del aire de secado es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado.	Establecido en el panel de control de la estufa.	Temperatura	Temperatura de secado experimental	°C
Tiempo de secado	Independiente	El tiempo de secado depende del material, esto define las características que tendrá la curva de secado.	Establecido en el cronómetro digital.	Tiempo	Tiempo de secado de control	h
<b>Medición de la calidad por pruebas físicas, químicas y biológicas</b> 1. P. Espesor 2. P. Solubilidad 3. P. Permeabilidad 4. Resistencia a la tensión 5. P. Biodegradabilidad	Dependiente	1. Espesor de la película biodegradable	2. Establecido por el micrómetro	Espesor	- mm (milímetros)	mm
		2. Capacidad de una sustancia para disolverse al mezclarse con un líquido.	3. Establecido por el % de solubilidad.	Porcentaje	- % de solubilidad	%
		3. Capacidad que permite el ingreso de un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura.	4. Establecido por la cantidad de vapor de agua presente.	Velocidad	- g/mmh*Pa o PVAx10 <sup>9</sup> .	g/mmh*MPa
		4. Máximo esfuerzo de tensión que puede soportar un material antes de llegar a su límite de destrucción	5. Establecido por el analizador de textura.	Presión	- Mpa	Pa
		5. Descomposición a dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa	6. Establecido por el % de pérdida de peso según la norma ASTM D-5488-94D.	Porcentaje	- % pérdida de peso.	%

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3 Hipótesis**

- La película biodegradable elaborada tiene una proporción de gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol con variables de secado y características físicas, químicas y biológicas similares o mejores que las películas de plástico utilizadas para empacar alimentos.

#### **3.3.1 Hipótesis específicas**

- La proporción con gel de aloe vera entre 60-90%, almidón de papa entre 10-40% y 2,5-10% de glicerol en la formulación permite elaborar una película biodegradable para ser utilizada como material de empaque en alimentos.
- El tiempo entre 10-15 horas y la temperatura entre 35-55°C del proceso de secado permiten la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.
- Las características físicas, químicas y biológicas de la película biodegradable son similares o mejores que las películas de plástico utilizadas para empacar alimentos.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo de investigación

La investigación que presentamos, será:

- **Aplicada**, porque el propósito será resolver un problema de naturaleza práctica, con aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.
- **Explicativa**, porque además de medir la variable dependiente: medición de la calidad del producto mediante pruebas físicas, químicas y biológicas, estudia las relaciones de influencia de las variables independientes: aloe vera, almidón de papa, tiempo y temperatura de secado.
- **Primaria**, porque los datos serán recogidos para la investigación.
- **Cuantitativa**, porque se centrará en la cuantificación de la variable dependiente: medición de la calidad del producto mediante pruebas físicas, químicas y biológicas
- **Experimental**, porque serán seleccionados, siguiendo un modelo, las cuatro variables independientes: porcentaje de aloe vera y de almidón de papa el tiempo y temperatura de secado, las manipularemos en condiciones rigurosamente controladas, para provocar cambios esperados en la variable dependiente: medición de la calidad del producto mediante pruebas físicas, químicas y biológicas.

## 4.2 Diseño de a investigación

Para estimar los factores de gel de aloe vera, almidón de papa, efecto de la temperatura de secado y el tiempo de secado de la película sobre las características de una película biodegradable (determinando la película con mayor aceptabilidad) se establecerá un diseño factorial de  $2^4$ , donde se intersectarán las 4 variables independientes, dando como resultado 16 intersecciones el cual se observa en la tabla 4. Utilizando en cada caso 30% de glicerol con respecto al almidón (0,30 p/p).

### Esquema del diseño factorial

**FACTOR A:** Factor Aloe vera (valores mínimo y máximo)

Símbolo	Aloe vera (%)
A <sub>1</sub>	60
A <sub>2</sub>	90

**FACTOR B:** Factor almidón (valores mínimo y máximo)

Símbolo	Almidón (%)
B <sub>1</sub>	10
B <sub>2</sub>	40

**FACTOR C:** Temperatura de secado

Símbolo	Temperatura (°C)
C <sub>1</sub>	35
C <sub>2</sub>	55

**FACTOR D:** Tiempo de secado

Símbolo	Tiempo (h)
D <sub>1</sub>	10
D <sub>2</sub>	15

**ESQUEMA DE DISEÑO FACTORIAL PARA EL PRESENTE TRABAJO**

**Tabla 4: DISEÑO EXPERIMENTAL 2<sup>4</sup> PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE**

FACTORES		FACTOR D TIEMPO DE SECADO			
		D <sub>1</sub> 10 h		D <sub>2</sub> 15h	
FACTOR A ALOE VERA	FACTOR B ALMIDÓN	FACTOR C TEMPERATURA DE SECADO			
		C <sub>1</sub> 35 °C	C <sub>2</sub> 55 °C	C <sub>1</sub> 35 °C	C <sub>2</sub> 55 °C
A <sub>1</sub> 60%	B <sub>1</sub> 10 %	T <sub>1</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>2</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>3</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )	T <sub>4</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> )
	B <sub>2</sub> 40%	T <sub>5</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>6</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>7</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )	T <sub>8</sub> (A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> )
A <sub>2</sub> 90%	B <sub>1</sub> 10 %	T <sub>9</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>10</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>11</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )	T <sub>12</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> )
	B <sub>2</sub> 40%	T <sub>13</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>14</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> )	T <sub>15</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> )	T <sub>16</sub> (A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> )
		VARIABLE DEPENDIENTE			Medición de la calidad del producto mediante pruebas físicas, químicas y biológicas

Fuente: Elaboración propia

Los grupos experimentales como se muestran en la tabla 4, quedan definidos de la siguiente manera:

**T<sub>1</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>2</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>3</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>4</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>5</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>6</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 10 horas.



**T<sub>7</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>8</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 60% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>9</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>10</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>11</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>12</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 10% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>13</sub>:** corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>14</sub>**: corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 10 horas.

**T<sub>15</sub>**: corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 35°C por un tiempo de secado de 15 horas.

**T<sub>16</sub>**: corresponde a la película formulada con un mínimo base de 90% de aloe vera y 40% de almidón, donde se utilizó una temperatura de secado de 55°C por un tiempo de secado de 15 horas.

## **4.3 Población y muestra**

### **4.3.1 PARA EL PRIMER MUESTREO**

#### **Población**

La población para el siguiente trabajo de investigación será:

- ✓ La variedad de papa Yungay proveniente del mercado “Los Cipreses” ubicado en la Urb. Los Cipreses, Cercado de Lima.
- ✓ La población para sábila de variedad Aloe barbadensis Miller será proveniente de la Urb. Los Cipreses, Cercado de Lima.
- ✓ El glicerol que se empleara será proveniente de la farmacia Universal ubicada en Av. La Marina 2543, San Miguel 15087.

#### **Muestra**

Las muestras para el siguiente trabajo de investigación serán:

- ✓ Las muestras de papas de variedad Yungay obtenidas en el mercado “Los Cipreses” ubicado en la Urb. Los Cipreses, Cercado de Lima, deben contar: con un tamaño uniforme (mediano), aspecto, textura, color y olor a la variedad de origen, debiendo encontrarse libre de (daños, cortes, raspados, magulladuras o presencia de algún tipo de plaga), las muestras obtenidas deberán tener un peso aproximado entre 3 a 5 Kg.
- ✓ Las sábilas de variedad Aloe barbadensis Miller de la Urb. Los Cipreses, Cercado de Lima deberá presentar las siguientes características: aspecto, textura, color y olor a la variedad de

origen, libre de (daños, cortes, raspados, magulladuras o presencia de algún tipo de plaga).

- ✓ El glicerol obtenido de la farmacia “Universal” ubicada en Av. La Marina, San Miguel, tendrá las siguientes características: vendrá en un envase de plástico de 1Kg, con aspecto líquido, transparente, peso molecular de 92,1, con una pureza de 99,8%.

#### **4.3.2 PARA EL SEGUNDO MUESTREO**

La población para este muestreo sería el resultado de las películas biodegradables elaboradas con las diferentes concentraciones y secadas a una determinada temperatura por un tiempo específico.

Por lo cual tendríamos como población de estudio el total de las películas formuladas y expresadas en el diseño factorial:

- $2^4 = 16$  películas biodegradables, cada una con duplicado.
- Total = 32 películas biodegradables

Las muestras que se analizarán serán las que tuvieren resultados aceptables de las pruebas:

- Prueba de biodegradabilidad
- Prueba de textura
- Prueba de permeabilidad al vapor de agua
- Ensayo de espesor
- Ensayo de solubilidad

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.4.1 Método de casting**

El sustento de este método consiste en que una vez elaborada la disolución del material se procederá a esparcir sobre una superficie plana (placas de acero inoxidable, vidrio, etc.) la cual se deja secar por un tiempo determinado hasta que se forme el film o película.

##### **4.4.2 Prueba de biodegradabilidad**

Este ensayo se realizará en función de un trabajo de investigación de la Universidad Central de Ecuador de tema OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA, en el cuál la biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico, se consideró un tiempo de exposición de 20 días, y se evaluó la pérdida de peso cada en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

##### **4.4.3 Prueba de textura o compresión**

Este ensayo será realizado mediante la empresa GRANOTEC Perú con el uso de un texturómetro marca BROOKFIELD LFRA 1500 con tipo de sonda TA39 - 2 mm D, 20 mm L, de extremo plano; en el cual, la muestras previamente serán utilizadas para recubrir papaya en estado maduro por duplicado, y analizadas con un tiempo de diferencia de 1 semana.

#### **4.4.4 Ensayo de espesor**

Este ensayo se realizará en función de la NTP 311.199:1980 “Plásticos. Determinación del espesor en películas, láminas y laminados lisos” y del trabajo de investigación de la Universidad Central de Ecuador de tema OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA en el cual se utilizará un micrómetro, con una resolución de 0,002 cm, 10 películas recortadas con medidas de 2,5cm x 2,5cm cada una y el resultado se registró como el promedio de las mismas.

#### **4.4.5 Ensayo de solubilidad**

Este ensayo se realizará en función de un trabajo de investigación de la Universidad del Quindío de Colombia de tema PROPIEDADES ÓPTICAS DE PELÍCULAS A BASE DE ALMIDÓN DE PLÁTANO GUAYABO, el cual realiza un pre acondicionamiento a 0%HR por 7 días, se pesaron (peso inicial), se colocaron en vasos beakers con 80 mL de disolvente; se mantuvieron bajo agitación constante por 1 hora a 25°C, se recuperaron por filtración y se secaron a 60°C hasta peso constante (peso final).

#### **4.4.6 Ensayo de permeabilidad al vapor del agua**

Este ensayo se realizará en función de un trabajo de investigación de la Universidad Central de Ecuador de tema OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA, en el cual se basa en la norma ASTM-E96 /96-M05 con las condiciones de 50% HR a

una temperatura de 25 °C. Para esto se utilizará una cámara de temperatura y humedad controlada.

#### **4.5 Procedimientos de recolección de datos**

Los datos que corresponden a rendimiento de materia prima, humedad relativa, viscosidad, solubilidad, permeabilidad y biodegradabilidad se obtuvieron con los equipos que cuenta el Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria IIEA-UNAC, siguiendo cada uno de los procedimientos estándares para la recopilación de la información. Dichos datos se registraron y evaluaron posteriormente.

#### **4.6 Plan de análisis estadístico de datos**

Para el procesamiento de análisis de datos y con la finalidad de comprobar las hipótesis propuestas, se utilizarán las medidas de tendencia central, análisis de varianza, el tipo de error y se determinarán los intervalos de confianza.

Para ello se hará uso del software Minitab 16 que posee las herramientas necesarias para poder analizar de manera efectiva los datos y proporcionar resultados claros y significativos.

## V. RESULTADOS

Pruebas preliminares para la elaboración de películas biodegradables:

**Tabla 5: RESULTADOS DE ENSAYOS PRELIMINARES**

N°	% Aloe vera	% Almidón	% Glicerol (30% con respecto al almidón)	Facilidad de moldeo	Forma película	Transparencia	Estabilidad
1	60	10	0.03	SI	<b>SI</b>	SI	SI
2	60	40	0.04	NO	NO	NO	NO
3	90	10	0.03	SI	<b>SI</b>	SI	SI
4	90	40	0.04	NO	NO	SI	NO

**Fuente: Elaboración propia.**

En la tabla 5 se observa que las muestras 60:10 (contiene 30% de agua) y 90:10 fueron las muestras que presentaron mejores condiciones con respecto a la facilidad de moldeo, formación de película, transparencia y estabilidad. Dichas muestras fueron sometidas a las pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad.

### 5.1. Prueba de viscosidad

La prueba de viscosidad se realizó con el viscosímetro digital VISCO STAR PLUS Viscosímetro rotacional a una velocidad de 100 RPM, para las muestras 90:10 y 60:10 con los cuales se obtuvieron los siguientes datos con los siguientes parámetros:



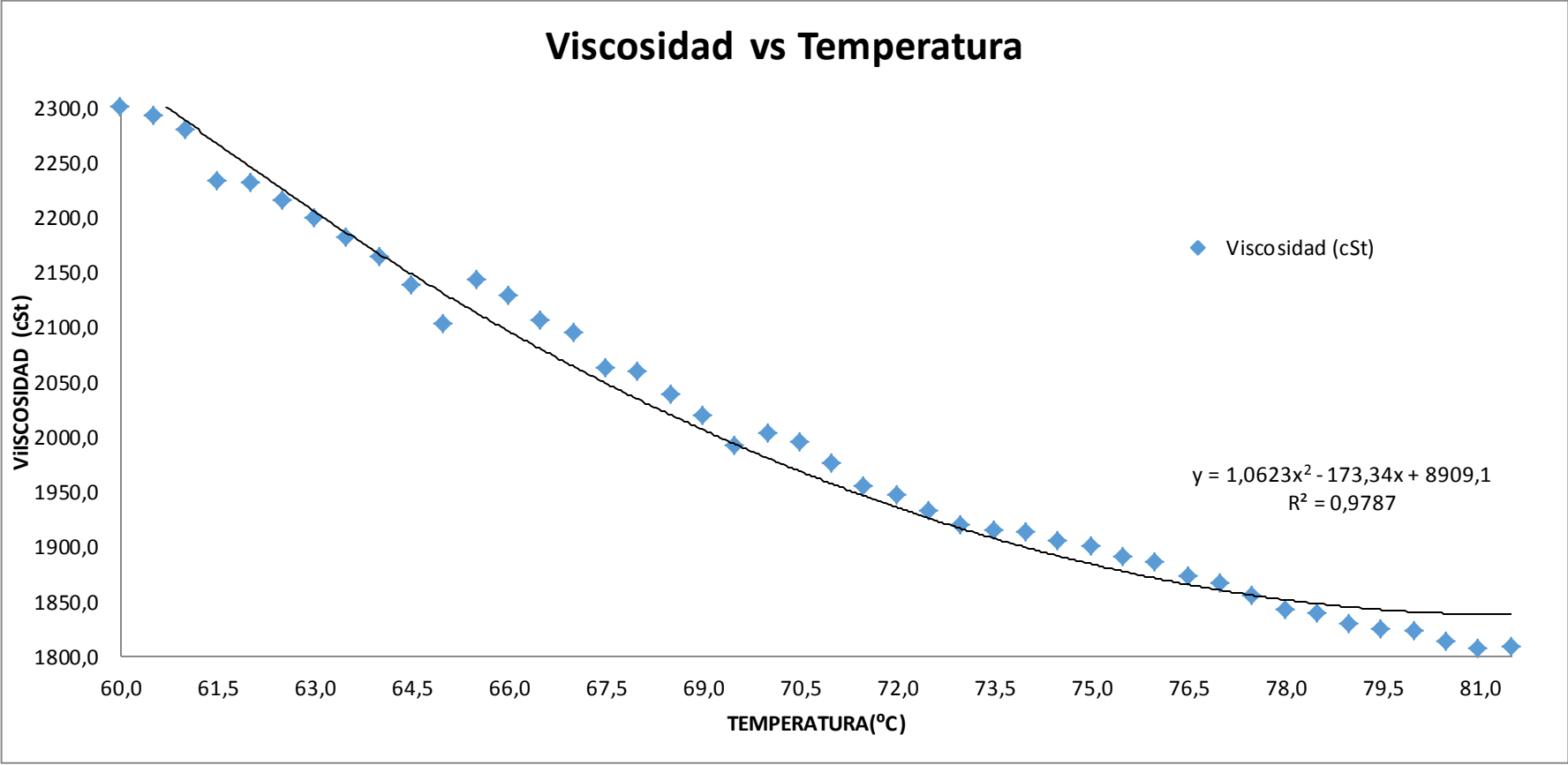
**Tabla 6: DATOS OBTENIDOS EN EL VISCOSÍMETRO DIGITAL EN LA MUESTRA 90:10**

Temperatura (°C)	Viscosidad (cSt)
60,0	2299,4
60,5	2292,3
61,0	2279,7
61,5	2232,5
62,0	2231,2
62,5	2214,1
63,0	2198,7
63,5	2180,3
64,0	2163,3
64,5	2138,1
65,0	2102,8
65,5	2141,8
66,0	2128,6
66,5	2104,9
67,0	2094,4
67,5	2061,5
68,0	2058,7
68,5	2038,1
69,0	2017,9
69,5	1991,8
70,0	2002,6
70,5	1994,0

Temperatura (°C)	Viscosidad (cSt)
71,0	1974,6
71,5	1954,0
72,0	1945,8
72,5	1931,5
73,0	1919,1
73,5	1914,4
74,0	1912,9
74,5	1904,7
75,0	1899,5
75,5	1889,6
76,0	1884,1
76,5	1872,8
77,0	1864,9
77,5	1854,6
78,0	1841,2
78,5	1838,7
79,0	1828,5
79,5	1824,2
80,0	1822,2
80,5	1812,2
81,0	1806,1
81,5	1808,1

**Fuente: Elaboración propia.**

Gráfica 1: CURVA DE VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA 90:10



Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6, gráfica 1 podemos encontrar la variación de viscosidad con respecto a la temperatura en la muestra 90:10, desde una temperatura inicial de 81,5°C con una viscosidad de 1808,1 cSt (centistokes) considerando los valores con un intervalo de 0.5°C de descenso hasta los 60°C obteniendo una viscosidad final de 2299,4 cSt (centistokes).

En la tabla 7, gráfica 2 se observa la variación de viscosidad con respecto a la temperatura en la muestra 60:10, desde una temperatura inicial de 81,5°C con una viscosidad de 4304,7 cSt (centistokes) considerando los valores con un intervalo de 0.5°C de descenso hasta los 60°C obteniendo una viscosidad final de 4926,7 cSt (centistokes).

Estos valores son superiores a los obtenidos en la muestra 90:10, fundamentándose por la presencia de mayor cantidad de almidón en la formulación, brindándole a la película una menor facilidad de moldeo con respecto a la muestra 90:10

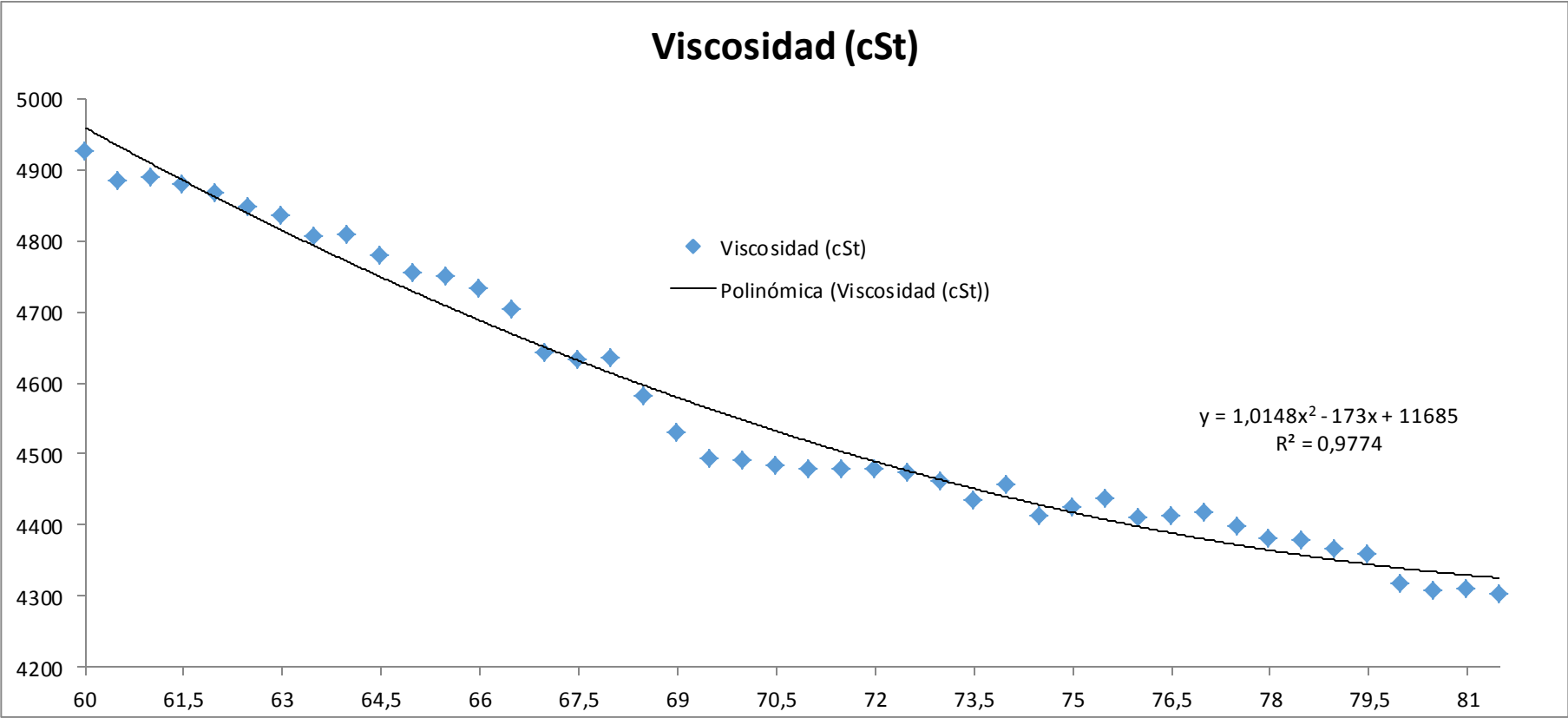
**Tabla 7: DATOS OBTENIDOS EN EL VISCOSÍMETRO DIGITAL EN LA MUESTRA 60:10**

Temperatura (°C)	Viscosidad (cSt)
60,0	4926,7
60,5	4883,7
61,0	4890,4
61,5	4879,3
62,0	4868,3
62,5	4848,9
63,0	4835,9
63,5	4807,3
64,0	4807,6
64,5	4780,3
65,0	4756
65,5	4749,3
66,0	4733,2
66,5	4704,8
67,0	4641,8
67,5	4633,7
68,0	4634,4
68,5	4581,8
69,0	4530,1
69,5	4492,7
70,0	4491,5
70,5	4483,8

Temperatura (°C)	Viscosidad (cSt)
71,0	4479,7
71,5	4479,4
72,0	4479,1
72,5	4475,1
73,0	4462
73,5	4434,4
74,0	4458
74,5	4413
75,0	4425
75,5	4438,7
76,0	4411
76,5	4413,7
77,0	4419,2
77,5	4399,2
78,0	4382,6
78,5	4379,1
79,0	4367,9
79,5	4359,5
80,0	4318,3
80,5	4309,6
81,0	4311,3
81,5	4304,7

**Fuente: Elaboración propia.**

Gráfica 2: CURVA DE VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA 60:10



Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.1 Prueba estadística para la prueba de viscosidad





Los datos fueron ingresados al programa Minitab para determinar si existe diferencia significativa entre ambas mediante la prueba t student de 2 muestras en donde el nivel de significancia, que es el riesgo de concluir que la media de Promedio 90 difiere de la media de Promedio 60 cuando realmente no es así, es 0,05. Si el valor p es menor que 0,05, se puede concluir que la media de Promedio 90 difiere de Promedio 60 en el nivel de significancia de 0,05. Para:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (las medias son iguales)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (las medias son diferentes)}$$

- Prueba de normalidad

**Figura 7: TARJETA DE INFORME PARA PRUEBA DE NORMALIDAD**

Prueba t de 2 muestras para la media de Viscosidad 9 y Viscosidad 6 Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Datos poco comunes		No hay puntos de datos poco comunes. Los datos poco comunes pueden tener una fuerte influencia sobre los resultados.
Normalidad		Debido a que el tamaño de ambas muestras es por lo menos 15, la normalidad no representa ningún problema. La prueba es exacta con datos no normales cuando los tamaños de muestra son suficiente grandes.
Tamaño de la muestra		La muestra es suficiente para detectar una diferencia entre las medias.
Varianza igual		La t de 2 muestras utilizada por el Asistente de Minitab no asume ni requiere que las dos muestras tengan varianzas iguales. Los estudios demuestran que la prueba se desarrolla adecuadamente con varianzas desiguales, incluso cuando los tamaños de las muestras no son iguales.

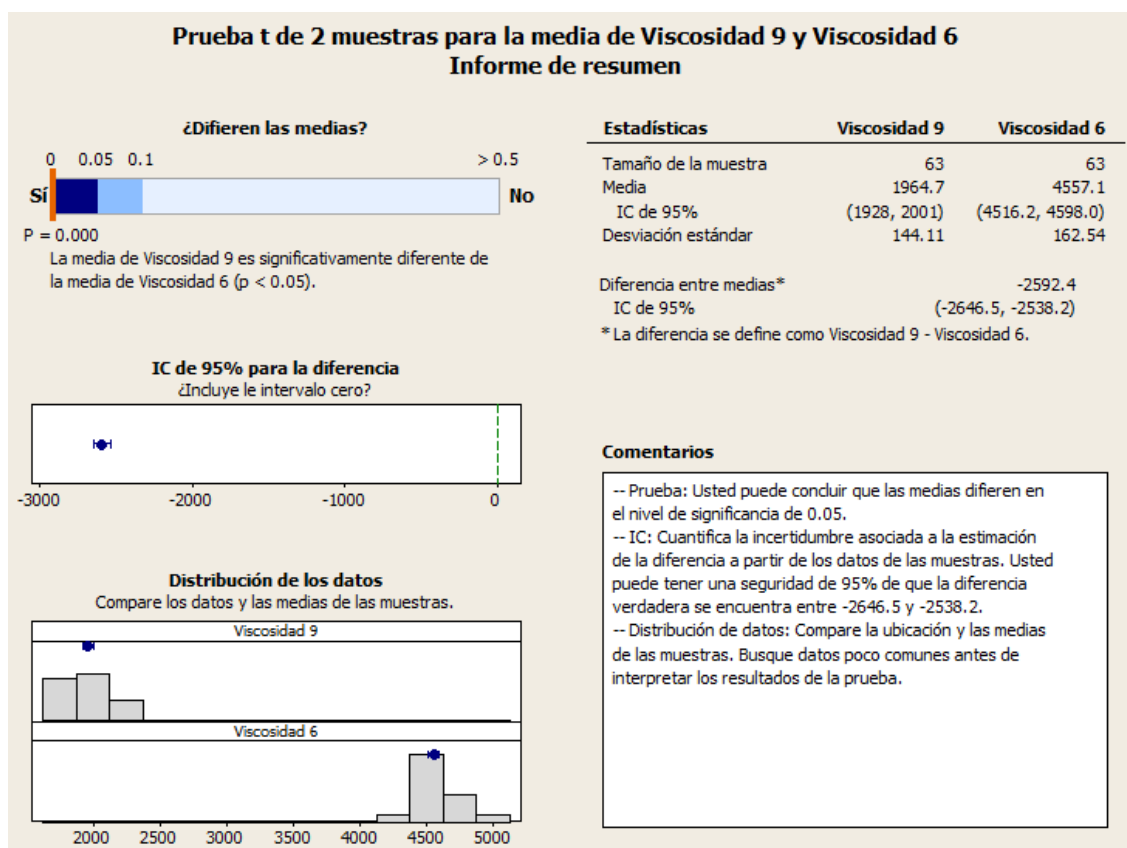
**Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016**

Las figura 7 menciona que debido al tamaño de ambas muestras que es por lo menos 15, la normalidad no representa ningún problema. La prueba

es exacta con datos no normales cuando los tamaños de muestra son suficiente grandes, para las muestras 90:10 y 60:10 se trabajó con un tamaño de muestra de 63 cada uno.

- Prueba t de student para dos muestras independientes

**Figura 8: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60**



**Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016**

La figura 8 muestra un valor  $p < 0.05$ , con lo cual se puede concluir que las medias difieren en el nivel de significancia de 0,05 por lo que se concluye que existe diferencia significativa entre las muestras 90:10 y 60:10 con un tamaño de muestra de 63 y una desviación estándar de 144,11 y 162,54 respectivamente.

## 5.2. Prueba de biodegradabilidad

Se realizó los ensayos de biodegradabilidad en medio anaerobio y aerobia con una duración de 20 días. La duración de las películas bajo condiciones de biodegradabilidad se las revisó diariamente y se tomaron los pesos en los días seis, ocho, trece, dieciséis y veinte.

### 5.2.1 Prueba de biodegradabilidad en medio anaerobio

**Tabla 8: PESOS INICIALES DE LAS MUESTRAS EN MEDIO ANAEROBIO**

MUESTRA	P. BOLSA (g)	P. TIERRA (g)	P. PELÍCULA (g)
90:10 A	7,8	135,7	4,0
90:10 B	8,0	141,0	4,0
60:10 A	7,9	151,4	4,0
60:10 B	8,1	151,0	4,0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 adjunta muestra los pesos iniciales de cada uno de los componentes para la prueba de biodegradabilidad en medio anaerobio, con un peso constante de 4 g de película para cada repetición y formulación.

**Tabla 9: PESOS DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES EN TIERRA DE ABONO EN MEDIO ANAEROBIO DURANTE 20 DÍAS.**

MUESTRA	DÍA 1 (g)	DÍA 6 (g)	DÍA 8 (g)	DÍA 13 (g)	DÍA 16 (g)	DÍA 20 (g)
90:10 A	147,5	143,2	143,0	142,2	142,0	141,4
90:10 B	153,0	148,5	148,3	147,4	147,3	146,2
60:10 A	163,3	159,1	158,7	157,9	157,6	157,2
60:10 B	163,1	158,9	158,3	157,8	157,7	157,1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 adjunta muestra la pérdida de peso de las bolsas a lo largo del tiempo (20 días) en medio anaerobio.



## Cálculos

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación de la pérdida de peso de las películas:

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

Determinación de pérdida de peso de la película biodegradable 90:10 A en medio anaerobio por 20 días.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \left( \frac{147,5 \text{ g} - 141,4 \text{ g}}{147,5 \text{ g}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de peso} = 4,314 \%$$

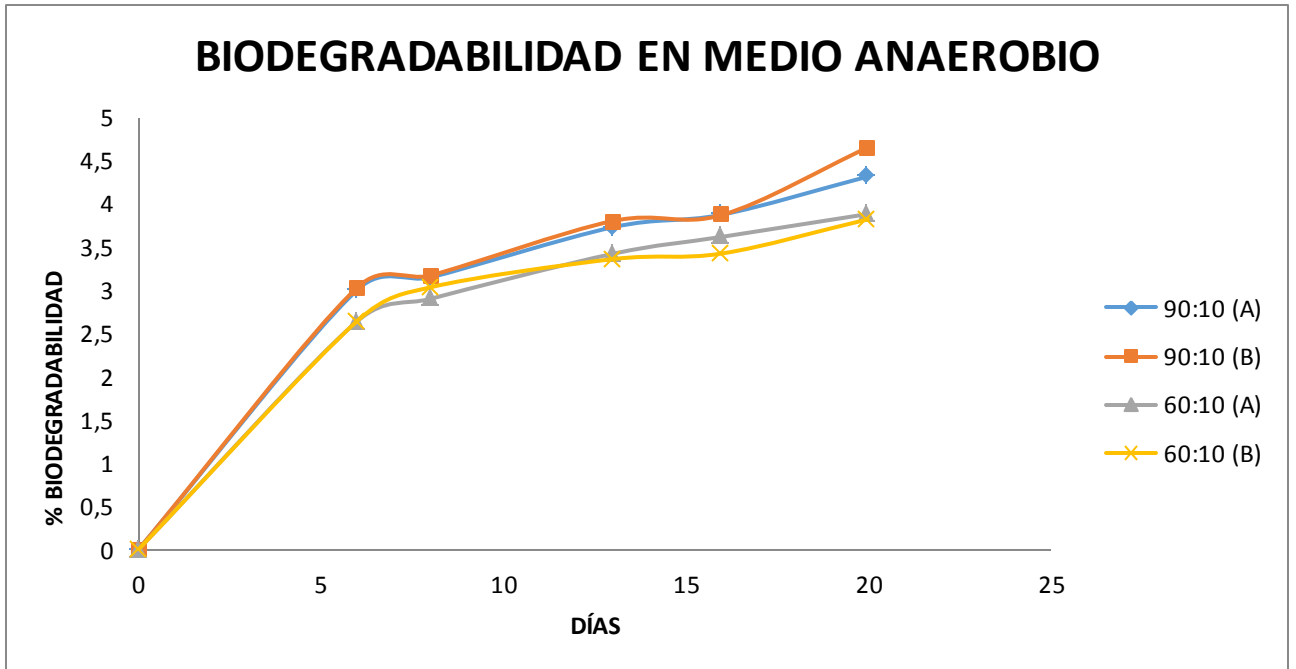
**Tabla 10: RESULTADOS PARA EL ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO ANAEROBIO**

MUESTRA	DÍA 6 %	DÍA 8 %	DÍA 13 %	DÍA 16 %	DÍA 20 %	PROMEDIO (%)
90:10 A	3,003	3,147	3,727	3,873	4,314	4,483
90:10 B	3,030	3,169	3,799	3,870	4,651	
60:10 A	2,640	2,899	3,420	3,617	3,880	3,850
60:10 B	2,643	3,032	3,359	3,424	3,819	

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos en la tabla 10 muestran el porcentaje de biodegradabilidad de las películas en medio anaerobio, obteniendo un valor promedio de 4,483% de biodegradabilidad para la muestra 90:10 y de 3,850 % de biodegradabilidad para muestra 60:10.

**Gráfica 3: BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO ANAEROBIO**



**Fuente: Elaboración propia.**

La gráfica 3 muestra el % de biodegradabilidad en medio anaerobio de las muestras 90:10 y 60:10 con respecto al tiempo (20 días)

### 5.2.2 Prueba de biodegradabilidad en medio aerobio

MUESTRA	P. BOLSA (g)	P. TIERRA (g)	P. PELICULA (g)
90:10 A	7,9	124,1	4,0
90:10 B	7,8	126,0	4,0
60:10 A	7,7	125,2	4,0
60:10 B	7,8	127,2	4,0

**Tabla 11: PESOS INICIALES DE LAS MUESTRAS EN MEDIO AEROBIO**

**Fuente: Elaboración propia.**

La tabla 11 muestran los pesos iniciales de cada uno de los componentes para la prueba de biodegradabilidad en medio aerobio, con un peso constante de 4 g de película para cada repetición y formulación.

**Tabla 12: PESOS DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES EN TIERRA DE ABONO EN MEDIO AEROBIO DURANTE 20 DÍAS.**

MUESTRA	DÍA 1 (g)	DÍA 6 (g)	DÍA 8 (g)	DÍA 13 (g)	DÍA 16 (g)	DÍA 20 (g)
<b>90:10 A</b>	136,0	133,8	133,4	119,9	116,5	114,5
<b>90:10 B</b>	137,8	134,4	134,1	120,7	117,2	116,8
<b>60:10 A</b>	136,9	133,8	131,7	117,9	115,1	113,4
<b>60:10 B</b>	139,0	137,6	136,7	118,2	115,9	115,2

**Fuente: Elaboración propia.**

La tabla 12 muestra la pérdida de peso de las bolsas a lo largo del tiempo (20 días) en medio aerobio.

### **Cálculos**

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación de la pérdida de peso de las películas:

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

Determinación de pérdida de peso de la película biodegradable 90:10 A en medio anaerobio por 20 días.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \left( \frac{136,0 \text{ g} - 114,5 \text{ g}}{136,0 \text{ g}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de peso} = 18,77 \%$$

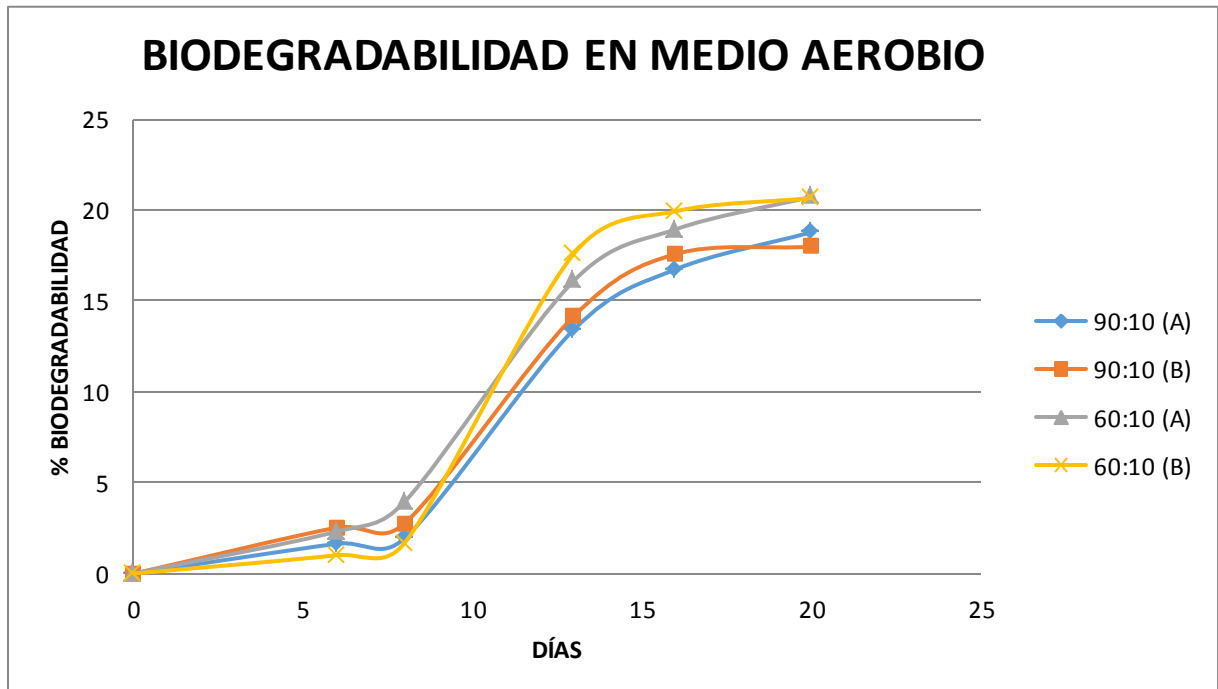
**Tabla 13: RESULTADOS PARA EL ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO AEROBIO**

MUESTRA	DÍA 6 %	DÍA 8 %	DÍA 13 %	DÍA 16 %	DÍA 20 %	PROMEDIO
90:10 A	1,644	1,949	13,428	16,738	18,777	18,378
90:10 B	2,530	2,759	14,167	17,577	17,979	
60:10 A	2,317	3,948	16,115	18,940	20,723	20,691
60:10 B	1,017	1,683	17,597	19,931	20,660	

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos en la tabla 13 muestran el porcentaje de biodegradabilidad de las películas en medio aerobio, obteniendo un valor promedio de 18,378% de biodegradabilidad para la muestra 90:10 y de 20,691 % de biodegradabilidad para muestra 60:10.

**Gráfica 4: BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO AEROBIO**



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 4 muestra el % de biodegradabilidad en medio aerobio de las muestras 90:10 y 60:10 con respecto al tiempo (20 días).

### 5.3. Ensayo de espesor

Prueba realizada con un micrómetro digital marca STARRET ELECTRONIC IP67, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14: DATOS OBTENIDOS PARA LA PRUEBA DE ESPESOR EN MICRÓMETROS PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE**

MUESTRA	ESPEJOR 1 (μm)	ESPEJOR 2 (μm)	ESPEJOR 3 (μm)	ESPEJOR 4 (μm)	ESPEJOR 5 (μm)	ESPEJOR 6 (μm)	ESPEJOR 7 (μm)	ESPEJOR 8 (μm)	ESPEJOR 9 (μm)	ESPEJOR 10 (μm)	PROMEDIO (μm)
90:10 (A)	0,168	0,143	0,194	0,100	0,137	0,101	0,200	0,205	0,174	0,106	0,1528
90:10 (B)	0,082	0,102	0,107	0,122	0,262	0,160	0,136	0,136	0,193	0,230	0,1530
60:10 (A)	0,091	0,088	0,103	0,131	0,101	0,127	0,109	0,123	0,165	0,137	0,1175
60:10 (B)	0,139	0,121	0,093	0,113	0,130	0,147	0,078	0,130	0,132	0,116	0,1199

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15: DATOS OBTENIDOS PARA LA PRUEBA DE ESPESOR EN MILÍMETROS PARA LA PELÍCULA BIODEGRADABLE**

MUESTRA	ESPEJOR 1 (mm)	ESPEJOR 2 (mm)	ESPEJOR 3 (mm)	ESPEJOR 4 (mm)	ESPEJOR 5 (mm)	ESPEJOR 6 (mm)	ESPEJOR 7 (mm)	ESPEJOR 8 (mm)	ESPEJOR 9 (mm)	ESPEJOR 10 (mm)	PROMEDIO (mm)
90:10 (A)	0,0001680	0,0001430	0,0001940	0,0001000	0,0001370	0,0001010	0,0002000	0,0002050	0,0001740	0,0001060	0,0001528
90:10 (B)	0,0000820	0,0001020	0,0001070	0,0001220	0,0002620	0,0001600	0,0001360	0,0001360	0,0001930	0,0002300	0,0001530
60:10 (A)	0,0000910	0,0000880	0,0001030	0,0001310	0,0001010	0,0001270	0,0001090	0,0001230	0,0001650	0,0001370	0,0001175
60:10 (B)	0,0001390	0,0001210	0,0000930	0,0001130	0,0001300	0,0001470	0,0000780	0,0001300	0,0001320	0,0001160	0,0001199

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESPESOR PARA LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES.**

MUESTRA	PROMEDIO ( $\mu\text{m}$ )	PROMEDIO (mm)
90:10 (A)	0,1528	0,0001528
90:10 (B)	0,1530	0,0001530
60:10 (A)	0,1175	0,0001175
60:10 (B)	0,1199	0,0001199

**Fuente: Elaboración propia.**

La tabla 16 muestra los promedios obtenidos en la prueba de espesor para las muestras por duplicado 90:10 y 60:10 realizadas mediante un micrómetro digital.

### **5.3.1 Prueba estadística del ensayo de espesor**

Los datos fueron ingresados al programa Minitab para determinar si existe diferencia significativa entre ambas mediante la prueba t student de 2 muestras en donde el nivel de significancia, que es el riesgo de concluir que la media de Promedio 90 difiere de la media de Promedio 60 cuando realmente no es así, es 0,05. Si el valor p es menor que 0,05, se puede concluir que la media de Promedio 90 difiere de Promedio 60 en el nivel de significancia de 0,05. Para:

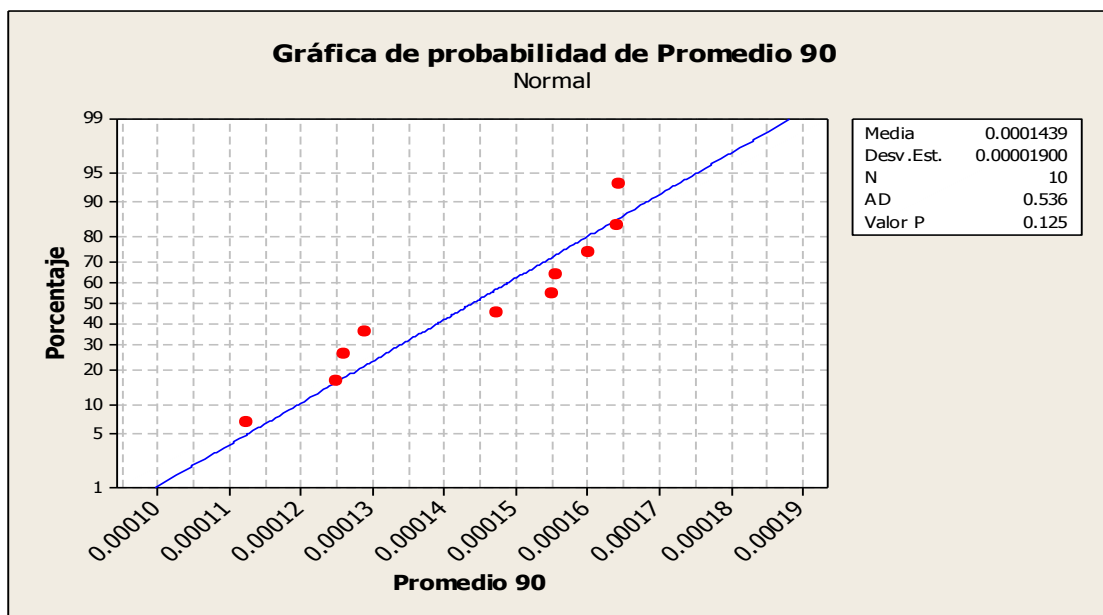
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (las medias son iguales)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (las medias son diferentes)}$$

- Prueba de normalidad

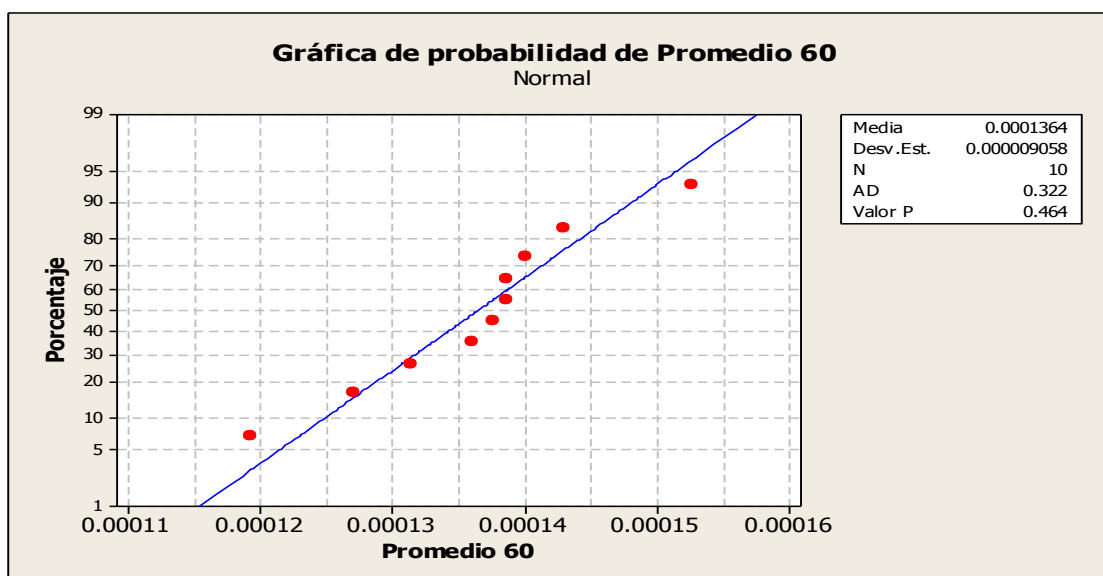
Las muestras fueron inicialmente sometidas a la prueba de normalidad obteniendo la siguiente gráfica para cada una de las muestras.

**Figura 9: PRUEBA DE NORMALIDAD DE PROMEDIO 90:10**



Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016

**Figura 10: PRUEBA DE NORMALIDAD DE PROMEDIO 60:10**

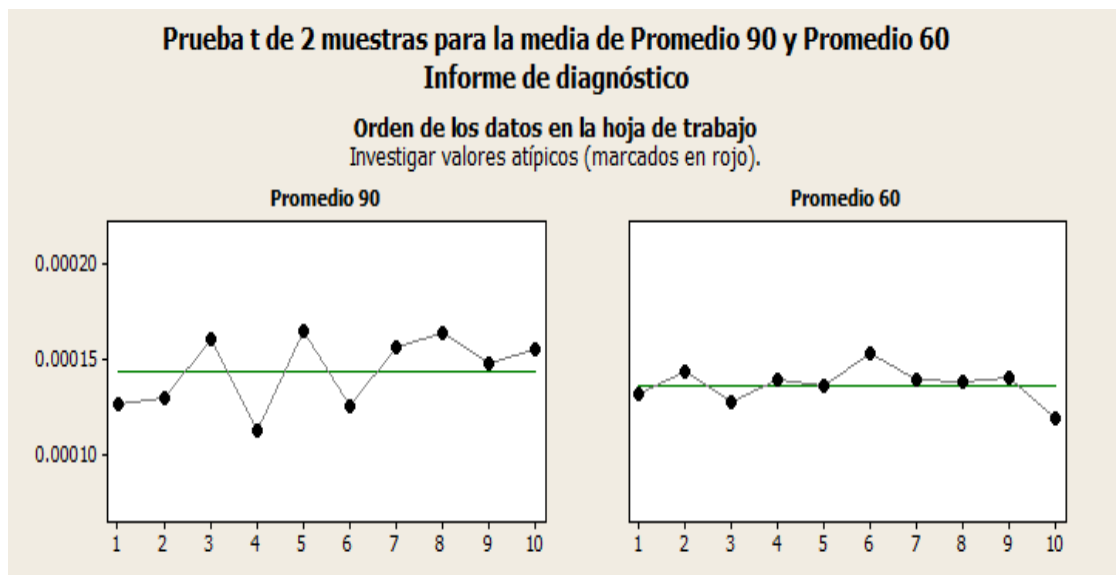


Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016

Las figuras 9 y 10 muestran un valor p igual a 0,125 y 0,464 respectivamente mediante la prueba de Anderson Darling, siendo  $p > 0,05$  por lo cual se concluye que las pruebas cumplen el supuesto de normalidad.

- Prueba t de student para dos muestras independientes

**Figura 11: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60**

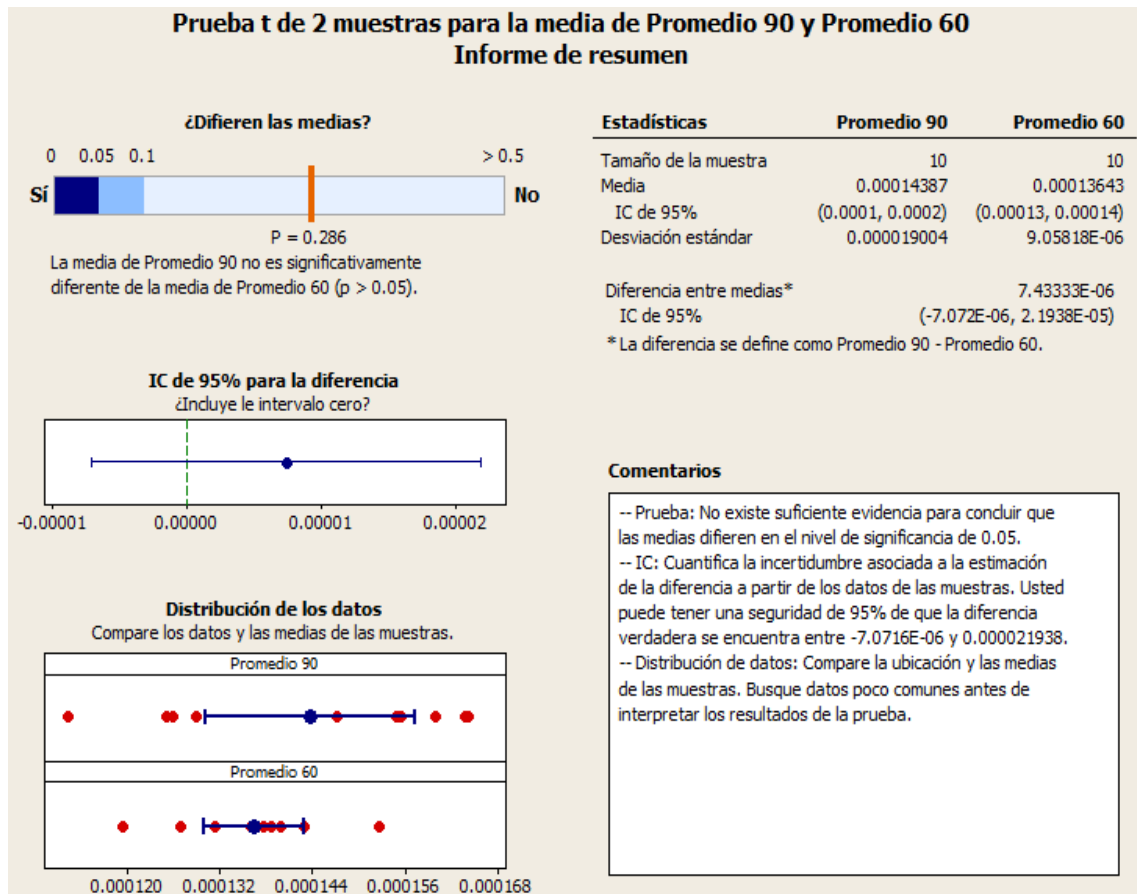


**Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016**

La Figura 11 muestra la distribución de los puntos tomados para la prueba t-student, la cual muestra que no existen datos atípicos.



**Figura 12: INFORME DE RESUMEN DE PROMEDIO 90:10 Y PROMEDIO 60:10**



**Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016**

La figura 12 muestra un valor  $p > 0,05$ , con lo cual se puede concluir que las medias no difieren en el nivel de significancia de 0,05 por lo que se concluye que no existe diferencia significativa entre las muestras 90:10 y 60:10 con un tamaño de muestra de 10 y una desviación estándar de 0,000019004 y 9,05818E-06 respectivamente.

#### 5.4. Prueba de Solubilidad

La prueba de solubilidad se realizó en una campana desecadora a 3,5 % de humedad relativa por 7 días, con un error de  $\pm 0,003$

**Tabla 17: DATOS INICIALES PARA LA PRUEBA DE SOLUBILIDAD**

MUESTRA	PESO CRISOL (g)	PESO MUESTRA	PESO CRISOL + MUESTRA	TOTAL	%HR PELÍCULAS
90:10 (A)	32,9773	0,5245	33,0854	33,6099	16,06
90:10 (B)	29,8262	0,5236	29,9468	30,4704	
60:10 (A)	30,1078	0,7364	30,2212	30,9576	16,72
60:10 (B)	14,6745	0,6503	14,7873	15,4376	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 se muestran los pesos y humedad relativa inicial de las películas biodegradables 90:10 y 60:10.

**Tabla 18: PESOS RECUPERADO DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES**

MUESTRA	PAPEL FILTRO (g)	PESO MUESTRA INICIAL (g)	PESO TOTAL (g)	MUESTRA OBTENIDA (g)
90:10 (A)	0,4679	0,5245 $\pm$ 0,003	0,8364 $\pm$ 0,003	0,3685 $\pm$ 0,003
90:10 (B)	1,6276	0,5236 $\pm$ 0,003	1,9898 $\pm$ 0,003	0,3622 $\pm$ 0,003
60:10 (A)	1,7293	0,7364 $\pm$ 0,003	2,1675 $\pm$ 0,003	0,4382 $\pm$ 0,003
60:10 (B)	1,6565	0,6503 $\pm$ 0,003	2,0489 $\pm$ 0,003	0,3924 $\pm$ 0,003

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 se muestran los pesos recuperados de las películas biodegradables luego del proceso de secado a 60°C hasta peso constante.

## Cálculos

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación del % de solubilidad de las películas biodegradables:

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

Determinación del % de solubilidad de la película biodegradable 90:10 A

$$\% \text{ Solubilidad} = \left( \frac{0,5245 \text{ g} - 0,3685 \text{ g}}{0,5245 \text{ g}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 29.7426 \%$$

**Tabla 19: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLUBILIDAD PARA LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES**

MUESTRA	% S	PROMEDIO
90:10 (A)	29,7426	30,2838
90:10 (B)	30,8251	
60:10 (A)	40,4943	40,0764
60:10 (B)	39,6586	

**Fuente: Elaboración propia.**

La tabla 19, muestra el promedio obtenido en la prueba de solubilidad para las películas biodegradables en la cual se observa que la muestra 60:10 posee un % de solubilidad de 40,0764% siendo este un mayor porcentaje de solubilidad con respecto a la muestra 90:10 con 30,2838%.

### 5.5. Prueba de permeabilidad al vapor de agua

La prueba de permeabilidad se realizó en una cámara desecadora con una humedad relativa de 50% ± 5% en el interior con pre acondicionamiento de 24 horas.

**Tabla 20: PESOS INICIALES PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD**

MUESTRA	P. PELÍCULA	P. CRISOL	P. TOTAL	P. TOTAL + PAPEL
90:10 A	0,8549	14,0871	14,9420	14,9912
90:10 B	0,8156	20,4171	21,2327	21,2564
90:10 C	0,8402	14,5761	15,4163	15,4740
60:10 A	0,8510	32,9748	33,8258	33,9017
60:10 B	0,8564	30,0611	30,9175	30,9728
60:10 C	0,8570	29,7571	30,6141	30,6936

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 20 muestra los pesos iniciales de las muestras 90:10 y 60:10 colocados en crisoles dentro de la campana desecadora, cada uno por triplicado.

**Tabla 21: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD**

HORA	90:10 A (g)	90:10 B (g)	90:10 C (g)	60:10 A (g)	60:10 B (g)	60:10 C (g)
1	14,9912	21,2564	15,4740	33,9017	30,9728	30,6936
2	14,9955	21,2580	15,4776	33,9048	30,9764	30,6994
3	14,9973	21,2591	15,4788	33,9072	30,9796	30,7021
4	15,0050	21,2632	15,4850	33,9121	30,9836	30,7057
5	15,0053	21,2653	15,4843	33,9131	30,9854	30,7082
6	15,0054	21,2660	15,4855	33,9132	30,9867	30,7103
7	15,0063	21,2666	15,4875	33,9156	30,9883	30,7117
8	15,0086	21,2686	15,4892	33,9158	30,9897	30,7127
9	15,0128	21,2704	15,4947	33,9178	30,9909	30,7145
10	15,0136	21,2709	15,4958	33,9215	30,9911	30,7158
11	15,0143	21,2714	15,4953	33,9227	30,9914	30,7165
12	15,0156	21,2716	15,4944	33,9243	30,9927	30,7176
13	15,0182	21,2720	15,4964	33,9270	30,9945	30,7182
14	15,0197	21,2728	15,4981	33,9300	30,9954	30,7202
15	15,0217	21,2782	15,5040	33,9340	30,9967	30,7207

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21 muestra los pesos en gramos registrados en las muestras 90:10 y 60:10 para sus tres repeticiones durante un periodo de 15 horas.

**Tabla 22: PENDIENTES DE LA RECTA PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD**

Muestras	Pendiente de la recta	Promedio de pendiente de la recta
90:10 A	0,0020	0,0017
90:10 B	0,0013	
90:10 C	0,0019	
60:10 A	0,0020	0,0017
60:10 B	0,0015	
60:10 C	0,0017	

**Fuente: Elaboración propia.**

La tabla 22 muestra la pendiente de la recta obtenida de las gráficas de peso vs hora en cada una de las repeticiones, obteniendo como promedio de la pendiente de la recta para la muestra 90:10 de 0,0017 y para la muestra 60:10 de 0,0017.

### **Cálculos**

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación del % de permeabilidad las películas biodegradables:

$$PVA = \left[ \frac{P * Z}{S * (HR_2 - HR_1)} \right]$$

Dónde:

- ✓ PVA: es la permeabilidad al vapor de agua en  $(g * h^{-1} * mm^{-1} * MPa^{-1})$ .
- ✓ P: pendiente de la recta (g/h) sobre el área expuesta de la lámina  $(g/h * m^2)$ .
- ✓ Z: es el espesor en (mm).
- ✓ S: es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 25°C.

✓ HR<sub>2</sub>: es la humedad relativa de la cámara (HR<sub>2</sub> = 50%).

✓ HR<sub>1</sub>: es la humedad relativa en el interior del crisol (HR<sub>1</sub>= 4%).

Determinación del % de solubilidad de la película biodegradable 90:10 A

$$PVA = \left[ \frac{0,002 \frac{g}{h} * 0,0001528 \text{ mm}}{0,00317 \text{ MPa} * (50 - 4)\%} \right]$$

$$PVA = 2,09573 \times 10^{-4} \text{ g/hmmMPa}$$

**Tabla 23: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA**

Muestra	Pendiente (g/h)	HR 2 (%)	HR 1 (%)	Z (mm)	S (Mpa)	PVA (g/hmm*MPa)	Promedio PVA (g/hmm*MPa)
90:10 A	0,0020	50	4	0,0001528	0,00317	2,09573x10 <sup>-4</sup>	1,69963x10 <sup>-4</sup>
90:10 B	0,0013			0,0001530		1,36401x10 <sup>-4</sup>	
90:10 C	0,0019			0,0001258		1,63914x10 <sup>-4</sup>	
60:10 A	0,0020			0,0001175		1,61157x10 <sup>-4</sup>	1,61633x10 <sup>-4</sup>
60:10 B	0,0015			0,0001199		1,23336x10 <sup>-4</sup>	
60:10 C	0,0017			0,0001719		2,00404x10 <sup>-4</sup>	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 23 muestra los valores obtenidos en la prueba de permeabilidad al vapor de agua, mostrando que la muestra 90:10 posee un PVA final promedio de 1,69963x10<sup>-4</sup>g/hmm\*MPa, mientras que la muestra 60:10 posee un PVA final promedio de 1,61633x10<sup>-4</sup> g/hmm\*MPa.

### 5.5.1 Prueba estadística

Los datos fueron ingresados al programa Minitab para determinar si existe diferencia significativa entre ambas mediante la prueba t student de 2 muestras en donde el nivel de significancia, que es el riesgo de concluir

que la media de Promedio 90 difiere de la media de Promedio 60 cuando realmente no es así, es 0,05. Si el valor p es menor que 0,05, se puede concluir que la media de Promedio 90 difiere de Promedio 60 en el nivel de significancia de 0.05. Para:

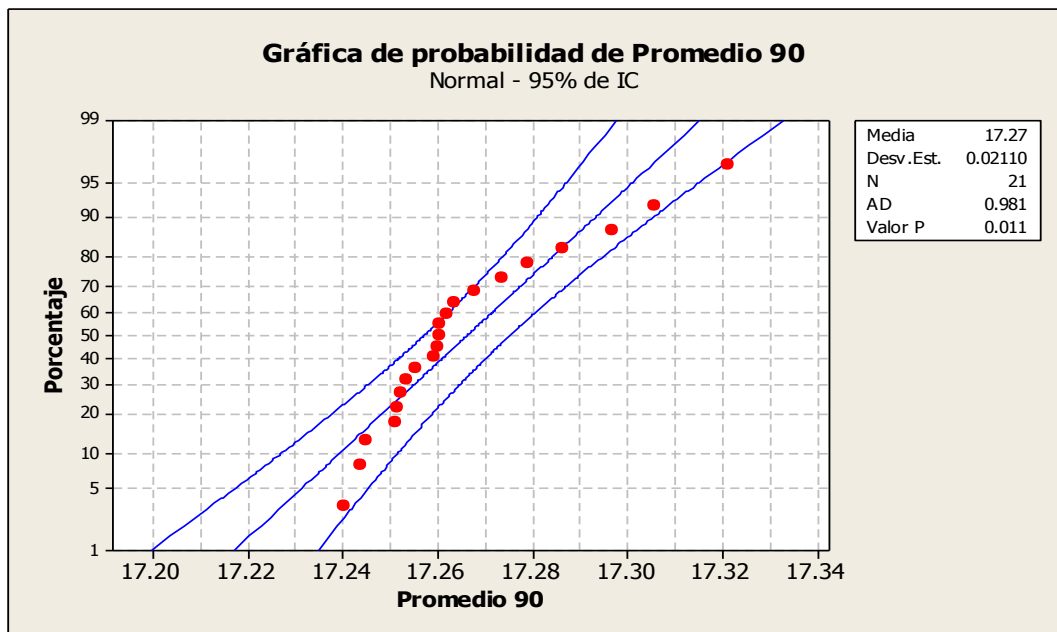
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (las medias son iguales)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (las medias son diferentes)}$$

- **Prueba de normalidad**

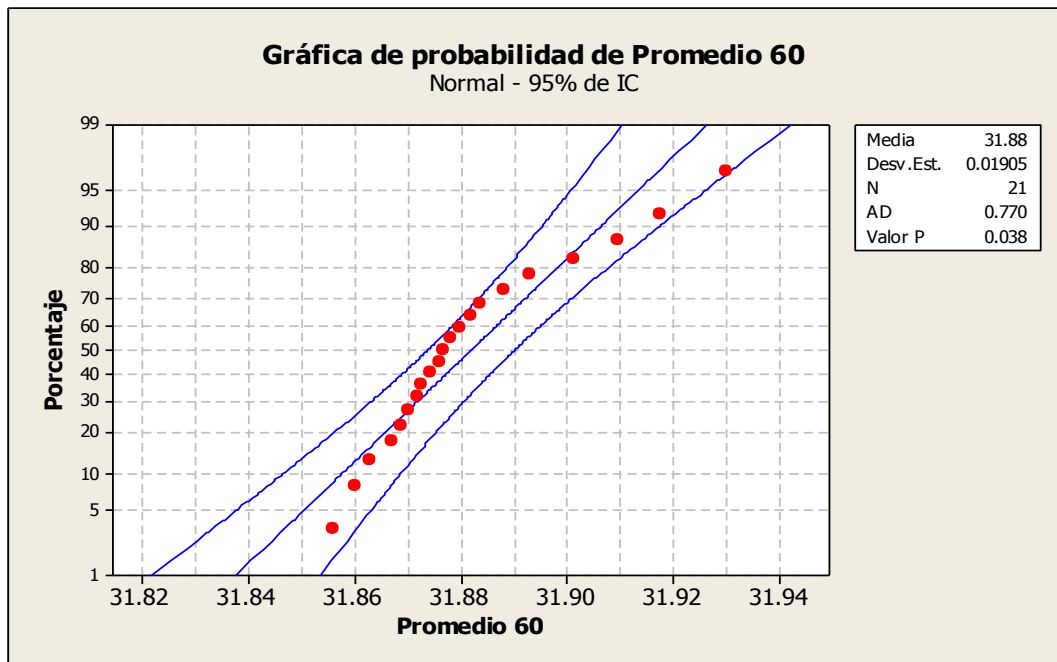
Las muestras fueron inicialmente sometidas a la prueba de normalidad obteniendo la siguiente gráfica para cada una de las muestras.

**FIGURA 13: PRUEBA de normalidad Promedio 90:10**



Fuente: Elaboración propia programa Minitab 2016

**Figura 14: PRUEBA DE NORMALIDAD PROMEDIO 60:10**



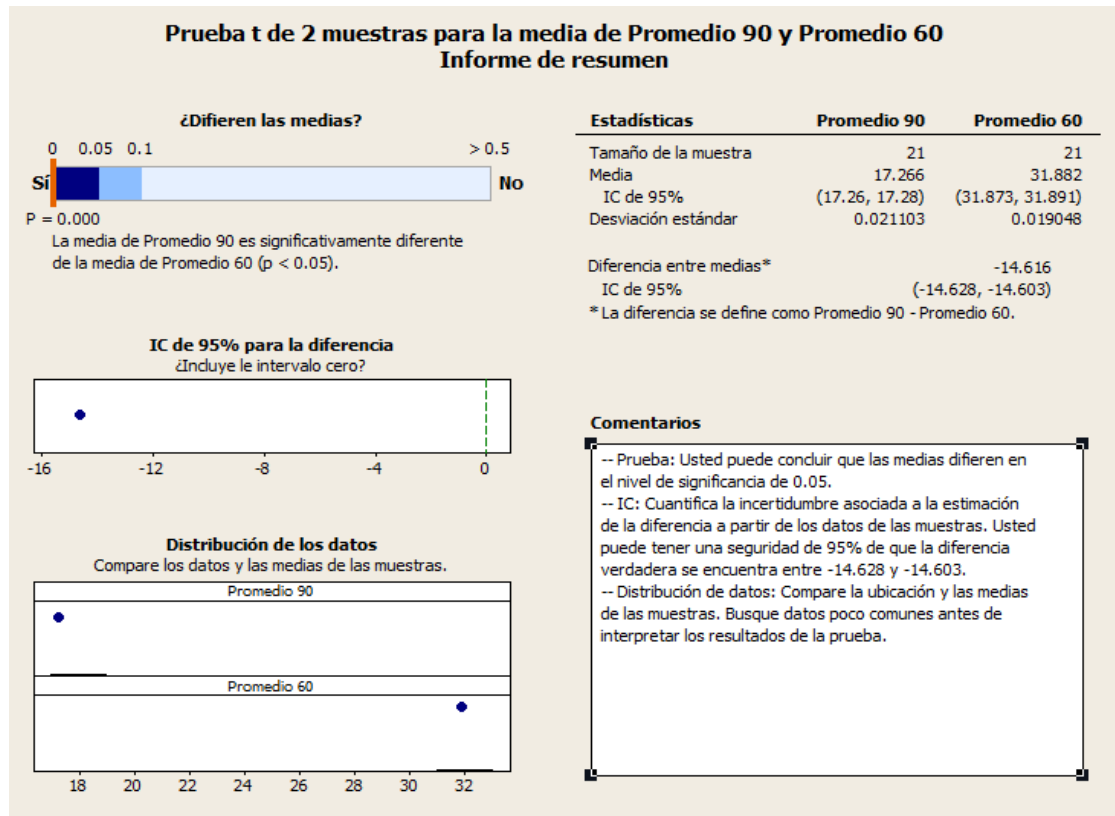
**Fuente: Elaboración propia programa Minitab 2016**

Las figuras 13 y 14 muestran un valor p igual a 0,011 y 0,038 respectivamente mediante la prueba de Anderson Darling, siendo  $p > 0,05$  por lo cual se concluye que las pruebas cumplen el supuesto de normalidad.

- **Prueba t de student para dos muestras independientes**



**Figura 15: PRUEBA T DE 2 MUESTRAS PARA LA MEDIA DEL PROMEDIO 90 Y PROMEDIO 60**



**Fuente: Elaboración propia en Minitab 2016**

La figura 15 muestra un valor  $p < 0,05$ , con lo cual se puede concluir que las medias difieren en el nivel de significancia de 0,05 por lo que se concluye que existe diferencia significativa entre las muestras 90:10 y 60:10 con un tamaño de muestra de 21 y una desviación estándar de 0,021103 y 0,019048 respectivamente.

## 5.6. Prueba de textura

La prueba de textura se realizó con la sonda tipo TA39 – 2 mm D, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 24: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TEXTURA.**

N°	MUESTRAS	HARDNESS (g)			PROMEDIO
		1	2	3	
<b>Fecha de análisis</b>	<b>11/05/2017</b>				
<b>1</b>	Patrón	807,20	713,60	740,00	753,60
<b>2</b>	Prueba 60:10	692,60	674,80	585,20	650,87
<b>3</b>	Prueba 90:10	810,20	782,00	808,20	800,13
	<b>16/05/2017</b>				
<b>1</b>	Patrón	444,20	496,60	512,60	484,47
<b>2</b>	Prueba 60:10	518,60	601,00	567,00	562,20
<b>3</b>	Prueba 90:10	766,60	692,20	741,60	733,47

**Fuente: Granotec Perú S.A.C**

La tabla 24 muestra los datos obtenidos en la prueba de textura para las muestras 90:10 y 60:10 (con tres repeticiones), durante un periodo de 7 días. Mostrando en ambos casos el efecto protector de ambas películas, obteniendo una dureza máxima de 810,20 hardness iniciales para la película 90:10 y una dureza de mínima de 692,20 hardness luego de 7 días; para la película 60:10

## **VI. DISCUSIONES**

### **6.1 Viscosidad**

En las tabla 6, gráfica 1 y la tabla 7, gráfica 2 se observan los valores obtenidos de viscosidad para las muestras 90:10 y 60:10 con una variación de temperatura de 81,5°C hasta los 60°C, los datos preliminares fueron sometidos a la prueba de t-student con un nivel de significancia de 0,05, obteniendo un  $p < 0.05$  (figura 8), demostrando que existe diferencia significativa entre ambas muestras; esta diferencia se sustenta por las diferentes concentraciones de aloe vera y almidón presentes en las formulaciones.

Los valores obtenidos de viscosidad frente al cambio de temperatura se basan en el comportamiento reológico del aloe vera, tal como lo explican Vega, R., Mottola, F., Colivet, J. & Castillo, C. (2015) quienes elaboraron formulaciones a base de aloe vera centrifugado, obteniendo 4 partes: mucílago, cristal, fase líquida y fase sólida, sustentando que la presencia de sólidos en suspensión, al ser sometidos a cambios a temperatura estos se degradan ocasionando un cambio en los valores de la viscosidad de manera considerable.

El comportamiento gráfico de viscosidad de los geles 90:10 y 60:10 (gráfica 1 y 2), se ajustaron a una ecuación exponencial, cuyos valores de correlación ( $R^2$ ) fueron de 0,9787 y 0,9774 respectivamente, presentando

una correlación superior con lo expuesto por Vega, R., Mottola, F., Colivet, J. & Castillo, C. (2015) cuyo valor oscila entre 0,835 y 0,966.

## **6.2 Biodegradabilidad**

En la tabla 10, gráfica 3 se observa el porcentaje de biodegradabilidad promedio de las muestras 90:10 y 60:10 en medio anaerobio, los cuales fueron de 4,483 % y 3,850 % respectivamente en un periodo de 20 días; a su vez en la tabla 13, gráfica 4 se observa el porcentaje de biodegradabilidad promedio de las muestras 90:10 y 60:10 en medio aerobio, con valores de 18,378% y 20,691% en un periodo de 20 días.

Los valores de porcentaje de biodegradabilidad en medio aerobio concuerdan con los resultados obtenidos por López, O. V. (2011) mediante la elaboración de películas biodegradables a base de almidón de maíz nativo con 1,5% p/p de glicerol incubados a 20°C en un compost orgánico durante 48 días, quien obtuvo un valor de 38%  $\pm$ 2% en presencia de luz natural.

Los valores de porcentaje de biodegradabilidad en medio aerobio en contraste con los resultados obtenidos en medio anaerobio cumplen con una tendencia similar a las películas elaboradas por Charro, M. (2015) a base de almidón de papa mezclado con varios plastificantes tales como la glicerina, alcohol polivinílico y bórax en diferentes concentraciones, debido a que las películas se degradan mayormente en condiciones

aerobias, por el contacto con el aire y los microorganismos aerobios que ayudan a degradar la película con liberación de CO<sub>2</sub>. Mientras que en condiciones anaerobias se libera metano como parte de la degradación Charro, M. (2015).

### **6.3 Espesor**

En la tabla 16 se observa el espesor promedio de las muestras 90:10 y 60:10 los cuales fueron de 0,0001529 mm y 0,0001187 mm respectivamente, estos promedios fueron sometidos a la prueba de t-student con un nivel de significancia de 0.05, obteniendo un  $p > 0.05$  (figura 12), demostrando que no existe diferencia significativa entre ellas, debido a que el proceso de esparcido del gel sobre una superficie no se ve influenciado con la composición del mismo.

Estos datos obtenidos presentaron menores valores de espesor al ser comparados con el gel elaborado por Ibargüen, A., Pinzón, M. & Arbeláez, L. (2015) a base de aloe vera y alginato con una relación de 95:5 respectivamente ( $0,0310 \pm 1.10 \times 10^{-2}$  mm) y con la película elaborada por López, O. V. (2011) a base de almidón de maíz acetilado y nativo, plastificadas con glicerol en una proporción de 10:70:20 respectivamente obteniendo un espesor de  $0,08053 \pm 0,00843$  mm. Estos resultados favorables para el trabajo pueden ser atribuidos a un mayor homogenizado de los componentes los cuales generan una disminución en los valores de espesor.

## 6.4 Solubilidad

En la tabla 19 se observa la solubilidad promedio de las muestras 90:10 y 60:10, los cuales fueron de 30,2838 % y 40,0764% respectivamente a una temperatura de solución de 25°C en agua. La solubilidad en agua de las películas es un factor importante para evaluar su biodegradabilidad debido a que a mayor solubilidad los polímeros son más susceptibles a la degradación, no obstante una película muy soluble se utiliza para realizar cubiertas comestibles o como recubrimiento de pastillas, en el caso contrario si estas no se disuelven con facilidad son favorable para recubrimiento de alimentos.

Los datos obtenidos en las muestra 90:10 (30,2838 %) y 60:10 (40,0764%), presenta menores valores de solubilidad comparados con la película elaborada por Charro, M. (2015) a base de almidón de papa mezclado con varios plastificantes tales como la glicerina, alcohol polivinílico y bórax en diferentes concentraciones como es el caso de sus muestras GMD con 6% de glicerina y 9% de melanina con una solubilidad de 49,40% y la muestra GMF con 4,5% de glicerina y 1,8% de melanina con una solubilidad de 41,26%. Lo mismo sucede si comparamos los resultados obtenidos con el gel elaborado por Ibargüen, A., Pinzón, M. & Arbeláez, L. (2015) a base de aloe vera y alginato con una relación de 95:5, los cuales obtuvieron un porcentaje de solubilidad de  $71,7942 \pm 3,75 \times 10^{-2}\%$ .

Una mayor solubilidad está directamente relacionada con un alto valor de permeabilidad al vapor de agua, y esto es favorable para algunos vegetales que requieren mantener una humedad relativa alta (Viña et al., 2007).

### **6.5 Permeabilidad al vapor de agua (PVA)**

En la tabla 23 se observa el espesor promedio de las muestras 90:10 y 60:10 los cuales fueron de  $1,69963 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa y  $1,61633 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa respectivamente, los datos preliminares (tabla 21) fueron sometidos a la prueba de t-student con un nivel de significancia de 0,05, obteniendo un  $p < 0,05$  (figura 15), demostrando que existe diferencia significativa entre ellas.

Los datos obtenidos en las muestras 90:10 ( $1,69963 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa) y 60:10 ( $1,61633 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa), presentan menores valores de permeabilidad al vapor de agua en comparación con el gel elaborado por Ibargüen, A., Pinzón, M. & Arbeláez, L. (2015) a base de aloe vera y alginato con una relación de 95:5 quienes obtuvieron un PVA de  $1,3960 \times 10^{-3} \pm 1,61 \times 10^{-3}$  g/m.s.Pa, sustentando que este valor elevado de la película de aloe vera está relacionado con el carácter hidrofílica, el cual permite al agua entrar en interacción con la matriz.

A su vez, los datos obtenidos presentaron un valor superior de permeabilidad al vapor de agua en comparación con la película elaborada

por López, O. V. (2011) a base de almidón cuya permeabilidad varía entre 0,88 y 1,41 x 10<sup>-10</sup> g/sm\*Pa. En general, la permeabilidad al vapor de agua debe ser tan baja como sea posible, puesto que una de las principales funciones para el envasado de alimentos es evitar, o al menos disminuir, la transferencia de humedad entre el alimento y la atmósfera circundante, o entre dos componentes de un producto alimenticio heterogéneo (Gontard et al., 1992). El glicerol en la formulación hace que el producto final incremente su permeabilidad al vapor, ésta debido a la naturaleza hidrofílica del glicerol el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua.

#### **6.6 Prueba de textura**

En la tabla 24 se observa el efecto de la película biodegradable como recubrimiento en frutas (papaya) con un periodo de 7 días. Los valores promedios obtenidos inicialmente con las muestras 90:10 y 60:10 en comparación con la muestra patrón (753,60 hardness (g)) van desde 800,13 hardness (g) y 650,87 hardness (g) respectivamente, sustentando esta diferencia inicial al estado no homogéneo de madurez de la muestra recubierta (papaya).

Las muestras luego de 7 días a una temperatura de 5°C al ser sometidas al texturómetro mostraron valores promedios de 484,47 hardness (g) para muestra patrón, 562,20 hardness (g) para la muestra 60:10 y 733,47 hardness (g) para la muestra 90:10. Demostrando el efecto protector de las películas biodegradables en la vida útil de una muestra.



## VII. CONCLUSIONES

- En el presente estudio se determinó que es posible la elaboración de una película biodegradable con aloe vera, almidón de papa y glicerol, con características físicas, químicas y biológicas capaz de ser utilizado como material de empaque en alimentos.
- Se concluyó que es posible la elaboración de una película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa en una proporción 90:10 y glicerol al 30% con respecto al almidón (0,3 p/p), y con valores de  $1,69963 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa de permeabilidad al vapor de agua y 30,2838% de solubilidad, valores que permiten el recubrimiento de alimentos a temperaturas entre 5-10°C.
- Se concluyó que los parámetros de secado óptimos para la elaboración de una película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa y glicerol corresponden a una temperatura de 35°C por un tiempo de 15 horas para lograr un valor de 16% de humedad relativa (%HR).
- Se concluyó que para la determinación de las características físicas, químicas y biológicas de una película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa y glicerol, la película presentó valores de:
  - Biodegradabilidad en medio aerobio de tendencia similar a las películas elaboradas por Charro, M. (2015) a base de

almidón de papa mezclado con varios plastificantes; los datos obtenidos de biodegradabilidad en las muestras 90:10 y 60:10 fueron de 18,378% y 20,691% en un periodo de 20 días respectivamente.

- Solubilidad (muestras 90:10 y 60:10, con valores de 30,2838 % y 40,0764% respectivamente) menores al ser comparados con la película elaborada por Charro, M. (2015), lo mismo sucedió al comparar los resultados obtenidos con el gel elaborado por Ibargüen, A., Pinzón, M. & Arbeláez, L. (2015) a base de aloe vera y alginato con una relación de 95:5; cuyo valor de solubilidad fue de  $71,7942 \pm 3,75 \times 10^{-2}\%$ .
- Permeabilidad al vapor de agua ( $1,69963 \times 10^{-4}$  g/hmm\*MPa) superior en comparación con la película elaborada por López, O. V. (2011) a base de almidón cuya permeabilidad varió entre 0,88 y  $1,41 \times 10^{-10}$  g/sm\*Pa.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los estudiantes interesados en la investigación continuar con los estudios sobre la aplicación y efecto de la película biodegradable a base de aloe vera, almidón de papa y glicerol en productos como frutas o verduras.
- Se recomienda a las empresas de alimentos optar por utilizar alternativas más amigables con el medio ambiente para el recubrimiento de sus productos.
- Es conveniente que se realicen estudios y pruebas que permitan realizar la producción del film biodegradable de aloe vera, almidón de papa y glicerol a nivel semi industrial y luego escalar a nivel industrial con la utilización de equipos o maquinarias diseñadas o por diseñar que se ajusten a las características físicas o químicas de la nueva materia.
- La complementación de un estudio de difusividad del film a tintes o colorantes utilizados en la impresión del material de empaque, sería recomendable realizar.
- Se recomienda realizar estudios de técnicas de secado del film para disminuir el tiempo de secado a periodos más cortos, pero sin modificar su comportamiento físico químico.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boletín Técnico de Poliolefinas Internnacionales C.A (2011). Fundamento de los plásticos biodegradables. Caracas, Venezuela. INDESCA.
2. Borba, N. (2008). La papa un alimento básico: Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica. *Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina*. Obtenido en: <http://webs.chasque.net/~rapaluy1/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
3. Brow, T. (1998). *Química. La ciencia central*. Séptima edición, Pearson. McGraw Hill Interamericana, México. Obtenido en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Capitulo17GarritzGasqueMartinez\\_27371.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Capitulo17GarritzGasqueMartinez_27371.pdf)
4. Carpano, S., Castro, M. & Spegazzini, E. (2009). Caracterización morfoanatómica comparativa entre *Aloe vera* (L.) Burm. F., *Aloe arborescens* Mill., *Aloe saponaria* Haw. y *Aloe ciliaris* Haw. (Aloeaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(1B), 269-275. Obtenido en <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n1b/a15v191b.pdf>
5. Castrilló, T. (s.f.). Biopolímeros. *AINIA Centro Tecnológico*. España. Obtenido en <https://www.ainia.es/html/envios/envase/boletines/art.pdf>
6. Cerón, A.R. (2013). El problema de la hidrofiliidad en materiales plásticos derivados de almidón. *Revista de biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 11. Obtenido en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000300005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000300005)
7. Charro, M. (2015). *Obtención de plástico biodgradable a partir de almidón de patata*. (Tesis de grado). Universidad Central de Ecuador, Ecuador. Obtenido en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>
8. Chávez, R. (s.f). Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre. *Revista Ciencia y Desarrollo*. Recuperado de <http://www.unjbg.edu.pe/coin2/pdf/01011002606.pdf>
9. Delgado, E. & Díaz, P. (2006). *Elaboración y documentación del programa de limpieza y desinfección de los laboratorios del*

*departamento de microbiología*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Obtenido en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis281.pdf>

10. Domínguez, R., arzate, L., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderon, G.,... Gutierrez, G. (2012). El gel de Aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43
11. Enríquez, M. Velasco, R. Ortiz, V. (2012). *Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón*. 10(1). 182-192. Obtenido en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
12. Enríquez, M., Velasco, R., Fernandez, A., Palacios, L. & Ruales, D. (2013). Desarrollo de un biomaterial a partir de almidón modificado de yuca, agente microbiano y plastificante. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* 11(2). Pág. 111-120. Obtenido en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a13.pdf>
13. Estupiñán, C.A. (2012). *Estudio comparativo del contenido de ácido ascórbico del mucílago de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller.), entre diferentes cultivos del departamento de Risaralda, Colombia. Por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE)*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
14. Figuerola, F. (1997). *Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas*. Tratado de Cooperación Amazónica. Especialista en Ciencia y Tecnología Alimentaria y Agroindustria. Brasil. Obtenido en: <http://www.fao.org/docrep/X5029S/X5029S00.htm#Contents>
15. Fonnegra, R. & Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia* (pp. 227-232). Colombia: Universidad de Antioquia.
16. Hielscher, *Homogeneización y mezcla por ultrasonidos*. Tecnología de ultrasonidos Obtenido en: [https://www.hielscher.com/es/homogenize\\_01.htm](https://www.hielscher.com/es/homogenize_01.htm)

17. Ibargüen, A., Pinzón, M. & Arbeláez, L. (2015). Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de gel de aloe vera (*aloe barbadensis miller l*). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimento*, 23(36), 133-149. Obtenido en <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/351>
18. Ibargüen, A. & Pinzón, M. (2014). Caracterización de las propiedades mecánicas y de barrera de películas biodegradables a base de Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*). *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (2015)*, 24(34), 35-39. Obtenido en <http://alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/292/26>
19. Informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos. (1997). *Los carbohidratos en la nutrición humana* (pp. 86-87). Roma: Estudio FAO alimentación y nutrición.
20. Instituto ecuatoriano de investigación (2012). *Norma técnica de ecuatoriana INEN 2642:2012, Método de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica en el suelo de los materiales plásticos o de material plástico residuales después de compostaje*. Quito, Ecuador: INEN.
21. Lafuente, G. (2017). *Glicerol: síntesis y aplicaciones*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Educación a distancia, España. Obtenida en [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente\\_Aranda\\_Gustavo\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf)
22. López, O. V. (2011). *Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Obtenido en [http://163.10.34.134/bitstream/handle/10915/2651/Documento\\_completo.pdf?sequence=3](http://163.10.34.134/bitstream/handle/10915/2651/Documento_completo.pdf?sequence=3)
23. López, J., Arraiza, M. & De Fuentes, A. (2008). Proyecto de análisis de bioplásticos: Informe sobre biodegradabilidad aeróbica de envases plásticos bajo condiciones de compostaje. *Cátedra Ecoembes de medio ambiente*. Obtenido de <http://www.masembalajes.es/Biodegradable/InformeBio.pdf>

24. Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Sistema integrado de estadística agraria. Lima, Perú. Obtenido en <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=noticias/minagri-emite-bolet%C3%ADn-mensual-de-estad%C3%ADstica-agraria-siea-enero-2015>.
25. Ministerio de Educación Nacional (2005). Fundamentación conceptual para la certificación de la calidad de los establecimientos educativos privados. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
26. Navia, D., Ayala, A. & Villada, H. (2011). Isotermas de adsorción de bioplástico de harina de yuca moldeados por compresión. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 9(1), 77-79.
27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2008). La Papa (11-15). Italia. Obtenido en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>
28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2008). El año internacional de la papa, las papas, la nutrición y la alimentación. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>
29. Ortiz, M., et al. (2013). Desarrollo de una película plástica a partir del almidón extraído de papa residual. *Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos*. Ecofrán. 186-193. Obtenido en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4782698>
30. Pinargote, L.A. (2009). *Proyecto de inversión para el cultivo de Aloe vera, su producción en gel y polvo como subproductos y su comercialización como materia prima*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
31. Plackett, D. (2011). *Biopolymers- new materials for sustainable films and coating*. Reino Unido: Wiley. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=JBNAcS-JbbYC&printsec=frontcover&dq=PLACKETT,+David.+Biopolymers-New+Materials+for+Sustainable+Films+and+Coating&hl=es&sa=X&edir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=JBNAcS-JbbYC&printsec=frontcover&dq=PLACKETT,+David.+Biopolymers-New+Materials+for+Sustainable+Films+and+Coating&hl=es&sa=X&edir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

32. Plastivida. (2007). Degradación de los materiales plásticos. Boletín Informativo N° 21, Argentina. Obtenido en <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>
33. Posada-Duque, J. & Cardona-Alzate, C. (2010). Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. *Universidad de Bogotá (Colombia)* 14(1), 9-17. Obtenido en <http://www.scielo.org.co/pdf/inun/v14n1/v14n1a01.pdf>
34. Quevedo, M., Oviedo, F., mathews, J (2013). Papa: Principales aspectos agroeconómicos. *Ministerio de Agricultura y Riego*. <http://webs.chasque.net/~rapaluy1/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
35. Quisintuña, E. Y. (2014). *Estudio del efecto del gel de panca de sábila (aloe vera miller) sobre la vida útil del babaco (carica pentagona L) producido por los agricultores de la parroquia San Miguelito* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Obtenido en <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8579/1/MAI%2012>
36. Ramirez, G. (2003). Sábila (Aloe vera). *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas alternativas*, 21(1). 26-31. Obtenido en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4956300>
37. Rivero, R., Rodríguez, E., Menéndez, R., Fernández, J., Del Barrio, A. & Gonzáles, M. (2002). Obtención y caracterización preliminar de un extracto de *Aloe vera* L. con actividad antiviral. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 7(1), 32. Obtenido en [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/mednat/obtencion\\_y\\_caracterizacion\\_preliminar\\_de\\_un\\_extracto\\_de\\_aloe\\_vera\\_l\\_con\\_actividad\\_antiviral.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/mednat/obtencion_y_caracterizacion_preliminar_de_un_extracto_de_aloe_vera_l_con_actividad_antiviral.pdf)
38. Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 28(1), 9-11. Obtenido en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n1/v28n1a02.pdf>
39. Ruiz Áviles, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de la yuca. *Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 2(4), 5-28. Obtenido en <http://www.redalyc.org/pdf/835/83520401.pdf>



40. Robinson, D.; Sevillano, E.; Calvo, M. (1991). *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. España. Acribia.
41. Rubio-Anaya, M. & Guerrero-Beltrán, J. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos* 6(12). Obtenido en <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf>
42. Suárez, O. (2011). *Producción y modelamiento de gliceril-ésteres como plastificantes para PVC*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Obtenida en <http://www.bdigital.unal.edu.co/4241/1/299037.2011.pdf>
43. Tecante A. (2009). *Fundamentos de secado. Extracción sólido – líquido y destilación*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido en <https://es.scribd.com/doc/117050388/Informe-de-Mermelada>
44. Trujillo, Y., Pérez, J. & Durán, D. (2011). Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote; *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 10(1), 5-17. Obtenido en [http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/ALIME](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIME)
45. Usucachi, P. (2011). *Proceso de obtención de bioetanol a partir de papa peruana*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Obtenida en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1042>
46. Vasquez, M. & Guerrero, J. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 5-14. Obtenido en <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf>
47. Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L. & Lemus, R. (2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis* M.) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición* 32(3). Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182005000300005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005)

48. Vega, R., Mottola, F., Colivet, J. & Castillo, C. (2015). Formulación de un sistema gelificante base sábila (*Aloe barbadensis*) para el aislamiento de arenas de agua, en pozos productores; *Revista Tecnológica ESPOL*; 28(1), 124-135. Obtenido en <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/355>
49. Vélez, L. (2003). *La selección de los alimentos: una práctica compleja*. 34(2). 92-96. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Obtenido en <http://www.redalyc.org/pdf/283/28334206.pdf>
50. Zamudio, P., Bello, L., Vargas, A., Hernández, J. & Romero, C. (2007). Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 41(8), 837-844. Obtenido en [https://www.researchgate.net/profile/Claudia\\_Romero\\_Bastida/publication/237032444\\_CHARACTERIZACION\\_PARCIAL\\_DE\\_PELCULAS\\_PREPARADAS\\_CON\\_ALMIDON\\_OXIDADO\\_DE\\_PLTANO/links/0046353207b1e37046000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Claudia_Romero_Bastida/publication/237032444_CHARACTERIZACION_PARCIAL_DE_PELCULAS_PREPARADAS_CON_ALMIDON_OXIDADO_DE_PLTANO/links/0046353207b1e37046000000.pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

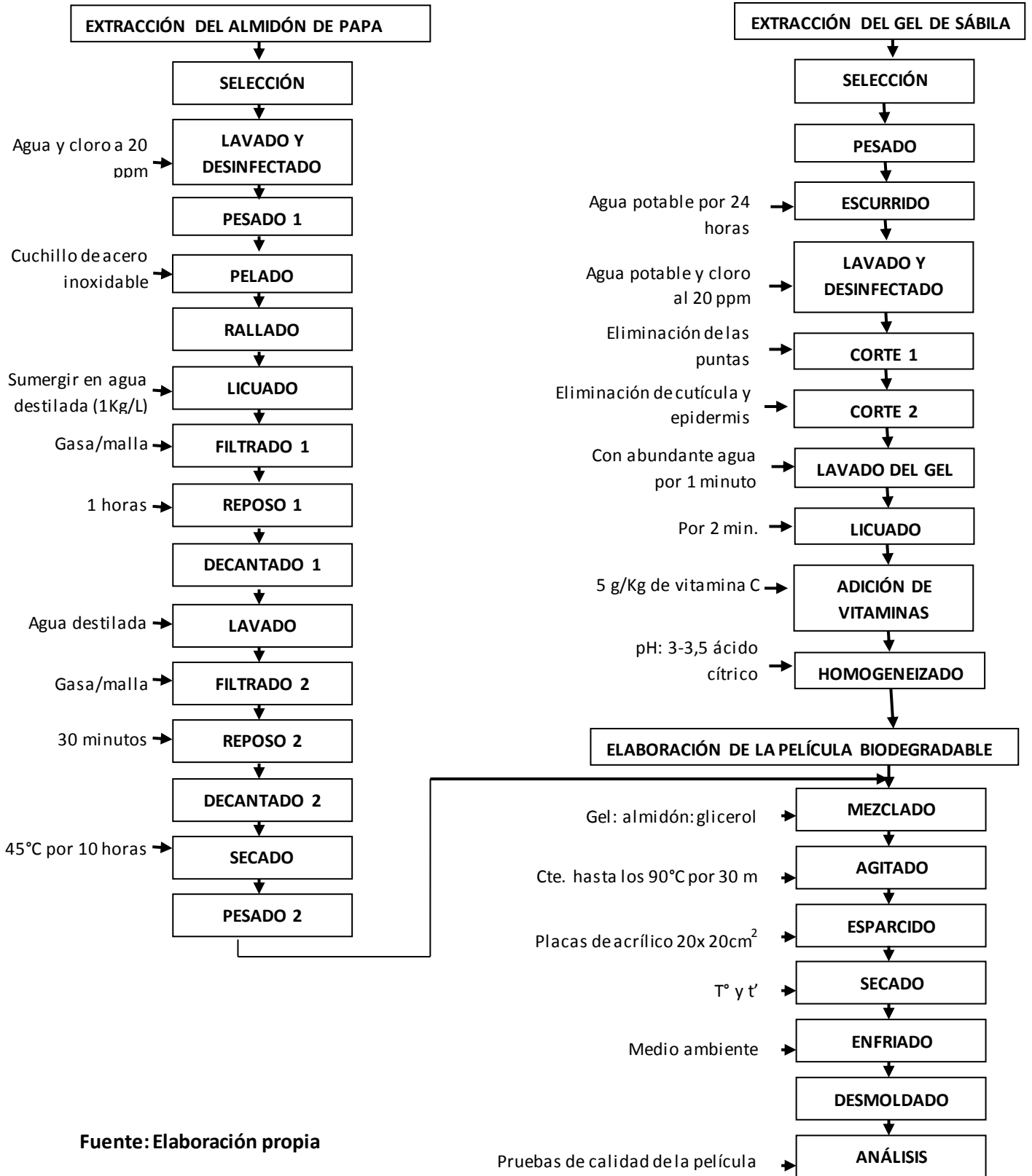
### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Es posible elaborar, determinar las variables del proceso de secado y caracterizar una película biodegradable en base a gel de aloe vera (<i>Aloe barbadensis</i> Miller), almidón de papa (Yungay) y glicerol para ser utilizado como material de empaque para alimentos?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cuál es la proporción de gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol en la formulación de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?</p> <p>¿Cuáles son las variables de control en el proceso de secado durante la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?</p> <p>¿Cuáles son las características físicas, químicas y biológicas de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque en alimentos?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Elaborar una película biodegradable en base a gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol que se utilice como material de empaque para alimentos, determinar las variables del proceso de secado y caracterizarla física, química y biológicamente.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar la proporción de la película biodegradable con gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol en la formulación de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.</p> <p>Determinar en el proceso de secado los parámetros de control en la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.</p> <p>Caracterizar física, química y biológicamente la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La película biodegradable elaborada tiene una proporción de gel de aloe vera, almidón de papa y glicerol con variables de secado y características físicas, químicas y biológicas similares o mejores que las películas de plástico utilizadas para empacar alimentos.</p> <p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>La proporción con gel de aloe vera entre 60-90%, almidón de papa entre 10-40% y 2,5-10% de glicerol en la formulación permite elaborar una película biodegradable para ser utilizada como material de empaque en alimentos.</p> <p>El tiempo entre 10-15 horas y la temperatura entre 35-55°C del proceso de secado permiten la elaboración de la película biodegradable para ser utilizado como material de empaque para alimentos.</p> <p>Las características físicas, químicas y biológicas de la película biodegradable son similares o mejores que las películas de plástico utilizadas para empacar alimentos.</p>

VARIABLES	INDICADORES	METODO	POBLACION Y MUESTRA
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b> - <b>Variable I</b> Proporción de gel de aloe vera. - <b>Variable II</b> Proporción de almidón de papa. - <b>Variable III</b> Temperatura en el proceso de secado. - <b>Variable IV</b> Tiempo en el proceso de secado	<b>SEGÚN VARIABLES</b> - % de gel de aloe vera. - % de almidón de papa. - °C (grados Celsius) - H (horas)	<b>TIPOS</b> - Experimentales en laboratorio. - Experimentales en laboratorio. - Experimentales en laboratorio - Experimental en laboratorio	<b>POBLACIÓN:</b> La población está constituida por las muestras de planta de aloe vera para la obtención del gel y las muestras de papa variedad Yungay para la obtención del almidón.
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Calidad del producto mediante ensayos de caracterización.	1.Prueba de espesor: mm (milímetros)	1. NTP 311.199:1980. Plásticos. Determinación del espesor en películas, láminas y laminados lisos.	<b>POBLACIÓN:</b> La población está constituida por las películas obtenidas en el proceso anterior.
	2.Prueba de solubilidad: % de solubilidad.	2. Universidad Central de Ecuador.	
	3.Prueba de permeabilidad: $g/ms \cdot Pa$ o $PVA \times 10^9$ .	3. ASTM-E96/96-M05 Water Vapor Transmission.	
	4.Prueba de resistencia a la tensión: Mpa	4. ASTM D882-09. Resistencia a la tensión..	
	5.Prueba de biodegradabilidad: %pérdida de peso.	5. ASTM D-5488-94D y la Universidad Central de Ecuador.	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 2: ESQUEMA TENTATIVO DE LA TESIS



Fuente: Elaboración propia

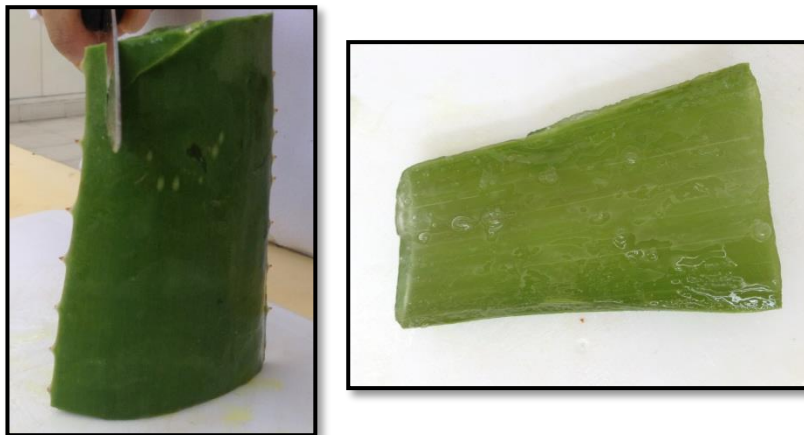
## ANEXO N° 3 EXTRACCIÓN DE ALOE VERA

**Figura A.3.1:** Selección y Escurrido de la planta de sábila



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.3.2:** Corte 1 y Corte 2



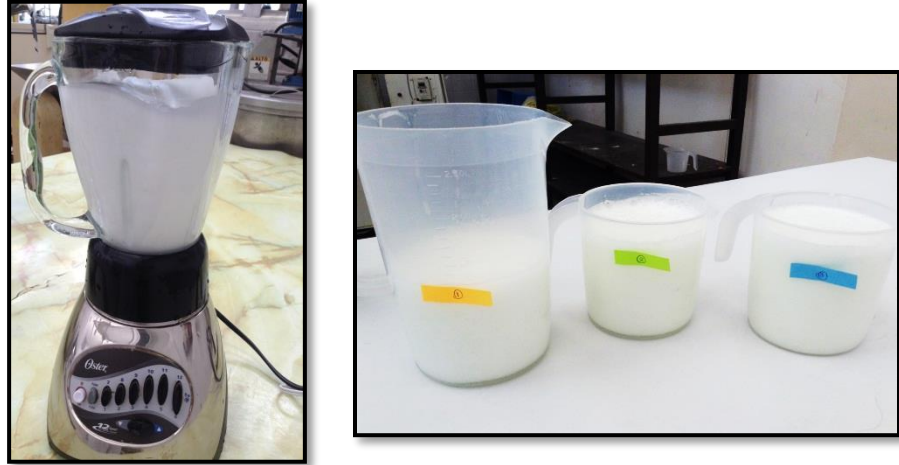
Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.3.3:** Obtención y lavado del gel



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.3.4:** Licuado y reposo



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.3.5:** Envasado



Fuente: Elaboración propia (2017)



## ANEXO N° 4 Extracción de almidón de papa

**Figura A.4.1:** Selección, lavado y pesado



Fuente: Elaboración propia (2017)



**Figura A.4.2:** Pelado y rallado



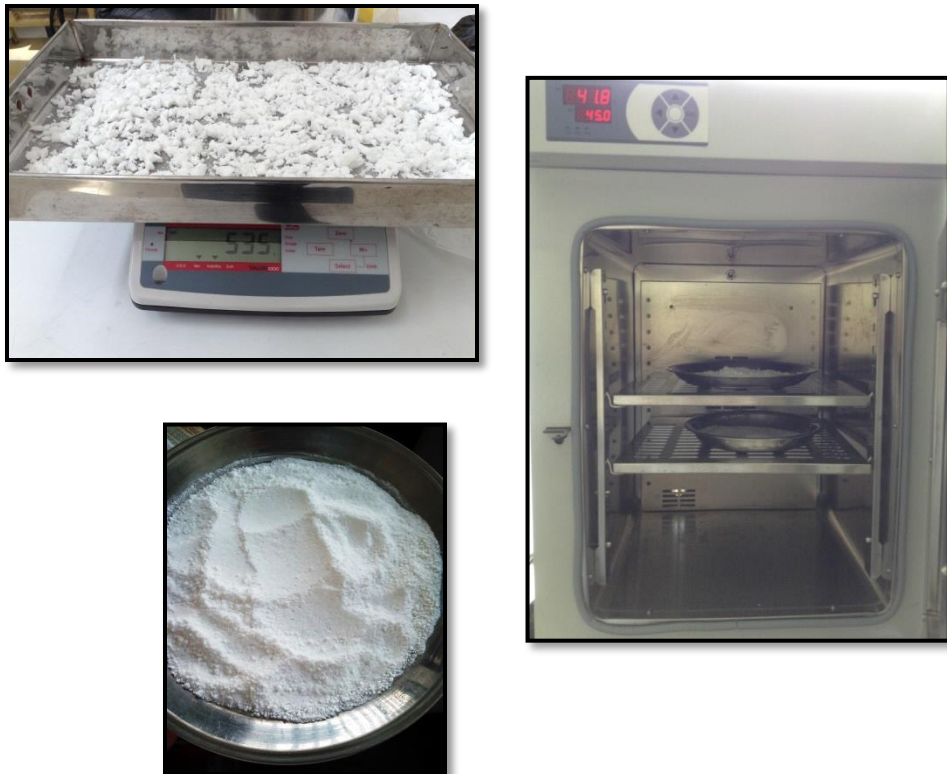
Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.4.3: Licuado y Reposo**



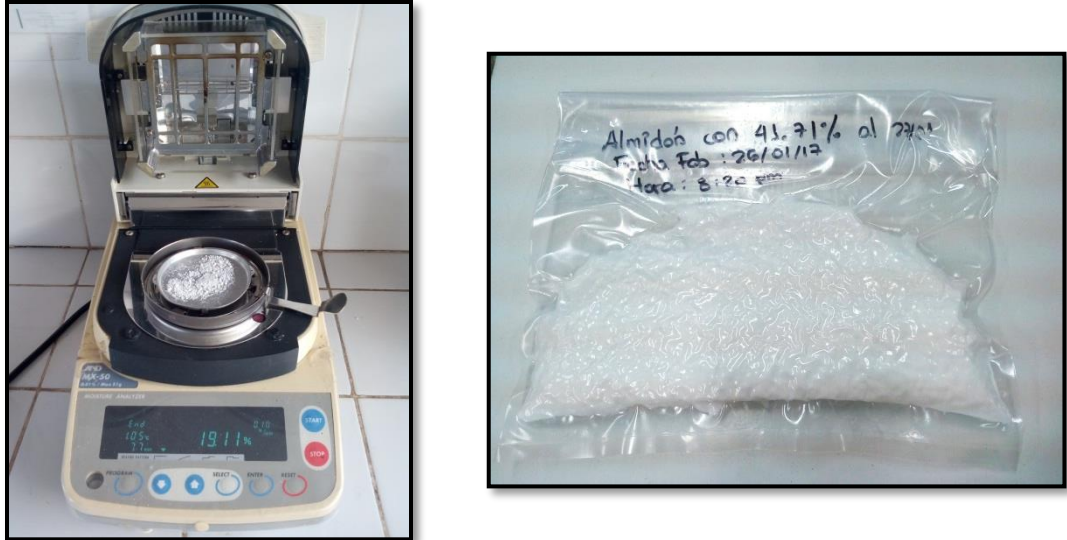
Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.4.4: Pesado y secado**



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.4.5:** Determinación de la humedad relativa y envasado al vacío



Fuente: Elaboración propia (2017)

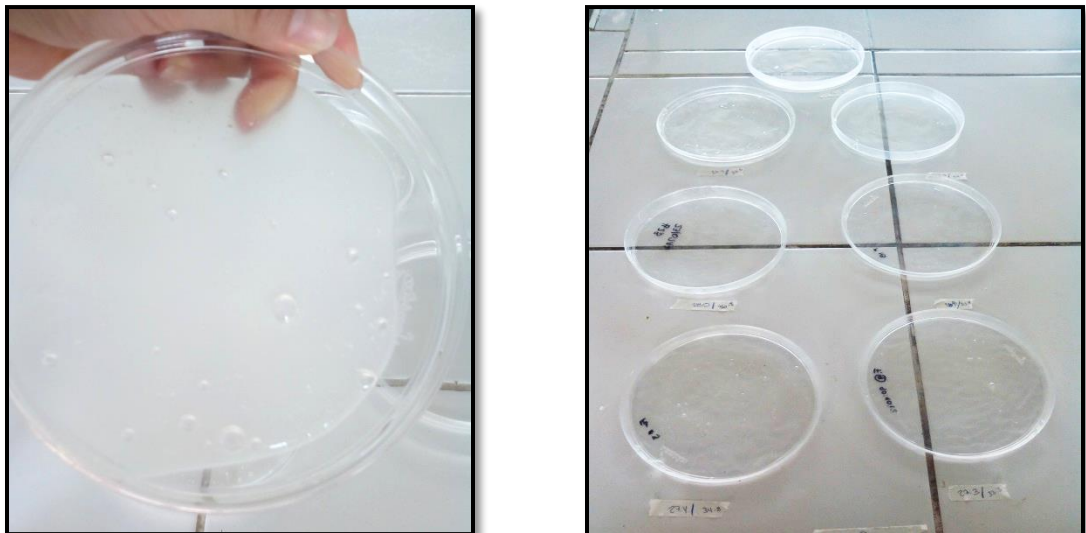
## ANEXO N° 5 Elaboración de las películas biodegradables

Figura A.5.1: Mezclado y agitado del gel



Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura A.5.2: Esparcido



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.5.3: Secado**



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.5.4: Películas biodegradables**



Fuente: Elaboración propia (2017)

## ANEXO N° 6 Pruebas

Figura A.6.1: Prueba de viscosidad



Fuente: Elaboración propia (2017)

Figura A.6.2: Prueba de espesor



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.6.3:** Prueba de biodegradabilidad a los 20 días



Fuente: Elaboración propia (2017)



Fuente: Elaboración propia (2017)

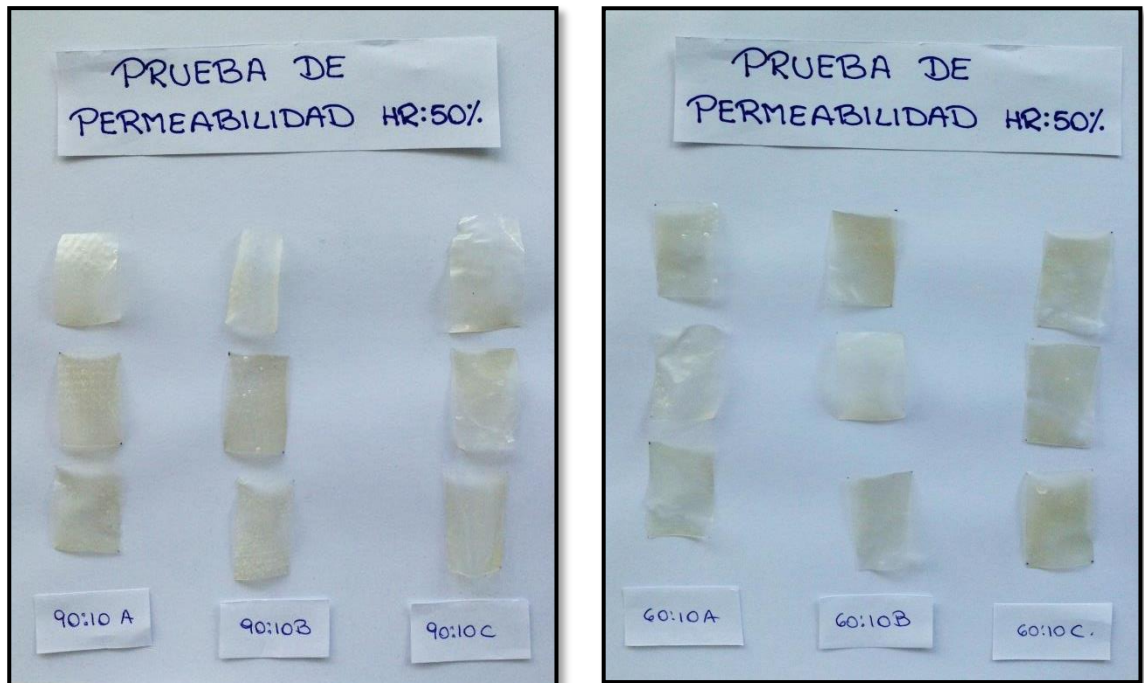
**Figura A.6.4: Prueba de Solubilidad**



Fuente: Elaboración propia (2017)

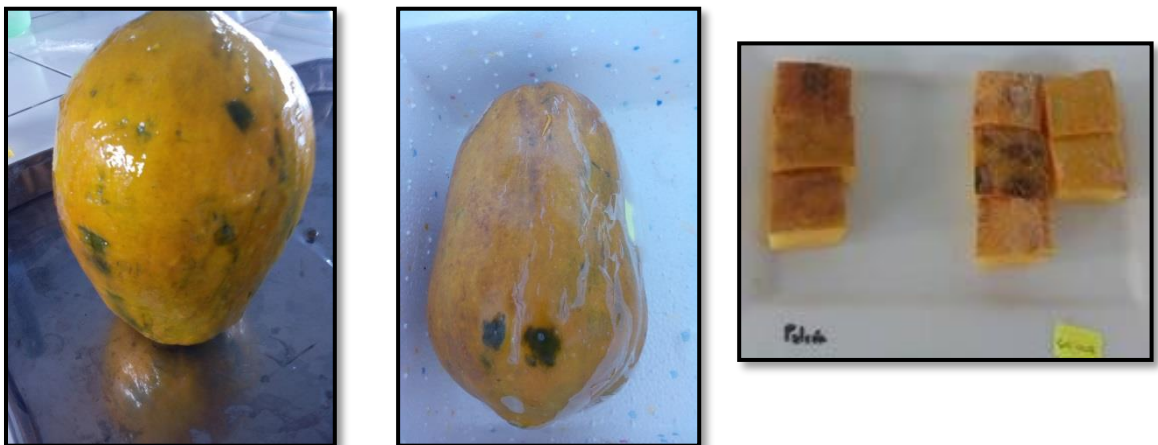


**Figura A.6.5:** Prueba de Permeabilidad



Fuente: Elaboración propia (2017)

**Figura A.6.6:** Prueba de Textura



Fuente: Elaboración propia (2017)

**ANEXO N° 7  
RESULTADOS DE  
PRUEBA DE  
TEXTURA**

Código: FT-019

Versión: 03

Fecha de Vigencia: 05/08/2010

Página: 1 de 1

# Reporte de Análisis

**FECHA** : 17-05-17  
**SOLICITANTE** : LAURA TERESA QUINECHE MINAYA  
**DIRECCIÓN** :

**ORDEN DE SERVICIO** : N° 170699  
**COTIZACIÓN** : N° 240706


**PRODUCTO** : 4 muestras de PAPAYA REVESTIDA CON PELÍCULA BIODEGRADABLE

**Fecha de recepción** : 10-05-17  
**Fecha de análisis** : 11-05-17

## RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

N°	MUESTRAS	HARDNESS (g)		
		1	2	3
Fecha de Análisis		11/05/2017		
1	Patrón	807.20	713.60	740.00
2	Prueba 60:10	692.60	674.80	585.20
3	Prueba 90:10	810.20	782.00	808.20
		16/05/2017		
1	Patrón	444.20	496.60	512.60
2	Prueba 60:10	518.60	601.00	567.00
3	Prueba 90:10	766.60	692.20	741.60

GRANOTEC PERÚ S.A.


 Mónica González Morales  
 Gerente Técnico


Granotec Perú S.A.  
 Av. Los Ingenieros No. 112  
 Urb. Santa Raquel II Etapa, Lima 3

Tel.: +51 (1) 349-7788  
[www.granotec.com](http://www.granotec.com)

Transferencia  
 Tecnológica  
 Capacitación

Innovación  
 Investigación  
 y Desarrollo

Nutrientes e  
 Ingredientes  
 Productos

Garantía  
 Calidad y  
 Compromiso



**MUESTRA PATRÓN 11-05-17**



**TextureProLite v1.1**  
INFORMATION SHEET

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya  
 Batch No: -  
 Sample No: patrón  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

Notes:

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión  
 Trigger point: 6.8g  
 Target value: 10mm  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Hold time: 0s  
 Recovery time: 0s

**TEST DATE:** Thursday, May 11, 2017

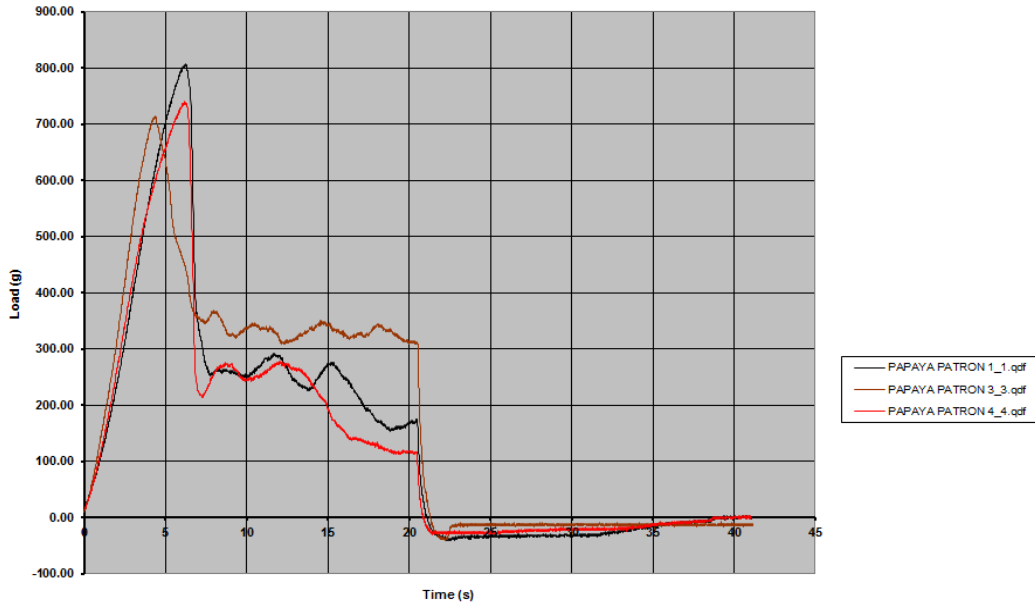
**TEST TIME:** 03:03:25 p.m.



**TextureProLite v1.1**  
RESULTS SHEET

SELECTED CALCULATIONS	PAPAYA PATRON 1_1.qdf	PAPAYA PATRON 3_3.qdf	PAPAYA PATRON 4_4.qdf								Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	807.20	713.60	740.00								753.60	39.40	713.60	807.20	g

Load v Time



**MUESTRA PRUEBA 60.10 11-05-17**



TextureProLite v1.1

**INFORMATION SHEET**

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya revestida con pelicula biodegradable Notes:  
 Batch No: -  
 Sample No: Prueba 60.10  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Trigger point: 6.8g Hold time: 0s  
 Target value: 10mm Recovery time: 0s  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

TEST DATE: Thursday, May 11, 2017

TEST TIME: 03:12:54 p.m.

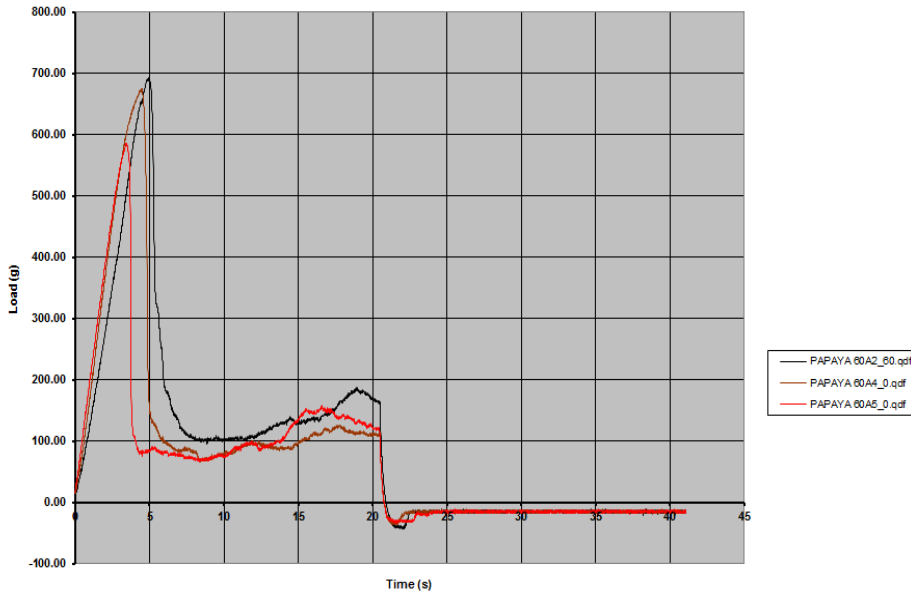


TextureProLite v1.1

**RESULTS SHEET**

SELECTED CALCULATIONS	PAPAYA 60A2_60.qdf	PAPAYA 60A4_0.qdf	PAPAYA 60A5_0.qdf							Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	692.60	674.80	585.20							650.87	47.00	585.20	692.60	g

Load v Time



**MUESTRA PRUEBA 90.10 11-05-17**



TextureProLite v1.1

**INFORMATION SHEET**

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya revestida con pelicula biodegradable Notes:  
 Batch No: -  
 Sample No: Prueba 90.10  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Trigger point: 6.8g Hold time: 0s  
 Target value: 10mm Recovery time: 0s  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

**TEST DATE:** Thursday, May 11, 2017

**TEST TIME:** 03:27:41p.m.

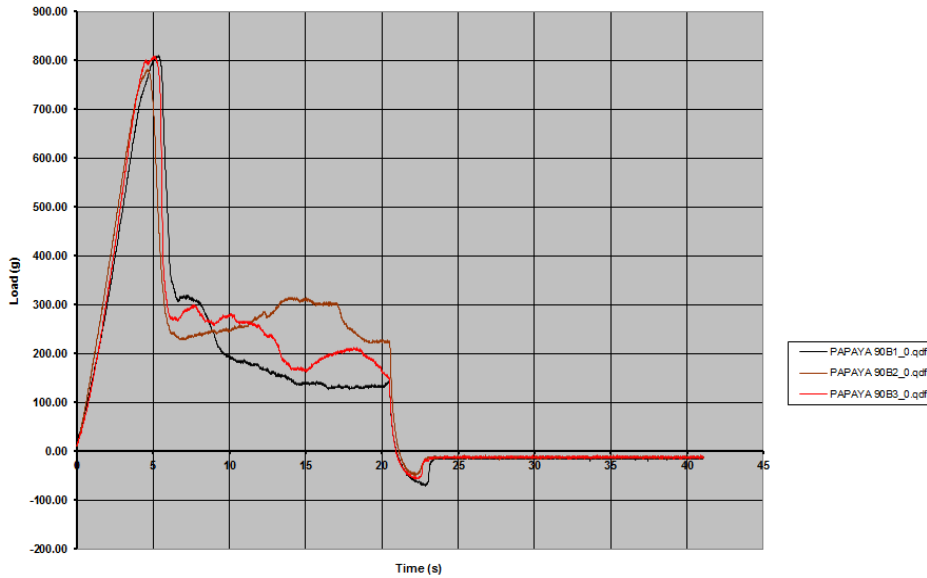


TextureProLite v1.1

**RESULTS SHEET**

SELECTED CALCULATIONS	PAPAYA 90B1_0.qdf	PAPAYA 90B2_0.qdf	PAPAYA 90B3_0.qdf							Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	810.20	782.00	808.20							800.13	12.85	782.00	810.20	g

Load v Time



**MUESTRA PATRÓN 16-05-17**



**TextureProLite v1.1**  
~~TextureProLite v1.1~~  
**INFORMATION SHEET**

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya  
 Batch No: -  
 Sample No: patrón  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

Notes:

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión  
 Trigger point: 6.8g  
 Target value: 10mm  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Hold time: 0s  
 Recovery time: 0s

**TEST DATE:** Tuesday, May 16, 2017

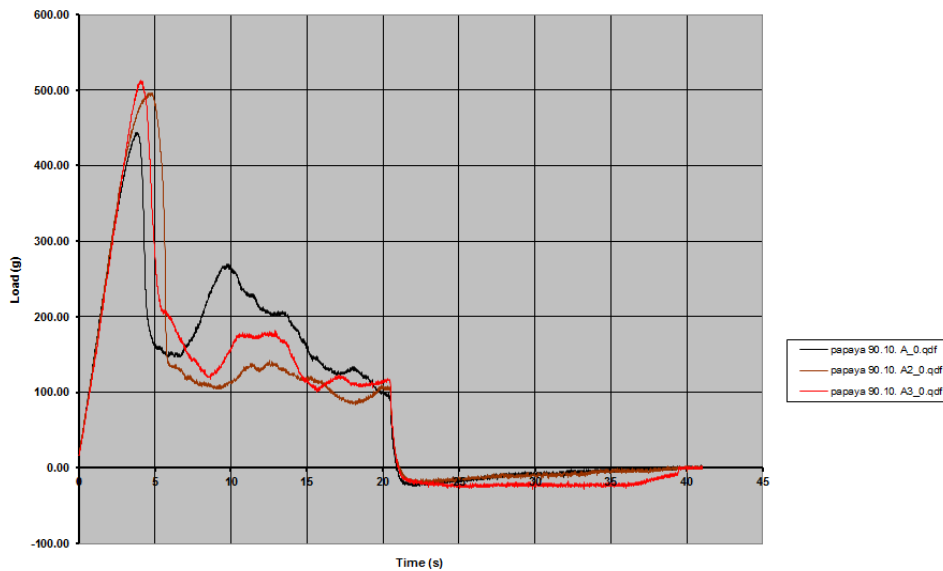
**TEST TIME:** 04:05:33 p.m.



**TextureProLite v1.1**  
~~TextureProLite v1.1~~  
**RESULTS SHEET**

SELECTED CALCULATIONS	papaya patrón 90-10 A	papaya patrón 90-10 A2	papaya patrón 90-10 A3							Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	444.20	496.60	512.60							484.47	29.21	444.20	512.60	g

**Load v Time**



**MUESTRA PRUEBA 60.10 16-05-17**



TextureProLite v1.1

**INFORMATION SHEET**

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya revestida con película biodegradable Notes:  
 Batch No: -  
 Sample No: Prueba 60.10  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Trigger point: 6.8g Hold time: 0s  
 Target value: 10mm Recovery time: 0s  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

TEST DATE: Tuesday, May 16, 2017

TEST TIME: 04:15:14 p.m.

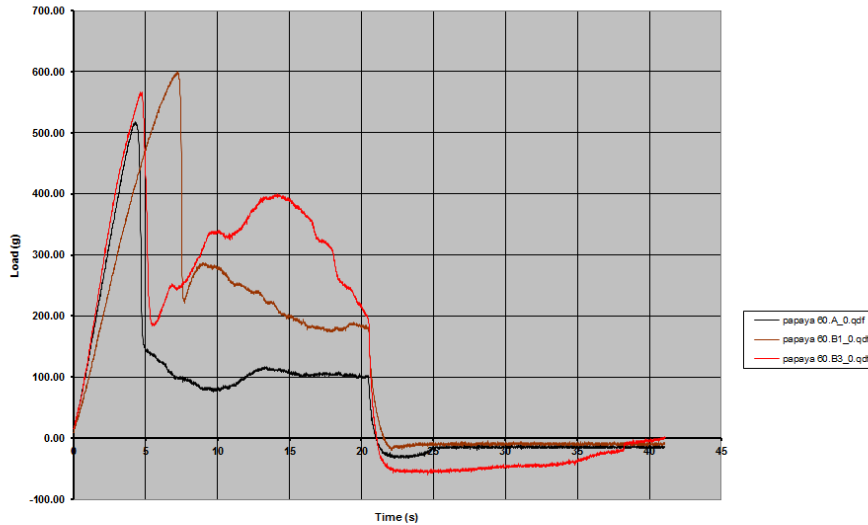


TextureProLite v1.1

**RESULTS SHEET**

SELECTED CALCULATIONS	Papaya 60.A_0.qdf	Papaya 60.B1_0.qdf	Papaya 60.B3_0.qdf							Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	518.60	601.00	567.00							562.27	33.82	518.60	601.00	g

Load v Time





**MUESTRA PRUEBA 90.10 16-05-17**



TextureProLite v1.1

**INFORMATION SHEET**

**SAMPLE INFORMATION**

Product: Papaya revestida con pelicula biodegradable Notes:  
 Batch No: -  
 Sample No: Prueba 90.10  
 Length: 30mm  
 Depth: 20mm  
 Width: 30mm  
 Diameter: 0mm  
 Sample temp: 10°C

**TEST INFORMATION**

Test type: Compresión Probe type: TA39 - 2 mm D, 20 mm L, flat end  
 Trigger point: 6.8g Hold time: 0s  
 Target value: 10mm Recovery time: 0s  
 No. cycles: 1  
 Test speed: 0.5mm/s

**TEST DATE:** Tuesday, May 16, 2017

**TEST TIME:** 04:25:08p.m.



TextureProLite v1.1

**RESULTS SHEET**

SELECTED CALCULATIONS	Papaya 90.E1_0.qdf	Papaya 90.E2_0.qdf	Papaya 90.E3_0.qdf							Arithmetic Mean	Standard Deviation	Lowest	Highest	Units
Hardness	766.60	692.20	741.60							733.47	30.91	692.20	766.60	g

Load v Time

