



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

**TESIS**

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN  
BIOPLASTICO A PARTIR DE CÁSCARA DE  
MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO  
EXTERIOR**

**Autor:**

**Bach. Escribano Cajo Víctor Manuel  
ID-ORCID: 0000-0002-2849-3164**

**Asesor:**

**Msc. Solano Cornejo Miguel Ángel  
ID ORCID: 0000-0002-8221-7443**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2020**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES.**

Quienes estuvieron presente en cada etapa importante que pasaba en la vida universitaria, para apoyarme en cada momento.

### **A MIMADRE.**

Yolanda cajo Alvarado, por darme esa confianza en todo momento y creer en mí.

### **A MIS HERMANOS.**

Que siempre me apoyaron y compañía que siempre me dieron.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A DIOS.**

A dios por haberme guiado y dado fortaleza para poder culminar mi carrera profesional.

### **A LA ESCUELA**

Ala Escuela Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior de Universidad Señor de Sipan que me dio la oportunidad, de conocer buenos docentes que brindaban una educación superior de calidad.

### **A MIS PROFESORES**

Por su tiempo sus conocimientos que transmitieron en el desarrollo de informe de tesis y de formación profesional.

## RESUMEN

La cáscara de fruto de maracuyá es un subproducto, producido en la región Lambayeque y de bajo costo. La presente investigación tiene como objetivo obtener un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá y como aditivo plastificante la glicerina. La incorporación de glicerina a partir de 25% afecto a la resistencia de tracción y elongación. La incorporación de glicerina reduce la absorción de agua en los bioplásticos. El bioplástico elaborado 100% cascara de maracuyá se obtuvieron las mejores propiedades mecánicas de tracción y elongación, son más hidrófilas en comparación con la que tenían glicerina. El espesor fue aumentando a la agregación de glicerina y están en dos matrices diferentes, una es las propiedades mecánicas, bioplástico hecho a cascara de maracuyá demostraron ser más resistentes y menos flexibles, la formulación basada en una mezcla de cascara de maracuyá y glicerina se obtuvieron resultados de ser menos resistentes a tracción y elongación. Los resultados sugieren que el bioplástico tenían alto contenido de absorción de agua y buenas propiedades mecánicas. Cumpliendo con la Norma UNE-EN 13432:2001.33 obtuvimos en el día 43 perdió el 93% masa inicial en compostaje, es un producto biodegradable. Los resultados mostrados en la investigación nos una alternativa para dar valor agregado a los residuos agroindustriales, en la elaboración de bioplástico para utilización en las diferentes aplicaciones industriales.

**Palabras claves.** Cascara de maracuyá, bioplástico, características mecánicas.

## ABSTRACT

The fruit shell of passion fruit is a by-product, produced in the Lambayeque region and inexpensive. The present investigation aims to obtain a bioplastic product from the passion fruit peel and glycerin as a plasticizer additive. The incorporation of glycerin from 25% affected the tensile strength and elongation. The incorporation of glycerin reduces the absorption of water in bioplastics. The bioplastic made from 100% passion fruit skin obtained the best mechanical properties of traction and elongation, more hydrophilic compared to that with glycerin. The time was better in the aggregation of the glycerin and in the different matrices, one is the mechanical properties, bioplastic fact, a passion fruit peel, will be demonstrated and will be kept in a mixture of passion fruit peel and glycerin. Results of being less resistant to traction and elongation. The results of the bioplastic had the water absorption content and good mechanical properties. Complying with the Standard UNE-EN 13432: 2001.33 we obtained on day 43 we obtained 93% of the initial mass in composting, it is a biodegradable product. The results shown in the research show us an alternative for added value and agroindustrial waste, in the production of bioplastic material for use in different industrial applications.

**Keywords.** Passion fruit shell, bioplastic, mechanical characteristics.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Antecedentes de estudio.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema. ....	5
1.3.1. Maracuyá.....	5
1.3.1.1. Clasificación Taxonómica.....	6
1.3.1.2. Características de la cascara de maracuyá.....	6
1.3.1.3. Pectina en cascara de maracuyá. ....	6
1.3.1.4. Características de una película biodegradable de recursos naturales. ....	6
1.3.1.5. Características mecánicas de los plásticos biodegradable.....	7
1.3.2. Glicerina.....	7
1.3.3. Biodegradación según norma: ASTM D 5488-944 Y UNE 13433:2001.....	7
1.3.3.1. Norma ASTM D 5488-944.....	7
1.3.3.2. Norma UNE 13433:2001 .....	7
1.3.4. Plástico biodegradable.....	8
1.3.4.1. Mecanismo de degradación.....	8
1.4. Formulación de problema.....	8
1.5. Justificación e importancia del estudio. ....	9
1.6. Hipótesis.....	9
1.7. Objetivo.....	10
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	10
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
2.1.1. Tipo.....	10
2.1.2. Diseño de la investigación.....	10
Tabla 1 ensayo experimental.....	11
2.2. Población y muestra.....	11
2.2.1. Población.....	11
2.2.2. Muestra.....	11
2.3. Variable, operacionalización.....	11
Tabla 2 variable y operacionalización.....	12

Tabla 3variable operacionalizacion.....	13
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	13
2.4.1. Bioplástico.....	13
2.4.2. Cáscara de maracuyá.....	13
2.4.3. Glicerina.....	13
2.4.4. Elaboración de bioplástico.....	14
Tabla 4 elaboración de bioplástico.....	14
2.4.4.1. Diagrama de bloques para la elaboración de bioplástico.....	14
2.4.5. Resistencia a la tracción y elongación.....	15
2.4.6. Medición de espesor de bioplástico.....	15
2.4.7. Absorción de agua.....	15
2.4.8. Evaluación de tiempo de degradación.....	16
2.4.9. Materiales e instrumento.....	16
2.4.9.1. Materia prima.....	16
2.4.9.2. Materiales.....	16
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	17
2.6. Criterio ético.....	17
2.6.1. Respeto a la propiedad intelectual.....	17
2.6.2. Respeto a la dignidad humana.....	17
2.6.3. Principios de rigor científico.....	17
2.7. Criterios de Rigor científico.....	17
2.7.1. Fiabilidad.....	17
2.7.2. Validez.....	17
2.7.3. Replicabilidad.....	17
III. RESULTADOS.....	18
3.1. Resultados en Tablas y Figuras.....	18
3.1.1. Resistencia tracción y Elongación.....	18
Tabla 5 Evaluación de tracción y elongación.....	18
Tabla 6 Modelo secuencial Suma de cuadrados para tracción.....	19
Tabla 7 resumen estadístico del modelo, para la tracción.....	20
Tabla 8 Análisis de varianza para la tracción.....	20
Tabla 9 Coeficiente estadístico para la tracción.....	21
3.1.2. Medición de espesor.....	24
3.1.3. Absorción de agua.....	28
3.2. Discusión de resultados.....	34
3.2.1. Medición de espesor.....	35

3.2.2.	Absorción de agua.....	35
3.2.3.	Degradación .....	36
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
4.1.	Conclusiones.....	37
4.2.	Recomendación.....	37
	REFERENCIAS .....	38
	ANEXOS.....	41
	ANEXOS 1. elaboración de bioplástico.....	41
	Anexo 2. Medición de tracción y elongación.....	43
	Anexo 3. Medición de espesor.....	46
	Anexo 4 absorción de agua.....	48



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 ensayo experimental .....	11
Tabla 2 variable y operacionalizacion.....	12
Tabla 3variable operacionalizacion .....	13
Tabla 4 elaboración de bioplástico .....	14
Tabla 5 Evaluación de tracción y elongación.....	18
Tabla 6 Modelo secuencial Suma de cuadrados para tracción .....	19
Tabla 7 resumen estadístico del modelo, para la tracción .....	20
Tabla 8 Análisis de varianza para la tracción .....	20
Tabla 9 Coeficiente estadístico para la tracción .....	21
Tabla 10 modelo secuencial suma de cuadrados para elongación.....	22
Tabla 11 resumen estadístico del modelo, para la elongación .....	22
Tabla 12 Análisis de varianza para la elongación .....	23
Tabla 13 Coeficiente estadístico para la tracción .....	23
Tabla 14 modelo secuencial suma de cuadrados para medición de espesor .....	25
Tabla 15 resumen estadístico del modelo, para la medición de espesor .....	26
Tabla 16 Análisis de varianza para la medición de espesor .....	26
Tabla 17 Coeficiente estadístico para la medición de espesor .....	27
Tabla 18 modelo secuencial suma de cuadrados para evaluación de absorción de agua .....	28
Tabla 19 resumen estadístico del modelo, para la evaluación de absorción de agua ..	29
Tabla 20 Análisis de varianza para la evaluación de absorción de agua.....	29
Tabla 21 Coeficiente estadístico para la evaluación de absorción de agua.....	30
Tabla 22 modelo secuencial suma de cuadrados para evaluación de degradación .....	31
Tabla 23 resumen estadístico del modelo, para la evaluación de degradación .....	32
Tabla 24 Análisis de varianza para la evaluación de degradación .....	32
Tabla 25 Coeficiente estadístico para la evaluación de degradacion. ....	33

## INDICE DE FIGURAS

Figura. 1 cuadro de flujo.....	14
Figura 2. Evaluación de tracción .....	18
Figura 3 Evaluación de elongación .....	19
Figura. 4 la variabilidad de tracción .....	21
Figura 5 la variabilidad de elongación .....	24
Figura 6 Evolución de espesor de bioplastico (mm) .....	25
Figura: 7 La variabilidad de espesor.....	27
Figura 8 evaluación de absorción de agua (%).....	28
Figura 9 La variabilidad de absorción de agua .....	30
Figura 10 evaluación de degradación .....	31
Figura 11La variabilidad de degradacion .....	33

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental a nivel mundial ha crecido debido a producción de plásticos sintéticos, que estos son productos utilizados por la población en diferentes propósitos como en la medicina, industria, hogares. Esto un uso imprudente de los polímeros sintéticos de un solo uso, estos son arrojados y acumulados en los océanos. Los plásticos tienen contacto con la naturaleza tiene reacciones contaminantes a lo que afecta a la flora y fauna, las especies marinas, los seres humanos también son afectados. (Gutow & Bergmann, 2018)

El crecimiento de los residuos de plásticos en el mundo se estima de un 5-13 millones de toneladas entrante en los océanos en 2010 y los estudios realizados de una proyección a 2025 el crecimiento llegaría a 250 toneladas de basura plásticas. (Gutow & Bergmann, 2018)

Las consecuencias que se ven reflejados en la actualidad, con calentamiento global, con la descontrolada producción de las industrias de plásticos, y que estos residuos plásticos en los océanos es la persistencia de partículas flotantes, las cuales se asemejan al zooplancton y pueden ser ingeridas por animales marinos, y a través de estos llegar al ser humano (Vejarano Mantilla & Siche Jara, 2017).

Se propone reemplazar de los plásticos artificiales por los bioplásticos elaborados de los recursos naturales 100 % degradable, aproximadamente tarde en 90 días en degradarse en la naturaleza.

El bioplástico elaborado a partir de cascara de maracuyá comparte las mismas características mecánicas de los plásticos derivados del petróleo.

La cáscara es subproducto de la agroindustria, que se desecha como desperdicio durante el procesamiento, las investigaciones científicas han señalado la gran cantidad de pectina que poseen en la cascara (mesocarpio), una gran oportunidad para su uso industrial de plásticos biodegradables, que tienen buenas propiedades mecánicas.

## **1.1. Realidad problemática.**

Los problemas que van siendo reflejados en el medio ambiente y cada ecosistema marino y terrestre agrava el calentamiento global, por los usos de productos sintéticos que no degradan en la naturaleza, como es el consumo de plásticos sintéticos que estos liberan toxinas tóxicas durante su vida útil y en la eliminación del medio ambiente. (Ohidul, Mukaddis, & Ding, 2018)

El uso de los materiales plásticos sintéticos genera un problema en la contaminación ambiental por los usos que le generamos como: bolsas, empaques, botellas, etc, esto tiene un tiempo de vida útil de uso, y son desechados en la intemperie del medio ambiente. (Ohidul, Mukaddis, & Ding, 2018)

Los países en mayor producción de plásticos tenemos a China país principal en producción de plástico con un 24,8% de la producción mundial total (299 millones de toneladas) y el continente europeo se encuentra en segundo lugar con una producción de 57 millones de toneladas de plásticos, es un 20% de producción mundial. (Plastics.Europa, 2015)

Perú presenta según el 5to informe anual de Ministerio del Ambiente de residuos sólidos, en el año 2012 se generaron aproximadamente 7.1 millones de toneladas de residuos sólidos, siendo Lima la región que lidera en desechos inorgánicos, la Libertad con 275 mil toneladas, Piura 253 mil toneladas, etc, la producción per cápita es 0.58 kg de residuos sólidos, en una familia desecha 40 kg de plástico al año. (MINAM, 2012)

Debido a la gran cantidad de producción de plásticos sintéticos, se investiga buscar alternativas en producir materiales que permitan sustituir el plástico sintético con las mismas características físicas, con un menor tiempo de degradación en la naturaleza.

Los biopolímeros, tienen las características físicas y químicas para poder sustituir por los plásticos sintéticos, el más empleado es el almidón que tiene dos macromoléculas amilo-asa y amilopectina. (Labeaga Viteri, 2018)

Los desechos cítricos y especialmente la cascara de maracuyá es una fuente rica en pectina contiene aproximadamente en 20 a 25%, es un gran elemento para mejorar la reutilización de residuos de maracuyá tiene mayores cantidades de cascara en 50-60%, poseen cantidades de carbohidratos y fibra, su utilidad que le dan es como elaboración de compost orgánico. (Flores Cornejo & Tenorio Torres, 2012)

## **1.2. Antecedentes de estudio.**

En esta tesis de investigación se realizó el trabajo titulado: Desarrollo y caracterización de film flexible a base de harina de mesocarpio de almidón y maracuyá con nano partículas. Por los autores: (TA Nascimento, Calado, & CWP Carvalho, 2012). Quienes en su resumen mencionaron: El desarrollo de la harina de mesocarpio de fruta de la pasión (MF) es un material de bajo costo, ya que se puede producir a partir del procesamiento industrial de jugos. El objetivo de este estudio fue desarrollar películas flexibles basadas en MF y caracterizar sus propiedades de barrera, químicas, microscópicas, térmicas y mecánicas, así como evaluar las propiedades reológicas de la solución film ogénica utilizada para producirlas. También se investigó el uso de nano partículas de arcilla (NP). Las películas de MF se prepararon mediante el método de fundición, con glicerol como plastificante. La solución formadora de película de MF era más viscosa que las soluciones de almidón. Los resultados de los valores de ángulo de contacto mostraron que las películas hechas de MF son más hidrófilas en comparación con el almidón, pero no hubo una diferencia significativa en la permeabilidad al vapor de agua (WVP) y el espesor entre estas dos matrices diferentes. Con respecto a las propiedades mecánicas, las películas hechas de MF demostraron ser más resistentes, más fuertes y menos flexibles. La formulación basada en una mezcla de MF y almidón dio como resultado películas menos rígidas y menos resistentes a la tensión, en comparación con las películas basadas solo en MF. La adición de NP no influyó en las propiedades de barrera, térmicas y mecánicas de las películas. Por lo tanto, preparar películas de MF, un material barato, es una nueva alternativa para eliminar residuos de las industrias de jugos.

En esta investigación se realizó el trabajo titulado: Elaboración de Bioplástico a base de cascara de plátano. Por los autores: (Castillo, y otros, 2015). En resumen, mencionó que: La investigación consistió en la extracción del almidón contenido en las cáscaras de plátano, las cuales son consideradas residuos agrícolas, para utilizarlo como materia prima para la producción de bioplásticos. La extracción del almidón, se inició con el rayado del endocarpio, desechándose el exocarpio; una vez obtenido el rayado se procedió a su inmersión en una solución antipardeante (concentrado de jugo de cítricos). Posteriormente, se procedió a la elaboración del bioplástico, ya que gran parte de las investigaciones realizadas sobre estos biomateriales, en los últimos años,

se han concentrado en reducir costos de producción y aumentar la productividad utilizando diversas estrategias.

En esta tesis de investigación, se realizó el trabajo de investigación titulado: Aprovechamiento y Utilización de extractos de cascara de mango en las películas biodegradables para envasado activo. Elaborado por los autores (Ni adilah, Jamilah, MA Noranizan, & Za Nur Hanani, 2018). Quienes en resumen dan a conocer: El extracto de cáscara de mango (MPE) se incorporó a las películas de gelatina de pescado para determinar sus propiedades físicas, de barrera, mecánicas y antioxidantes para el envasado de alimentos activos. Se prepararon películas con tres concentraciones diferentes de MPE (1–5%) mediante el método de fundición en solución. Las películas incorporadas con MPE mostraron una disminución ( $P > 0.05$ ) de la permeabilidad al vapor de agua (WVP) y una menor solubilidad de las películas ( $P \leq 0.05$ ). El alto nivel de películas MPE también mostró una formación de película más rígida y menos flexible. Las películas de tinte coloreado y una reducción en la transparencia se debieron a los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de gelatina de pescado y el contenido fenólico dentro de la matriz de la película. También se observaron mayores actividades de captación de radicales libres para películas con concentraciones más altas de MPE.

En esta investigación, se realizó el trabajo de investigación titulado: Producción optimizada y escalada de películas compuesta biodegradable reforzada con celulosa compuesta de residuos de procesamiento de zanahorias. Por los autores: (Otoni, y otros, 2018). En resumen. Describen la creciente preocupación ambiental que surge de la explotación sin restricciones de fuentes fósiles para la producción masiva de materiales no biodegradables fomenta la investigación de recursos renovables alternativos. Aquí allanamos el camino para la producción de biocompuestos biodegradables compuestos de residuos de procesamiento mínimo de zanahoria (CMPW) optimizando su combinación con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y fibras de celulosa micro fluidizadas de alta presión, que desempeñaron roles de ligando y refuerzo mecánico, respectivamente. Los diseños de mezcla ternaria establecieron modelos matemáticos dirigidos a correlaciones estructura-composición-propiedad, permitiendo predecir de manera innovadora sus rendimientos mecánicos sin la necesidad de experimentos adicionales. La formulación optimizada comprendía 33% en peso de CPMW y dio lugar a biocompuestos biodegradables con California.

30 MPa de resistencia a la tracción, ca. 3% de alargamiento a la rotura, y ca. 2 GPa del módulo de Young, propiedades adecuadas para aplicaciones de envasado de alimentos. Finalmente, el protocolo de formación de película se amplió con éxito a través de un enfoque de fundición continua, permitiendo la producción de 1.56 m<sup>2</sup> de biocompuesto biodegradable en cada hora. Si bien la ampliación no afectó la barrera de la película a la humedad, sí afectó su comportamiento mecánico.

En esta revista de investigación se realizó el trabajo de investigación titulado: Caracterización y propiedades de los compuestos de película polimérica biodegradable a base de poli vinil alcohol y harina de residuos de frutas tropicales. Por los autores: (Zhong, Hanafi, & Yi, 2018). En resumen, describen la, caracterización y las propiedades de los compuestos de películas de polímeros biodegradables a base de alcohol polivinílico (PVOH) y harina de residuos de frutas tropicales (TFWF). Se utilizaron tres tipos de TFWF, es decir, harina de rambután, harina de banano y harina de jaca. Se estudiaron las propiedades de tracción, absorción de agua, transmisión de vapor de agua, intemperismo natural y morfológicas de los compuestos de PVOH y TFWF. Los resultados globales mostraron que los compuestos de película de polímero biodegradable preparados mezclando el TFWF y el PVOH exhibieron una gran variedad de perfiles de propiedades.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema.**

#### **1.3.1. Maracuyá.**

Fruto maracuyá está en una forma globosa u ovoide, de color amarillo en su estado de madurez óptimo con su consistencia fuerte, lisa y cerosa. En el interior está formada por múltiples de semillas pequeñas, negras y planas de forma oval, cada una está rodeada de un arilo que contiene el líquido con propiedades aromáticas, vitaminas y minerales. (Guidi, Quiroga, & Zyla, 2010)

Fruto de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* L.) se conoce en dos variedades: amarillo y morado. Siendo la más comercial amarilla que compone de 50-55 g de cascara por 100g de fruta fresca, esta cascara son desechadas como residuo después del procesamiento que extraído el jugo que es empleado en diferentes procesamientos industriales. (Escobedo Soberon, 2013)

#### **1.3.1.1. Clasificación Taxonómica.**

Clase: Dicotiledónea

Orden: Parietales

Suborden: Flacourtíneas

Familia: Passifloraceae

Género: Passiflora

Especie: edulis.

#### **1.3.1.2. Características de la cascara de maracuyá.**

La cáscara (mesocarpio) de la fruta maracuyá es un subproducto de la producción industrial de jugos, néctares, mermeladas, etc. y su peso corresponde a aproximadamente el 90% de la fruta fresca que se desecha como desperdicio durante el procesamiento. En lo empleados en forma de compus orgánico. En los diferentes estudios han señalado la cantidad significativa de pectina contenida en el mesocarpio de la fruta de la pasión y su conversión en productos que ofrecen una gran oportunidad para su uso de elaboración de un plástico biodegradable. (TA Nascimento, Calado, & CWP Carvalho, 2012)

#### **1.3.1.3. Pectina en cascara de maracuyá.**

En las cascara de maracuyá contiene pectina que es un carbohidrato complejo, una sustancia amorfa, que se encuentra en las frutas cítricas y ciertos vegetales, como un componente estructural importante de las paredes celulares y una buena alternativa a los materiales biodegradables. (Escobedo Soberon, 2013)

#### **1.3.1.4. Características de una película biodegradable de recursos naturales.**

El mesocarpio en pequeñas partículas que tiene pectina se forma una homogenización con almidón y glicerol, permite la elaboración de una película biodegradable que tienen propiedades mecánicas a igual a un plástico sintético que es comercializado en el mercado. Por lo tanto, en función del contenido de pectina del mesocarpio, se puede obtener una película flexible. (TA Nascimento, Calado, & CWP Carvalho, 2012).



### **1.3.1.5. Características mecánicas de los plásticos biodegradable.**

Plástico biodegradable fabricado tienen que tener características de resistencia para dar protección al producto contenido para su diferentes manipulaciones o almacenamiento. (Vejarano mantilla & siche Jara, 2017)

Resistencia tracción. La capacidad de resistir a deformación (Vejarano mantilla & siche Jara, 2017)

### **1.3.2. Glicerina.**

La glicerina se presenta en un alcohol con tres grupos hidroxilo, cual es soluble en agua, sus características físicas son de un líquido incoloro y viscoso, no genera reacciones secundarias y permite ser un plastificante. Presenta su fórmula química C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>. (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007)

### **1.3.3. Biodegradación según norma: ASTM D 5488-944 Y UNE 13433:2001.**

#### **1.3.3.1. Norma ASTM D 5488-944.**

Define la biodegradabilidad como la capacidad de un material natural y la capacidad de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa. En general, un polímero es biodegradable si su degradación resulta de que los microorganismos como bacterias, hongos destruyan su estructura celular. Diferentes factores requeridos para que pueda darse un proceso de biodegradación: presencia de microorganismos, presencia de aire (en caso de que se requiera), humedad y minerales necesarios, temperatura adecuada dependiendo del tipo de microorganismo (entre 20 °C y 60 °C) y un valor de pH adecuado que este (entre 5 y 8). (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007)

#### **1.3.3.2. Norma UNE 13433:2001**

Evalúa la degradación, la cual se manifiesta a través de la fragmentación física del material en fragmentos de menor tamaño y pérdida de visibilidad del residuo (ausencia de contaminación visual) antes de 90 días, con un tamaño inferior a 2 x 2 mm y que alcance el 90% de pérdida de la masa inicial.

### **1.3.4. Plástico biodegradable.**

La elaboración de plásticos degradables son sustancias formadas por macro células orgánicas llamadas polímeros. Los bioplásticos son producidos a partir de polímeros de origen natural (frutas y verduras), son de fuentes renovables y como el resultado representa un producto de fácil degradación. (ESTRADA MORA, 2012)

Los plásticos biodegradables son metabolizados y degradado por los microbios presentes en la naturaleza en presencia o ausencia de oxígeno, genera dióxido de carbono y sustancias sencillas y fácilmente asimilables por el medio ambiente, los procesos que se genera es fermentación mediados por microorganismos especiales. Los recursos que proviene de fuentes naturales, pueden ser metabolizados por otros microorganismos, los productos transformado a plásticos son reconocidos biológicamente como susceptibles de ser degradados por las enzimas que los microorganismos secretan. (Fernando de Fuente, 2015)

Degradación es la pérdida de su estructura molecular por las reacciones químicas que se generan por los microorganismos degradadores presentes en la naturaleza, generan propiedades de pérdida de masa, volumen y características físicas. (Fernando de Fuente, 2015)

#### **1.3.4.1. Mecanismo de degradación.**

- ✓ Degradación térmica.
- ✓ Fotodegradación.
- ✓ Oxidación mediante aditivos químicos.
- ✓ Degradación térmica.
- ✓ Degradación mediante la acción de microorganismo como: (bacterias, hongos o algas).
- ✓ Degradación mecánica.

### **1.4. Formulación de problema.**

¿Cuál es la formulación de un bioplástico a partir de cascara de maracuyá (*passiflora edulis*) y evaluaciones mecánicas?

### **1.5. Justificación e importancia del estudio.**

Realizar estudios científicos para el proceso de elaboración de un bioplástico de cascara de maracuyá, para reemplazar el uso de plásticos sintéticos.

En la región Lambayeque produce fruto maracuyá, la empresa como: Quicornac S.A.C, Agroindustria AIB S.A. y Frutos Tongorrape S.A. y sus procesos de las distintas empresas deja como residuos la cascara de maracuyá en grandes cantidades, el propósito es aprovechar estos residuos, para realizar estudio de la elaboración de un bioplástico a partir de la cascara de maracuyá.

Propósito de investigar en la elaboración de un bioplástico a partir de cascara de maracuyá, se basa en la creciente demanda de plásticos sintético que se utiliza por un solo uso como las bolsas y que esto genera contaminación en la naturaleza, importante de generarle un valor agregado ya que no son empleados en las industrias.

La alternativa contribuir con la naturaleza, aprovechando los residuos naturales como es la cascara de maracuyá que contiene pectina es la característica óptima para ayudar a la elaboración de un bioplástico. Garantiza de un producto flexible, manejable y de menor tiempo de degradación en la naturaleza.

Transmitir a la sociedad producto flexible, no tóxico, de uso doméstico y biodegradable.

Los diferentes estudios de investigación nos dan a conocer que los productos biodegradables no generan ninguna consecuencia con la naturaleza, a diferencia de plásticos sintéticos que son contaminante.

### **1.6. Hipótesis.**

Hi: Es posible obtener un bioplástico a partir de cascara de maracuyá (*passiflora edulis*).

Ho: No es posible obtener un bioplástico a partir de cascara de maracuyá (*passiflora edulis*).

## **1.7. Objetivo.**

### **Objetivo general.**

Desarrollar y caracterizar un bioplastico a partir de cascara de maracuyá (*passiflora edulis*).

### **Objetivo específico.**

- Determinar los porcentajes de mezcla de cascara de maracuyá y glicerina, para elaborar bioplastico con la mejor característica mecánicas.
- Evaluar el tiempo de degradación del bioplastico según la norma UNE-EN 13432:2001.

## **II. MATERIALES Y MÉTODO.**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación.**

#### **2.1.1. Tipo.**

Tipo de investigación que se realizará es cuantitativa, que abarcará la realización de tratamientos con niveles y factores distintos y su análisis estadístico para constatar la veracidad de los datos.

#### **2.1.2. Diseño de la investigación.**

El diseño que se utilizara para la presente investigación es el experimental, que someterá a diferentes porcentajes de mezcla como es, cascara de maracuyá, glicerina y agua destilada se mantendrá a igual a peso de cascara de maracuyá a utilizar, para establecer los porcentajes en utilizar se realizaron muestra previas preliminares se establecieron los rangos de la composición de las mezclas.

El estudio es tipo mezcla con un diseño inicial simplex de 5 corridas, de modelo cuadrático.

**Tabla 1** ensayo experimental

<i>Ensayo</i>	<i>Cáscara de maracuyá (%) constante</i>	<i>Cáscara de maracuyá (%)</i>	<i>de Glicerina (%)</i>
1	25 %	75%	0%
2	25%	56.25%	18.75
3	25%	37.5%	37.5%
4	25%	18.75%	56.25
5	25%	0	75%

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Población y muestra.**

### **2.2.1. Población.**

Estará definida la cascará de maracuyá y glicerina, procedente de la región Lambayeque, se obtendrá muestra que serán sometida a diversos estímulos de mezcla, según tipo de bioplástico.

### **2.2.2. Muestra**

Bioplástico realizada por cascara de maracuyá y glicerina.

## **2.3. Variable, operacionalización.**

Afirma que la definición operacional “es el proceso a través del cual se establecen los procedimientos que permiten las obtenciones de datos de la realidad para verificar las hipótesis y solucionar el problema” considerando dentro del proceso la determinación de los indicadores y la definición de métodos e instrumentos.

**Tabla 2** variable y operacionalización.

<b>Determinar la mezcla optima</b>			
<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica e instrumento de recolección de datos</b>
<b>Variables Independientes</b>			
<b>componentes de la mezcla: cascara de maracuyá.</b>	25 a 100	%	Análisis másico (p/p)
<b>Glicerina.</b>	75 a 0	%	Análisis másico (p/p)
<b>Variables Dependientes</b>			
<b>Resistencia a tracción y Elongación.</b>		(MPa)	Texturometro
<b>Medición de espesor</b>		mm	Vernier
<b>Absorción de agua</b>		%	ABNT NBR NM ISO 535

*Tabla 3 variable operacionalización*

✓ <b>Determinar el tiempo de biodegradabilidad del bioplástico por, método gravimétrico</b>			
<b>Variable independiente</b>	Dimensión	Indicador	Técnica e instrumento de recolección de datos
<b>Humedad</b>	45 a 50	%	Norma UNE-EN 13432:2001.33.
<b>Ph</b>	5.0 a 9.0	Acidez	
<b>Intervalo de tiempo</b>	7, 14, 20, 27 y 90	Días	
<b>Variable dependiente</b>			
<b>Tiempo degradación</b>		Días	Norma UNE-EN 13432:2001.33.

## **2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1. Bioplástico.**

El bioplástico se realizará con producto naturales, que se utilizaran cascara de maracuyá y glicerina.

### **2.4.2. Cáscara de maracuyá.**

Es el residuo agroindustrial producido en grandes volúmenes por las empresas de la región Lambayeque.

### **2.4.3. Glicerina.**

Producto glicerina se utilizó como un agente plastificante, para tener una flexibilidad y la resistencia en bioplástico.

#### 2.4.4. Elaboración de bioplástico.

Cada unidad experimental se realizará de 100 gr servirá para la formación de bioplástico. g

Formulación en utilizar en la elaboración de bioplástico en 100g son:

**Tabla 4** elaboración de bioplástico

Cáscara de maracuyá. (G). constante	Cáscara de maracuyá (G)	Glicerina (G)	Total (G)
25	75	0	100
25	56.25	18.75	100
25	37.5	37.5	100
25	18.75	56.25	100
25	0	75	100

Fuente: elaboración propia.

#### Diagrama de bloques para la elaboración de bioplástico.

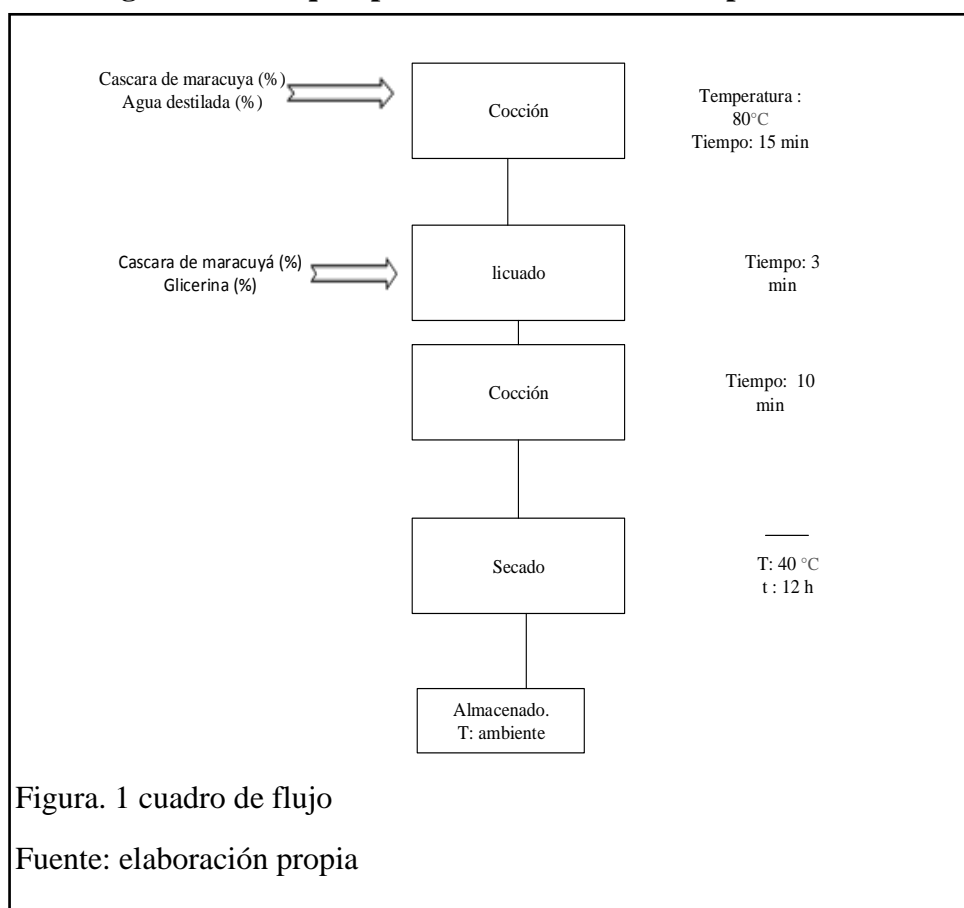


Figura. 1 cuadro de flujo

Fuente: elaboración propia

- Llevará acabo la cocción de cascará de maracuyá temperatura de 80 °C que se le realizará un escaldado y ablandado, liberando pectina.



- b) Licuado: tritura la cascara hasta obtener una masa y se le agrega glicerina obtener una homogenización.
- c) Cocción: la glicerina se disuelva y realice una mezcla consisten con cascara de maracuyá
- d) Secado: Temperatura de 40 c por un tiempo de 12 horas, elimina la cantidad de agua.
- e) Almacenado: temperatura ambiente, no debe tener contacto con agua.

#### **2.4.5. Resistencia a la tracción y elongación.**

Las pruebas serán realizadas en texturometro de modelo T.A.HDPlus (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido) teniendo una célula de carga de 10 N que se determina las propiedades mecánicas, las muestras se cortarán en forma rectangular con dimensiones de 25 x 100 mm, fijándose con mordazas de sujeción separadas en 80 mm, fraccionando a una velocidad de 1.0 mm/s hasta la ruptura, obteniendo los valores de tensión de ruptura:  $TR = F/A$ , donde F es la fuerza máxima soportada y A, el área inicial de sección transversal (espesor por ancho). (Vejarano mantilla & siche Jara, 2017)

#### **2.4.6. Medición de espesor de bioplástico.**

Espesor realizará con vernier digital, Ubermann 0 - 150mm, se tomará cinco puntos: uno en el centro y los cuatros en posiciones opuesta, las mediciones se realizarán por triplicado para disminuir el margen de error. (TA Nascimento, Calado, & CWP Carvalho, 2012)

#### **2.4.7. Absorción de agua.**

La capacidad de absorción de agua se realizará de acuerdo con (ABNT NBR NM ISSO 535, 1999), las muestras de (2.5 cm x 5 cm) se pesarán y se remojaran en agua destilada durante 30 segundos la cantidad de agua absorbida se calculó como la diferencia de peso y se expresó como masa de agua absorbida por masa de la muestra original. El valor será de 5 pruebas por cada formulación. (Vejarano mantilla & siche Jara, 2017)

#### **2.4.8. Evaluación de tiempo de degradación.**

Método gravimétrico. Este método se aplicó con el fin de verificar que las bandejas se degradan mediante compostaje en cortos periodos de tiempo de acuerdo a la Norma (AENOR, 2001)

Se evaluará la desintegrabilidad, la cual se manifiesta a través de la fragmentación física del material en fragmentos de menor tamaño y pérdida de visibilidad del residuo (ausencia de contaminación visual) antes de 90 días, con un tamaño inferior a 2 x 2 mm y que alcance el 90% de pérdida de la masa inicial. Se utilizará compost con un contenido de humedad de entre 45 – 50% y un pH entre 5.0 – 9.0. Las muestras serán cortadas en cuadrados de 20 x 20 mm, colocándolas con el compost en una proporción 6/1 (compost/muestra).

Las muestras se pesaron a determinados intervalos de tiempo a fin de determinar la pérdida de masa durante su degradación, además de inspeccionar visualmente a fin de verificar la desintegración. Lo necesarios es alcanzar el 90% de degradabilidad, fijando intervalos de tiempo: 7, 14, 20, 27 a 90 días. Se determinará el porcentaje de degradación (pérdida de masa) considerando la masa inicial y la masa restante de las muestras en cada periodo. (Vejarano mantilla & siche Jara, 2017)

$$\text{Pérdida de masa (\%)} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa restante}}{\text{masa inicial}} \times 100.$$

#### **2.4.9. Materiales e instrumento.**

##### **2.4.9.1. Materia prima.**

Cascara de maracuyá

Agua destilada.

Glicerina.

##### **2.4.9.2. Materiales.**

Licuada

Cronometro

Termómetro

Balanza analítica

Vaso de precipitación 500 ml

Texturometro

Vernier digital

## **2.5. Procedimientos de análisis de datos.**

Se realizó el análisis varianza ANOVA con el software Desing Expert 7.0.0. para determinar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

## **2.6. Criterio ético.**

### **2.6.1. Respeto a la propiedad intelectual.**

El informe final cumplirá con los requerimientos establecidos por OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) está integrada por derechos de carácter personal y patrimonial, que atribuyen al autor la plena disposición y el derecho exclusivo a la explotación de la obra, libros, tesis, artículos, que redactado el mencionado estudio ha sido citado debidamente.

### **2.6.2. Respeto a la dignidad humana.**

Para el desarrollo de la investigación se tomará en cuenta el reconocimiento de la persona que participen en el proceso, además de ello estaremos dispuestos a cumplir con todos los deberes estipulados según el reglamento de la Universidad Señor de Sipán.

### **2.6.3. Principios de rigor científico.**

Definido como el rigor intelectual aplicado al control de calidad de la información científica o su validación por el método científico que sometimiento los análisis den un resultado verdadero.

## **2.7. Criterios de Rigor científico.**

### **2.7.1. Fiabilidad.**

Los resultados obtenidos serán verdaderos, la recolección de los datos se tomará de los equipos a utilizar.

### **2.7.2. Validez.**

Nos permite entender mejor la eficacia y precisión los resultados con los instrumentos de la investigación científica.

### **2.7.3. Replicabilidad.**

Se sostiene que las mismas observaciones hechas al mismo tiempo realizados se puede obtener en diferentes escenarios.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Resultados en Tablas y Figuras.

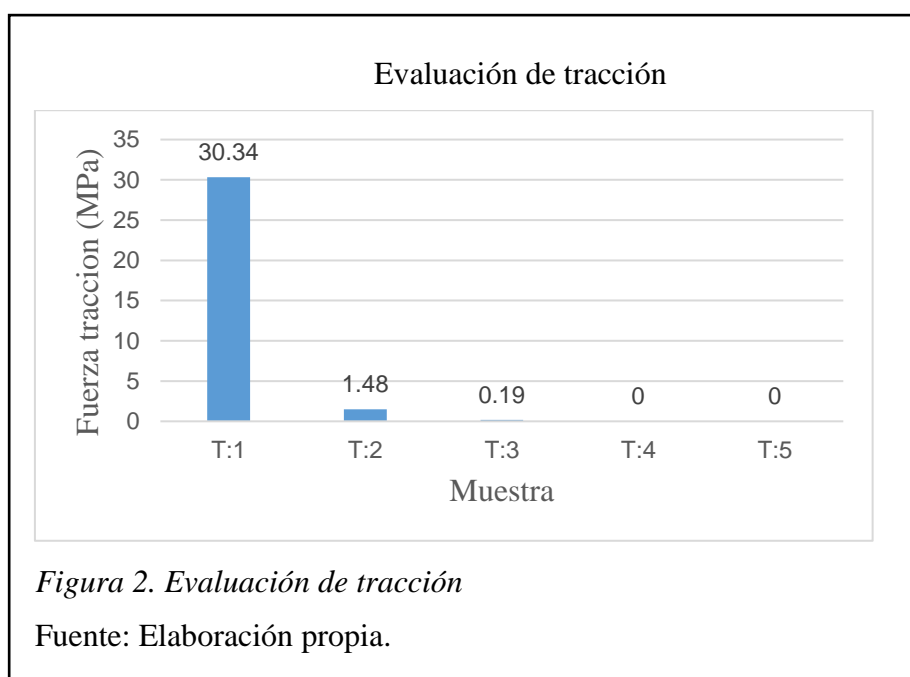
##### 3.1.1. Resistencia tracción y Elongación.

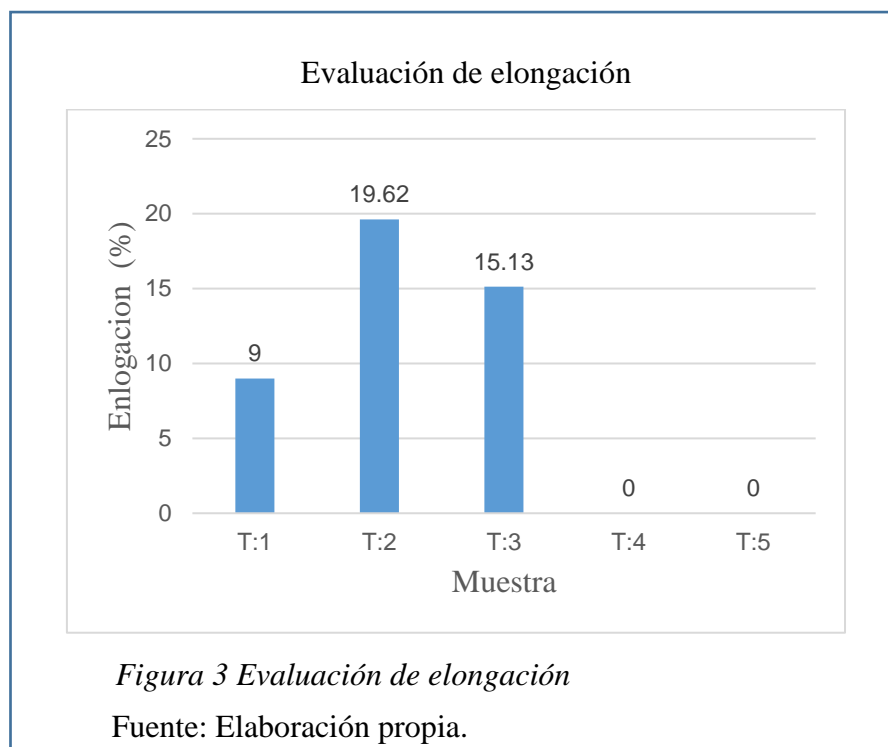
La resistencia a tracción y elongación que se desarrolló, en el tratamiento que presento la tracción mayor la muestra número 01 que contiene 100 % cascara de maracuyá da como resultado 30.34 MPa y del menor es número 03 que contiene 62.5% de cascara de maracuyá y 37.5 % de glicerina, dando como resultado 0.19 MPa los resultados son analizadas en, (MPa). La elongación que presento el mayor es tratamiento número 02 que contiene 81.25% de cascara de maracuyá y el 18.75% de glicerina, la de menor elongación tratamiento número 01 que contiene 100% cascara de maracuyá, las muestra número 04 y 05 no se encontraron en condiciones, presentaba mucha flexibilidad por la cantidad de glicerina que poseían.

*Tabla 5 Evaluación de tracción y elongación*

<b>Evaluación de tracción y elongación.</b>			
<b>Espesor mm</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fuerza tracción (MPa) y Desv.</b>	<b>Elongación % y Desv.</b>
0.20	T:1	30.34± 4.55	9.00 ± 4.90
0.37	T:2	1.48 ± 0.19	19.62 ± 1.61
0.62	T:3	0.19± 0.05	15.13 ± 2.57
0.98	T:4	0 ± 0	0 ± 0
0.98	T:5	0 ± 0	0 ± 0

Fuente: Elaboración propia





**Tabla 6** Modelo secuencial Suma de cuadrados para tracción

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Medio cuadrado	F Valor	p-valor Prob > F	
Medio vs Total	204.93	1	204.93			Sugerido
Lineal vs Medio Cuadrático	386.39	1	386.39	3.50	0.1582	
Lineal vs Cubico Cuadrático	247.13	1	247.13	5.86	0.1365	Sugerido
Residual	9.33	1	9.33			
Total	922.74	5	184.55			

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 6 se muestra la suma de cuadrados, del modelo cuadrático, siendo 247.13 y su valor F es 5.86

**Tabla 7** resumen estadístico del modelo, para la tracción

Fuente	Desviación estándar	R- cuadrado	R <sup>2</sup> - ajustado	R <sup>2</sup> - previsto	Suma de cuadrados del error de predicción	
Lineal	10.51	0.54	0.38	-0.91	1368.22	
Cuadrático	6.49	0.88	0.77	-0.88	1349.08	Sugerido
Cubico	3.06	0.99	0.95	-0.96	1406.44	

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 7 se muestra que el modelo cuadrático tiene una desviación estándar de 6.49, un R cuadrado de 0.88 siendo un valor cercano a la unidad, indica que este modelo es confiable

**Tabla 8** Análisis de varianza para la tracción

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p-valor Prob > F	
Modelo	386.39	1	386.39	3.50	0.1582	No significativo
Linear						
Mixture	386.39	1	386.39	3.50	0.1582	
Residual	331.43	3	110.48			
Cor Total	717.81	4				

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 8 la suma cuadrados del modelo" de 3.50 implica que el modelo no es significativo en relación con el ruido. Hay un 15.82% de probabilidad de que un "valor F del modelo".

Los valores de "Prob> F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso no hay términos modelo significativos. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

**Tabla 9** Coeficiente estadístico para la tracción

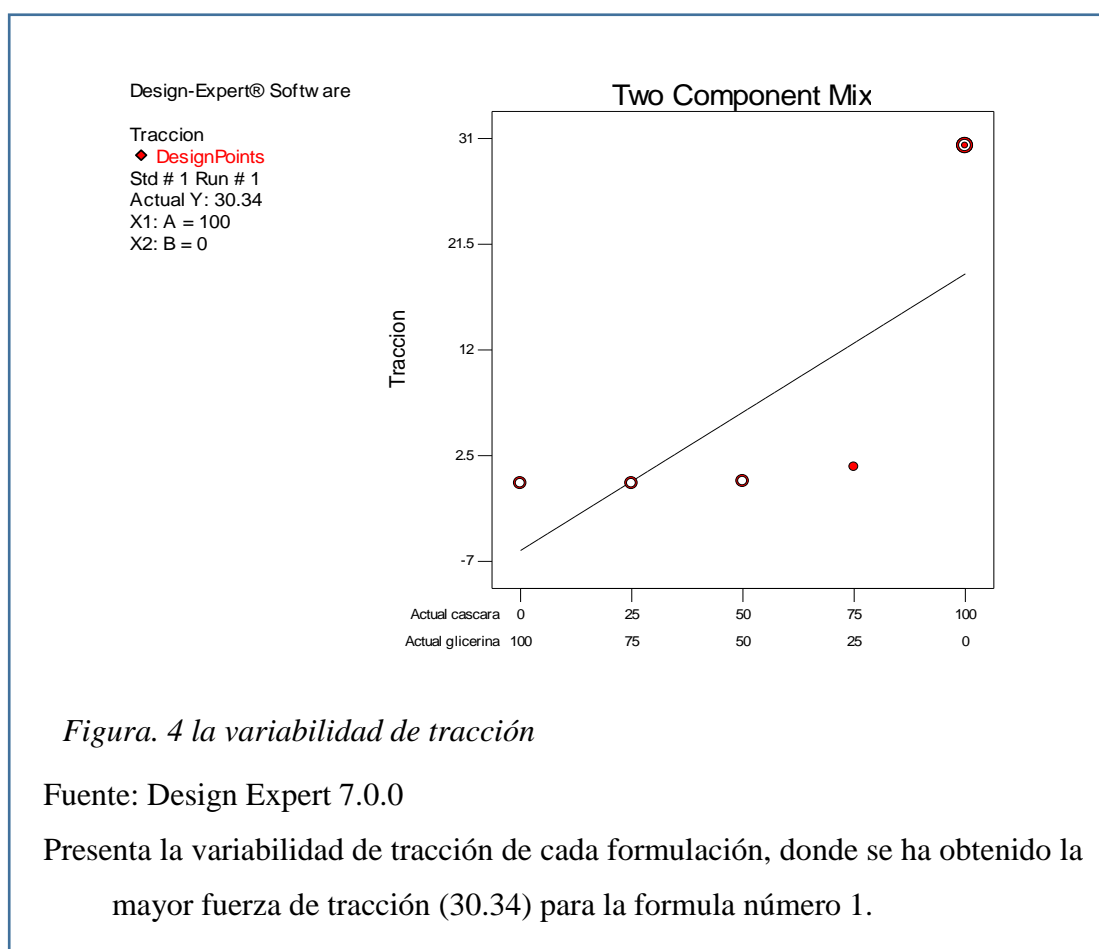
Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	10.5107488	R-cuadrado	0.538
Mean	6.402	R <sup>2</sup> -ajustada	0.384
C.V. %	164.179144	R <sup>2</sup> - previsto	-0.906
		Predicción	
PRESS	1368.22024	adecuada	3.740

Fuente: Design Expert 7.0.0

Los datos proporcionados por la ANOVA indicados en tabla 9, el software

Ecuación de los análisis realizados reales.

$$\text{Tracción} = + 0.18834 * \text{cascara} - 0.0603 * \text{glicerina}$$



**Tabla 10** modelo secuencial suma de cuadrados para elongación

Fuente	Suma de cuadrados	de Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob>F	
Medio vs Total	382.81	1	382.81			sugerido
Lineal vs Medio	141.53	1	141.53	2.49	0.2127	
Cuadrático vs Lineal	72.60	1	72.60	1.48	0.3475	
Cubico vs Cuadrático	91.45	1	91.45	14.11	0.1656	Sugerido
Residual	6.48	1	6.48			
Total	694.86	5	138.97			

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 10 se muestra la suma de cuadrados, del modelo cuadrático, siendo 91.43 y su valor F es 14.11

**Tabla 11** resumen estadístico del modelo, para la elongación

Fuente	Desviación estándar	R- cuadrado	R <sup>2</sup> - ajustado	R <sup>2</sup> - previsto	Suma de cuadrados del error de predicción	
Lineal	7.539	0.45	0.27	-0.79	557.57	
Cuadrático	6.997	0.69	0.37	-4.19	1619.70	
Cubico	2.546	0.98	0.92	-2.13	976.69	Sugerido

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 11 se muestra que el modelo cuadrático tiene una desviación estándar de 6.997, un R cuadrado de 0.69 siendo un valor cercano a la unidad, indica que este modelo es confiable



**Tabla 12** Análisis de varianza para la elongación

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob> F	
Modelo	141.53	1	141.53	2.49	0.2127	No Significativo.
Linear	141.53	1	141.53	2.49	0.2127	
Mixture						
Residual	170.52	3	56.84			
Cor Total	312.05	4				

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 12 la suma cuadrados del modelo" de 141.53 implica que el modelo no es significativo en relación con el ruido. Hay un 2.49% de probabilidad de que un "valor F del modelo".

Los valores de "Prob> F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos.

En este caso no hay términos modelo significativos.

Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

**Tabla 13** Coeficiente estadístico para la tracción

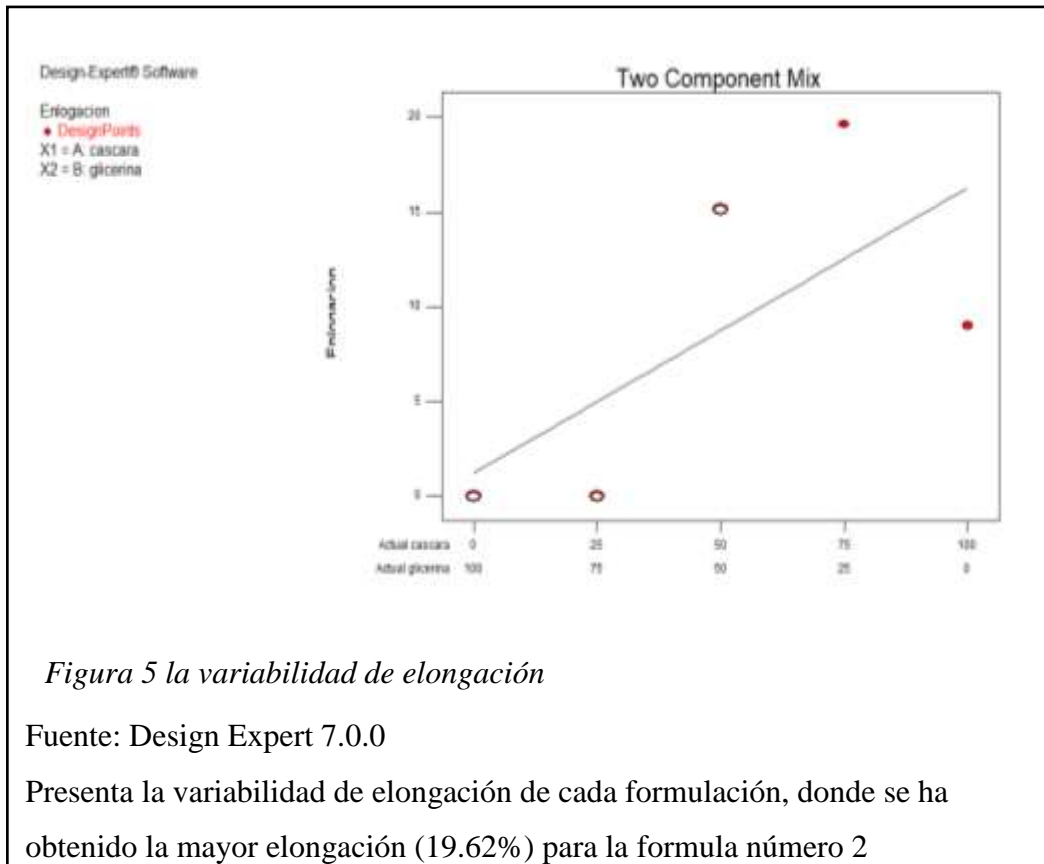
<i>Coeficiente</i>	<i>Valor</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Valor</i>
<i>Std. Dev.</i>	7.5392829	R-cuadrado	0.45353945
<i>Mean</i>	8.75	R <sup>2</sup> -ajustada	0.27138593
<i>C.V. %</i>	86.1632332	R <sup>2</sup> -previsto	- 0.78681795
<i>PRESS</i>	557.574397	Predicción adecuada	3.1558674

Fuente: Design Expert 7.0.0

Los datos proporcionados por la ANOVA indicados en tabla 13, el software

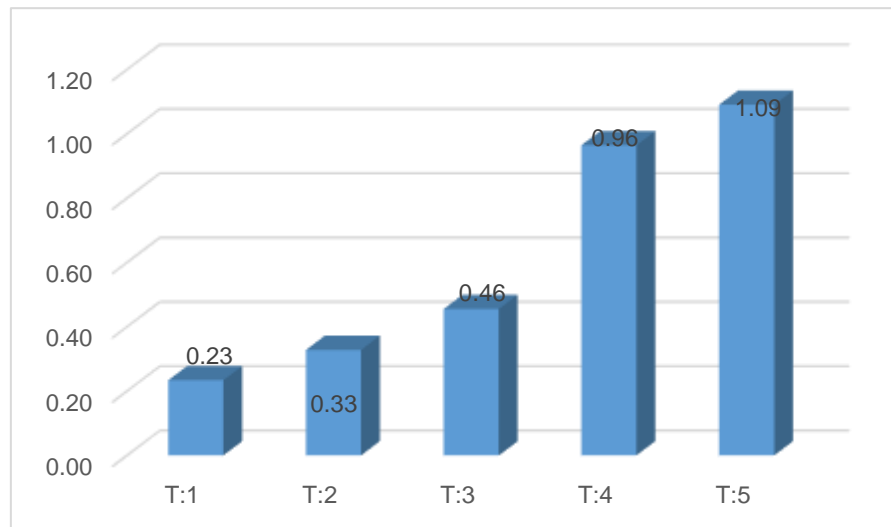
Ecuación de los análisis realizados reales

$$\text{Elongación} = 16.274 * \text{cascara} + 1.23 \text{ glicerina}$$



### 3.1.2. Medición de espesor.

Las mediciones de espesor en bioplastico que se evaluaron en milímetro (mm), la muestra de menor espesor fue la numero 01 arrojó en 0.23 mm y la de mayor grosor fue la numero 05 arrojó en 1.09 mm, mostraron significancia para la evaluación de tracción y elongación, en la de mayor espesor mostraron deficiencia en la evaluación de tracción y elongación que esta mostrado en cuadro número 2 y 3, en la estructuración de bioplastico debe estar uniforme el espesor y obteniendo la masa (peso) de bioplastico para disminuir el margen de error de las evaluaciones mecánicas que se han realizados.



*Figura 6 Evolución de espesor de bioplastico (mm)*

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14** modelo secuencial suma de cuadrados para medición de espesor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor	Prob>F
Medio vs Total	1.88498	1	1.88498			
Lineal vs Medio	0.55225	1	0.55225	36.11	0.0092	Sugerido
Cuadrático vs Lineal	0.01320714	1	0.01320714	0.808	0.4634	
Cúbico vs Cuadrático	0.016	1	0.016	0.960	0.5065	
Residual	0.01666286	1	0.01666286			
Total	2.4831	5	0.49662			

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 14 se muestra la suma de cuadrados, del modelo lineal, siendo 0.552 y su valor F es 36.11

<i>Fuente</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>R- cuadrado</i>	<i>R<sup>2</sup>- ajustado</i>	<i>R<sup>2</sup>- previsto</i>	<i>Suma de cuadrados del error de predicción</i>	
<i>Lineal</i>	0.123	0.923	0.897	0.810	0.113	Sugerido
<i>Cuadrático</i>	0.127	0.945	0.890	0.388	0.36552603	
<i>Cúbico</i>	0.129	0.972	0.888	-3.198	2.511	

*Tabla 15 resumen estadístico del modelo, para la medición de espesor*

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 15 se muestra que el modelo lineal tiene una desviación estándar de 0.123, un R cuadrado de 0.929 siendo un valor cercano a la unidad, indica que este modelo es confiable

**Tabla 16** *Análisis de varianza para la medición de espesor*

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob> F	
Linear	0.55225	1	0.55225	36.118378	0.0092	significativo
Mixture						
Residual	0.55225	1	0.55225	36.118378	0.0092	
Cor Total	0.04587	3	0.01529			
Modelo	0.59812	4				

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 16 la suma cuadrados del modelo" de 0.552 implica que el modelo no es significativo en relación con el ruido. Hay un 36.11% de probabilidad de que un "valor F del modelo".

Los valores de "Prob> F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso no hay términos modelo significativos.

Los valores superiores a 0.1000 indican que el término del modelo no significativo.

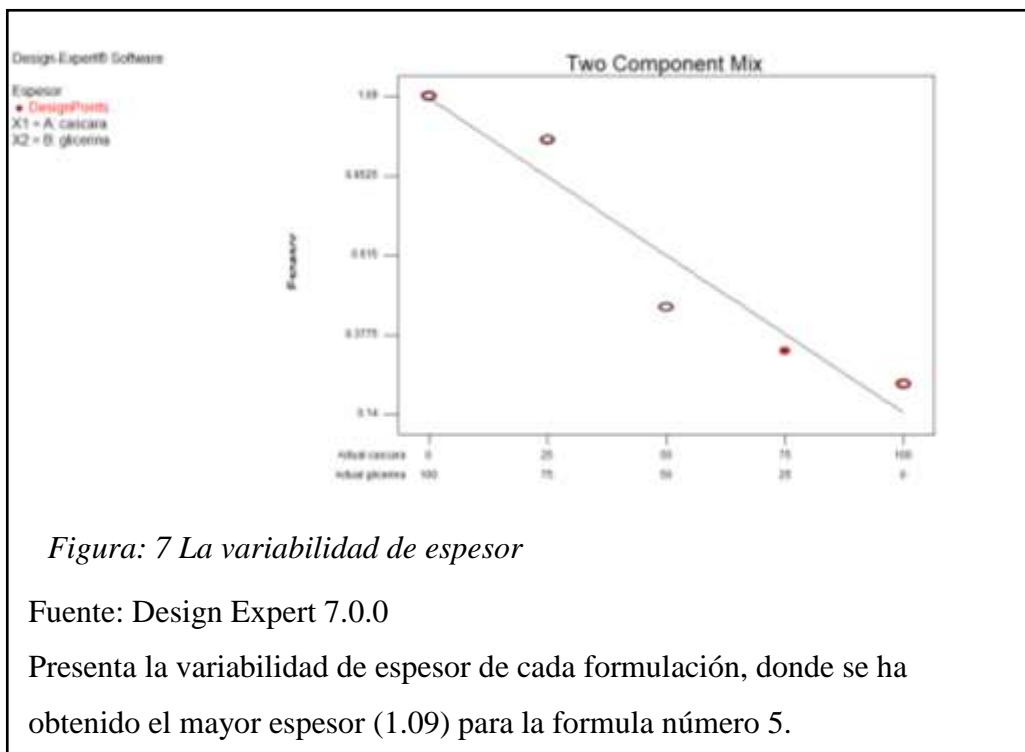
**Tabla 17** Coeficiente estadístico para la medición de espesor

<i>Coefficiente</i>	<i>Valor</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Valor</i>
<i>Std. Dev.</i>	0.12365274	R-cuadrado	0.9233097
<i>Mean</i>	0.614	R <sup>2</sup> -ajustada	0.89774627
<i>C.V. %</i>	20.1388827	R <sup>2</sup> - previsto	0.81015323
<i>PRESS</i>	0.11355115	Predicción adecuada	12.0197135

Fuente: Design Expert 7.0.0

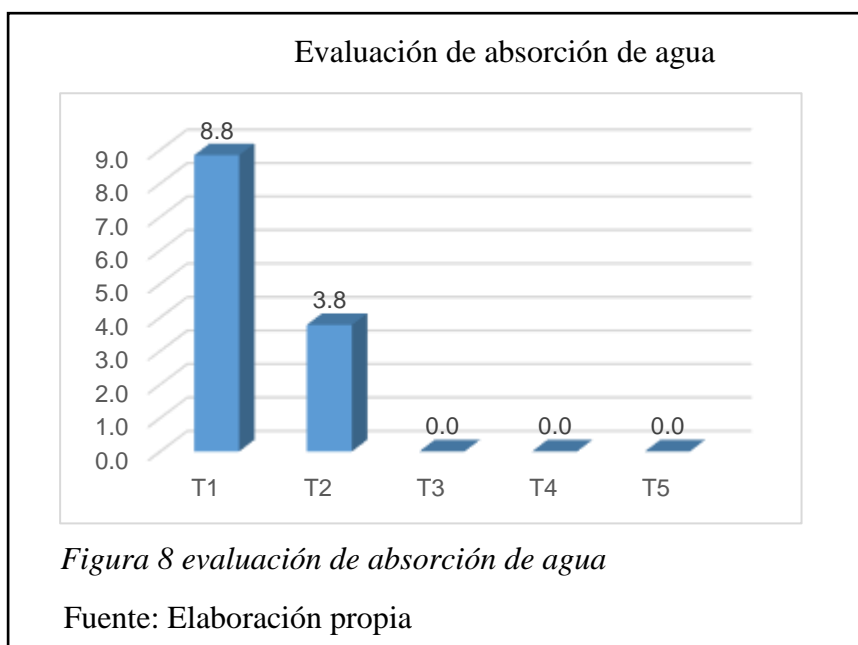
Los datos proporcionados por la ANOVA indicados en tabla 17, el software Ecuación de los análisis realizados reales

$$\text{Espesor} = 0.144 * \text{cascara} \quad 1.084 \quad 1.084$$



### 3.1.3. Absorción de agua.

Se mostraron variaciones en la absorción de agua, para el bioplastico 100% cascara de maracuyá obtuvo la mayor cantidad de agua absorbida un total de 8.8% de se encontró diferencia significativa en las formulaciones entre 100% cascara de maracuyá de la formulación de cascara el 25% y glicerina 75% lo que no absorbió agua, demuestra un bioplastico menos poroso.



**Tabla 18** modelo secuencial suma de cuadrados para evaluación de absorción de agua

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob>F
Medio vs Total	31.750	1	31.750		
Lineal vs Medio	45.800	1	45.800	9.590	0.0535
Cuadrático vs Lineal	13.600	1	13.600	37.310	0.0258
Cubico vs Cuadrático	0.140	1	0.140	0.250	0.7068
Residual	0.590	1	0.590		
Total	91.880	5	18.380		

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 18 se muestra la suma de cuadrados, del modelo cuadrático, siendo 13.60 y su valor F es 37.21

**Tabla 19** resumen estadístico del modelo, para la evaluación de absorción de agua

Fuente	Desviación estándar	R- cuadrado	R <sup>2</sup> - ajustado	R <sup>2</sup> - previsto	Suma de cuadrados del error de predicción	
Lineal	2.19	0.7616	0.6822	0.0672	56.09	
Cuadrático	0.60	0.9879	0.9757	0.9070	5.59	Sugerido
Cubico	0.76	0.9903	0.9611	-0.4665	88.18	

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 19 se muestra que el modelo cuadrático tiene una desviación estándar de 0.060, un R cuadrado de 0.987 siendo un valor cercano a la unidad, indica que este modelo es confiable

**Tabla 20** Análisis de varianza para la evaluación de absorción de agua

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob> F	
Linear	59.40	2	29.70	81.46	0.0121	significativo
Mixture						
AB	45.80	1	45.80	125.62	0.0079	
Residual	13.60	1	13.60	37.31	0.0258	
Cor Total	0.73	2	0.36			

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 20 el valor F del modelo de 81.46 implica que el modelo es significativo. Solo hay un 1.21% de probabilidad de que un "Modelo F-Valor"

Los valores de "Prob> F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso no hay términos modelo significativos. Los valores superiores a 0.1000 indican que el término del modelo no significativo.

**Tabla 21** Coeficiente estadístico para la evaluación de absorción de agua

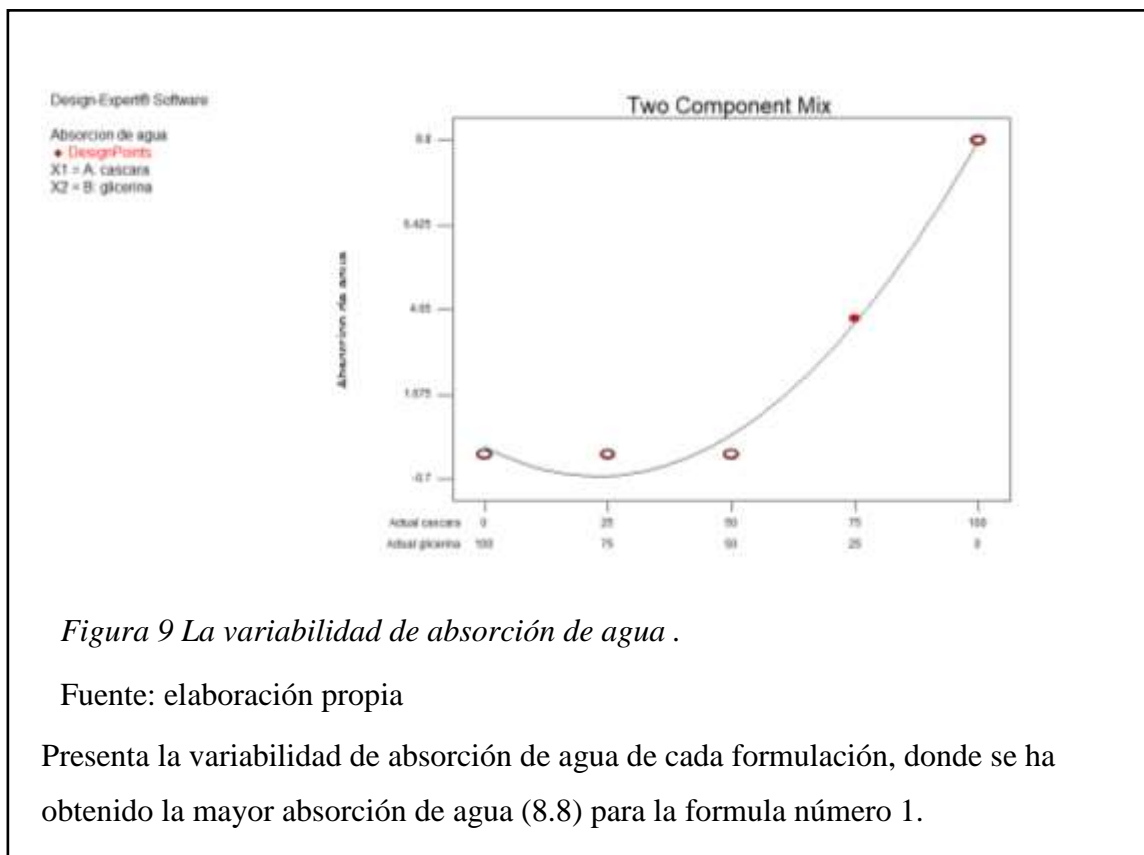
Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.60	R-cuadrado	0.9879
Mean	2.52	R <sup>2</sup> -ajustada	0.9757
C.V. %	23.96	R <sup>2</sup> -previsto	0.9070
PRESS	5.59	Predicción adecuada	20.050

Fuente: Design Expert 7.0.0

Los datos proporcionados por la ANOVA indicados en tabla 17, el software

Ecuación de los análisis realizados reales

Absorción de agua =  $8.77 * \text{cascara} + 21 * \text{glicerina} - 15.77 * \text{cascara} * \text{glicerina}$



*Figura 9* La variabilidad de absorción de agua .

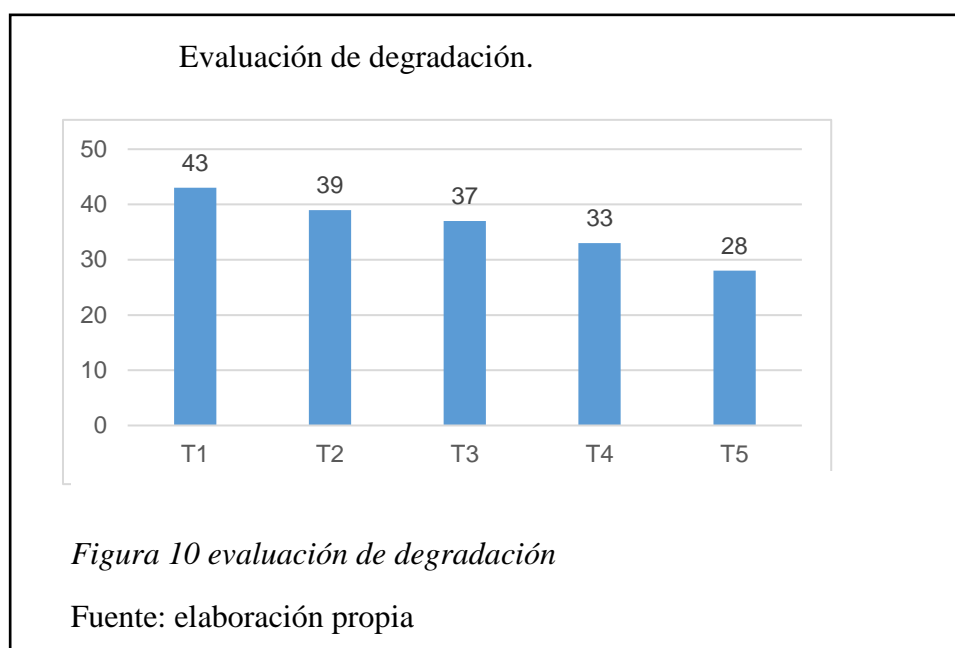
Fuente: elaboración propia

Presenta la variabilidad de absorción de agua de cada formulación, donde se ha obtenido la mayor absorción de agua (8.8) para la formula número 1.



### 3.1.4. Degradación

Las mediciones de nivel de degradación que se evaluaron en medición de pérdida de masa (g) en intervalo de días 7,14, hasta 43. La muestra 100% cascara de maracuyá obtuvo el mayor tiempo de pérdida de masa un total de 93% en total de 43 días, en diferencia de la muestra numero 05 su perdió en día 28 conteniendo más humedad.



**Tabla 22** modelo secuencial suma de cuadrados para evaluación de degradación

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob>F	
<i>Medio vs Total</i>						
	6480	1	6480			
<i>Lineal vs Medio</i>						
	129.6	1	129.6	162	0.0010	Sugerido
<i>Cuadrático vs Lineal</i>						
	1.14285714	1	1.14285714	1.818	0.3099	
<i>Cúbico vs Cuadrático</i>						
	0.9	1	0.9	2.52	0.3579	
<i>Residual</i>						
	0.35714286	1	0.35714286			

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 22 se muestra la suma de cuadrados, del modelo cuadrático, siendo 129.6 y su valor F es 162

**Tabla 23** resumen estadístico del modelo, para la evaluación de degradación

Fuente	Desviación estándar	R-cuadrado	R <sup>2</sup> -ajustado	R <sup>2</sup> -previsto	Suma de cuadrados del error de predicción	
<i>Lineal</i>	0.894	0.981	0.975	0.944	7.281	Sugerido
<i>Cuadrático</i>	0.792	0.990	0.980	0.867	17.492	
<i>Cúbico</i>	0.597	0.997	0.989	0.592	53.819	

Fuente: Design Expert 7.0.0

En la tabla 23 se muestra que el modelo lineal tiene una desviación estándar de 0.79 un R cuadrado de 0.99 siendo un valor cercano a la unidad, indica que este modelo es confiable

**Tabla 24** Análisis de varianza para la evaluación de degradación

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p-valor Prob> F	
<i>Linear Mixture</i>						
AB	129.6	1	129.6	162	0.0010	significativo
<i>Residual</i>	129.6	1	129.6	162	0.0010	
<i>Cor Total</i>	2.4	3	0.8			
	132	4				

Fuente: Design Expert 7.0.0

El valor F del modelo de 162.00 implica que el modelo es significativo. Solo hay una probabilidad del 0.10% de que un "Valor F del Modelo" de este tamaño pueda ocurrir debido al ruido. Los valores de "Prob> F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, los componentes de la mezcla lineal son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

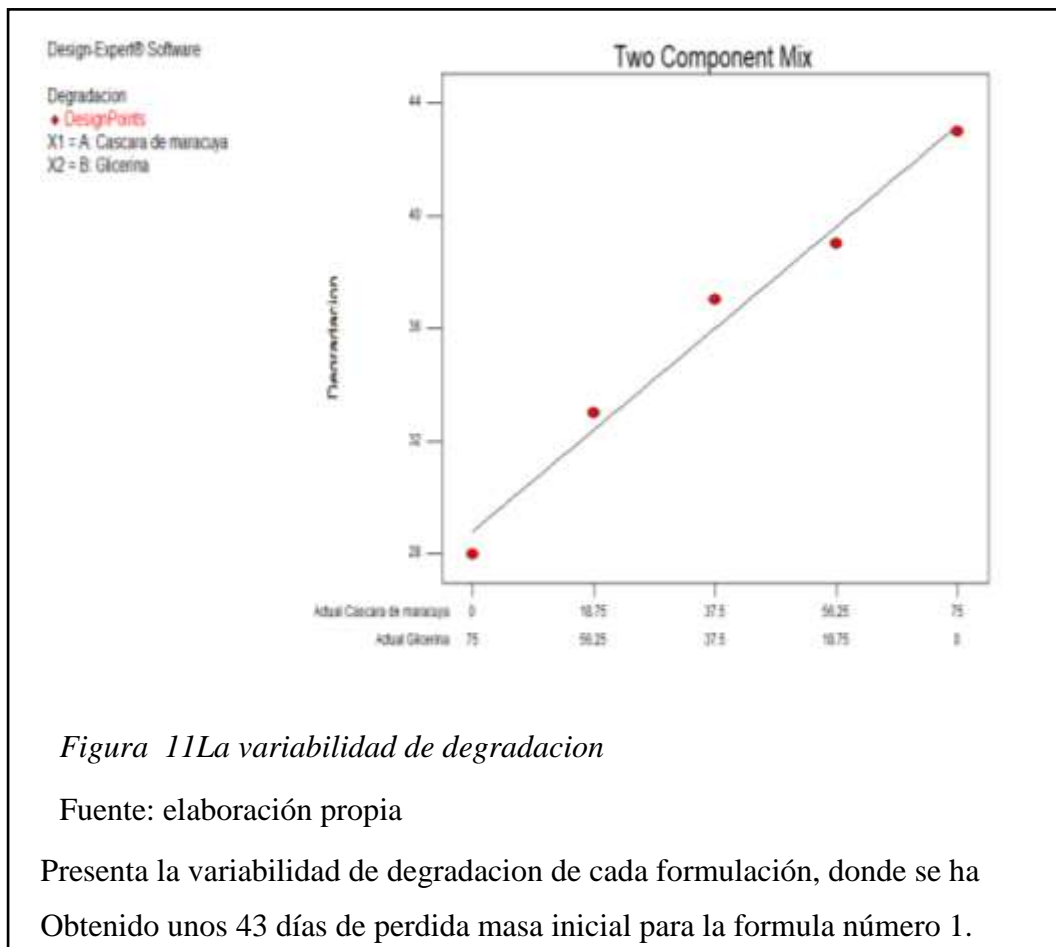
**Tabla 25** Coeficiente estadístico para la evaluación de degradacion.

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.89442719	R-cuadrado	0.98181818
Mean	36	R <sup>2</sup> -ajustada	0.97575758
C.V. %	2.48451997	R <sup>2</sup> -previsto	0.94483418
PRESS	7.28188776	Predicción adecuada	25.4558441

Fuente: Design Expert 7.0.0

Ecuación de los análisis realizados reales

$$\text{Degradación} = 43.2 * \text{Cascara} + 28.8 * \text{Glicerina}$$



*Figura 11* La variabilidad de degradacion

Fuente: elaboración propia

Presenta la variabilidad de degradacion de cada formulación, donde se ha Obtenido unos 43 días de perdida masa inicial para la formula número 1.

### 3.2. Discusión de resultados

La resistencia a la tracción y elongación, se refiere a la máxima fuerza que se desarrolla en el bioplástico, donde el incremento de la glicerina nos da como resultado, una menor fuerza a la tracción y elongación, dando como resultado a la ruptura del bioplástico. Efecto observado en cuadro número 02 y 03.

La resistencia a la tracción es mayor para el contenido de 100% de cáscara de maracuyá (mesocarpio), que contiene pectina y está en forma de gel Fishiman, Coffin, Onwulata, & Kostance, (2004), la cual ayuda a formar la película más consistente y de menor elongación del bioplástico.

En la elaboración de bioplástico reforzado con harina de cáscara de albedo maracuyá, mayor el porcentaje harina de cascará de maracuyá menor será deformación por tensión, el comportamiento se debe al alto contenido fibra que mejora las propiedades mecánicas en este caso en la primera muestra presenta la mayor cantidad de fibra y tiene una la mayor fuerza de resistencia en rompimiento de la película. (Chariguaman Chanatasig, 2015)

Se observó en cuadro número 03 que al incremento de glicerina disminuye la elasticidad efecto similar Chariguaman Chanatasig, (2015) que se observó que el incremento de glicerol se redujo la elasticidad que es una medida de flexibilidad y la capacidad de deformarse, resultados obtenidos por Corrales, Meneses, & Valencia, (2007) demostraron mayor la capacidad de glicerina disminuye las fuerzas intermoleculares siendo un material más flexible y menos resistente.

En la elaboración de bioplástico a partir de almidón de cascara de musa su resultado de tracción de 33.22 (MPa). Vicente Flores, (2018), dando una diferencia mayor de la capacidad de resistencia al bioplástico de cascara de maracuyá su resultado obtenido asido de 30.34 (MPa).

Según Vicente Flores, (2018) Definen la diferencia de la cascara de plátano que contiene 23.03% hemicelulosa, 23.02% de celulosa, 12.3% de almidón, que mejoras sus propiedades mecánicas a diferencia de la cascara de maracuyá que contienen fibra y pectina.

La elaboración de bioplástico más usual es de almidón de yuca que presenta una mayor resistencia a la tracción según: Meneses, Corrales, & Valencia, (2007), a diferencia de la cascara de maracuyá.

### **3.2.1. Medición de espesor.**

En la medición de espesor en la figura número 6, nos da el resultado que más es el aumentando de porcentaje de la glicerina aumenta el espesor, en este caso hay diferencia significativa, cuando se realizan las pruebas mecánicas disminuyen las resistencias por alto contenido de glicerina y esto genera una película muy flexible y del alto nivel de humedad.

La formación de el bioplástico tiene que tener una uniformidad en la dispersión dentro del molde de la elaboración para posterior tener un espesor específico para evaluar las diferentes características mecánicas otras propiedades.

En la figura número 6, la muestra numero 5 tiene un espesor mayor que las anteriores y demuestra que tiene deficiencias físicas para realizar las pruebas mecánicas, esto significa que no se puede utilizar o no tiene ventajas en la utilización.

### **3.2.2. Absorción de agua.**

Los bioplásticos realizados se ha determinado la prueba de absorción de agua, dieron como resultado que más aumento de glicerina menor era la absorción de agua, la glicerina actúa como plastificante que sella los poros de bioplástico y bloqueando las entradas de agua, la glicerina le proporciona características al bioplástico un aspecto morfológico suave y uniforme. Reduce la resistencia a la tracción Galvez Arevalo Ana Gabriela, (2016).

Se ha demostrado que la pectina es más hidrófila, a diferencia de plásticos realizados a base de almidón (TA Nascimento, Calado, & CWP Carvalho, 2012)

La importancia que tienen en la absorción de agua en todos los materiales bioplásticos, que ayudan a portar enzimas hidrolíticas que degradan a los biopolímeros (Zhong, Hanafi, & Yi, 2018).

Dentro de las Oficina Europea de Patentes asegura que los plastificantes en la mezcla de polímeros no deben exceder el 20% de la mezcla total es la capacidad de retener la entrada de agua en los bioplásticos (Menoscal Chichanda & Rodrigues Mendoza, 2017).

### **3.2.3. Degradación**

Los bioplástico se han evaluado la pérdida de masa (g), dieron como resultado que más aumento la glicerina menor es el tiempo de degradación.

Se ha demostrado cumplimiento de la Norma UNE-EN 13432:2001.33. antes de los 90 días perdimos un 93% masa inicial siendo un total de 43 días de compostaje.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones**

La formulación de materiales que mejores propiedades mecánicas (resistencia la tracción y elongación) bioplástico de 100% cascara de maracuyá.

Las muestras perdieron un 93 % de su masa en 46 días de compostaje, como la Norma UNE-EN 13432:2001, establece una pérdida de masa del 90 % antes de los 90 días

Con el aumento de glicerina en cada muestra se marca la diferencia negativa para las evaluaciones mecánicas. Siendo favorable para la absorción de agua, demostraron que el incremento de glicerina disminuía la absorción de agua.

El bioplástico obtenido sus características físicas están relacionados al plástico común, teniendo resistencia, flexibilidad y grosor.

La utilización de materia primas que es fuente renovable (cascara de maracuyá) tiene alternativas para el desarrollo de empaques en las diferentes aplicaciones industriales, tiene propiedades mecánicas similares a las de polietileno.

### **4.2. Recomendaciones**

Dar un seguimiento a la investigación, evaluar diferentes parámetros del proceso para la elaboración de bioplástico como: temperatura de cocción, evaluar cantidad de pectina que se extrae, evaluación de la cantidad de fibra de la cascara de maracuyá.

Se recomienda utilizar ácido cítrico para liberar la pectina que se encuentra en la cascara de maracuyá, el bioplástico tenga mejores propiedades mecánicas.

Evaluar los análisis de colorimetría.

## REFERENCIAS

- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcilo, J., Nuñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplastico a base de cascara del plátano. *Iniciación Científica*, 1(1), 1-4. Obtenido de <http://www.revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/html>
- Chariguaman Chanatasig, J. A. (2015). *Caracterización de bioplastico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*. Honduras: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Corrales, C. M., Meneses, J., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA* (8), 57-67.
- Escobedo Soberon, G. M. (2013). *Valorización de la cascara de maracuyá (passiflora edulis F. flavicarpa deg). como sub producto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico*. Lambayeque: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de <http://tesis.usat.edu.pe/handle/usat/491>
- Estrada Mora, H. (2012). *Bioplastico, Plástico Compostables y Oxodegradables: La Realidad sobre la Biodegradabilidad de los Envases Plásticos*. Lima: Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria.
- Fernando de Fuente, A. (2015). *Análisis de la degradación, Desintegración y biodegradabilidad de bolsas de poliéster y almidón de compostaje de residuos urbanos: escalas de laboratorio de industrial*. España: Departamento de Ingeniería Forestal. Obtenido de [http://oa.upm.es/39321/1/AIDA\\_FERNANDO\\_DE\\_FUENTES.pdf](http://oa.upm.es/39321/1/AIDA_FERNANDO_DE_FUENTES.pdf)
- Fishman, M., Coffin, D., Onwulata, C., & Kostance, R. (2004). Extrusión de pectina y glicerol con varias combinaciones de albedo naranja y almidón. *Carbohydrate Polymers*, 57, 40-413.
- Flores Cornejo, F. E., & Tenorio Torres, M. I. (2012). *Caracterización fisicoquímica de la pectina de cascara de maracuyá (passiflora edulis) extraída mediante hidrolisis acida y evaluada con el diseño de box-behnken*. Lambayeque: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/1785>



- Galvez Arevalo Ana Gabriela. (2016). *Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón extraído del maíz (zea mays)*. Guatemala: Universidad de san Carlos de Guatemala.
- Guidi, A., Quiroga, A., & Zyla, M. (2010). Obtencion de pectina a partir de la cascara de maracuyá mediante hidrolisis acida. *Revista boliviana*, 7(21), 67-71. Obtenido de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2075-89362010000300014&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2075-89362010000300014&script=sci_arttext)
- Gutow, L., & Bergmann, M. (2018). Contamination of Our Oceans by Plastics. (Elseiver, Ed.) *Enciclopedia del antropoceno*, 5, 43-49. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09976-6>
- Labeaga Viteri, A. (2018). *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Meneses, J., Corrales, c. m., & Valencia, m. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *EIA, ISSN 1794-1237*, 8, 57-67. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a06.pdf>
- Menoscal Chichanda, R. E., & Rodrigues Mendoza, E. D. (2017). *Elaboración de láminas Biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (Manihot esculenta)*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí" Manuel Félix López".
- MINAM. (2012). *5to Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales. En el peru gestion 2012*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Ni adilah, A., Jamilah, B., MA Noranizan, & Za Nur Hanani. (2018). Utilización de extractos de cascara de mango en la película biodegradable para envasado activo. *Envasado de alimentos y vida útil*, 16, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.006>
- Ohidul, A., Mukaddis, B., & Ding, Y. (2018). Características de las bolsas de plástico y sus posibles peligros ambientales. (Elseiver, Ed.) *Resources, Conservation yRecycling*, 132, 121-129. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.037>
- Otoni, C. G., Lodi, D., Lorevice, M. V., Litao, R. C., Ferreira, M. D., Moura, M. R., & Mattoso, L. H. (2018). Producción optimizada y escala de películas compuesta

biodegradable reforzada con celulosa compuestas de residuos de procesamiento de Zanahorias. *Cultivos Industriales y productos*, 121, 66-72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.003>

Plastics. Europa. (2015). *Plastics - The Fact 2015. Plastics Europe*. Belgium.

TA Nascimento, Calado, V., & CWP Carvalho. (2012). Desarrollo y caracterización de film flexible a base de harina de mesocarpio de almidón y maracuyá con nano partículas. *Internacional de Investigación*, 49(1), 588-595. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.051>

Vejarano Mantilla, R. D., & Siche Jara, R. B. (2017). *Biodegradabilidad de bandejas a base de almidón de camote (Ipomea batata), fibra de bagazo de caña (Saccharum officinarum) y glicerina según la norma une-en13432:2001 y utilizando imágenes hiperespectrales*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Vicente Flores, R. (2018). *Aprovechamiento de la cascara residual de la musa balbisina para la obtención de bioclástico en el mercado APECOLIC*. Comas: Universidad Cesar Vallejo.

Zhong, X. O., Hanafi, I., & Yi, P. T. (2018). Caracterización y propiedades de los compuestos de película polimérica biodegradable a base de polivinil alcohol y harina de residuos de frutas tropicales. *Compuesto de vinil reforzado con fibra natural y polímeros de vinilo*, 313-332. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102160-6.00016-0>

**ANEXOS.**

ANEXOS 1. elaboración de bioplástico.

Registro fotográfico elaboración de bioplástico.



Anexo 1. A. troceado cascara



Anexo 1. B. pesado.



Anexo 1. C. cocción de cascara



Anexos 1.D. licuado de cascara.



Anexo 1. E. glicerina  
molde.



Anexo 1.F. dispersión uniforme en  
molde.



Anexo 1. G. moldes



Anexo 1.H. secado 40C



Anexo 1.I. extracción de los moldes



Anexo 1. J. película bioplástico.

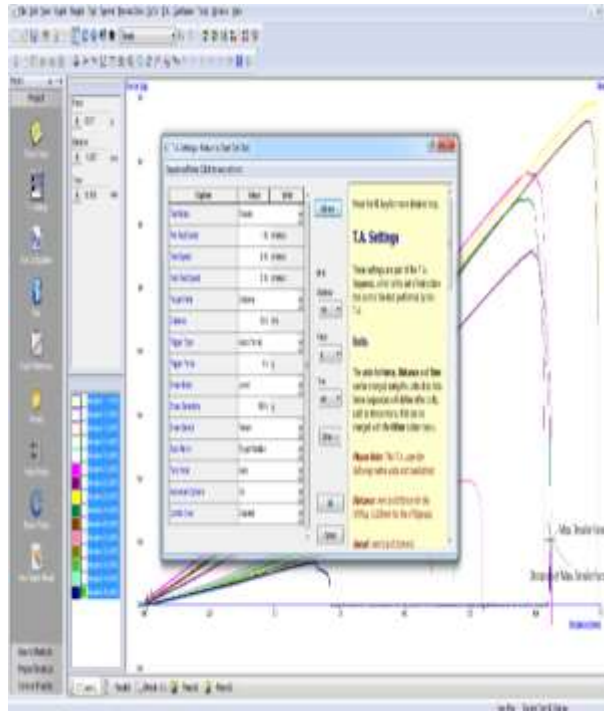
Anexo 2. Medición de tracción y elongación.



Anexo 2.A. probetas de 2.5 x 10 cm

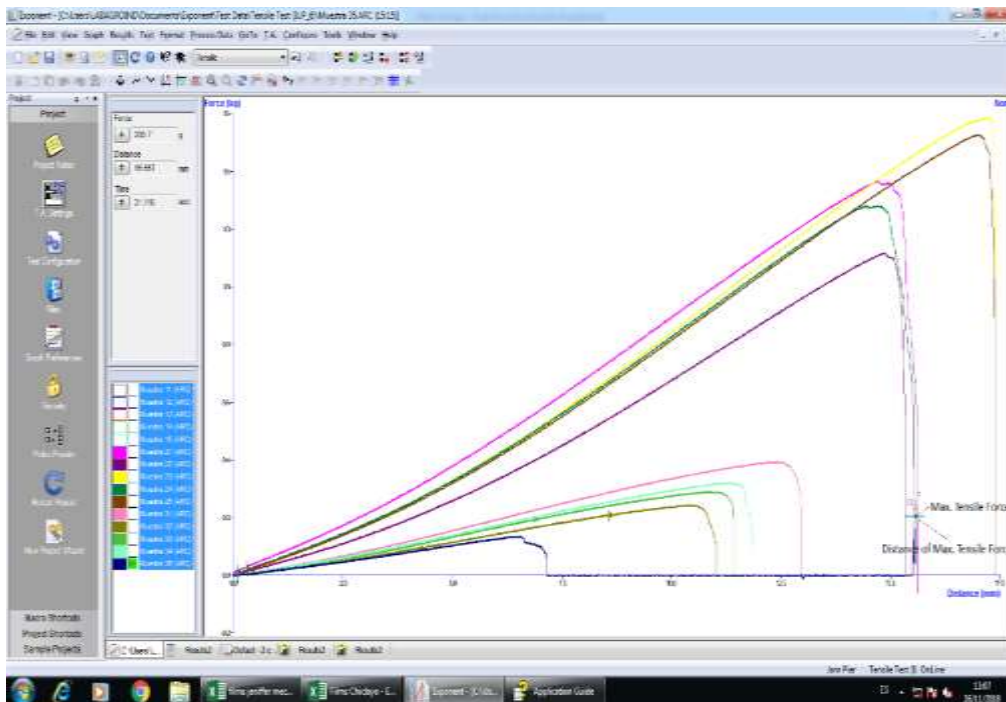


Anexo 2.B. medición de espesor.



Anexo. 2.C. Evaluación en texturometro.

Anexo 2. D. parámetro la evaluación.



Anexo 2. E. resultado de tracción y elongación.

<i>Tratamiento 1</i>						
	TENSILE TEST					
	Espesor	Test ID	FORCE	Distance	Felxural strenght	Elongation
	mm		kg	mm	N/m2 (MPa)	%
	0.22	1	16.78	5.13	29.90	6.41
	0.16	2	9.83	4.65	24.08	5.81
	0.20	3	14.58	14.06	28.58	17.58
	0.21	4	19.33	6.85	36.08	8.56
	0.23	5	19.41	5.32	33.08	6.65
<i>PROMEDIO</i>	0.20		15.99	7.20	30.34	9.00
<i>DESVIACION</i>	0.03		3.98	3.92	4.55	4.90
<i>Est</i>						

Anexo 2. F. conversión.

<b>TRATAMIENT O 2</b>						
	TENSILE TEST					
	Espesor	Test ID	FORC E	Distanc e	Felxural strenght	Elongation
	mm		kg	mm	N/m2 (MPa)	%
	0.39	1	1.37	14.71	1.38	18.39
	0.34	2	1.12	14.86	1.29	18.58
	0.36	3	1.59	17.24	1.73	21.55
	0.37	4	1.28	14.71	1.36	18.39
	0.37	5	1.53	16.97	1.62	21.21
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.37</b>		<b>1.38</b>	<b>15.70</b>	<b>1.48</b>	<b>19.62</b>
<b>DESVIACIO N EST.</b>	<b>0.02</b>		<b>0.19</b>	<b>1.29</b>	<b>0.19</b>	<b>1.61</b>

Anexo 2. G. conversión.



<b>TRATAMIENTO 3</b>						
	<b>TENSILE TEST</b>					
	<b>Espesor</b>	<b>Test ID</b>	<b>FORCE</b>	<b>Distance</b>	<b>Felxural strenght</b>	<b>Elongation</b>
	<b>mm</b>		<b>kg</b>	<b>mm</b>	<b>N/m2 (MPa)</b>	<b>%</b>
	0.70	1	0.40	12.34	0.22	15.43
	0.61	2	0.25	10.45	0.16	13.06
	0.63	3	0.29	10.87	0.18	13.59
	0.54	4	0.33	11.28	0.24	14.10
	0.63	5	0.20	15.56	0.12	19.45
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.62</b>		<b>0.29</b>	<b>12.10</b>	<b>0.19</b>	<b>15.13</b>
<b>DESVIACION EST</b>	<b>0.057</b>		<b>0.08</b>	<b>2.06</b>	<b>0.05</b>	<b>2.57</b>

Anexo 2. H. conversión.

Anexo 3. Medición de espesor.





Anexo 3. A. diferentes puntos

Anexo 3. B. diferentes puntos.

	<i>Muestra N 01</i> (mm)		<i>Muestra N 02 (mm)</i>		<i>Muestra N 03</i> (mm)	
	1	0.26	1	0.27	1	0.50
	2	0.23	2	0.24	2	0.53
	3	0.22	3	0.27	3	0.52
	4	0.20	4	0.25	4	0.40
	5	0.26	5	0.28	5	0.41
	6	0.21	6	0.30	6	0.40
	7	0.24	7	0.35	7	0.39
	8	0.22	8	0.37	8	0.46
	9	0.24	9	0.40	9	0.52
	10	0.23	10	0.40	10	0.49
	11	0.24	11	0.35	11	0.48
	12	0.23	12	0.30	12	0.43
	13	0.26	13	0.39	13	0.46
	14	0.23	14	0.40	14	0.43
	15	0.24	15	0.35	15	0.41
<i>Promedio</i>		0.23		0.33		0.46
<i>Dev. Es.</i>		0.01764734		0.05796551		0.04897035

Anexo 3. C. resultados evaluación de espesor

	<i>Muestra N 04 (mm)</i>		<i>Muestra N 05 (mm)</i>	
	1	0.97	1	1.30
	2	0.95	2	1.09
	3	0.90	3	1.02
	4	0.89	4	1.01
	5	0.91	5	1.05
	6	0.90	6	1.08
	7	0.96	7	1.10
	8	0.99	8	1.13
	9	1.00	9	1.00
	10	0.97	10	1.08
	11	0.90	11	1.10
	12	0.93	12	1.07
	13	0.95	13	1.09
	14	1.10	14	1.11
	15	1.15	15	1.13
<i>Promedio</i>		0.96		1.09
<i>Dev. Es.</i>		0.07434155		0.07045431

Anexo 3.D. resultados evaluación de espesor.



Anexo 4.A. probeta de 2.5 x 5 cm

Anexo 4 absorción de agua.



Anexo 4.B. peso inicial



Anexo 4.C. sumergido 3 seg.

Anexo 4. D. peso final.

Absorción de agua				
Muestra de 5 cm x 2.5 cm				
	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Total (g)	Total (%)
T1	0.33	0.36	0.03	8.8
T2	0.51	0.53	0.02	3.8
T3	1.03	1.03	0.00	0.0
T4	1.68	1.68	0.00	0.0
T5	1.74	1.74	0.00	0.0

Anexo 4.E. resultado absorción de agua.

Anexo 5 degradacion de bioplástico.



Anexo 5 A. probeta de 20x20 mm



Anexo 5.B. compostaje.



Anexo 5.C. medición de pH



Anexo 5.D. medición de espesor.