

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



EVALUACION DE PROPIEDADES DE TRANSPORTE Y MECANICAS DE BIOPELICULAS A BASE DE ALMIDON DE JICAMA (*PACHIRHIZUS EROSUS* L. URBAN) Y MAIZ (*ZEА MAYS*).

TESIS

AUTOR; OLGA ESTEFANIA NEIRA ESPERICUETA

NOVIEMBRE 2015

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Noviembre 2015.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIEMNTOS

Por:

OLGA ESTEFANIA NEIRA ESPERICUETA

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

El siguiente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Asesor



Dr. José Duenez Alanís

Coordinador de la división de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Noviembre 2015.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Por:

OLGA ESTEFANIA NEIRA ESPERICUETA

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADO POR EL COMITE

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Presidente del Jurado

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Vocal

Dr. Cristóbal Noé Aguilar González
Vocal

M.P. Francisco Hernández Centeno
Vocal Suplente

Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Noviembre 2015.

AGRADECIMIENTOS

Al CeProBi-IPN.

El presente trabajo de tesis fue realizado en los laboratorios del Departamento de Desarrollo Tecnológico del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi), del Instituto Politécnico Nacional, colaborando dentro del proyecto “Interacciones moleculares gelatina-biopolímero de la chía (*Salvia Hispánica L.*) Clave SIP: 20150730, bajo la dirección del **Dr. Emmanuel Flores Huicochea**, agradeciendo las facilidades otorgadas para dicho trabajo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Mi alma terra mater, la cual me ofreció la posibilidad de convertirme en una Ingeniero. Todas las oportunidades y experiencias dentro de la universidad fueron únicas e inigualables.

Al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

A todos mis maestros y compañeros, mi base de estudios y reforzamiento de aprendizajes. En especial a la **Dra. Gabriela Dolores Martínez Vázquez**, que sin su apoyo y dirección, este trabajo nunca hubiera culminado. A mis asesores, **Dra. Ana Verónica Charles** y **M.P. Francisco Hernández**, que aun a pesar de los tiempos tuvieron la disposición y la dedicación para revisiones y últimos detalles. Y claro, a nuestra laboratorista, la **QFB Magda** quien fue un apoyo imprescindible en laboratorio y en todas aquellas dudas que surgieron.

Al **Dr. Cristóbal Noé Aguilar**, al **Dr. Julio Montañez** y la **M.C. Berenice** de la **Facultad de Ciencias Químicas**, quienes no dudaron en prestar su apoyo al inicio de este proyecto.

A mis amigas dentro y fuera de la Universidad, **Ing. Karla González**, **Ing. Grace Pino**, **Ing. Ana Sofía Salina**, **Ing. Viviana Rosales**, quienes nunca dudaron en darme un empuje o una mano cuando más lo necesité.

A mis mejores amigos, **Lic. Luis Felipe Cobos** y **Lic. Paloma Galindo**, quienes a pesar de la distancia y problemas que hemos enfrentado siempre estarán ahí como yo estaré para ustedes, porque *“Hay que brindar...”*

A mis hermanos y hermanas scouts, en los tres estados en los que he vivido, siempre han encontrado la manera de recordarme que la mejor forma de enfrentar los problemas es estando siempre listos con una sonrisa y una fogata por la noche. **Rolando, Paula**, tantos años, tantas historias, tantas experiencias y lo que aun nos espera. A toda mi familia adoptiva en Querétaro. **Luis Fernando, Juan, Isabel, Fernando Yañez** (Baloo desde donde sea que estés observando, al fin aprendí que las cosas pasan a su debido tiempo) **Enrique, Regina, Lupita, Nami, Mandy**, mi segundo clan, **Ich Dien**, una familia que jamás olvidare y aprecio con todo mi ser. **Aarón**, Gracias por todas las preocupaciones y el apoyo en los momentos mas difíciles, de este proceso. **Oralia, Ricardo, Laura, Edgar**, Gracias por estar conmigo en la ultima etapa de mi vida scout, son unos amigos inigualables y siempre estarán en mi corazón *“Caballeros”*. **Sohe, Melisa, Edgar y Mauricio**, Gracias por hacer mi estancia en Cuernavaca más amena y menos difícil. Nunca los olvidaré chicos.

A mis abuelitos **Guillermina Valdez** y **Raúl Neira**, a mi tía Nena, mi tía **Guille**, mi tío **Víctor Hugo** y mi tía **Alicia**. Siempre dispuestos a ayudarme en cada momento y darme unas palabras de aliento cuando todo parecía oscuro.

Y sobre todo agradezco a **Dios** por permitirme la dicha de vivir y concluir esta etapa tan importante para mí. Por la felicidad de mirar, tocar, oler, oír y probar cada segundo de vida y de la naturaleza.

DEDICATORIAS

Principalmente a mis padres, **Olga Lidia Espericueta Moreno y Raúl Neira Valdés**. Gracias por mostrarme que las cosas se pueden, que no hay obstáculo imposible y que la dedicación y el esfuerzo siempre rendirán sus frutos. Que tengo que dejar este mundo en mejores condiciones de cómo lo encontré y que a pesar de todas las situaciones que os hice pasar, siempre estuvieron ahí para mostrarme el camino correcto y darme una mano al levantarme de cada caída, o un abrazo tras cada éxito obtenido.

A mis hermanos **Raúl Amilcar** y **Cesar Asdrubal**. Siempre han sido mi motivante para dejar este mundo mejor que como lo encontramos, abrir camino y seguir juntos en las buenas y peores. Les dedico este trabajo para que en algún momento abran las páginas de este compilado de letras y recuerden que aquí hay mucho amor y pasión por lo que me gusta, así como ustedes tendrán en su debido tiempo uno igual.

No se ve bien sino con el corazón, lo esencial es invisible a los ojos.

Antonie de Saint-Exupéry

*Si tenéis el hábito de tomar las cosas con alegría, rara vez os encontraréis en
circunstancias difíciles.*

BadenPowell

El éxito no es la clave de la felicidad. La felicidad es la clave del éxito.

Albert Schweitzer

Índice

INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE CUADROS	xii
MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA.....	xiii
RESUMEN	1
CAPITULO I	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Justificación	4
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo General	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 Hipótesis.....	7
CAPITULO II	8
2 REVISION DE LITERATURA.....	8
2.1 Generalidades	8
2.2 Componentes de las películas comestibles	10
2.2.1 Plastificantes	10
2.2.2 Aditivos.....	12
2.2.3 Almidón	13
2.3 Grosor.....	18
2.4 Permeabilidad de Vapor de Agua	18
2.5 Solubilidad en agua	19
2.6 Propiedades mecánicas.....	20
CAPITULO III	22

MATERIALES Y METODOS	22
3.1 Materia Prima	22
3.2 Extracción del Almidón de Jícama	22
3.3 Formulación de Películas.....	27
3.3 Caracterización de películas comestibles	29
3.3.1 Grosor	29
3.3.2 Permeabilidad de vapor de agua	30
3.3.3 Solubilidad en agua.....	31
3.3.4 Propiedades mecánicas: Tensión-Elongación-Modulo de Young	32
3.4 Análisis Estadístico	34
CAPITULO IV	35
RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
4.1 Análisis químico proximal de almidón de Jícama	35
4.2 Grosor de películas.....	36
4.3 Permeabilidad al Vapor de Agua	37
4.4 Solubilidad en Agua	38
4.5 Propiedades mecánicas: Elongación – Tensión – Modulo de Young	40
CONCLUSIONES.....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
ANEXOS	50
Anexo 1 Análisis Estadístico Químico Proximal del Almidón de Jícama.	50
Anexo 2 Grosor.....	52
Anexo 3 Permeabilidad al vapor de agua	53
Anexo 4 Conversión de Unidades de Permeabilidad al vapor de agua	58
Anexo 5 Solubilidad en agua	59

Anexo 6 Propiedades Mecánicas	60
Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en Bolsas plásticas comercial (mejor conocidas como bolsas de “camiseta”)	60
Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en Bolsas plásticas transparentes.....	63
Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en los Films elaborados con base en almidón de Jícama y Maíz.	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del glicerol.	11
Figura 2. Estructura química del sorbitol.	12
Figura 3. Estructura química del xilitol.	12
Figura 4: Curva típica de resistencia a la tensión (σ) contra la distancia a la elongación (ϵ). Tomada de: Ortiz-Zarama (2012), adaptada de: Groover y col. (1997).....	20
Figura 5 Arpilleras de Jicama de 25 Kg cada una usadas en la extracción del almidón.....	22
Figura 6. Esquema del proceso de secado por aspersion. La flecha obscura indica la transferencia de materia (agua) de la gota a la corriente de aire caliente, mientras que la flecha blanca, indica la transferencia de calor a la gota; al transcurrir un determinado tiempo (transcurso de t1 a t2) se observa una clara reducción del tamaño de la gota debido a la perdida de agua.	23
Figura 7. Etapas del secado por aspersion (Mendoza y col., 2003) A) Atomización, B) Contacto aire-gota C) Evaporación D) Recuperación del producto seco.....	24
Figura 8 Almidón de Jicama extraido por secado por aspersion sin lavar.....	24
Figura 9 Almidón de Jicama extraído por secado por aspersion posterior al lavado, eliminación de sólidos marrones y molienda.	25
Figura 10. Diagrama del proceso de lavado y remoción de lípidos y proteínas del almidón de jicama.	26
Figura 11 Pre-gelatinización de almidón de maíz y jicama.	27
Figura 12. Diagrama de la formulación de la película comestible a base de almidón de jicama.	28
Figura 13 Biopelícula de almidón de Jicama y Maíz.	29
Figura 14: Puntos de referencia en una película a base de almidón de jicama de medidas de 24.5 x 24.5cm con una distancia equitativa entre cada medición de 3.5cm	29
Figura 15 Texturómetro TA-XT2i.....	33

INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Reducción de la cantidad de plástico en el proceso de fabricación. (Ramos, C.P. y col 2003)	5
Tabla 2. Estados productores de jícama en México, producción agrícola 2010....	16
Tabla 3. Permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles y poliméricas.	19
Tabla 4. Promedios obtenidos del Análisis químico proximal y sus desviaciones estándar donde ^{a)} Nos indica que existe una diferencia significativa, mientras ^{b)} Marca aquellos análisis sin diferencia significativa.	35
Tabla 5. Promedios obtenidos del Análisis químico proximal ajustado a materia seca total y sus desviaciones estándar donde ^{a)} Nos indica que existe una diferencia significativa, mientras ^{b)} Marca aquellos análisis sin diferencia significativa.....	¡Error! Marcador no definido.

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito Olga Estefanía Neira Espericueta estudiante de la carrera en ciencia y tecnología de alimentos con matrícula 41100301 y autor de la siguiente tesis manifiesto que:

- 1 Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
- 2 Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
- 3 Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
- 4 Reconozco la responsabilidad sobre los derechos del autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ellos.
- 5 Entiendo la función y alcance de mi comité de asesoría está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente tesis, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionando al plagio académico a mi comité de asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente mía.

Atentamente

Olga Estefanía Neira Espericueta

Tesista de licenciatura UAAAN

RESUMEN

El presente trabajo tuvo la finalidad de demostrar y mejorar la obtención del almidón de jícama mediante el método de secado por aspersion. Se realizó un análisis químico proximal al almidón extraído, indicándonos un 81.838% de pureza en carbohidratos. La elaboración de las películas comestibles fue en base a dos tipos de polisacárido, el almidón de jícama y almidón de maíz, además de glicerol, sorbitol y/o xilitol como plastificantes usados en diferentes concentraciones y combinaciones. Esto para determinar cuál de ellas presenta las mejores propiedades físico-mecánicas y de barrera. La comparación se evaluó con diferentes técnicas, las cuales consideraron aspectos físicos (espesor, solubilidad en agua), propiedades mecánicas (tensión, elongación y módulo de Young), así como la permeabilidad de vapor de agua. En general, con la información recopilada y los resultados arrojados se recomienda continuar con la investigación de películas de estas mezclas, pues aún falta progresar agregando el agente lipídico e investigar si promueve o inhibe el desarrollo de microorganismos, además de su aplicación en alimentos.

PALABRAS CLAVE: Almidón, Permeabilidad, Propiedades Mecánicas.

Correo electronico, Olga Estefanía Neira Espiricueta,
estefania.neira1492@hotmail.com

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Una de las más grandes problemáticas que se tienen en la actualidad es la cantidad de desechos plásticos que cada año terminan siendo arrojados en rellenos sanitarios, tiraderos, mares y océanos, de manera directa e indirecta. Las primeras víctimas de la presencia del plástico en las aguas son los animales marinos, estos mueren por su ingesta, además de transmitir toxinas al ser humano que pueden ocasionar perjuicios endocrinos, mutaciones y enfermedades como el cáncer (Planet-Sepulveda, A. 2012).

Hocking (1992), menciona que las envolturas biodegradables a base de materias primas renovables (biopolímeros) pueden ser útiles para reducir el problema, ya que mediante la acción de enzimas, micro y macrorganismos, se degradan en compuestos de bajo peso molecular, no nocivos para el ambiente y enriqueciendo los suelos.

Los almidones son utilizados como materia prima para la elaboración de numerosos productos como dextrosa, alcohol, glúcidos y ácido láctico. El sector industrial puede aprovechar este hecho, y maximizar así la obtención de almidones de otros medios poco conocidos.

Se utilizó como principal polímero en la formación del biofilm, el almidón de jícama y debido a que las características físicas no eran las esperadas se optó por el reforzamiento con el uso del almidón de maíz. Esto promueve el uso de almidones no convencionales para la producción de películas, tales como el almidón oxidado de plátano (*Musa paradisiaca*) (Zamudio-Flores y col. 2007), okeina rosácea y frijol (*phaseolus vulgaris*) (Hernandez-Luna y col. 2011), entre otros, y aumentar el valor comercial de venta, favoreciendo así a los productores, principalmente de los estados de Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla y Guerrero, además de ser un cultivo en el periodo de otoño a invierno, permite la competencia con pocos cultivos.

Existen diferentes análisis a realizar en las películas formuladas, cada uno enfocado a obtener resultados en áreas específicas. Dentro de los cuales cabe resaltar el análisis de grosor, el cual es un valor altamente necesario para los resultados de otros análisis; La permeabilidad es el valor obtenido en función al vapor de agua que pasa por entre el alimento, la capa de recubrimiento y el ambiente; las propiedades mecánicas, las pruebas de esfuerzo y deformación son las aplicadas para determinar los resultados en tensión a la fractura, elongación y módulo de Young (elasticidad). Estas últimas son las más estudiadas en biofilms, debido a que afectan directamente en las posibles aplicaciones.

1.1 Justificación

Una de las más grandes problemáticas que se tienen en la actualidad es la cantidad de desechos plásticos que cada año terminan siendo arrojados en rellenos sanitarios, tiraderos, mares y océanos, de manera directa e indirecta. Al mar llegan más de 10 millones de toneladas de desperdicios plásticos. La mayor parte termina siendo arrastrada por las corrientes oceánicas hasta concentrarse en los vortex oceánicos, formando verdaderos continentes de basura flotante. Este fenómeno fue descubierto en 1997 por el navegador Charles Moore (Manuel, V. 2011). En el año 2010 se generó el descubrimiento de la mancha de basura del Atlántico, la mayoría de los desechos fueron encontrados en la latitud entre Virginia y Cuba, los desechos no pueden ver a simple vista, debido a que las partículas son demasiado pequeñas (Planet-Sepulveda, A. 2012).

Las primeras víctimas de la presencia del plástico en las aguas son los animales marinos, estos mueren por su ingesta, además de transmitir toxinas al ser humano que pueden ocasionar perjuicios endocrinos, mutaciones y enfermedades como el cáncer. Las bolitas de plástico conocidas como pellets que llegan al mar adsorben sustancias químicas como el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) que se encuentra en pesticidas y plaguicidas y los PCB (Bifenilos Policlorados), convirtiéndose en pastillas de veneno para los animales marinos. Se estima que al año mueren 100,000 mamíferos y 1 millos de aves por esta causa. (Planet-Sepulveda, A. 2012).

El tiempo de degradación de cada desecho va desde un año, en lo que se refiere a colillas de cigarros, hasta más de 1,000 años en el caso de las pilas y 4,000 en el caso de las botellas de vidrio. Los plásticos tardan entre 100 y 1,000 años en degradarse, dependiendo de su tipo (Planet-Sepulveda, A. 2012).

Se utilizan las bolsas plásticas en el acarreamiento productos del comercio al hogar, siendo esto uno de los mayores desperdicios a nivel mundial. Tan solo en el Distrito Federal se tiene un aproximado del 35% de los residuos diarios corresponden a envolturas, envases, empaques y embalajes, de este total

obtenido, el 33% comprende a LPDE (Polietileno de baja densidad) el cual es usado en bolsas y películas transparentes o pigmentadas, forros de libros y algunos envases (SEDEMA, 2014).

El hecho de reducir cantidad de plásticos a utilizar para un determinado fin es labor tanto del transformador, diseñador, el suministrador del producto y finalmente del consumidor. Reducir la cantidad de plástico empleada en origen para fabricar un determinado producto es la primera consideración que debe tenerse. La tecnología de producción y fabricación con plásticos ha evolucionado favorablemente siendo posible reducir la cantidad de gramos utilizados en la producción de los envases. Las bolsas plásticas de los supermercados son unas de las que han tenido mayor impacto en la disminución del uso de materia prima, como se muestra a continuación en la siguiente tabla donde se pueden observar la comparación de materia prima utilizada.

Tabla 1. Reducción de la cantidad de plástico en el proceso de fabricación. (Ramos, C.P. y col 2003)

Artículo	Material Utilizado	Material Utilizado	Porcentaje disminuido
Bolsas de supermercado	60 μ (1972)	16 μ (1990)	73%
Vasos de yogurt de PS	6.5 g (1968)	3.5 g (1990)	46%
Botellas de detergente PEAD	12 g (1973)	6.7 g (1990)	44%
Film retráctil de PE	180 μ (1970)	90 μ (1990)	50%
Botella de PET	66 g (1983)	42 g (1990)	36%

Hocking (1992), menciona que las envolturas biodegradables a base de materias primas renovables (biopolímeros) pueden ser útiles para reducir el problema, ya que mediante la acción de enzimas, micro y macro organismos, se degradan en compuestos de bajo peso molecular, no nocivos para el ambiente y enriqueciendo los suelos.

Los almidones son utilizados como materia prima para la elaboración de numerosos productos como dextrosa, alcohol, glúcidos y ácido láctico. El sector industrial puede aprovechar este hecho, y maximizar así la obtención de almidones de otros medios poco conocidos.

El uso de almidón extraído de Jícama, promueve el uso de almidones no convencionales para la producción de películas, tales como el almidón oxidado de plátano (*Musa paradisiaca*) (Zamudio-Flores y col. 2007), okeina rosácea y frijol (*phaseolus vulgaris*) (Hernández-Luna y col. 2011), entre otros, y aumentar el valor comercial de venta, favoreciendo así a los productores, principalmente de los estados de Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla y Guerrero, además de ser un cultivo en el periodo de otoño a invierno, permite la competencia con pocos cultivos.

Hasta ahora se han encontrado muy pocos trabajos referenciados hacia la producción de películas utilizando como polisacárido al almidón de jícama, con esta investigación se espera generar datos útiles y referenciales para próximos avances en la rama.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Elaborar películas utilizando almidón de Jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urbany) y maíz (*Zea Mayds*), para determinar las condiciones óptimas de producción y analizar las propiedades de transporte y mecánicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obtención del almidón de Jícama, mediante el secado por aspersion.
- Caracterizar el almidón de jícama mediante molienda seca
- Adición del almidón de maíz
- Elaborar películas evaluando los tres tipos de plastificantes (Glicerol, Xilitol y Sorbitol) y caracterizarlas en función a los plastificantes sus propiedades mecánicas y de barrera.

1.3 Hipótesis

La mezcla del almidón de jícama y maíz es una materia útil para la elaboración de biopelículas, cuyas propiedades mecánicas y de barrera dependen de la naturaleza y concentración del plastificante.

CAPITULO II

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades

El proceso de desarrollo que ha presentado México a partir de la segunda mitad del siglo XX, ha derivado en un importante crecimiento económico, acompañado de un rápido proceso de urbanización. Este crecimiento ha generado una serie de problemas tales como el incremento de la generación y la gestión inadecuada de los residuos.

Se estima que en México cada habitante genera en promedio 900 g de residuos al día, estos nos indican que se producen cerca de 100,800 toneladas de “basura” al día, lo que nos indica que son cerca de 37 millones de toneladas de residuos al año.

Dentro de los residuos se estima que el 4% son plásticos. Sin embargo, a pesar de las posibles ventajas económicas y ambientales que presenta la recuperación de estos, solo se recupera entre el 10 y 12% del total generado (SEMARNAT, 2010).

Cuando los componentes de las películas se encuentran en medio acuoso, se denomina solución formadora de película o solución filmogénica. Posteriormente la solución filmogénica es vertida sobre la superficie del alimento, para formar la cobertura o vertidas en soportes para formar las películas (Kleber, 2007). Las técnicas para las películas a base de hidrocoloides incluyen:

a) Precipitación simple: cuando la macromolécula se precipita en dispersión acuosa, o sufre un cambio de fase (en primer orden) por evaporación del disolvente, mediante la adición de otro disolvente que es macromolécula insoluble mediante la adición de un electrolito ("salting-out" o interacción iónica), o cambiando el pH.

b) Precipitación compleja: cuando dos soluciones o dispersiones de macromoléculas son combinadas, provocando la interacción y precipitación de los complejos de polímeros.

c) Gelificación: cuando una transición sol-gel causada por el enfriamiento de una dispersión de hidrocoloides o por coagulación térmica, debido a la desnaturalización de ciertas proteínas.

Las películas desarrolladas con una de las técnicas mencionadas anteriormente pueden ser aplicadas utilizando los métodos siguientes: inmersión, pulverización o casting (mejor conocido como vaciado en placa).

Inmersión y pulverización se basa en la formación de la película sobre el producto que será cubierto; en el primer caso, el producto es sumergido en la solución formadora de la película y el segundo, para rociar esta solución en el producto.

La técnica de casting es útil para películas no fijas, es el más utilizado para analizar las propiedades de formación de las películas. (GONTARD, 1994). Según Sobral (1999) este último método se realiza para analizar las propiedades de las películas a nivel laboratorio, siendo que este método facilita controlar el grosor y la uniformidad de las películas, por la cantidad de materia seca depositada sobre los soportes.

Las películas biodegradables son definidas dentro de este contexto como aquellas elaboradas a partir de materiales biodegradables, los cuales son capaces de formar una lámina delgada (película). Los biopolímeros naturales que se han estudiado para la elaboración de biopelículas comestibles y/o biodegradables provienen de 4 grandes fuentes: origen agrícola (lípidos y grasas e hidrocoloides, proteínas y polisacáridos), origen animal: (colágeno/gelatina), origen marino (quitina/quitosano) y origen microbiano [ácido poliláctico (PLA) Y polihidroxialcanoatos (PHA)] según lo referido por Williams y Hillmyer (2008).

2.2 Componentes de las películas comestibles

Existen diversos componentes que al mezclarse, logran generar películas cada vez más similares a aquellas derivadas del petróleo. Cada componente cumple con una función específica, por mejorar las diversas propiedades de las mismas; propiedades mecánicas, térmicas, de barrera, etc. A continuación se mencionan y describen los componentes más comunes de las biopelículas.

2.2.1 Plastificantes

La producción de películas comestibles y/o biodegradables requiere el uso de plastificantes con el fin de incrementar su maleabilidad, flexibilidad, dureza, resistencia al impacto y disminuir su fragilidad, evitando la aparición de grietas (Cao y col., 2009) La función de los plastificantes es disminuir la intensidad de la fuerza de enlace entre moléculas del polímero; estos enlaces así como la atracciones entre moléculas (fuerzas de van der Waals), confieren rigidez al polímero.

Los plastificantes cumplen con la función de proporcionar flexibilidad, facilidad al manejo, mantienen la integridad de la matriz polimérica, evitando la formación de poros y grietas; dichas cualidades se logran mediante la disminución de la temperatura de la transición vítrea. A demás, el bajo peso molecular le permite al plastificante ocupar espacios intermoleculares entre las cadenas del polímero, reduciendo las fuerzas secundarias entre ellos, como consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno, se aumenta el volumen libre y por lo tanto se genera la movilidad molecular, lo que mejora las propiedades mecánicas de las películas. La selección del plastificante debe considerar la estructura química, principales grupos de composición y su peso molecular, ya que estos parámetros determinan la compatibilidad entre los componente.

En términos estructurales, los plastificantes se insertan entre las cadenas que conforman la matriz polimérica, aumentando el espacio libre entre estas, lo que provoca una disminución de las fuerzas intermoleculares a lo largo de la matriz. Entre los plastificantes más usados para las biopelículas se encuentran el glicerol, sorbitol, propilenglicol, y polietilenglicol (Rivero y col., 2010).

2.2.1.1 Glicerol

El glicerol es una molécula pequeña con características altamente higroscópicas, es un alcohol con tres carbonos y tres grupos hidroxilos; a este grupo se le unen ácidos grasos a través de un enlace tipo éster, también conocido como esterificación. Tiene tres átomos de oxígeno que aportan sus átomos de hidrógeno para la formación de puentes de hidrógeno con la molécula de los polímeros. Varias moléculas de glicerol pueden interactuar entre ella por medio de puentes hidrógeno, formando un compuesto líquido llamado glicerina. (Atkins, 2007).

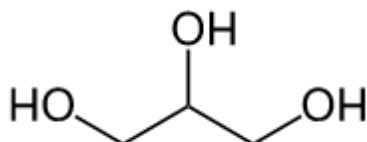


Figura 1. Estructura química del glicerol.

2.2.1.2 Sorbitol

El sorbitol es un polvo natural que se utiliza ampliamente en la industria de los alimentos como edulcorante en productos bajos en calorías, estabilizante, espesante y humectante. Este poliol (también conocido como azúcar alcohol) se encuentra en la categoría de los alcoholes de monosacáridos, junto al manitol y xilitol. (Sarmiento, R. 2008)

De igual manera que el glicerol. El sorbitol proviene de la reducción de un grupo aldehído o cetónico, el cual produce se respectivo alcohol. En este caso, de la glucosa y la fructosa, obtenemos el sorbitol.

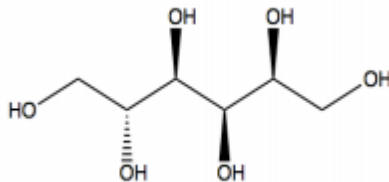


Figura 2. Estructura química del sorbitol.

2.2.1.3 Xilitol

El xilitol es un polialcohol de cinco átomos de carbono que puede ser encontrado en pequeñas cantidades en frutas y vegetales. Industrialmente es producido por hidrogenación química de la xilosa. Tiene casi el mismo poder edulcorante que la sacarosa pero posee un contenido calórico de 2.4 Kcal/g comparado con 4 Kcal/g de la sacarosa. (Gonzalez-Hernanes, J. C. y col. 2011).

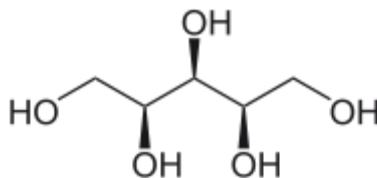


Figura 3. Estructura química del xilitol.

2.2.2 Aditivos

La función que debe cumplir un aditivo en una mezcla, depende del tipo de aditivo a agregar y del resultado que se desea obtener. Menciona Halley y col. (2006) que la adición de arcillas, retarda la formación de cristales del almidón manteniendo los materiales amorfos, lo cual incide en la transparencia del material y elongación al momento de ruptura. Otro tipo de aditivos son los agentes inhibidores de microorganismos, usados para disminuir o evitar el crecimiento de estos en la superficie del material, así como para atenuar la biodegradación de la matriz polimérica. Existen de origen natural como lo son los aceites esenciales, y el uso de sorbato de potasio. Su concentración suele estar entre el 0.005% y 1%

del peso de la mezcla (Densuk, M. 2004). La presente investigación se enfocara en el análisis exclusivamente del plastificante en combinación con el almidón, por lo cual se ignorará el uso de los aditivos.

2.2.3 Almidón

Tiene una capacidad de gelificar, lo cual le permite ser moldeado y formar las películas. Puede provenir del maíz, papa, trigo, sorgo, yuca, caña, y ahora con este ensayo, jícama, entre otros. Puede ser usado en su estado nativo, (como se tratara en el presente estudio) o modificado. De acuerdo con Bemiller y Bertolini (ambos 2009), los almidones se diferencian entre sí por su contenido de amilosa y amilopectina dependiendo de la fuente de la cual son extraídos. A mayor cantidad de amilopectina, mayor será la cristalinidad de las películas.

2.2.3.1 Jícama (Pachyrhizus erosus L. Urban)

Su área de distribución natural es México y Centro América (Calusen, 1945) en cambio para otros autores, les resulta difícil determinar su origen, debido a que sea cultivado en tantas áreas diferentes y por muchos años.

Es una planta trepadora herbácea, con pelillos erguidos ausentes en sus pétalos, por su naturaleza llega a medir los 5 metros de altura, posee tallos delgados muy ramificados de colores verde a negro-azulado. Sus hojas llegan a medir 30 cm de largo, con un par de pequeñas hojillas sobre el tallo, conocidas como estípulas. Las flores de colores blancos a lilas, ubicadas en las puntas de las ramas, son de 2 cm aproximadamente. Su fruto es una legumbre de hasta 14 cm de largo, con surcos entre las semillas, las cuales son casi redondeadas a cuadrangulares, de color café a café rojizo de hasta 1 cm de largo. Las raíces tienen una corteza delgada y fácilmente desprendible, de tonos castaños, su interior es blanco translucido. Los tubérculos llegan a medir 30 cm de diámetro, son

de textura crujiente, consistencia jugosa y sabor ligeramente dulce. (Philips-Mora 1993).

En Mesoamérica se le conoce desde las primeras culturas, siendo aparentemente de gran importancia para los mayas. Los aztecas tenían dos variedades, “Kctózol”, jícama de tierra y el “coen” o “coentic”, jícama de agua. Su cultivo prehispánico se extendió desde Tamaulipas en el norte, hasta El Salvador en el sur.

Recibe su nombre en México del Nahuatl “Xicamatl” que significa raíz acuosa de ombligo. Sus raíces (la parte mayormente comestible) suele consumirse cruda en ensaladas, postres, entremés, en ocasiones con sal, limón, chile en polvo y usualmente curtidas en vinagre acompañando otras verduras y/o carnes (BUKASOV, N. M. 1981).

En la parte interna, ya mencionada de carne jugosa, blanquecina y crujiente, se encuentra la siguiente composición: Almidón 10.72%, glucosa 1.66% proteína 1.55%, celulosa 0.69%, ceniza 0.55%, grasas 0.11% y agua 84.71% (Martinez, M. 1928). Gracias a la alta cantidad de proteínas presentes en las hojas, (15.2% de proteína) se utiliza esta parte del cultivo como forraje y como abono verde. El aceite extraído de las semillas llegan a ser venenosas en grandes cantidades, pero Según Tardera (1984) en medidas controladas, estas son usadas como laxantes.

Debido al tamaño de partículas con diámetros menores a los 5 micrones, indica una fácil digestibilidad, en un periodo de 16 horas en el tracto digestivo, el 75% de esta sustancia se metaboliza por la glucoamilasa. Según estudios dados por S. Srichuwong (2005), la distribución del almidón propio de la jícama, dividido en amilosa y amilopectina, se encuentra aproximadamente en 18.4% y 82.6% respectivamente.

2.2.3.1.1 Valor comercial

La Jícama (*Pachyrhizus erosus*) tiene importantes áreas de producción en México, El Salvador, Hawái, China, India, Indonesia, Filipinas, Brasil y Nigeria.

En Estados Unidos, su consumo ha sido incrementado con el paso de los años, principalmente en las comunidades China e hispana. Ha llegado a alcanzar precios muy altos (hasta US\$2.5/Kg) para ser una raíz.

Debido a su ligero costo de adquisición, en zonas de alto consumo y producción, es un alimento importante en la dieta de las familias de escasos recursos económicos.

En México el cultivo se lleva a cabo 15 estados diferentes, principalmente el centro de la república. Nayarit, es el mayor productor de este cultivo (ver Tabla 2), aportando el 26.34% de la producción nacional con un valor de producción de \$108,620,350. En este mismo estado ocupa una superficie de 1,200 has con un rendimiento de 30 ton/Ha. No compite con ningún otro estado de la república, pues la mayor superficie se cultiva en el ciclo otoño-invierno. (SAGARPA, 2012)

Tabla 2. Estados productores de jícama en México, producción agrícola 2010.

ESTADO	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Valor producción (miles de pesos)
Nayarit	1,792	1,792	54,837.09	30.6	108,620.35
Veracruz	1,266	1,266	31,651.54	25	81,910.55
Michoacan	1,072.50	1,017.50	25,030.76	24.60	102,875.37
Puebla	948	948	23,305.78	24.58	51,630.76
Morelos	662	662	21,956.83	33.17	83,100.78
Guanajuato	328	328	8,647	26.36	17,312
Guerrero	313.5	313.5	10,276.57	32.78	16,641.17
Colima	80	80	2,329	29	15,970
Sinaloa	78	53	386.90	7.3	773.80
Yucatan	50	50	500	10	1,750
Edo. De México	22	22	243.00	11.04	1,016.50
Campeche	20	19	464	24.42	1,438.40
Quintana Roo	3	3	10.5	3.5	56.7
TOTAL	6,802.50	6,721.50	184,271.43	27.42	494,606.54

Fuente: SIAP, 2012, con datos de producción de 2010.

*Superficie sembrada y cosechada incluye Riego + Temporal.

2.2.3.2 Maíz (*Zea mays*)

Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente «lo que sustenta la vida». El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible. Botánicamente, el maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. El grano constituye aproximadamente el 42 por ciento del peso en seco de la planta.

El maíz es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay

variedades de color negro, rojo y jaspeado. Las variedades cultivadas son: el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino. El maíz harinoso es un grano con endospermo blando que se emplea mucho como alimento en México, Guatemala y los países andinos. El maíz de tipo dentado tiene un endospermo calloso y vítreo a los lados y en la parte posterior del grano, en tanto que el núcleo central es blando. El maíz de tipo cristalino posee un endospermo grueso, duro y vítreo, que encierra un centro pequeño, granuloso y amiláceo (FAO, 1989).

El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. A finales del siglo XV, tras el descubrimiento del continente americano por Cristóbal Colón, el grano fue introducido en Europa a través de España. Se difundió entonces por los lugares de clima más cálido del Mediterráneo y posteriormente a Europa septentrional (FAO, 1989).

2.2.3.2.1 Valor comercial

El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento, se puede utilizar todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios, como sémolas, harinas, etc. En lo que respecta a su aplicación como forraje, en los países desarrollados más del 60 por ciento de la producción se emplea para elaborar piensos compuestos para aves de corral, cerdos y rumiantes. Los subproductos de la molienda en seco son el germen y la cubierta seminal el primero se utiliza para obtener aceite comestible de elevada calidad mientras que la cubierta seminal, o pericarpio, se emplea fundamentalmente como alimento, aunque en los últimos años ha despertado interés como fuente de fibra dietética. La molienda húmeda produce almidón de maíz y subproductos entre los que figura el gluten que se utiliza como ingrediente alimenticio, mientras que el germen de maíz elaborado para producir aceite da como subproducto harina de germen que se utiliza como pienso (FAO, 1989).

El aumento de los precios del petróleo ha impulsado la intensificación de las investigaciones sobre la fermentación del maíz para producir alcohol combustible, el cual tiene un uso muy difundido en algunas partes de los Estados Unidos. Con maíz fermentado se elaboran también algunas bebidas alcohólicas.

Por último, también tienen importancia las aplicaciones de los residuos de la planta de maíz, que se utilizan, entre otras cosas, como alimento para animales y como base para extraer diversos productos químicos de las panojas, como por ejemplo, furfural y xilosa. Estos residuos también tienen importancia como elementos para mejorar los suelos (FAO, 1989).

2.3 Grosor

El espesor de las películas, aunque disponen de unos pocos estudios, es importante para controlar la uniformidad en los análisis a realizar (Sobral, 1999).

2.4 Permeabilidad de Vapor de Agua

La permeabilidad al vapor de agua, es la propiedad del material que está directamente relacionada con el grado de difusión del vapor de agua a través de su interior por el sistema poroso. Esta difusión tiene su origen en la diferencia de presión de vapor entre distintos puntos del material, y su sentido natural va desde el punto de mayor presión, a otro cuyo valor es menor. (Alejandre-Sanchez, 2002).

En otras palabras, la permeabilidad al vapor de agua es la cantidad de vapor (gr) que pasa por una unidad de superficie (m^2) de un material de espesor de unidad (cm) por unidad de tiempo (día) cuando entre sus paredes existe una diferencia de presión unitaria (mm Hg). En la Tabla 3 se muestran datos de permeabilidad al vapor de agua para películas de diferente naturaleza química.

Tabla 3. Permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles y poliméricas.

Película	T (°C)	Presión (mmHg)	Espesor (mm)	Permeabilidad al vapor de agua (g*m/m ² *mmHg*min)
Películas no alimenticias				
Celofán	37.8	46.7	-	5.7639E-07 a 1.1528E-07
Polietileno de baja densidad	37.7	44.3-0	0.025	6.9444E-09
Papel encerado	37.8	46.7-0	-	1.1111E-09 a 8.685E-08
Papel aluminio	37.7	44.3-0	0.025	4.1667E-11
Películas alimenticias				
Almidón	25	19.2-7.3	0.036	2.0347E-05
Caseína-gelatina	30	28.9-18.5	0.25	4.9305E-06
Gluten (83.4%), glicerol (16.6%)	30	32.2-0	0.05	7.2917E-07
Gluten (60%), DATEM (20%), glicerol (13%)	30	32.2-0	0.05	3.8194E-07
Chocolate	20	14.1-0	0.61	9.7222E-08
C18-C16 MC/HPMC	25	20.0-0	0.02	2.4306E-08
Gluten con mono glicéridos (8mg/cm ²)	30	32.2-0	0.11	1.6667E-09
C-18-C16 MC/PEG con cera de abeja (3.2 mg/cm ²)	25	20.2-0	0.056	5.2083E-09
C-16-C18 MC/HPMC con cera de abeja (4mg/cm ²)	25	20.2-0	0.051	5.2083E-09
Gluten con cera de abeja (5.3mg/cm ²)	30	32.2-0	0.09	3.3333E-09
Cera de abeja	25	20.0-0	0.12	1.7361E-09
Guilbert y col. 1995				

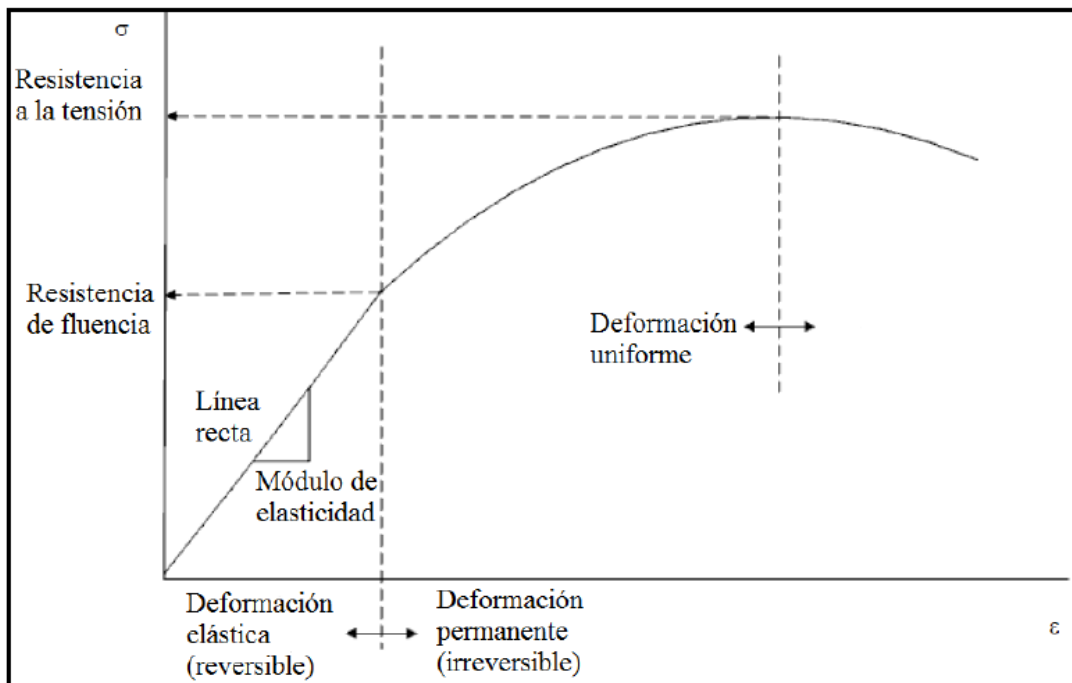
2.5 Solubilidad en agua

Arias-Moscoso (2009) nos indica que la solubilidad es una de las propiedades más importantes, pues se correlaciona con la permeabilidad al vapor

de agua (PVA); cuando se tienen valores de solubilidad elevados, es un indicio de una alta PVA, por el contrario si la solubilidad es baja, el potencial de las biopelículas se incrementa, otorgándole más posibilidades de uso como empaque o plástico.

2.6 Propiedades mecánicas

Las pruebas de resistencia a la tensión y distancia de elongación, son utilizadas para determinar las propiedades mecánicas de los materiales y en particular de las biopelículas. La siguiente figura muestra los parámetros comunes que se caracterizan en una curva típica de resistencia a la tensión contra la deformación (Gere y col., 2009):



Tomada de: Ortiz-Zarama (2012), adaptada de: Groover y col. (1997)

Figura 4: Curva típica de resistencia a la tensión (σ) contra la distancia a la elongación (ϵ).

- La resistencia a la tensión (σ): Se define como la fuerza aplicada dividida entre el área transversal inicial del material (el área que tiene el material

antes de aplicar la fuerza). El área transversal es el área perpendicular a la línea de acción de la fuerza.

- b) La distancia de elongación (ϵ): Se define como el cambio en la longitud a lo largo de la línea de aplicación de la fuerza.
- c) El módulo de elasticidad (E o módulo de Young): Es la pendiente de la línea recta que se forma en la zona elástica. Es una medida de la rigidez del material, entre mayor sea el valor del módulo más rígido es el material.

La tensión a la fractura expresa la fuerza máxima generada por la película durante la prueba elástica en un área de sección transversal y se mide en MPa, por otro lado, el porcentaje de elongación representa la habilidad de la película a estirarse hasta la ruptura y sus unidades están dadas en porcentajes. Las propiedades mecánicas están directamente relacionadas con la naturaleza del polímero utilizado para la formación de las películas y a la fuerza de cohesión formada, que a su vez está relacionada con la distribución de las interacciones intra e intermoleculares (Gontard y Guilbert, 1993).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Materia Prima

Se utilizaron 100 Kgs de jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) proveniente del estado de Morelos, para la extracción del jugo y posterior procesado de este para la obtención del almidón.



Figura 5 Arpilleras de Jicama de 25 Kg cada una usadas en la extracción del almidón.

El almidón de maíz proveniente de Sigma-Aldrich, St. Lois, MO, USA

Los plastificantes usados en el proceso fueron Glicerol ACS grado reactivo (Fermont, Monterrey, N.L. México) Xilitol y D-Sorbitol grado reactivo (Sigma-Aldrich, St. Lois, MO, USA)

3.2 Extracción del Almidón de Jícama

El método empleado fue un proceso físico, donde la metodología base fue el corte y extracción del jugo de la jícama obtenido mediante el secado por aspersión. Ángeles, M. (2009) indica que este proceso consiste en la

transformación del alimento (jugo de jícama filtrado) de un estado líquido a un producto sólido y seco, poniendo en contacto el producto en forma de gotas finas con un ambiente de aire caliente. El tiempo de contacto es corto y por consecuencia el daño debido al calor es también mínimo.

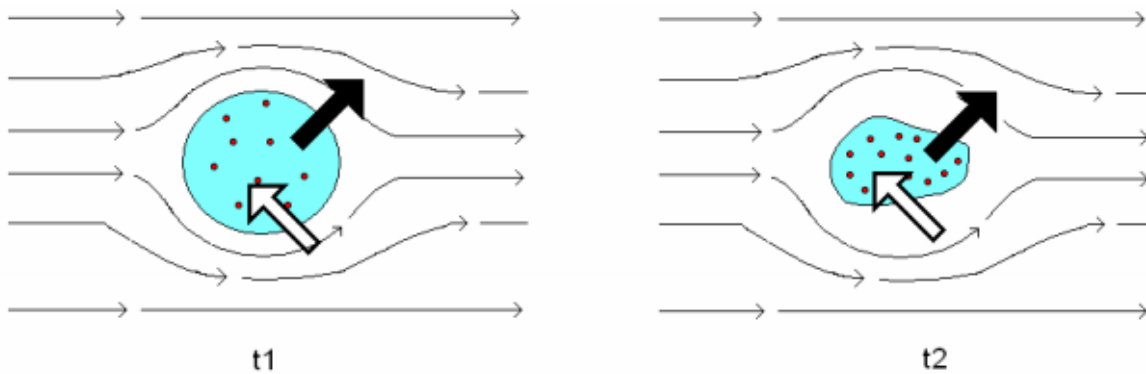


Figura 6. Esquema del proceso de secado por aspersión. La flecha oscura indica la transferencia de materia (agua) de la gota a la corriente de aire caliente, mientras que la flecha blanca, indica la transferencia de calor a la gota; al transcurrir un determinado tiempo (transcurso de t_1 a t_2) se observa una clara reducción del tamaño de la gota debido a la pérdida de agua.

El secado por atomización o aspersión consiste esencialmente en 4 etapas:

- a) Atomización
- b) Contacto aire-gota
- c) Evaporación
- d) Recuperación del producto seco

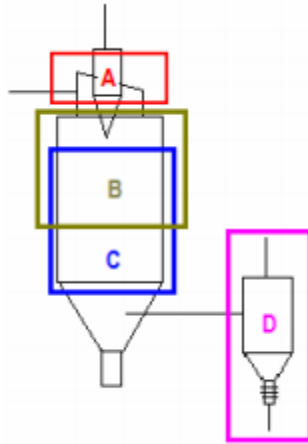


Figura 7. Etapas del secado por aspersión (Mendoza y col., 2003) A) Atomización, B) Contacto aire-gota C) Evaporación D) Recuperación del producto seco.

Con este método de secado se obtuvieron diferentes beneficios:

- ✓ Se aumentó la vida útil del producto (al ser procesado mediante centrifugación se corría el riesgo de descomposición del jugo obtenido, pues la centrifuga llegaba a procesar máximo 1 Lt por día.)
- ✓ Se facilitó el manejo del producto (al ser procesado en una sola exhibición)
- ✓ Se redujo el espacio del almacenamiento del producto (evitando de esta manera el congelamiento del jugo, el almacén del almidón húmedo previo a reunir el total necesario para secar, el secado por exhibiciones del mismo)
- ✓ Se redujeron los costos de almacenamiento (se evitó el uso de refrigeradores, congeladores y estufas de secado.)



Figura 8 Almidón de jícama extraído por secado por aspersión sin lavar.

Terminado el proceso de extracción se obtuvo un promedio de pureza de 91.99% de carbohidratos (de los cuales desconocemos el total de amilosas y amilopectinas). Se utilizó la metodología establecida por Lei Dai y col (2015) en la cual se realizan 3 lavados para la remoción de los restos de proteína y lípidos existentes (hidróxido de sodio 0.1M y ácido Clorhídrico), y la eliminación de los restos de cloruro de sodio (agua destilada), que pudieron formarse de las soluciones anteriores. Terminado cada lavado, se centrifugó y mediante una espátula delgada se eliminó la parte superior del decantado en colores marrones, en la cual se eliminan restos de fibra y lípidos.



Figura 9 Almidón de Jícama extraído por secado por aspersion posterior al lavado, eliminación de sólidos marrones y molienda.

Posterior al tratamiento se volvió a realizar el análisis químico proximal, obteniendo una pureza de 98.65% de carbohidratos. Para la confirmación de que este es almidón se identificó mediante la prueba de Lugol, añadiendo unas gotas del mismo a la muestra dándonos el característico color morado de la tinción de los gránulos del almidón.

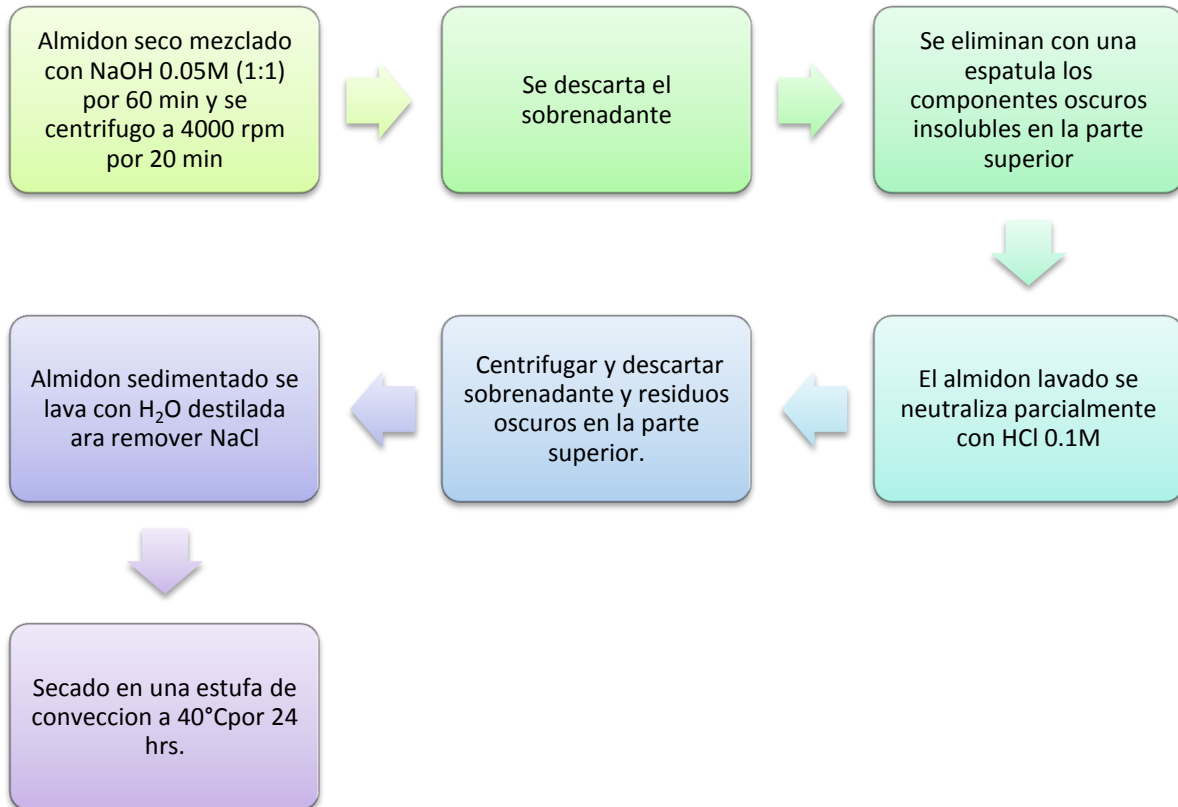


Figura 10. Diagrama del proceso de lavado y remoción de lípidos y proteínas del almidón de jícama.

3.3 Formulación de Películas

Para la obtención de la película se pre-gelatinizaron los almidones en agua destilada a 75°C durante 10 minutos en una parrilla eléctrica a agitación constante con la boca del recipiente sellada. Pasado el tiempo se adiciono el plastificante una relación como lo menciona en la Tabla 4.



Figura 11 Pre-gelatinización de almidón de maíz y jícama.

Tabla 4: Tabla con claves para identificar las formulaciones y sus porcentajes de acuerdo a la relación peso:peso entre sus componentes sólidos.

Relación Peso/Peso en solidos agregados (70:30)						
Clave	Formulación	Almidón 70%, del cual		Plastificante 30%, del cual:		
		Maíz	Jícama	Glicerol	Sorbitol	Xilitol
AG	Almidón-Glicerol	90	10	100	0	0
AG>S	Almidón-Glicerol-Sorbitol	90	10	70	30	0
AG=S	Almidón-Glicerol-Sorbitol	90	10	50	50	0
AG>X	Almidón-Glicerol-Xilitol	90	10	70	0	30
AG=X	Almidón-Glicerol-Xilitol	90	10	50	0	50

Se continuó el proceso en una autoclave a 121°C por 30 minutos. Se vació 207 ml de mezcla en cajas de cristal de 28cmx28cmx0.6cm de grosor, previamente precalentadas en una estufa de convección a 60°C por un mínimo de 30 minutos, almacenándola en una estufa de secado a 40°C por 24 hrs. Posteriormente se despegaron de las cajas y almacenaron.

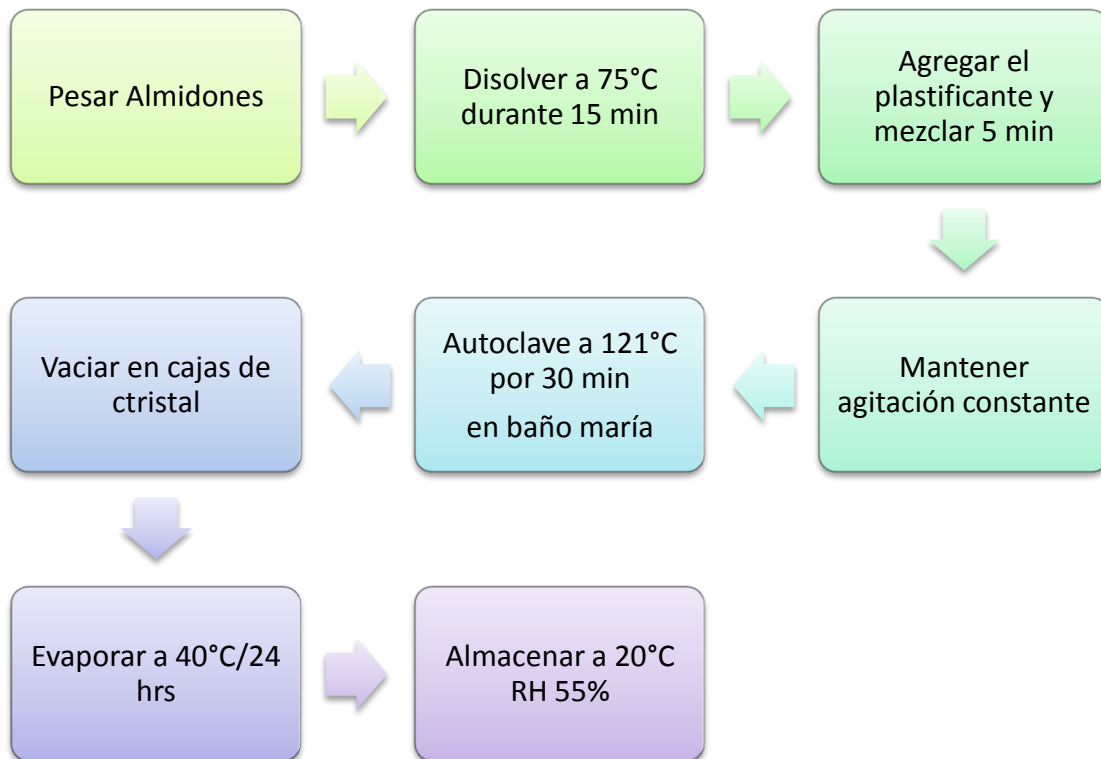


Figura 12. Diagrama de la formulación de la película comestible a base de almidón de jícama.



Figura 13 Biopelícula de almidón de Jícama y Maíz.

3.3 Caracterización de películas comestibles

3.3.1 Grosor

Se midió el espesor de las películas con un micrómetro manual modelo Mitutoyo Corporation, con una precisión de 0.01mm (10 μ) en 25 posiciones escogidas para abracar la mayor parte posible de las hojas a evaluar, como se muestra en la imagen a continuación.

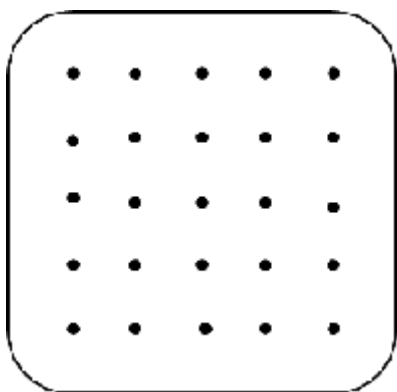


Figura 14: Puntos de referencia en una película a base de almidón de jícama de medidas de 24.5 x 24.5cm con una distancia equitativa entre cada medición de 3.5cm



Figura 15 Medición del grosor con un micrómetro Mitutoyo Corporation

3.3.2 Permeabilidad de vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua se midió usando el método ASTM E96 (ASTM E-96, 1995) con algunas modificaciones. Las muestras se ubicaron en celdas de permeación de boca de área conocida, las cuales contenían cloruro de calcio anhidro. Las celdas de permeación una vez ensambladas y las películas correctamente selladas a las mismas, se pesaron y ubicaron en una cámara de atmósferas controladas BINDER a 25°C a una humedad relativa del 80%. La diferencia de presión parcial de vapor de agua existente a ambos lados del film proporciona la fuerza impulsora para el flujo de vapor a través de la película. La ganancia o pérdida de peso de las celdas fue monitoreado en función del tiempo, obteniéndose una recta durante 7 horas continuas. Los cambios de peso se registraron mediante una balanza analítica Ohaus con una precisión de 0.0001 g.



Figura 16 Biopelículas durante el proceso de medición de permeabilidad de vapor de agua en la cámara climática Binder.

3.3.3 Solubilidad en agua

La solubilidad de las películas, se determinó mediante la metodología propuesta por Gontard y col. (1993), la cual consistió en cortar trozos de película de 2cm por lado. Las muestras se pesaron (m_i) y cada una se colocó en un vaso de precipitado, donde se agregaron 50 ml de agua desionizada.

Las muestras se mantuvieron en agitación constante por 24 hrs a temperatura ambiente (25°C). Una vez pasado el tiempo de agitación, las piezas de las películas se secaron en una estufa a 60°C por 24 hrs para determina la masa seca total (m_f).

La solubilidad, expresada como cantidad de masa seca disuelta, fue calculada mediante la siguiente ecuación, realizándose muestras por triplicado.

$$S = \frac{(m_i - m_f) \times 100}{m_i}$$

(Ecuación 1: Solubilidad de películas en agua)

Donde

S= solubilidad en agua (g/100g de película)

m_i = masa seca de la muestra al iniciar

m_f = masa final de la muestra después de la incubación en agua y secada por 24 hrs (g).



Figura 17 Medición de la solubilidad en agua de las bio-películas en proceso.

3.3.4 Propiedades mecánicas: Tensión-Elongación-Modulo de Young

De acuerdo a la Norma D882-12 de la ASTM: Método de prueba estándar para propiedades de tracción de láminas delgadas de plástico, se utilizarán secciones de prueba de 120 mm (de los cuales 40 mm serán utilizados para ser tomados de las pinzas de presión, dejando 80 mm de sección de prueba). Las muestras rectangulares de las películas tuvieron una relación 8 a 1, respecto a la anchura espesor. Se cortaron con especial cuidado con un cutter, sobre bases de acrílico previamente marcadas. El mostrar alguna muesca o falla al cortar, podrá afectar los resultados del análisis.



Figura 18 Texturómetro TA-XT2i

Se acondicionaron las muestras por 48 hrs a 60% HR a temperatura ambiente en cajas cerradas con una solución de NaOH al 37%. Al ser muestras anisótropas, se realizaron 10 repeticiones de cada muestra, 5 muestras normales y 5 muestras paralelas al eje principal de la anisotropía. La velocidad de deformación inicial fue de 2.50 mm/s, La velocidad de ensayo se estableció en 0.5mm/s y por último, la velocidad post ensayo fue de 5.00 mm/s. Se tabularon y graficaron las muestras.

Los resultados fueron expresados de la siguiente manera:

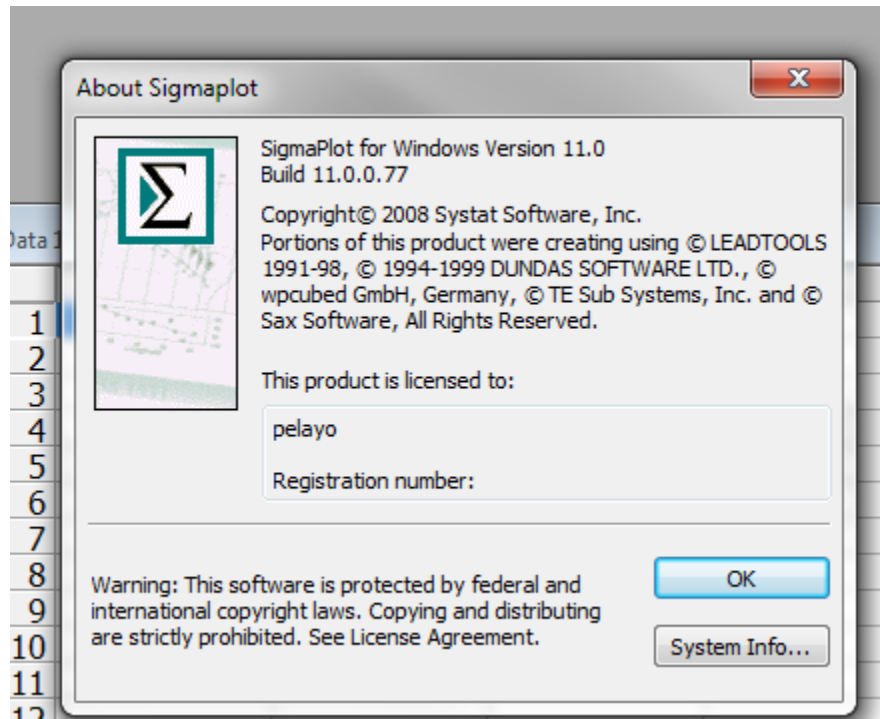
Tensión: Mega Pascales (MPa)

Elongación: Porcentaje (%)

Módulo de Young: Adimensional

3.4 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software de análisis SigmaPlot para Windows, versión 11.0 Build 11.0.0.77.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis químico proximal de almidón de Jícama

El resultado obtenido en el análisis de carbohidratos, tal como se observa en la Tabla 5, es debido a que posterior al lavado para eliminar compuestos indeseables (proteínas, lípidos y cenizas) se elaboró una mala molienda del almidón obteniendo cúmulos grandes donde se almaceno la humedad, esto afecto en la totalidad de carbohidratos. De este modo se confirma que existió un proceso correcto y no existen cambios significativos en el uso de almidón lavado.

Tabla 5. Promedios obtenidos del Análisis químico proximal y sus desviaciones estándar donde

Muestra	Humedad	Cenizas	Lípidos	Proteínas	Carbohidratos
Promedio 1	9.937	0.586	0.305	6.247	82.925
Desviación Estándar 1	0.278 ^a	0.291 ^a	0.199 ^a	0.254 ^a	1.008 ^b
Promedio 2	16.918	0.113	0.023	1.108	81.838
Desviación Estándar 2	0.755 ^a	0.0106 ^a	0.00577 ^a	0.0683 ^a	0.916 ^b

^a)Nos indica que existe una diferencia significativa, mientras ^b)Marca aquellos análisis sin diferencia significativa.

Los resultados fueron analizados por el programa Sigma Plot y se presentan en el Anexo 1.

4.2 Grosor de películas

Las películas con menor diferencia en el promedio obtenido en su grosor fueron aquellas formuladas con Glicerol, Glicerol y Sorbitol a igual medida y Glicerol y Xilitol a igual medida. El espesor de las películas aumenta al existir mayor cantidad de Glicerol presente en la formulación, este mismo nos da una uniformidad mayor.

Las películas formuladas con mayor cantidad de glicerol (Gly>Sor y Gly>Xyl) obtuvieron los valores más altos en el error estándar, mostrando mayor diferencia en los valores de las películas analizadas de la misma formulación (menor uniformidad), tal como se puede apreciar en la Tabla 6 . Cabe mencionar que esta tabla incluye el promedio de una secuencia de 25 mediciones en cada formulación analizada, dichas mediciones se pueden observar en el Anexo 2.

Tabla 6 Resultados de grosor en películas comestibles, resultados obtenidos en milímetros.

	Gly	Gly>Sor	Gly=Sor	Gly>Xyl	Gly=Xyl
Promedio	0.2004	0.1496	0.1116	0.2104	0.1112
Desv. Estándar	0.01645195	0.027306898	0.009433981	0.077323994	0.009273618
Error Estándar	0.08209556	0.182532739	0.084533881	0.367509476	0.08339585

Según estudios previos, realizados por J. Prakash-Maran y col. (2013) se han obtenido grosores de 0.024 a 0.041 mm de formulaciones de almidón de maíz bajo la misma metodología de casting, usando cantidades menores de almidón y mayores cantidades de plastificante

4.3 Permeabilidad al Vapor de Agua

Se utilizó la siguiente fórmula obtenida y modificada de la ASTM INTERNATIONAL: Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials (ASTM E96-05 (ASTM, 2005))

$$WVP = \frac{(\text{Slope})(L)(24)}{(A)(VP)} \quad (\text{Ecuación 2. Permeabilidad de Vapor de Agua})$$

Slope= Pendiente (gr*hr)

L= Grosor de la película (cm)

A= Área de permeación de la película (m²)

VP= Presión entre el interior y exterior del sistema (mmHg)

WVP= Permeabilidad de Vapor de Agua (gr*cm/m²*d*mm*Hg)

Los valores promedio de la permeabilidad al vapor de agua para las diferentes formulaciones de las biopelículas se muestran en la Tabla 7. Los resultados a detalle se observan en el Anexo 3.

Tabla 7 Resultados de Permeabilidad de Vapor de Agua obtenidos en gr*cm/m²*d*mm*Hg

G=S		G>S	
Promedio	4.71850442	Promedio	5.97209827
Desv. Estándar	0.37317954	Desv. Estándar	0.2588751
Error Estándar	0.07908852	Error Estándar	0.04334743
G=X		G>X	
Promedio	0.22613403	Promedio	7.66087507
Desv. Estándar	0.20795375	Desv. Estándar	1.64137335
Error Estándar	0.91960397	Error Estándar	0.21425403
Gly			
Promedio	15.8941092		
Desv. Estándar	6.70922346		
Error Estándar	0.42212013		

Los biofilms producidos con glicerol únicamente presentaron valores más elevados de permeabilidad ($15.89 \text{ gr}\cdot\text{cm}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{mm}\cdot\text{Hg}$). Esto demuestra que genera una mayor facilidad de transporte del gas entre el medio exterior y el medio interior. Se puede confirmar en base a este ensayo, que a mayor cantidad de glicerol mayor permeabilidad existe, debido a que las muestras con cantidades mayores de glicerol a otros plastificantes (xilitol y sorbitol) obtuvieron los siguientes lugares respecto al valor de permeabilidad dejando por último lugar aquellos que mantenían la misma concentración.

Aun así cabe destacar, que la película formulada con glicerol obtuvo mayor desviación, demostrándonos que no existe una total uniformidad en el análisis.

La permeabilidad de vapor de agua, es una propiedad importante que influencia en gran medida para la utilidad de los biofilms en los alimentos. El comportamiento de los componentes (en este caso almidones + plastificantes) es el principal factor que define el comportamiento de la misma, puesto que incrementa o decremento el volumen y la distancia intermolecular del biofilm. Comúnmente la adición de un plastificante incrementa la permeabilidad del vapor de agua, lo cual es comprobable con la adición de Glicerol en la formulación, y al agregar algún otro agente sea xilitol o sorbitol, este disminuye probablemente afectando la unión intermolecular de los mismos (J. PRAKASH-MARAN y col. ,2013)

4.4 Solubilidad en Agua

Las películas formadas con 0.51% de xilitol y sorbitol presentaron mayor resultado en la solubilidad, en siguiente lugar aquellos con concentraciones iguales y la muestra con glicerol solamente (ver Tabla 8). El xilitol y sorbitol actuó como estabilizante contra el agua, pues al existir mayor cantidad de este, el nivel de solubilidad se redujo, pero al mismo nivel que si el glicerol estuviera solo; cuando se le agrego mayor cantidad de glicerol y menos cantidad de xilitol y sorbitol aumento el nivel de solubilidad.

Tabla 8 Resultados de la solubilidad en las películas. Resultados obtenidos en g/100g de película.

G=X (0.86%)		G>X (1.20:0.51%)	
Promedio	40.3752	Promedio	65.2000
Desv. Estándar	1.5907	Desv. Estándar	3.5619
Error Estándar	0.0394	Error Estándar	0.0546
G=S (0.86%)		G>S (1.20:0.51%)	
Promedio	38.1441	Promedio	52.0400
Desv. Estándar	1.0267	Desv. Estándar	6.8921
Error Estándar	0.0269	Error Estándar	0.1324
G (1.71%)			
Promedio	38.4173		
Desv. Estándar	1.0685		
Error Estándar	0.0278		

Los resultados detallados con cada repetición por muestra analizada se encuentran en el Anexo 5.

Los resultados obtenidos por J. Prakash-Maran y col. (2013) muestran un aumento en la solubilidad de las películas con mayor concentración de sorbitol. El efecto del plastificante pudo haber interactuado e interrumpido la conexión entre los enlaces de hidrógeno reduciendo la cohesión del almidón y aumentando la solubilidad en agua. A mayor concentración de amilopectina y menos concentración de amilosa en el almidón de maíz lo lleva a incrementar la solubilidad de la película.

Los valores más altos de solubilidad en agua, podrían ser el resultado de una débil interacción entre los componentes de la red del biofilm.

4.5 Propiedades mecánicas: Elongación – Tensión – Modulo de Young

Los biofilms elaborados en base a almidón de jícama y maíz resultaron ser mucho más rígidos que las bolsas plásticas comerciales y transparentes (ver Tablas 9, 10 y 11), puesto que los valores del módulo de Young sobrepasan los valores del resto de las bolsas. Se puede tomar el biofilm elaborado a base de glicerol como el más cercano a las bolsas plásticas comerciales puesto que obtiene valores muy cercanos (inclusive más chicos) a la primera bolsa “de camiseta”

En general los porcentajes de elongación resultaron ser mucho más bajos que los valores obtenidos por las bolsas plásticas con valores de 31.2344% hasta 153.9063% cuando las biopelículas no lograron alcanzar el valor mínimo de estas dando valores entre los 14.75% y 28.47%.

Tabla 9 Resultados de las mediciones previas en bolsas de plástico comercial (comúnmente conocidas como “de camiseta”). Los resultados están dados en las siguientes unidades, Modulo de Young (adimensional), Elongación (%), Tensión (MPa)

Bolsa Plástica. Comercial 1			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	774.7938	31.2343	68.9935
Desv. Estándar	205.3845	52.9748	5.4381
Error Estándar	0.2651	1.6960	0.0788
Bolsa Plástica. Comercial 2			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	278.4975	91.5625	33.2062
Desv. Estándar	116.0689	51.5587	4.4176
Error Estándar	0.4168	0.5631	0.1330
Bolsa Plástica. Comercial 3			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	366.0025	142.4844	50.6818
Desv. Estándar	131.3532	57.9167	4.8645
Error Estándar	0.3589	0.4065	0.096

Tabla 10 Resultados de las mediciones previas en bolsas de plástico transparente, con el fin de comparar resultados. Los resultados están dados en las siguientes unidades, Modulo de Young (adimensional), Elongación (%), Tensión (MPa)

Bolsa Plástica. Transparente 1			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	270.3963	86.8419	132.9302
Desv. Estándar	51.7867	28.519	21.5534
Error Estándar	0.1915	0.3284	0.1621
Bolsa Plástica. Transparente 2			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	417.8538	70.7500	56.6558
Desv. Estándar	62.3355	70.9788	6.3518
Error Estándar	0.1492	1.0032	0.1121
Bolsa Plástica. Transparente 3			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	121.8245	102.0625	20.3778
Desv. Estándar	32.197	71.6691	3.9061
Error Estándar	0.2643	0.7022	0.1917
Bolsa Plástica. Transparente 4			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	273.0475	153.9063	65.4505
Desv. Estándar	46.9579	48.3236	7.0484
Error Estándar	0.172	0.314	0.1077

Tabla 11 Resultados de las mediciones realizadas en las diferentes composiciones de películas. Los resultados están dados en las siguientes unidades, Modulo de Young (adimensional), Elongación (%), Tensión (MPa).

Glicerol=Sorbitol (0.86%)				Glicerol>Sorbitol (1.20-0.51%)			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión		Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	1988.4900	28.4750	66.2706	Promedio	1088.302	24.2625	36.5484
Desv. Estándar	211.8748	12.3256	8.5004	Desv. Estándar	417.7588	6.4238	9.7701
Error Estándar	0.1066	0.4329	0.1283	Error Estándar	0.3839	0.2648	0.2673
Glicerol=Xilitol (0.86%)				Glicerol>Xilitol (1.20-0.51%)			
	Módulo de Young	Elongación	Tensión		Módulo de Young	Elongación	Tensión
Promedio	2254.99	18.9625	66.0836	Promedio	1293.644	14.75	29.8493
Desv. Estándar	381.6304	8.645	16.1775	Desv. Estándar	271.6127	3.3701	4.8501
Error Estándar	0.1692	0.4559	0.2448	Error Estándar	0.21	0.2285	0.1625
Glicerol (1.71%)							
	Módulo de Young	Elongación	Tensión				
Promedio	749.716	18	22.9182				
Desv. Estándar	225.9494	5.9809	3.8449				
Error Estándar	0.3014	0.3323	0.1678				

Resultados y gráficas de identificación a detalle se encuentran en el Anexo 6.

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de la jícama, específicamente como fuente de almidón no convencional, se pudo apreciar en este trabajo de investigación mediante la formulación de una biopelícula, adicionada con almidón de maíz y aplicando diferentes combinaciones de plastificantes.

El plastificante comúnmente utilizado en la elaboración de biopelículas es el glicerol, sin embargo en este estudio se observó que una mezcla de plastificantes modifica sus propiedades de barrera. Se determinó que a la permeabilidad al vapor de agua de biopelículas presencia adicional de xilitol y sorbitol, es reducida; además de que dicha disminución es más evidente al incrementar la concentración de éstos. La misma tendencia es observada en relación a la solubilidad de las películas. Estos resultados son fundamentales al momento de seleccionar la biopelícula más adecuada de acuerdo al contenido de humedad del alimento que se requiera recubrir.

Por otro lado, la presencia de otros plastificantes modifica el comportamiento mecánico de las biopelículas, determinando un incremento en el módulo de Young respecto a las películas formuladas solo con glicerol como plastificante; siendo mayor en presencia del xilitol seguida del sorbitol, ambos presentes en igual proporción del glicerol.

Cabe resaltar que las películas elaboradas a base de polisacáridos naturales, como lo es el almidón de maíz y de jícama, presentaron módulos de tensión elevados, comparados con los materiales plásticos comerciales, lo que representa una oportunidad de elaboración de empaques biodegradables amigables con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILAR-REYNOSA, A. E. 2013. Tesis: Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas, y propiedades de barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucílago de Salvia hispánica y pectina cítrica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- ALANIS LOPEZ, P. C., SOLORZA FERIA, J., AMARAL SOBRAL, P. J. (2012). Tesis: Efecto de la Fibra de Agave Tequilana Weber en las características de películas de gelatina y nanopartículas minerales. IPN.
- ALEJANDRE-SANCHEZ, F. J. 2002. Historia, Caracterización y restauración de morteros. Universidad de Sevilla. p. 69
- ANGELES, M. L. 2009 Tesis: Dimensionamiento y simulación de un secador por aspersión de nivel piloto. UPIBI-IPN Pag. 3-5
- ARIAS-MOSCOSO, J. L. 2009. Estudio de biopelículas de composites de colágeno de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y quitosano. Tesis de maestría. Universidad de Sonora.
- ATKINS, Peter William., JONES, Loretta. 2007. Principios de química: los caminos del descubrimiento. Ed. Medica Panamericana. Buenos Aires. Pág. 196
- ATKINS, P. 2007 Las moléculas de Atkins, Ediciones AKAL.
- BEMILLER, J. and WHISTLER, R. Starch chemistry and technology. 3 ed. Amsterdam (Netherlands): Academic Press, 2009, p. 149-192.
- BERTOLINI, A. Starches, characterization, properties and applications. 1 ed. Amsterdam (Netherlands): CRC Press, 2009, p. 1-19
- BILLMEYER, FRED W. 1975 Ciencia de los polímeros. Editorial Reverté. Barcelona, España. Págs. 113-116

- BINNIG, G., QUATE, C. F. & GERBER, C. 1986. Atomic Force Microscope. Physical Review Letters, 56, 930-933
- BUKASOV, N. M. 1981. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Proyecto Catie-GTZ de recursos genéticos. Turrialba, Costa Rica. P 108
- CAO, N., YANG, X. & FU, Y. 2009. Effect of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. Food Hydrocolloids
- CHUNG-JUNG TSAI., MEI-LIEN CHEN., KENG-FU CAHING., FU-KUEI CHANG., I-FANG MAO. 2009. The pollution characteristics of odor, volatile organochlorinated compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons emitted from plastic wastw recycling plants. Chemosphere.
- CLAUSEN, R. T. 1945. A botanical study of the yam beans (Pachyrrhizus). Memoir of the Cornell University Agricultural Experimental Station.
- CORTES HERNANDEZ, H. F., MARTÍNEZ YEPES, P. N., VALENCIA SANCHEZ, H. A., 2006. Fundamentos de Cristalografía. Ediciones ELIZCOM. Colombia.Pág. 83.
- COSTA, J., M. 2005 Diccionario de química física. Editorial Diaz de santos. Barcelona, España. Pág. 374
- DENESUK, M. 2004. Degradable plastics possessing a microbe-inhibiting quality. US6756428. U.S. PTO.
- FAO Departamento de Agricultura. 1989. Depósito de documentos de la FAO. El Maíz en la nutrición humana. Tomado de: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s02.htm>
- GONTARD, N., GUILBERT, S., CUQ, J. L. 1993. Water and glycerol a plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. Journal of Food Science. 58; 206-211

- GONTARD, N. 1994. Edible and biodegradable films: study of wheat gluten film-forming properties. C.R. Acad. Agric. Eng.
- GONTARD, N., GUILBERT, S. 1996. Bio-packing: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. Boletim do SBCTA
- GONZALEZ-HERNANDEZ, J. C., ALVAREZ-NAVARRETE, M., ORNELAS-HERNANDEZ, L. C., ZAMUDIO-JARAMILLO, M. A. 2011. Articulo de Revisión: Producción y aplicaciones biotecnológicas del xilitol. BioTecnologia Vol. 15 No. 2
- GROOVER, M. P., DE LA PEÑA GOMEZ, C. M. & SARMIENTO, M. A. M. 1997. Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas, Prentice Hall.
- GUILBERT, S., GONTARD, N., GORRIS, G. M. 1995. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. Lebensm-Wiss. U.- Technol.
- HALLEY, P., MCGLASHAN, S. and GRALTON, J. Biodegradable polymer. US7094817. U.S. PTO. 2006.
- HERNANDEZ-LUNA, H., ARRAZOLA-DOMINGUEZ, F. M., HERNANDEZ-GARRIDO, S., ARANDA-ROQUE, L. 2011. Extracción y modificación de almidón de frijol para biopelículas. Escuela superior de Ingeniería química e industrias extractivas. IPN ESIQIE.
- HOCKING, P.J. 1992. The classification, preparation and utility of degradable polymers. *Polymer Reviews*
- KEBLER, L. W. 2007. Propiedades físico-químicas e mecánicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno. Tesis de maestría. Universidad Estadual Paulista (UNESP). Campus Sao Jose do Rio Preto.

- LEI DAI, CHAO QIU, LIU XIONG, QINGJIE SUN. 2015. Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry* 174 (2015) 82–88
- MANUEL, Virginie. 2011. Los caminos del reciclaje. Nuevos Emprendimientos Editoriales. España. Pág. 19
- Martinez, M. Las planas más útiles que existen en la república mexicana. México 1928
- MENDOZA, N., ROMO, M. T., SERRATOS, I. 2003. Dimensionamiento y construcción de un secador por aspersion de nivel laboratorio. Tesis IA. UPIBI-IPN. Mexico p.120
- ORTIZ-ZARAMA, M. A. 2012. Caracterizacion mecánica, termodinámica y morfo-estructural de biopelículas nanoestructuradas. Tesis CeProBi-IPN. Yautepec, México p. 25
- PHILIPS-MORA, W., MORERA, J., SORENSEN, M. 1993. Las jícamas Silvestres y Cultivadas. Turrialba, Costa Rica. 15-16.
- PLANET-SEPULVEDA, A. 2012. Alerta: El océano y la contaminación marina. Editorial Lulu.com España. Págs. 67-71
- J. Prakash Marana, V. Sivakumara,*, K. Thirugnanasambandhama, R. Sridhar. Response surface modeling and analysis of barrier and optical properties of maize starch edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 60 (2013) 412– 421
- RAMOS, C.P., JAUREGUI, P. A., DE LA FUENTE, J. A., SALAZAR, G. J. A., REY, A. J. L., Y COL. 2003. Residuos: Alternativas de gestión. Ediciones Universidad de Salamanca. España. Pág. 185
- RIVERO, S., GARCIA, M. A. & PINOTTI, A. 2010. Correlations between structural, barrier, thermal and mechanical properties of plasticized gelatin films. *Innovative food science & Emerging technologies*.
- SAGARPA, México. 2012. Servicio Nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria. Dirección general de sanidad vegetal. Centro nacional de

referencia fitosanitaria. Departamento de análisis de riesgos de plagas. Información Técnica de Jícama mexicana para exportación a la republica argentina.

SARMIENTO, Rubiano, L. A., 2008. Tesis: Influencia del consumo de sorbitol en la microbiota intestinal de un modelo animal. Universidad Politecnica de Valencia, España.

SEDEMA, México. 2014. Campaña sin moño y sin bolsita, por favor. <http://www.sedema.df.gob.mx/sin-mono-sin-bolsita/index.html>

SEMARNAT, México. 2005. Subsecretaria de gestión para la protección ambiental, dirección general de gestión integral de materiales y actividades riesgosas.

SEMARNAT, México. 2010. Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México

SOBRAL, P. J. A. 1999. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. *Ciência & Engenharia*, v. 8, n. 1.

SOBRAL, P. J. A. 2000^a. Influencia de espesor sobre ciertas propiedades de biofilms a base de proteínas miofibrilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.

SRICHUWONG, S., SUNARTI, T. C., MISHIMA, T., ISONO, N., HISAMATSU, M. 2005. Starches from different botanical sources: Contribution of amilopectyne fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydr. Polym.* 60. 529-538.

TARDERA, K., TANIGUCHI, T., TERAMOTO, M., ARIMA M., YAGI, F., KOBAYASHI, A., NAGAHAMA, T., ISHIHATA, K. 1984. Protein and starch in tubers of winged bean, *Psophocarpus tetragonolobus* and yam bean, *Pachyrhizus erosus* L. Urban. *Memoirs of the faculty of agriculture, Kagoshima University*. Japón

VÁZQUEZ-NIN, GERARDO. 2000. Introducción a la Microscopía Electrónica Aplicada a Las Ciencias Biológicas. México. Fondo de cultura económica. Pág. 93

WILLIAMS, C.K. & HILLMYER, M.A. 2008. Polymers from renewable resources: a perspective for a special issue of polymer reviews. Polymer Reviews

ZAMUDIO-FLORES, P. B., BELLO-FLORES, L. A., VARGAS-TORRES, A., HERNANDEZ-URIBE, J.P., ROMERO-BASTIDA, C. A. 2007 Caracterización Parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. Yautepec, Morelos. CeProBi CONACYT

ANEXOS

Anexo 1 Análisis Estadístico Químico Proximal del Almidón de Jícama.

Data source: Data 1 in Notebook1 HUMEDAD

Normality Test: Passed (P = 0.481)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.535)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Humedad 1	3	0	9.937	0.278	0.161
Humedad 2	4	0	16.918	0.755	0.377
Difference			-6.981		

t = -14.970 with 5 degrees of freedom. (P = <0.001)

95 percent confidence interval for difference of means: -8.179 to -5.782

The difference in the mean values of the two groups is greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference between the input groups (P = <0.001).

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

Data source: Data 1 in Notebook1 CENIZAS

Normality Test: Passed (P = 0.346)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.164)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Cenizas	3	0	0.586	0.291	0.168
Cenizas	3	0	0.113	0.0106	0.00611
Difference			0.473		

t = 2.811 with 4 degrees of freedom. (P = 0.048)

95 percent confidence interval for difference of means: 0.00585 to 0.940

The difference in the mean values of the two groups is greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference between the input groups (P = 0.048).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.513

Data source: Data 1 in Notebook1 LIPIDOS

Normality Test: Passed (P = 0.260)

Equal Variance Test: Passed (P = 1.000)

Equal Variance Test: Passed (P = 1.000)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Lipidos	3	0	0.371	0.199	0.115
Lipidos	3	0	0.0227	0.00577	0.00333
Difference		0.349			

t = 3.038 with 4 degrees of freedom. (P = 0.038)

95 percent confidence interval for difference of means: 0.0300 to 0.667

The difference in the mean values of the two groups is greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference between the input groups (P = 0.038).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.583

Data source: Data 1 in Notebook1 PROTEINAS

Normality Test: Passed (P = 0.899)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.057)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Proteinas,	3	0	6.247	0.254	0.147
Proteinas	3	0	1.108	0.0683	0.0394
Difference		5.138			

t = 33.812 with 4 degrees of freedom. (P = <0.001)

95 percent confidence interval for difference of means: 4.716 to 5.560

The difference in the mean values of the two groups is greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference between the input groups (P = <0.001).

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

Data source: Data 1 in Notebook1 CARBOHIDRATOS

Normality Test: Passed (P = 0.083)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.854)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Carbohidratos	3	0	82.925	1.008	0.582
Carbohidratos	3	0	81.838	0.916	0.529

Difference 1.087

$t = 1.382$ with 4 degrees of freedom. ($P = 0.239$)

95 percent confidence interval for difference of means: -1.096 to 3.271

The difference in the mean values of the two groups is not great enough to reject the possibility that the difference is due to random sampling variability. There is not a statistically significant difference between the input groups ($P = 0.239$).

Power of performed test with $\alpha = 0.050$: 0.114

The power of the performed test (0.114) is below the desired power of 0.800.

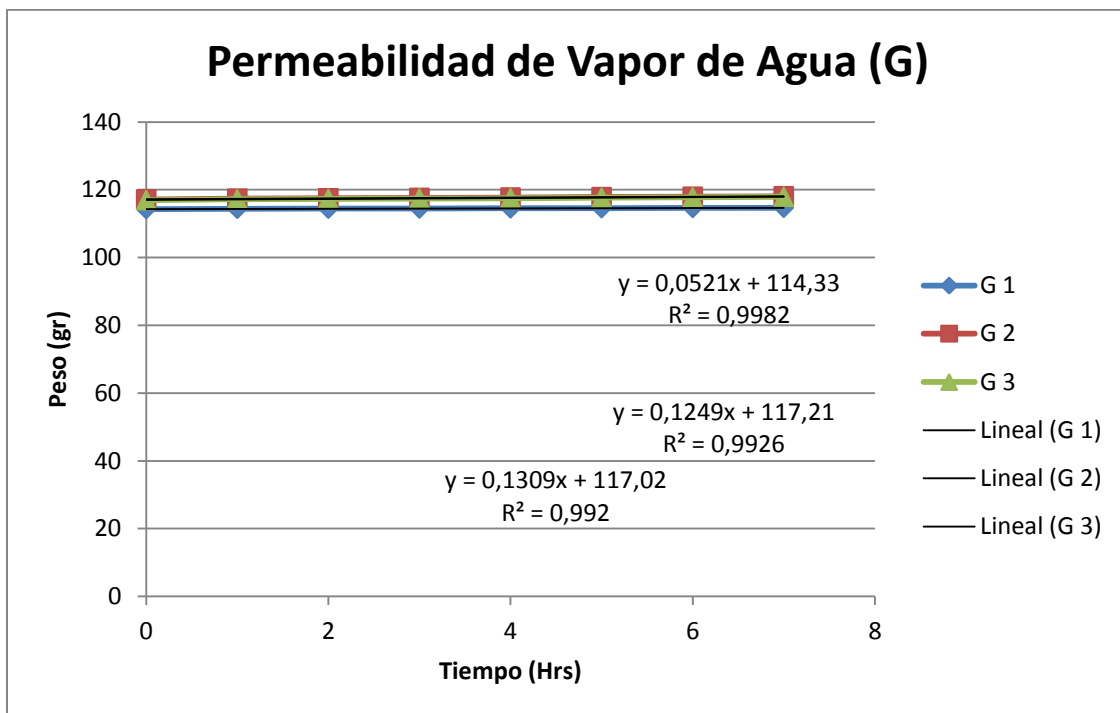
Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Anexo 2 Grosor

	G	G>S	G=S	G>X	G=X
1	0.19	0.14	0.1	0.17	0.11
2	0.18	0.12	0.11	0.22	0.11
3	0.19	0.19	0.11	0.16	0.1
4	0.19	0.14	0.11	0.32	0.1
5	0.2	0.18	0.12	0.16	0.11
6	0.23	0.13	0.11	0.35	0.14
7	0.21	0.13	0.11	0.14	0.11
8	0.21	0.19	0.12	0.19	0.11
9	0.2	0.12	0.11	0.17	0.13
10	0.22	0.14	0.12	0.26	0.1
11	0.22	0.14	0.11	0.13	0.11
12	0.2	0.14	0.1	0.27	0.11
13	0.21	0.14	0.11	0.21	0.1
14	0.2	0.23	0.11	0.15	0.12
15	0.19	0.18	0.14	0.3	0.11
16	0.2	0.14	0.11	0.14	0.12
17	0.21	0.15	0.12	0.25	0.11
18	0.2	0.15	0.11	0.33	0.11
19	0.21	0.18	0.11	0.17	0.11
20	0.21	0.16	0.11	0.39	0.11
21	0.21	0.13	0.11	0.21	0.11
22	0.22	0.14	0.13	0.16	0.11
23	0.17	0.12	0.1	0.14	0.1
24	0.18	0.13	0.1	0.12	0.12
25	0.16	0.13	0.1	0.15	0.11
Promedio	0.2004	0.1496	0.1116	0.2104	0.1112
Desv. Estándar	0.016451	0.0273068	0.0094339	0.0773239	0.0092736
Error Estándar	0.082095	0.1825327	0.0845338	0.3675094	0.0833958

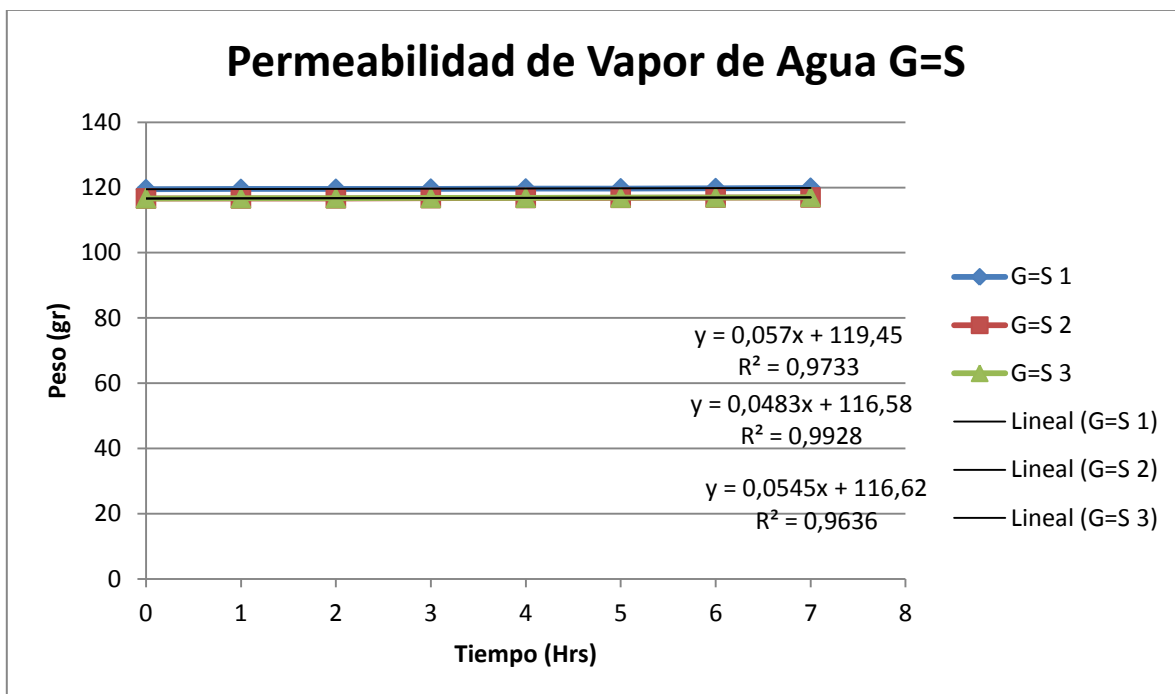
Anexo 3 Permeabilidad al vapor de agua

Permeabilidad de Vapor de agua (G)		
	Formula*	WVP*
Muestra 1	$WVP=(0.0521)(0.197)(24)/(0.001963)(15.2646)$	8.22071256
Muestra 2	$WVP=(0.1249)(0.188)(24)/(0.001963)(15.2646)$	18.8072718
Muestra 3	$WVP=(0.1309)(0.197)(24)/(0.001963)(15.2646)$	20.6543431
	Promedio	15.8941092
	Desv. Estándar	6.70922346
	Error Estándar	0.42212013
	*WVP=g*cm/m ² *Días*mmHg	



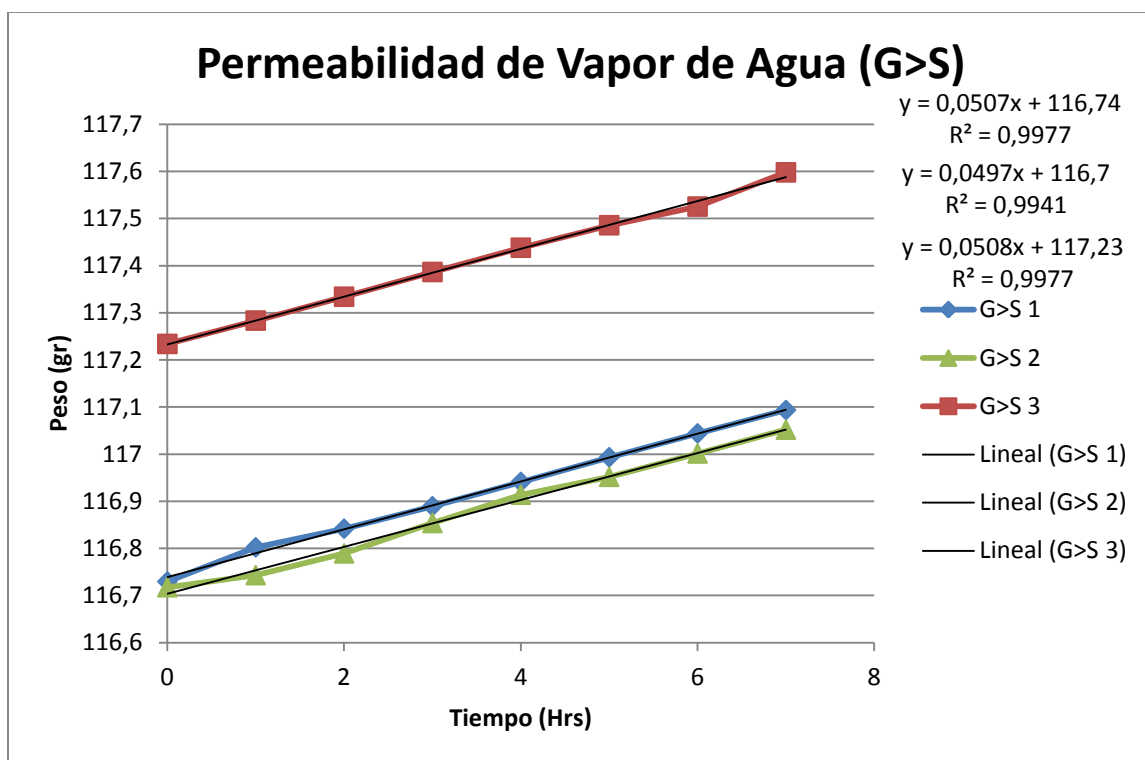
Permeabilidad G			
Tiempo/Rept.	1	2	3
0	114.3232	117.1559	116.9647
1	114.3879	117.3658	117.1879
2	114.4323	117.4825	117.3072
3	114.4832	117.5964	117.4358
4	114.5293	117.707	117.5351
5	114.5808	117.8278	117.6689
6	114.6432	117.9418	117.7952
7	114.6964	118.0795	117.9329

Permeabilidad de Vapor de agua (G=S)		
	Formula*	WVP*
Muestra 1	$WVP=(0.057)(0.112)(24)/(0.001963)(15.2646)$	5.11326607
Muestra 2	$WVP=(0.0483)(0.113)(24)/(0.001963)(15.2646)$	4.37150609
Muestra 3	$WVP=(0.0545)(0.107)(24)/(0.001963)(15.2646)$	4.67074109
	Promedio	4.71850442
	Desv. Estandar	0.37317954
	Error Estandar	0.07908852
	*WVP=g*cm/m ² *Días*mmHg	



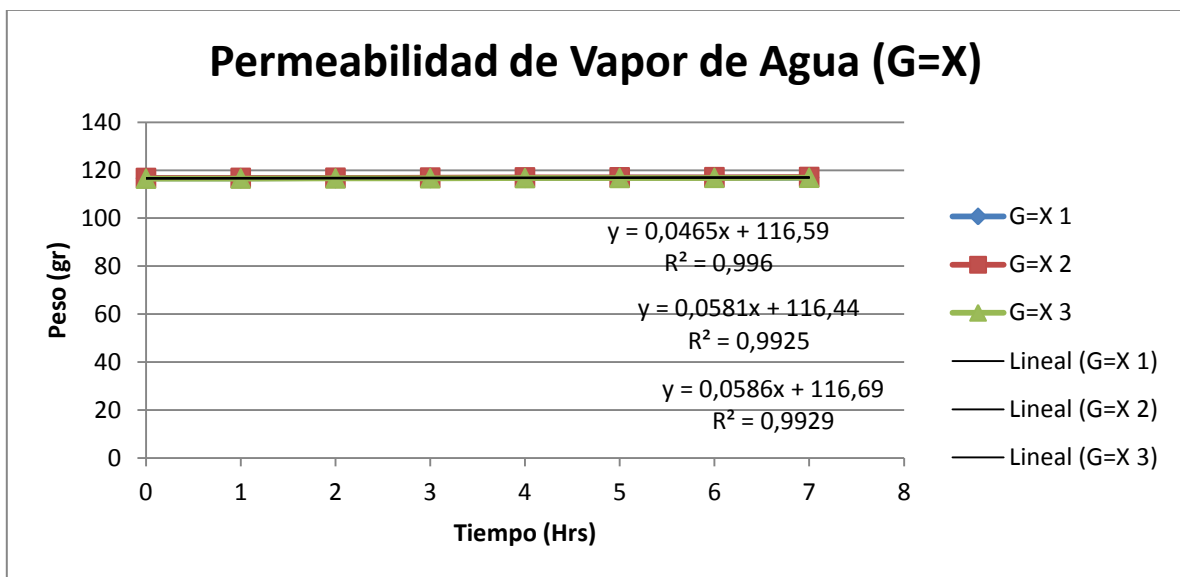
Permeabilidad G=S			
Tiempo/Rept.	1	2	3
0	119.4502	116.5896	116.6538
1	119.5277	116.6166	116.6808
2	119.5611	116.662	116.7262
3	119.6061	116.725	116.7712
4	119.6543	116.7719	116.8194
5	119.7053	116.8057	116.8704
6	119.7766	116.8795	116.9417
7	119.8876	116.9134	117.0527

Permeabilidad de Vapor de agua (G>S)		
	Formula*	WVP*
Muestra 1	$WVP=(0.0507)(0.148)(24)/(0.001963)(15.2646)$	6.01000992
Muestra 2	$WVP=(0.0497)(0.156)(24)/(0.001963)(15.2646)$	6.20992708
Muestra 3	$WVP=(0.0508)(0.140)(24)/(0.001963)(15.2646)$	5.69635782
	Promedio	5.97209827
	Desv. Estandar	0.2588751
	Error Estandar	0.04334743
	*WVP=g*cm/m ² *Días*mmHg	



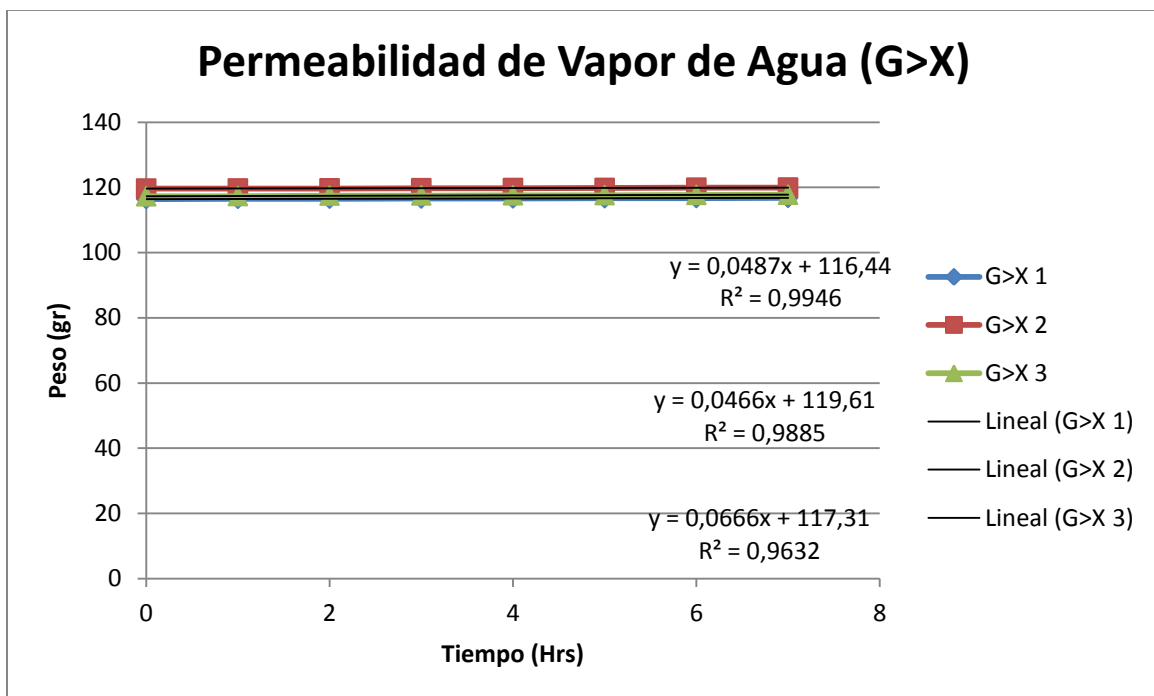
Permeabilidad G>S			
Tiempo/Rept.	1	2	3
0	116.7295	116.7174	117.2337
1	116.8021	116.7431	117.2832
2	116.8416	116.7892	117.3338
3	116.8893	116.8537	117.3863
4	116.9408	116.9138	117.4378
5	116.9933	116.9517	117.4855
6	117.0439	117.0012	117.5251
7	117.0934	117.0518	117.5977

Permeabilidad de Vapor de agua (G=X)		
	Formula*	WVP*
Muestra 1	$WVP=(0.0465)(0.111)(24)/(0.001963)(15.2646)$	4.13410445
Muestra 2	$WVP=(0.0581)(0.112)(24)/(0.001963)(15.2646)$	5.21194314
Muestra 3	$WVP=(0.0586)(0.110)(24)/(0.001963)(15.2646)$	5.16292498
	Promedio	4.83632419
	Desv. Estándar	0.60863381
	Error Estándar	0.12584636
	*WVP=g*cm/m ² *Días*mmHg	



Permeabilidad G=X			
Tiempo/Rept.	1	2	3
0	116.5817	116.7102	116.4556
1	116.6511	116.7415	116.4869
2	116.6813	116.7978	116.5432
3	116.723	116.8716	116.6177
4	116.7707	116.9461	116.6922
5	116.82	116.9837	116.7415
6	116.8701	117.0368	116.7916
7	116.9176	117.1123	116.8391

Permeabilidad de Vapor de agua (G>X)		
	Formula*	WVP*
Muestra 1	$WVP=(0.0487)(0.176)(24)/(0.001963)(15.2646)$	6.86510435
Muestra 2	$WVP=(0.0466)(0.176)(24)/(0.001963)(15.2646)$	6.56907315
Muestra 3	$WVP=(0.0666)(0.179)(24)/(0.001963)(15.2646)$	9.54844771
	Promedio	7.66087507
	Desv. Estándar	1.64137335
	Error Estándar	0.21425403
	*WVP=g*cm/m ² *Días*mmHg	



Permeabilidad G>X			
Tiempo/Rept.	1	2	3
0	116.4295	119.6212	117.2751
1	116.5029	119.6521	117.3385
2	116.5374	119.6923	117.4979
3	116.5807	119.735	117.5372
4	116.6268	119.7921	117.5833
5	116.6761	119.8187	117.6266
6	116.7255	119.8971	117.6969
7	116.7889	119.9433	117.7569

Anexo 4 Conversión de Unidades de Permeabilidad al vapor de agua

Para pasar un valor en las unidades de la columna izquierda a otro en las unidades de la fila superior, ha de multiplicarse el primer por el coeficiente de la cuadrícula intersección.

	$\frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$	$\frac{\text{g}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}}$	$\frac{\text{g}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{bar}}$	$\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{mmHg}}$	$\frac{\text{gn} \cdot \text{in}}{\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{inHg}}$
$\frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}$	1	$479.96 \cdot 10^6$	10^8	$1.1519 \cdot 10^2$	$0.68823 \cdot 10^{12}$
$\frac{\text{g}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}}$	$2.0835 \cdot 10^{-9}$	1	0.20835	2400	1433.9
$\frac{\text{g}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{bar}}$	10^{-8}	4.7996	1	11519	6882.3
$\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{mmHg}}$	$0.86813 \cdot 10^{-12}$	$0.4167 \cdot 10^{-3}$	$86.813 \cdot 10^{-6}$	1	0.59747
$\frac{\text{g in}}{\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{inHg}}$	$1.453 \cdot 10^{-12}$	$0.69738 \cdot 10^{-3}$	$0.1453 \cdot 10^{-3}$	1.6737	1

Anexo 5 Solubilidad en agua

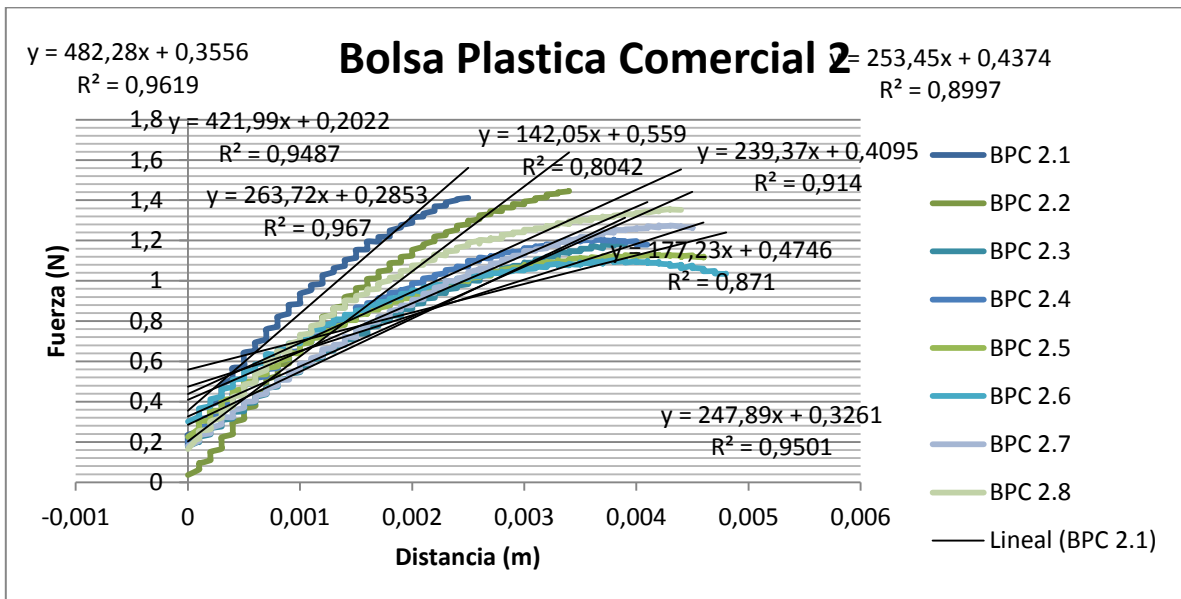
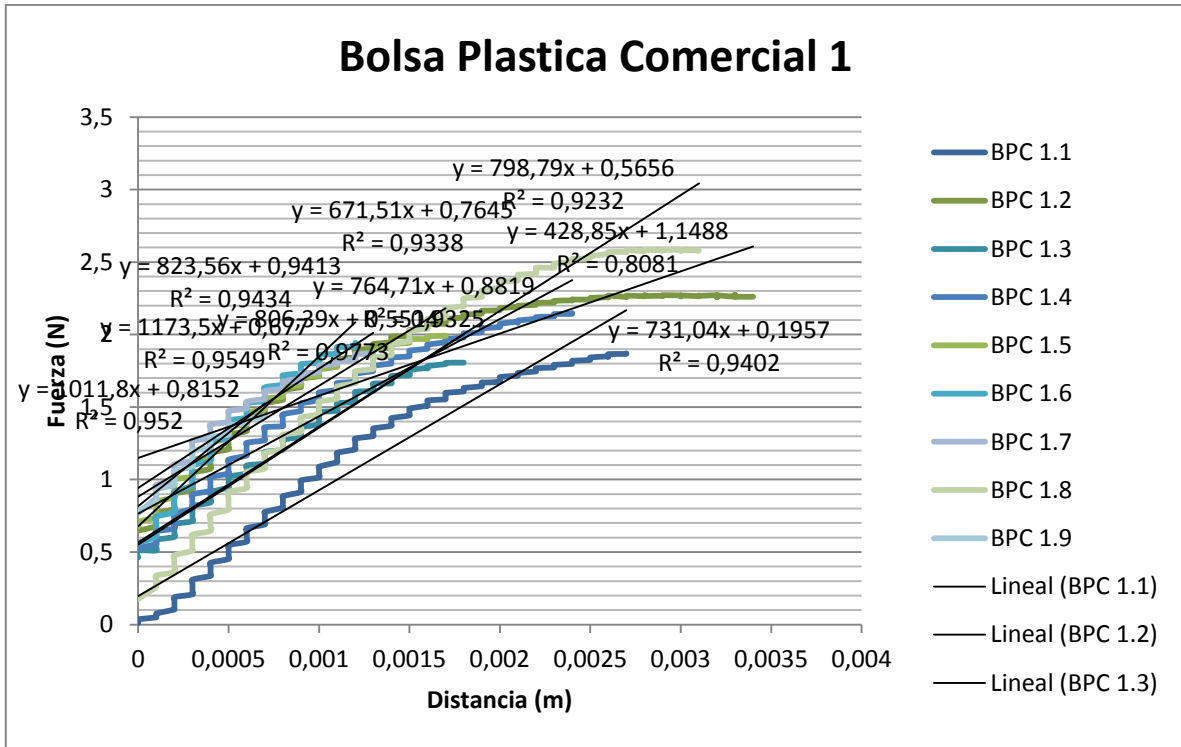
G=X			
	m_i	m_f	s
1	0.0837	0.0512	38.8292
2	0.0857	0.0497	42.0070
3	0.0829	0.0495	40.2895
Promedio			40.3752
Desv. Estándar			1.5907
Error Estándar			0.0394
G>X			
	m_i	m_f	s
1	0.0881	0.0272	69.1260
2	0.0809	0.0306	62.1755
3	0.0563	0.0201	64.2984
Promedio			65.2000
Desv. Estándar			3.5619
Error Estándar			0.0546
G			
	m_i	m_f	s
1	0.0936	0.0580	38.0342
2	0.1012	0.0611	39.6245
3	0.0939	0.0586	37.5932
Promedio			38.4173
Desv. Estándar			1.0685
Error Estándar			0.0278
G=S			
	m_i	m_f	s
1	0.0592	0.0360	39.1892
2	0.0433	0.0268	38.1062
3	0.0482	0.0303	37.1369
Promedio			38.1441
Desv. Estándar			1.0267
Error Estándar			0.0269
G>S			
	m_i	m_f	s
1	0.0691	0.0292	57.7424
2	0.0563	0.0259	53.9964
3	0.0703	0.0391	44.3812
Promedio			52.0400
Desv. Estándar			6.8921
Error Estándar			0.1324

Anexo 6 Propiedades Mecánicas

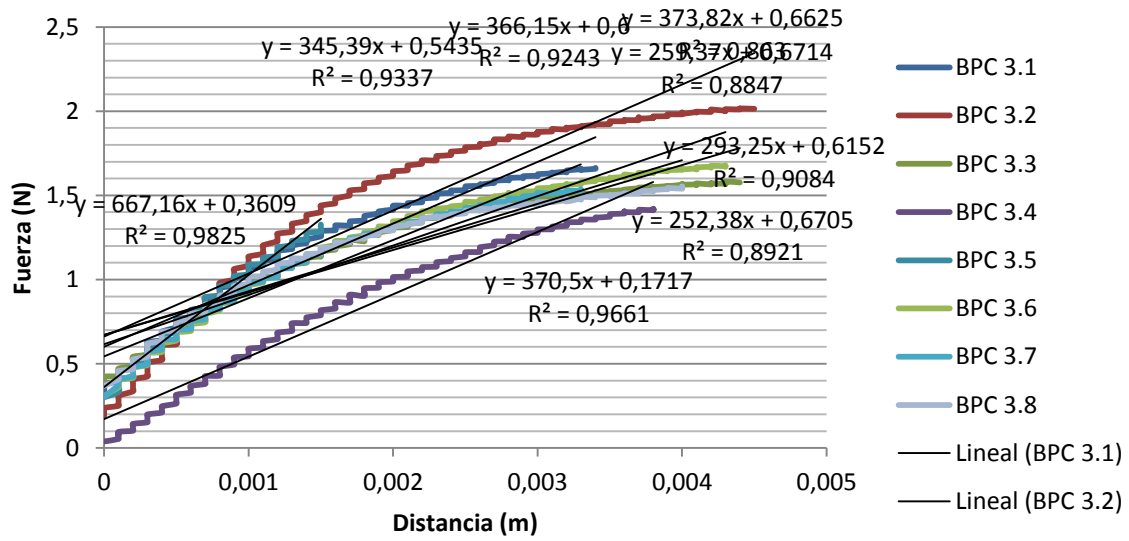
Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en Bolsas plásticas comercial (mejor conocidas como bolsas de “camiseta”)

Bolsa Plast. Comercial 1			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	731.04	21	65.7143
2	428.85	160.25	78.4740
3	806.39	6.374	64.8701
4	671.51	5.125	71.9481
5	764.71	4.875	69.3506
6	1173.5	26.25	63.1169
7	823.56	2.75	64.4481
8	798.79	23.25	74.0260
Promedio	774.7938	31.2343	68.9935
Desv. Estándar	205.3845	52.9748	5.4381
Error Estándar	0.2651	1.6960	0.0788
Bolsa Plast. Comercial 2			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	482.28	133.125	38.4416
2	421.99	158.375	37.5325
3	263.72	36.375	30.4545
4	239.37	76.75	35.1623
5	177.23	58.125	27.4675
6	142.05	78	27.1753
7	247.89	158.375	33.0844
8	253.45	33.375	36.3312
Promedio	278.4975	91.5625	33.2062
Desv. Estándar	116.0689	51.5587	4.4176
Error Estándar	0.4168	0.5631	0.1330
Bolsa Plast. Comercial 3			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	366.15	120.75	50.6169
2	373.82	163.375	57.3377
3	252.38	171.875	45.5519
4	370.5	170.25	53.5714
5	667.16	5.5	56.1364
6	293.25	169.5	49.3182
7	345.39	170.5	49.5779
8	259.37	168.125	43.3442
Promedio	366.0025	142.4844	50.6818

Desv. Estándar	131.3532	57.9167	4.8645
Error Estándar	0.3589	0.4065	0.096



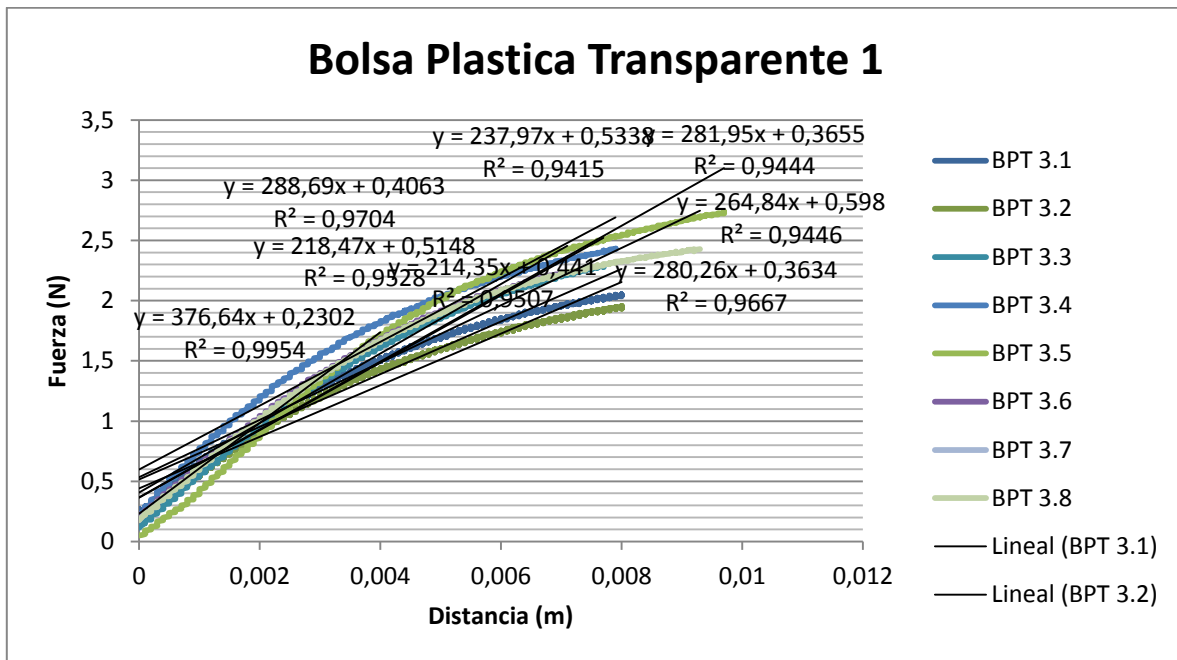
Bolsa Plástica Comercial 3

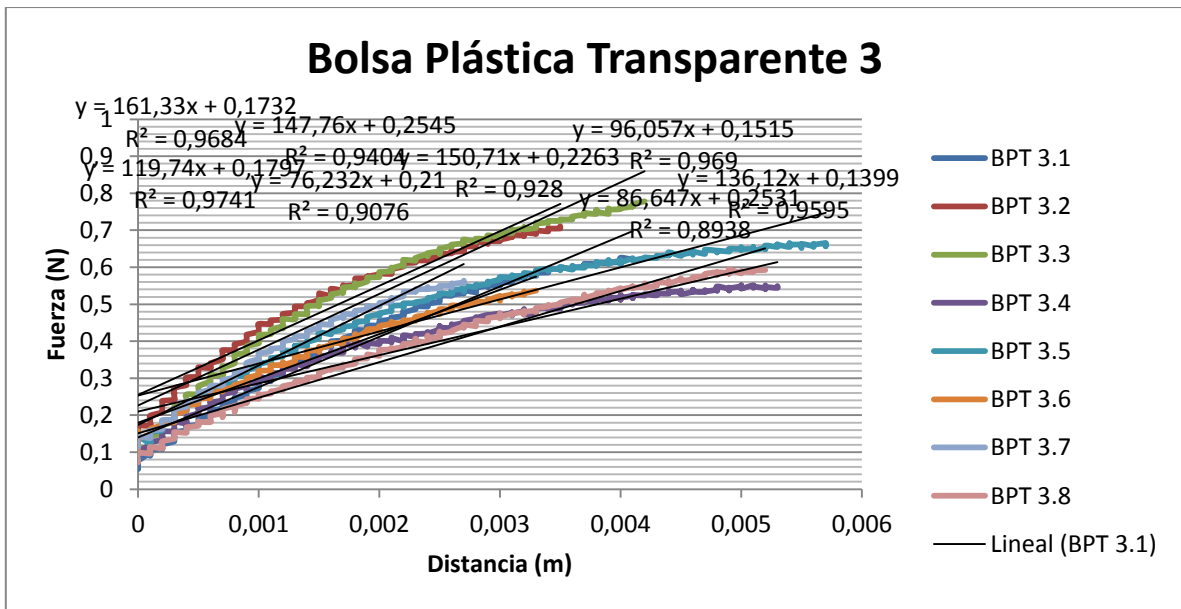
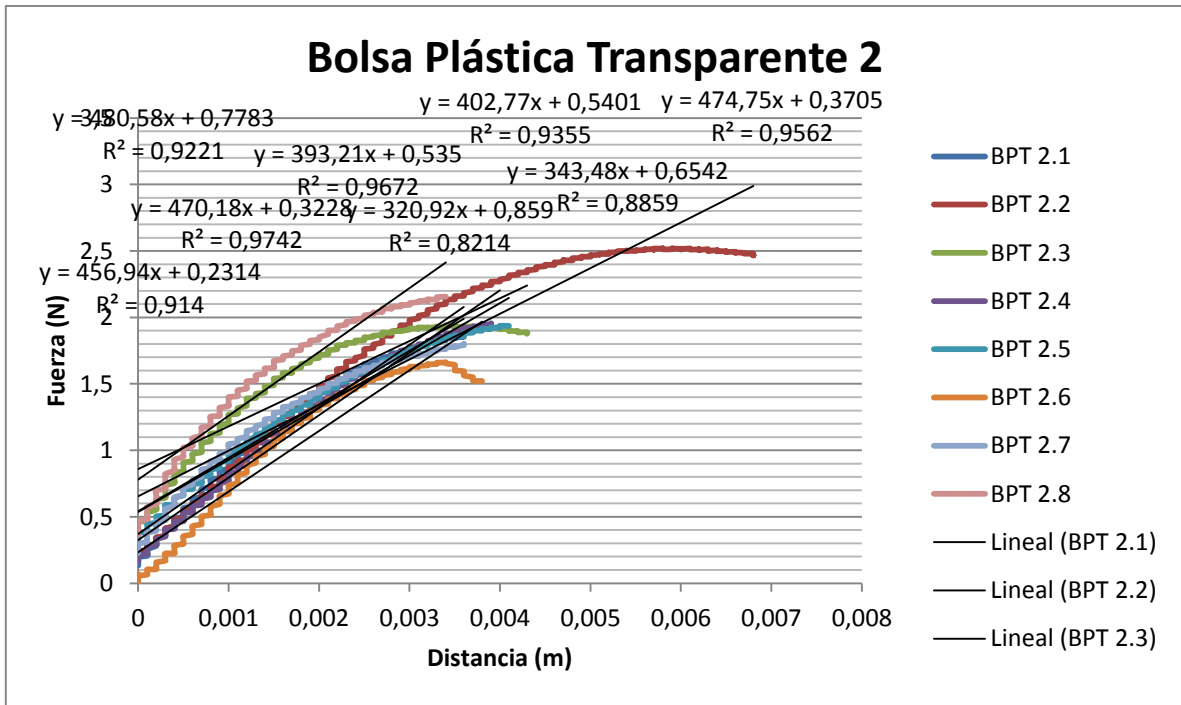


Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en Bolsas plásticas transparentes.

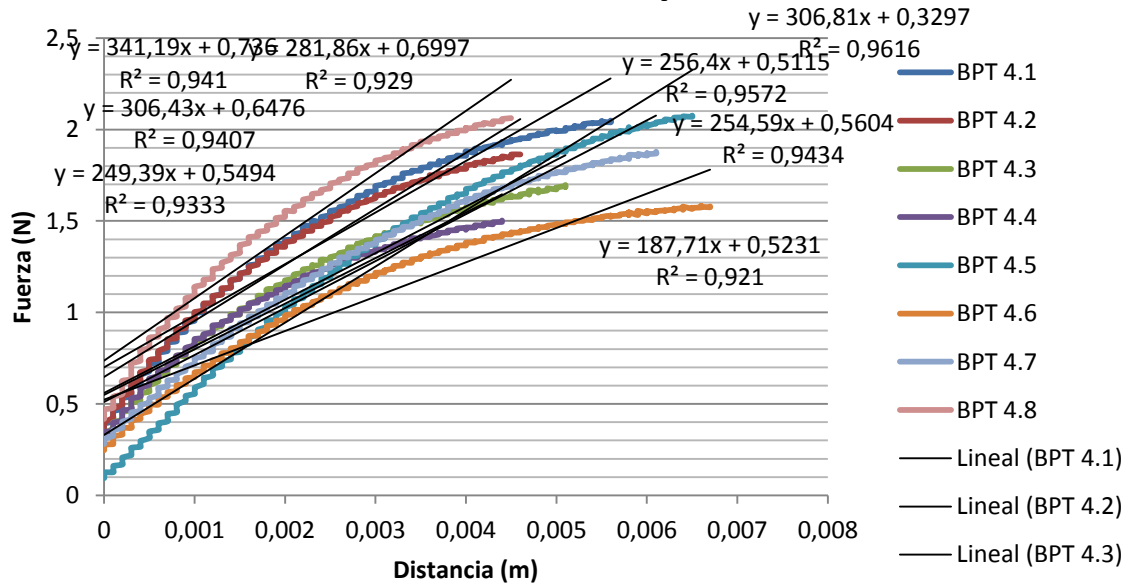
Bolsa Plast. Transparente 1			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	218.47	81.875	124.4481
2	214.35	81.875	119.4156
3	280.26	51	116.526
4	264.84	89.5	150.4545
5	281.95	142	171.2338
6	288.69	95.875	139.0584
7	376.64	53.875	103.2792
8	237.97	98.735	139.026
Promedio	270.3963	86.8419	132.9302
Desv. Estándar	51.7867	28.519	21.5534
Error Estándar	0.1915	0.3284	0.1621
Bolsa Plast. Transparente 2			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	474.75	4.625	60.5844
2	343.48	174.375	63.5065
3	320.92	36.125	48.3117
4	470.18	169.125	59.4156
5	393.21	6.125	64.7078
6	456.94	4.25	53.9935
7	402.77	96.5	48.6364
8	480.58	74.875	54.0909
Promedio	417.8538	70.7500	56.6558
Desv. Estándar	62.3355	70.9788	6.3518
Error Estándar	0.1492	1.0032	0.1121
Bolsa Plast. Transparente 3			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	136.12	154.75	26.0743
2	147.76	50.75	20.8442
3	150.71	169	12.7273
4	76.232	174.875	19.1883
5	86.647	174.875	23.7987
6	119.74	21	19.026
7	161.33	30	20.1948
8	96.057	41.25	21.1688
Promedio	121.8245	102.0625	20.3778
Desv. Estándar	32.197	71.6691	3.9061

Error Estándar	0.2643	0.7022	0.1917
Bolsa Plast. Transparente 4			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	281.86	171	70.0974
2	306.43	34.875	65.03247
3	254.59	175	60.0974
4	249.39	175	56.3961
5	306.81	174.75	73.40909
6	187.71	173	56.33117
7	256.4	164.25	69.61039
8	341.19	163.375	72.62987
Promedio	273.0475	153.9063	65.4505
Desv. Estándar	46.9579	48.3236	7.0484
Error Estándar	0.172	0.314	0.1077





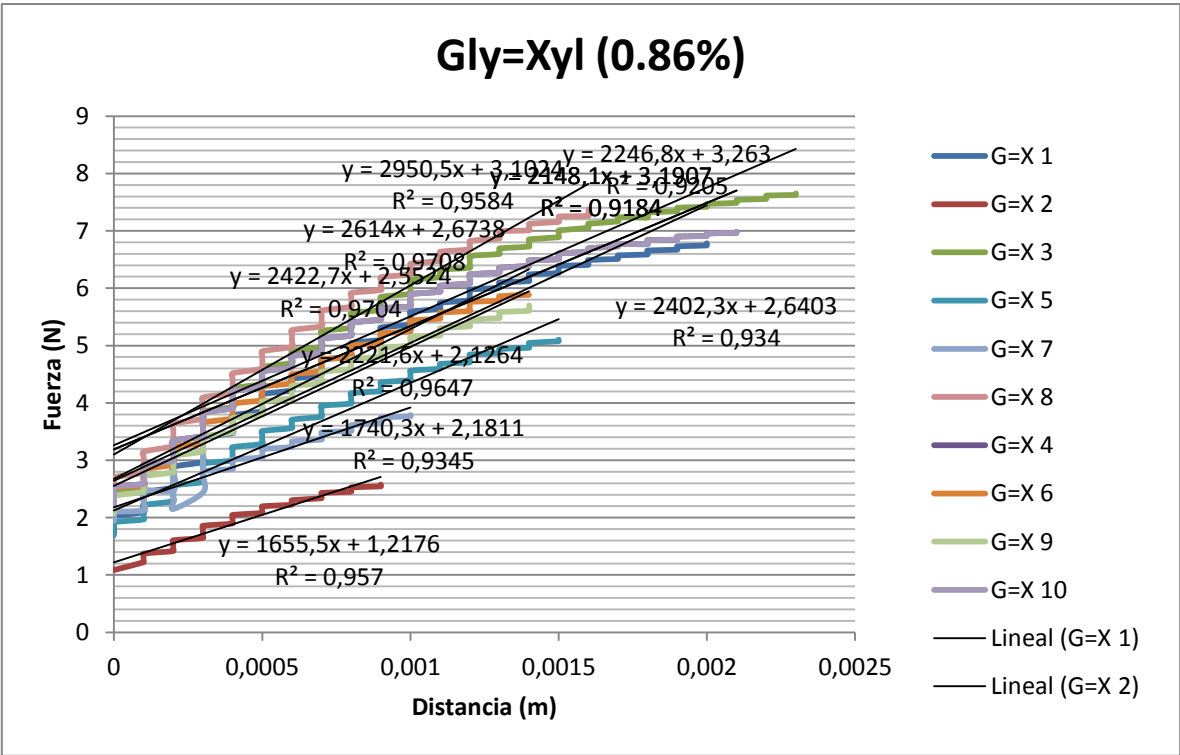
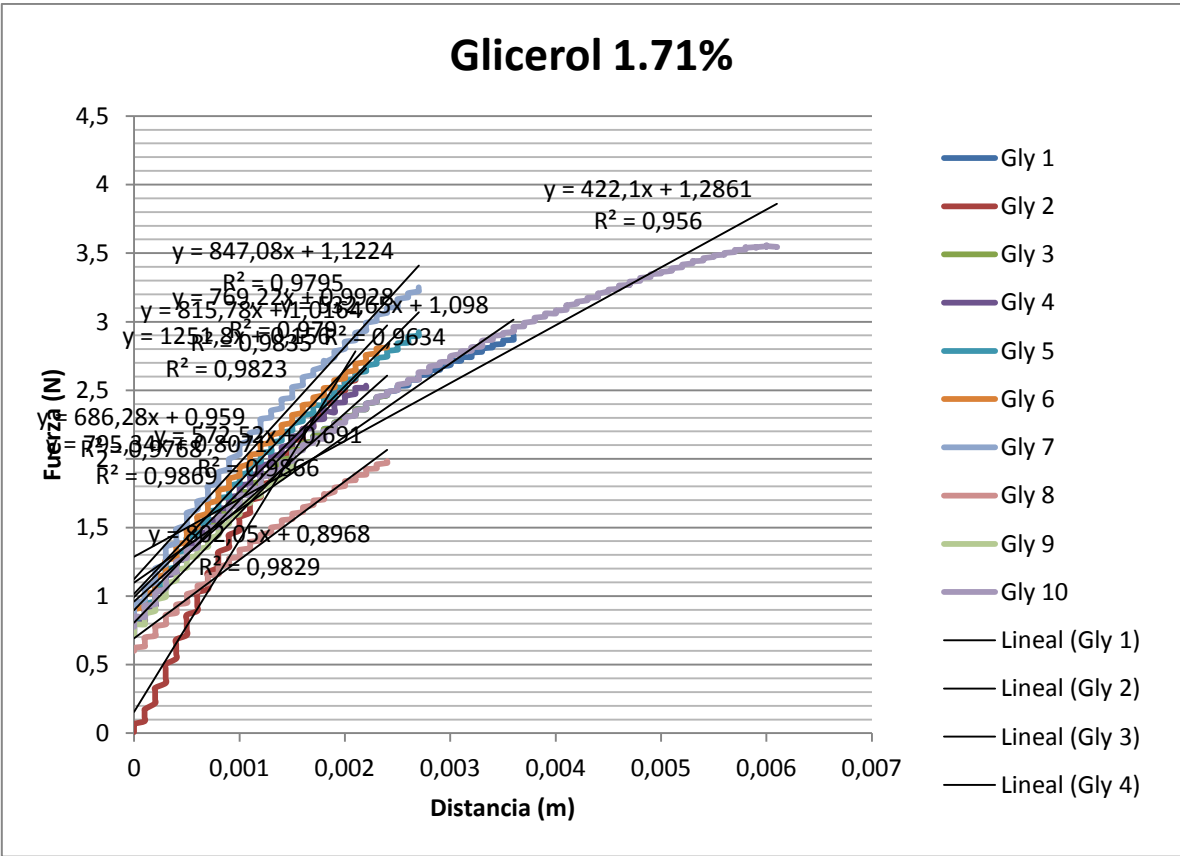
Bolsa Plástica Transparente 4

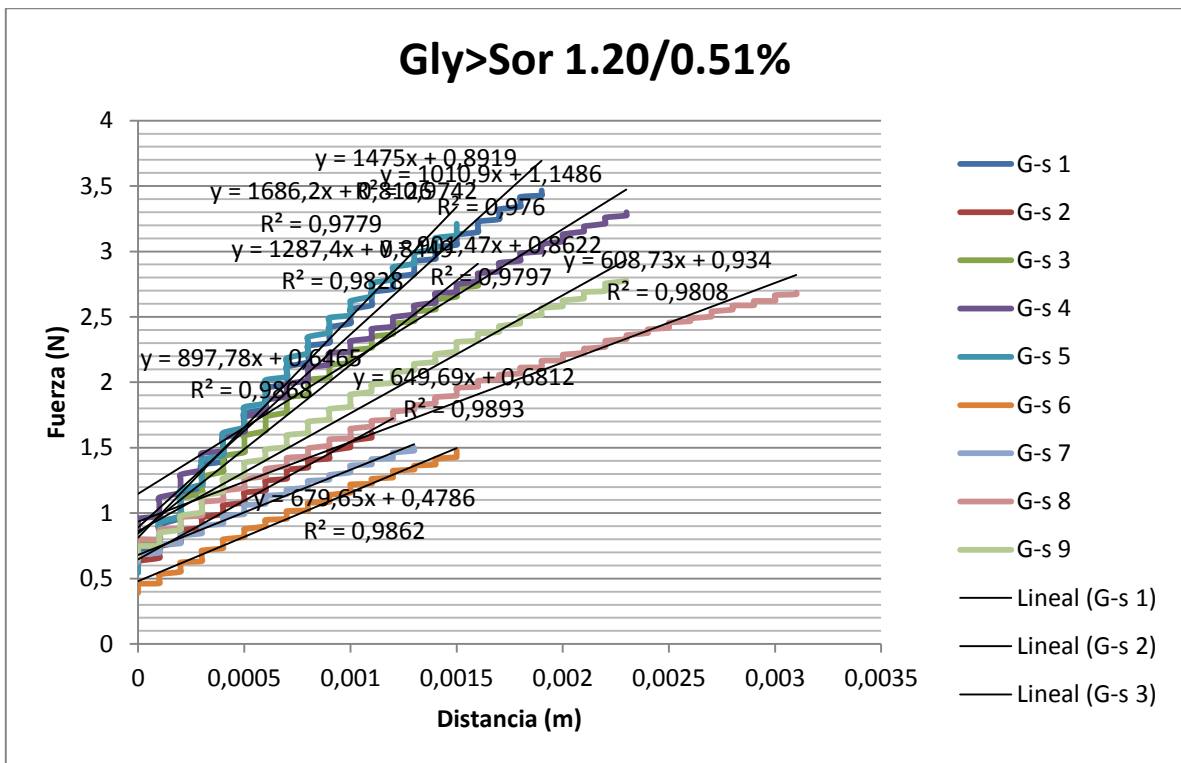
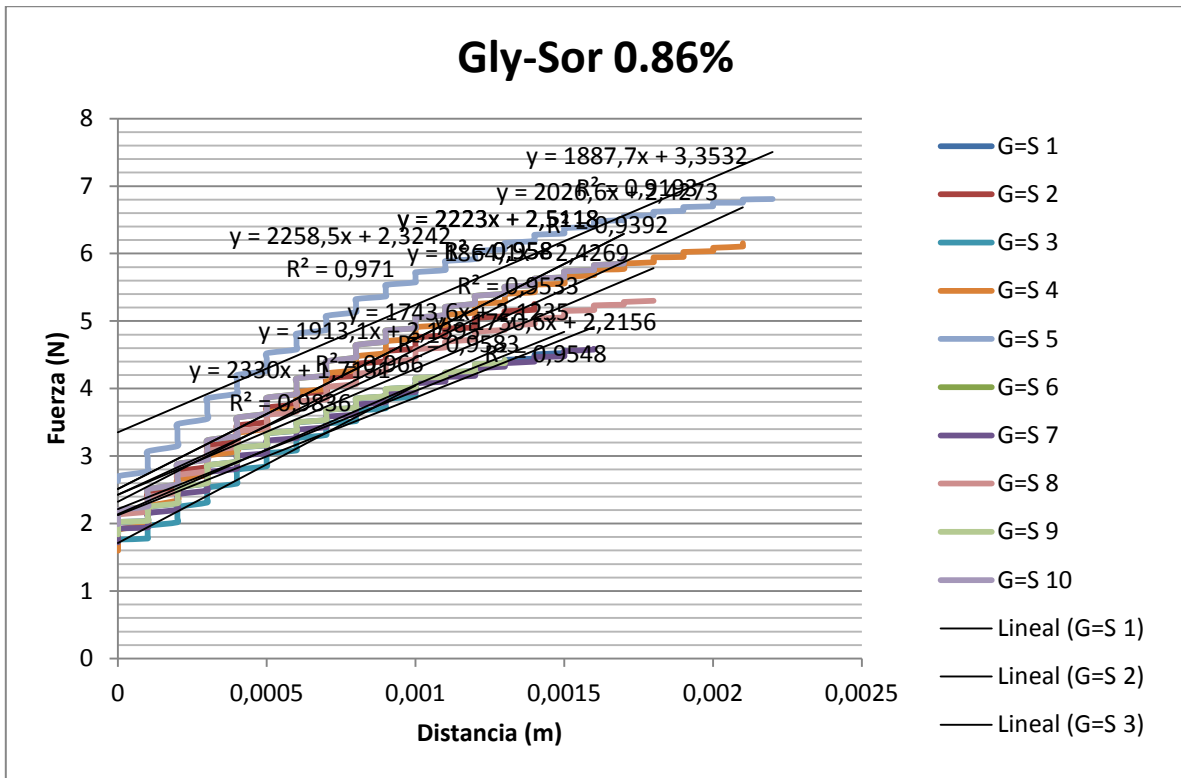


Resultados desglosados en el Modulo de Young, Elongación y Tensión en los Films elaborados con base en almidón de Jícama y Maíz.

Glicerol			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	532.65	23.25	22.0309
2	1251.8	16.5	27.0509
3	802.05	23.625	22.006
4	686.28	15.625	22.49
5	769.22	21.25	25.7086
6	815.78	24.5	27.49
7	847.08	21.5	27.49
8	572.52	17.125	18.9571
9	795.34	9.125	18.1986
10	424.44	7.5	17.7595
Promedio	749.716	18	22.9182
Desv. Estándar	225.9494	5.9809	3.8449
Error Estándar	0.3014	0.3323	0.1678
Glicerol=Sorbitol			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	1750.6	45.25	68.9158
2	2258.5	26.875	66.5323
3	2330	4.375	49.6505
4	2026.6	22.875	70.4480
5	1887.7	40.375	76.7473
6	2223	19.75	68.6201
7	1743.6	33.625	60.7527
8	1864.1	31.5	67.6254
9	1913.1	19.75	56.6667
10	1887.7	40.375	76.7473
Promedio	1988.4900	28.4750	66.2706
Desv. Estándar	211.8748	12.3256	8.5004
Error Estándar	0.1066	0.4329	0.1283
Glicerol>Sorbitol			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	1475	23.125	43.369
2	897.78	25.5	29.2848
3	1287.4	33	41.2099
4	1010.9	28.5	41.0495
5	1686.2	22.125	48.4158
6	679.65	16.125	22.0789

7	649.69	12.75	21.8917
8	608.73	31.625	32.4332
9	901.47	27.75	37.5936
10	1686.2	22.125	48.1578
Promedio	1088.302	24.2625	36.5484
Desv. Estándar	417.7588	6.4238	9.7701
Error Estándar	0.3839	0.2648	0.2673
Glicerol=Xilitol			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	2402.3	20.75	73.8399
2	1655.5	1.25	23.6511
3	2246.8	27.5	80.2878
4	2148.1	25.875	71.9155
5	2221.6	24.625	65.9083
6	2614	13.125	66.9964
7	1740.3	11.5	60.9083
8	2950.5	25.25	80.1079
9	2422.7	13.875	65.3058
10	2148.1	25.875	71.9155
Promedio	2254.99	18.9625	66.0836
Desv. Estándar	381.6304	8.645	16.1775
Error Estándar	0.1692	0.4559	0.2448
Glicerol>Xilitol			
#	Módulo de Young	Elongación	Tensión
1	1520.8	9.875	28.1036
2	1312.5	14.875	33.9781
3	1554.3	9.875	27.6426
4	1115.4	16.625	23.8641
5	947.79	20.125	27.3099
6	1638.8	17	39.1065
7	826.35	18.25	23.3413
8	1470.8	14.125	32.6949
9	1382.3	12.75	29.7196
10	1167.4	14	32.7329
Promedio	1293.644	14.75	29.8493
Desv. Estándar	271.6127	3.3701	4.8501
Error Estándar	0.21	0.2285	0.1625





Gly>Xyl 1.20/0.51%

