

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

“Comparación de la solubilidad y elasticidad en biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de *Musa acuminata* y *Zea mays*”.

**Autora:**

Lucely Germania Ocaña Vilema

**Tutor:**

Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS

**Riobamba - Ecuador**

**Año 2020**

## REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros el tribunal de graduación del proyecto de investigación de título “Comparación de la solubilidad y elasticidad en biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de *Musa acuminata* y *Zea mays*”, a partir del rechazo de la industria bananera y la baja producción y consumo del maíz negro, presentado por la señorita Lucely Germania Ocaña Vilema y dirigida por el Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para consistencia de lo expuesto firmar:

Ing. Darío Baño Ayala PhD



.....

**Presidente del tribunal**

Firmar



Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS

.....

**Director del proyecto de investigación**

Firma



Ing. Diego Moposita Vásquez MgS

.....

**Miembro del tribunal**

Firma



Ing. Estefanía Peña MgS.

.....

**Miembro del tribunal**

Firma

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponde exclusivamente a: Lucely Germania Ocaña Vilema con CI. 060496896-6 e Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS, como Director del Proyecto de Investigación: Incluyendo tablas y figuras que se encuentran en este trabajo excepto las que contienen su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....  
Lucely Germania Ocaña Vilema

CI. 060496896-6

Autora del proyecto de investigación



.....  
Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS.

C.I 060143675-1

Director del proyecto de investigación

## CERTIFICACIÓN

Que, Lucely Germania Ocaña Vilema con CI: 060496896-6, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría en el proyecto de investigación titulado “**Comparación de la solubilidad y elasticidad en biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de *Musa acuminata* y *Zea mays***”, que corresponde al dominio científico desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida y alineado a la línea de investigación desarrollo e innovación de nuevos productos derivados del sistema de producción agroindustrial, cumple con el 6%, reportado en el sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de septiembre de 2020



---

Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS.

**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Medardo Ocaña y Luz Vilema por ser el pilar fundamental en mi vida, gracias por sus consejos, sus valores, que me han permitido ser una persona de bien. Por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria y ser unos excelentes padres y un gran ejemplo de perseverancia y constancia.

A mis hermanas Fernanda, Daysi y Alejandra, por cada momento y sonrisa compartida, por ser mis confidentes, mis cómplices, por apoyarme para continuar con mi carrera universitaria y no rendirme, y por ser un pilar fundamental en el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial por los momentos compartidos fuera y dentro de las aulas de la universidad durante toda la etapa universitaria.

Agradezco a mis compañeros y docentes del grupo de investigación de INVAGRO, quienes me han ayudado a realizar este trabajo de investigación y se han convertido en personas especiales en mi vida.

*Lucely Germania Ocaña Vilema.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar una etapa más de mi vida y por bendecirme con una familia amorosa y luchadora gracias a su dedicación me brindaron la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y cumplir con una meta más en mi vida.

A mis padres por ser las personas más lindas del mundo, honestas y responsables e inculcarme valores para ser la persona que ahora soy.

Agradezco a mis hermanas Fernanda, Daysi y Alejandra por todo el apoyo brindado en el desarrollo de mi tesis y vida estudiantil, fueron un pilar fundamental para cumplirlo.

Quiero agradecer a mis hermanos Víctor, Kleber y Alex y mi hermano Darwin que ya no está conmigo y me cuida desde el cielo, todos ustedes me ayudaron de una u otra manera a cumplir con un sueño más en mi vida, gracias por tantos momentos compartidos y todo su apoyo.

Agradezco de la manera más especial a mi amiga del alma Karina quien me ayudo a concluir con mi trabajo de tesis, y por toda su amistad y cariño brindado en todos estos años.

Gracias a mi Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería y al grupo INVAGRO (Investigación Vegetal Agroindustrial), por haberme brindado la oportunidad de formar parte de ellos.

De manera especial a mi tutor de tesis quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en la elaboración de este trabajo de titulación.

*Lucely Germania Ocaña Vilema.*

# ÍNDICE

REVISIÓN DEL TRIBUNAL.....	I
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I. ....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
PROBLEMA.....	3
1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2.2. Formulación del problema .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	7
1.4.1.Objetivo General:.....	7
1.4.2.Objetivos Específicos: .....	7
CAPÍTULO II. ....	8
ESTADO DEL ARTE O MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	8
2.2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.2.1. Biopelículas.....	10
2.2.2. Recubrimientos Comestibles .....	11
2.2.3. Ventajas y propiedades que presentan las películas comestibles.....	11
2.2.4. Materiales para películas comestibles.....	12

2.2.5. El almidón.....	12
2.2.6. Funciones del almidón .....	13
2.2.7. Harina de banano .....	13
2.2.8. Propiedades nutricionales que presenta la harina de banano .....	13
2.2.9. Harina de maíz negro .....	13
2.2.10. Componentes benéficos del maíz negro .....	14
2.2.11. Ingredientes utilizados para la elaboración de biopelículas.....	14
2.2.12. Análisis físico para evaluar una biopelícula .....	15
2.2.13. pH.....	15
2.2.14. Propiedades físicas para evaluar una biopelícula.....	16
2.2.15. Solubilidad.....	16
2.2.16. Espesor.....	16
2.2.17. Costo beneficio .....	16
CAPÍTULO III.....	17
METODOLOGÍA .....	17
3.1. Tipo de investigación.....	17
3.2. Unidad Estadística .....	17
3.3. Población y tamaño de la muestra .....	17
3.4. Materiales, equipos y reactivos.....	18
3.5. Formulación para la elaboración de biopelículas.....	19
3.7. Técnicas de recolección de datos .....	23
3.8. Variables .....	24
3.9. Técnica de análisis .....	25
3.9.1. Diseño Completo al Azar.....	25
3.10. Técnicas de elaboración de biopelículas.....	26
3.11. Software estadístico .....	26
3.12. Técnica y fundamento para realizar el análisis de las biopelículas.....	27
3.13. Método o Norma de límites de aceptabilidad que debe cumplir la biopelícula .....	28
CAPITULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
Análisis exploratorio de datos.....	29
4.1. Análisis físicos.....	29

4.2. Análisis mecánico .....	32
4.3. Contraste de normalidad de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado.....	35
4.4. Modelo estadístico .....	36
4.5. Elección de la mejor biopelícula elaborada con harina y almidón de banano y maíz negro .	42
4.6. Evaluación financiera con relación al beneficio costo.....	42
4.7. Segmentación del mercado .....	43
4.8. Alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de la aceptación de un nuevo empaque biodegradable para café negro. ....	43
4.9. Flujo de caja, Costo-Beneficio, VAN y TIR al tratamiento seleccionado T5 (H. B 25% y A. B75%). ....	44
4.10. Indicadores de evolución financiera .....	44
4.11. pH.....	45
4.12. Humedad .....	46
4.13. Espesor .....	46
4.14. Resistencia ala agua .....	47
4.15. Estudio de factibilidad .....	47
CONCLUSIONES .....	49
RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51
ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Materiales, equipos y reactivos.....	18
<b>Tabla 2</b> Formulación para la elaboración de biopelículas (1000 mL de agua destilada).....	19
<b>Tabla 3</b> Variables .....	24
<b>Tabla 4</b> Análisis físico y mecánicos.....	27
<b>Tabla 5</b> Límites de aceptabilidad que debe cumplir una biopelícula.....	28
<b>Tabla 6</b> Análisis de pH de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado .....	29
<b>Tabla 7</b> Análisis de Humedad de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado.....	30
<b>Tabla 8</b> Resistencia al agua (Prueba de la primera gota) de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado .....	31
<b>Tabla 9</b> Análisis de Espesor (milímetros) de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado. ....	32
<b>Tabla 10</b> Análisis de la normalidad de las biopelículas según el tipo de concentración de harina y almidón de banano y maíz negro .....	35
<b>Tabla 11</b> Diseño completo al azar de las biopelículas .....	37
<b>Tabla 12</b> Supuestos ANOVA para DCA.....	37
<b>Tabla 13</b> Supuestos de Normalidad .....	38
<b>Tabla 14</b> Supuesto de Homocedasticidad. ....	38
<b>Tabla 15</b> Supuesto de Independencia.....	39
<b>Tabla 16</b> Espesor de la combinación de harina y almidón de maíz negro y banano. ....	40
<b>Tabla 17</b> Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% .....	41
<b>Tabla 18</b> Estadísticos de fiabilidad .....	43
<b>Tabla 19</b> Demanda Objetiva .....	43
<b>Tabla 20</b> Flujo Neto de caja.....	44
<b>Tabla 21</b> Indicadores financieros .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Gráfico 1</b> Obtención de biopelículas elaboradas con harina y almidón de banano y maíz negro por el método Casting mono capa. ....	21
<b>Gráfico 2</b> Medición de medias de los tratamientos elaborados con harina y almidón de banano y maíz negro.....	34
<b>Gráfico 3</b> Medición de resistencia al agua.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Formulación para la elaboración de la biopelícula combinando harina y almidón banano y maíz negro en relación de 70 gramos en 1000 mL de agua destilada.....	66
<b>Anexo 2</b> Determinación sensorial de las biopelículas .....	67
<b>Anexo 3</b> Gráficos de probabilidad de las biopelículas según el tipo de concentración de harina y almidón de banano y maíz negro .....	69
<b>Anexo 4</b> Inversión del proyecto de las biopelículas del tratamiento T5 de harina y almidón de banano (H. B 25% y A. B75%).....	70
<b>Anexo 5</b> Estructura de costos al tratamiento seleccionado T5 (H. B 25% y A. B75%).....	71
<b>Anexo 6</b> Flujo de caja de la elaboración del proyecto de las biopelículas del tratamiento T5 (H. B 25% y A. B75%).....	72
<b>Anexo 7</b> Encuesta de café negro realizada a la ciudad de Ambato .....	73
<b>Anexo 8</b> Obtención de la harina de banano de rechazo (Musa acuminata variedad Cavendish). 74	
<b>Anexo 9</b> Extracción del almidón de banano de rechazo (Musa acuminata variedad Cavendish) y maíz morado (Zea Mays L) por el método descrito por Lázaro de La Torre Gutiérrez, 2008. ....	75
<b>Anexo 10</b> Elaboración de biopelículas combinando almidón y harina de banano de rechazo (Musa acuminata variedad Cavendish) y maíz morado (Zea Mays L) por el método de casting Mono capa. ....	77
<b>Anexo 11</b> Pruebas físico mecánicas .....	78

## RESUMEN

Teniendo en cuenta las grandes cantidades de desechos sólidos que generan los plásticos, provocado por el ser humano a raíz del uso excesivo; siendo responsable de la contaminación del medio ambiente donde vivimos y el cambio climático, ante esta problemática, el presente trabajo de investigación se elaboró con la finalidad de elaborar una nueva opción de empaque o recubrimiento a los alimentos, reemplazando el plástico sintético por películas biodegradable, debido a su degradación de forma natural y menor tiempo de descomposición, es así que dentro de materias primas se encuentra la harina y almidón de banano y maíz negro, conocidas por sus altos porcentajes de proteínas, fibra cruda y almidón que estas dos matrices presentan. Para la elaboración de las biopelículas se utilizó la técnica de casting modificada en mono capa. Seguido, se diseñó biopelículas combinadas de harina y almidón de banano (HB) y (AB1); también harina y almidón de maíz morado (AMN) y (AMN1), con concentraciones de (100%, 75%, 50%, 25%). Obteniendo 5 formulaciones con tres repeticiones por cada bloque de tratamiento. Las películas obtenidas fueron transparentes, flexibles y altamente homogéneas, de estas, se evaluó propiedades físico y mecánico como humedad, pH, resistencia al agua y espesor. Tras la aplicación de un análisis de varianza de diseño completo al azar se seleccionó al tratamiento T5 (AB175% y HB 25%), ser óptimo, pues presenta mejor característica en base al tiempo de resistencia al agua con un valor máximo de 72 horas, además se evidenció inexistencia de porcentaje de humedad con un valor de 0,13%, asimismo un pH de 6,66 (medio ácido) resultados aceptables según la NTE INEN 1462 y NTE INEN 526 respectivamente; finalmente un espesor de 0,19 mm valor establecido que una biopelícula debe cumplir, es preciso señalar que el espesor es una propiedad importante para empaques biodegradables, pues mientras mayor sea el espesor menor será la afectación de las propiedades de barrera. En cuanto a la evaluación financiera con relación al beneficio costo, es viable de acuerdo a los indicadores financieros, donde se obtuvo un beneficio costo del \$0,56 demostrando ser factible la producción de empaques biodegradables para café negros.

**Palabras claves:** Propiedades físicas y mecánicas, costo y beneficio, biopelículas, harina, almidón, ANOVA.

## ABSTRACT

Taking into account the large amounts of plastic solid waste generated through excessive use by humans, who are actually responsible for environment pollution and climate change. To solve this problem, this research develops a new option for packaging or coating food, replacing synthetic plastic by biodegradable films. Raw materials such as flour and starch of bananas, black corn, known for their high percentages of protein, crude fiber and starch have been used in these two matrices due to its degradation in a natural way and less time of decomposition. The modified monolayer casting technique was used to produce the biofilms. Next, combined biofilms of banana flour and starch (HB) and (AB1) were designed; also, purple corn flour and starch (AMN) and (AMN1) with concentrations of (100%, 75%, 50%, 25%). Obtaining 5 formulations with three repetitions for each treatment block. The films obtained were transparent, flexible and highly homogeneous. From there, physical and mechanical properties such as humidity, pH, water-resistance, and thickness were evaluated. After the application of a complete random analysis of variance design, the T5 treatment was selected (AB175% and HB 25%), to be optimal since it presents better characteristics based on the time of water resistance with a maximum value of 72 hours. Also, it was demonstrated nonexistence of humidity percentage with a value of 0.13%. An acceptable pH of 6.66 (acidic medium) according to the NTE INEN 1462 and NTE INEN 526 respectively too. Finally, a thickness of 0.19 mm is the established value that a biofilm must comply with. It should be noted that thickness is an important property for biodegradable packaging, since the greater the thickness, the lower the effect on the barrier properties. As for the financial evaluation about the benefit-cost, it is viable according to the financial indicators, where a benefit-cost of \$0.56 was obtained demonstrating to be feasible the production of biodegradable packaging for black coffee.

**Keywords:** Physical and mechanical properties, cost and benefit, biofilms, flour, starch, ANOVA



**Reviewed and corrected by:** Armijos Monar Jacqueline Guadalupe

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Los plásticos provenientes de fuentes petroquímicas se manejan abundantemente en los sectores de la economía mundial, tales como a nivel industrial, agrícola, pecuario y de servicios, Navia & Bejarano (2014), la demanda de estos materiales crece progresivamente y como consecuencia también es su participación en la producción de desechos sólidos, en razón a su baja tasa de degradación, por lo cual son los causantes en gran proporción de la contaminación ambiental.

El consumo de plástico crece continuamente lo que evidencia un aumento de la producción mundial, de 2.3 millones de toneladas en 1950 a 407 millones en el año 2015, Jason Treat et al. (2018). Un estudio estima que, que todo el plástico producido por el ser humano durante estos 150 años en todo el mundo, representa un 43%, se encuentra depositado en vertederos o en entornos naturales; el mismo estudio refleja que actualmente el 57 % del plástico producido mundialmente acaba abandonado. Es el material más empleado y, por ende, el más abandonado, especialmente en países donde no hay gestión de residuos o tiene una gestión deficiente. Se estima que en nuestros mares y océanos hay entre 5 y 50 billones de micro plásticos corriendo el riesgo de que entren en la cadena alimenticia, Libera (2015, pág. 24).

Ecuador ha obtenido un creciente desarrollo en la industria del plástico, aportando medios para el hogar, agricultura y productos suplementarios para otras industrias, siendo el polivinil cloruro (PVC) la materia prima por excelencia, Moreno (2015). El Ministerio de Ambiente (MAE) realiza investigaciones sobre los residuos contaminantes, entre el año 2015 y 2017 en las cuatro regiones del Ecuador, son alarmantes; botellas plásticas, colillas de cigarrillo, tarrinas de comida y tapas de tarrinas lideran en la región Costera seguido de la Sierra, Noroña (2018).

Las biopelículas en las últimas décadas han surgido como una alternativa para sustituir parcial o totalmente los materiales poliméricos sintéticos, el desarrollo de los biopolímeros se ha vislumbrado como una elección, el uso de biopelículas surge como una opción para mantener los productos alimenticios frescos por mayor tiempo disminuyendo el uso de materiales termoplásticos, la materia prima utilizada para la creación de biopelículas contienen proteínas, lípidos y polisacáridos, González (2015).

La industria alimentaria, tiene como principal desafío producir embalajes o envases para alimentos que además de ser biodegradables sean tan durables como los productos que ofresen, los bioplásticos hoy se producen a partir de los cultivos o sus desechos (almidón y celulosa) obtenidos por fermentación microbiana, las empresas líderes se encuentran en Estados Unidos, Canadá, Japón, y la Unión Europea, Copyright (2007). La innovación intenta cubrir una amplia gama de aplicaciones: vajilla y utensilios descartables, botellas, bolsas de supermercados, bolsas para snacks y films. Y de esta manera apoyar a la tierra ya que reducen su huella de carbono y se reduce el uso de recursos fósiles y son 100% biodegradables, convirtiéndose en abono vegetal, Argenbio, (2015).

Hernández et al (2017) indica que, la harina de banano tiene propiedades nutricionales como: carbohidratos, proteínas, vitaminas (A, B1, B2, B3 y C), minerales (fósforo, magnesio y hierro) que actúan en el cuerpo y que son similares a las fibras, con los siguientes porcentajes: proteína 4.10%, humedad 8,0%, grasas 1,40 %, fibra 2,14% y cenizas 3,90%, Gélvez (2019). La harina de maíz negro presenta pigmentos antocianinas hidrosolubles entre (1,5 y 6%) visibles al ojo humano, debido al color púrpura que presenta. Las antocianinas son denominados antioxidantes, presenta mayor cantidad nutricional que el maíz típico que es el maíz blanco. Además, aporta cantidades importantes de almidón cerca del 80, 10% de azúcares, 11%, de proteína, 2% de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico), además que posee una composición rica en fotoquímicos beneficiosos para nuestro cuerpo actuando como antimutagénico, Guillén , Mori, & Paucar (2014). Tanto la harina de banano como la de maíz negro resultan ser una alternativa para la producción de películas biodegradables.

Mediante la elaboración de la biopelícula a partir de harina y almidón de banano y maíz negro mediante la técnica casting, proceso mediante el cual un líquido es vertido en un molde y dejado para su reacción, curado o endurecido para formar un objeto rígido que produce la cavidad del molde; se pretende ayudar a reducir el impacto y la contaminación ambiental que hoy en día afecta mucho a nuestro planeta Tierra, posteriormente se evaluara las propiedades físicas ( pH y contenido de humedad) y mecánicas (espesor y resistencia al agua) para establecer la formulación optima en la elaboración de las biopelículas; también se determinará estadísticamente la formulación al mejor tratamiento, mediante un análisis de varianza (ANOVA), se evalúa el beneficio costo a la mejor formulación de biopelículas elaboradas.

El presente estudio está dirigido a grupos que aspiran potencializar el uso de biopelículas y reemplazar los plásticos sintéticos; está encaminado a 3 grupos: industrias alimentarias y no alimentarias y a la industria transformadora plástica que es la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS) conformada por 120 empresas ubicadas en su mayoría en la ciudad de Guayaquil; serian específicamente los favorecidos de esta investigación ya que se impulsaría a la elaboración de plástico biodegradable a través del uso de esta dos matrices maíz negro y banano derecho que hoy en día es poco sobrevalorados, es por eso que la biopelícula debe cumplir con las características que se requieren para ser un bioplástico optimo al momento de recubrir o empaquetar un alimento, cumplir las expectativas y necesidades de los consumidores que se preocupan por cuidar el medio ambiente. Además, generar el crecimiento de microempresas ecuatorianas que propongan un nuevo mercado de la fabricación de bioplásticos y de esta manera fortalecer la matriz económica y productiva del país.

## **PROBLEMA**

### **1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Estévez (2013) indica que, la contaminación a nivel global de plásticos no tiene frontera ante el consumo inhumano que presentan las personas, son miles de toneladas de plásticos de diversos tamaños lo que contaminan nuestros océanos y tienen un efecto devastador sobre la fauna marina y las aves, los plásticos provienen del polietileno, polipropileno y cloruro de polivinilo tardan más de 1 millón de años en descomponerse en el medio ambiente. Dentro de los envases, la mayoría de ellos son utilizados en alimentación (70%), industria (5%) y productos químicos del hogar (6%). Se estima que una persona descarta alrededor de dos kilogramos de basura por día, donde alrededor del 10 % son plásticos, fundamentalmente envases y embalaje, Libera (2015).

En la actualidad, no existen muchas empresas que se dediquen a la fabricación de bioplásticos, tan solo representan cerca del 1% a nivel mundial, fabricando 725 mil toneladas métricas en el año 2010 y se espera alcanzar 1,7 millones de toneladas métricas para este nuevo año, con el objetivo de evitar contaminar el planeta, se estima que la producción de biopelículas en el mercado mundial vaya creciendo más de un 20% por año, pero no es suficiente con la demanda que requiere el mundo y surge la necesidad de realizar estudios para la fabricación de biopelículas y de esta manera cubrir la demanda objetiva, Bioplastics (2018).

En el Ecuador existe pocos estudios sobre el desarrollo de biopolímeros utilizando materia prima vegetal, donde las bananeras rechazan el 14% de su banano debido a la presencia de plagas, exceso de químicos, descartando este producto y creando contaminación ambiental debido a su descomposición al aire libre, Ramirez & Solorzano (2012).

Según INIAP (2019) el consumo y la siembra de maíz negro en el Ecuador son bajos (4.43 Kg/año), el cual se utiliza para alimentar aves y realizar la tradicional colada morada, existen pocas investigaciones para su mejor aprovechamiento a nivel industrial. Como alternativa a esta problemática se pretende desarrollar biopelículas a partir de la combinación de harina y almidón de banano y maíz negro, materia prima que no son valoradas y son producidas en el cantón el Triunfo y en el cantón Riobamba provincia Chimborazo procedente de la Asociación Comunitaria “SARIV”.

### **1.2.2. Formulación del problema**

¿Las biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de banano (*Musa acuminata*) y maíz negro (*Zea mays L*) influirán en las propiedades físicas y mecánicas (espesor, resistencia al agua, pH y humedad)?

## **JUSTIFICACIÓN**

En el año 1907 comienza la revolución de la industria química, se empieza a sintetizar plásticos, la contaminación ambiental fue causada por los desechos plásticos, debido a que el ser humano en su afán de encontrar un producto que le permita cubrir o conservar productos alimenticios o no alimenticios, lo llevó a la producción y uso excesivo de materiales derivados del petróleo; lo cual ha sobrellevado a tener problemas con el medio ambiente.

La contaminación plástica es un problema ecológico que presenta hoy en día el planeta Tierra, esto se debe a la falta de concienciación ciudadana y política que no se tuvo desde un comienzo al comprar plásticos, la falta de reciclaje, el vertido de la basura a la naturaleza y la falta de políticas sostenibles y ecologistas hacen que generemos más residuos plásticos y estos no sean desechados como debe ser, causando deterioros en la capa de ozono, olores desagradables, taponamiento de tuberías, entre otros, reflejando elevados costos de limpieza y mantenimiento; una realidad que pretende nuevas metodologías para contrarrestar dicha situación.

En la actualidad la contaminación ambiental producida por plásticos exige innovación frente a la creación de biopelículas como alternativa para sustituir parcial o completamente los materiales sintéticos; los mismos que se elaboran a partir de fuentes renovables como polisacáridos y lípidos, incluyendo plastificantes y gelificantes; no existe un procedimiento general aplicable para la formulación y transformación de biopelículas, esto dependerá de las características que se desean obtener de una biopelícula. Se ha descubierto que, al incorporar agua, glicerol y harina o almidón, estos tienen la capacidad de ser más resistentes al agua y de formar geles permitiendo el moldeo y formación de películas. Uno de los componentes utilizados en el desarrollo de biopolímeros se encuentran en la harina y almidón de diferentes cereales, tubérculos y frutos, estos se pueden utilizar una vez sean descartados; el cereal producido en la región Sierra, provincia Chimborazo es el maíz negro y uno de los principales frutos cosechados en la región Costa, sector el Triunfo es el banano de exportación, de los cuales se puede extraer de las dos matrices grandes cantidades de harina y almidón.

Con el fin de implementar embalajes o envases para alimentos que además de ser biodegradables sean tan durables como los productos, facilitando la comercialización, retardar el crecimiento microbiano, servir como barrera protectora para reducir la respiración y migración de humedad preservando la calidad del producto, esta investigación se fundamenta en la elaboración de una

biopelícula a partir de diferentes concentraciones de harina y almidón de maíz negro y banano como un empaque alimenticio o no alimenticio y como propuesta para reemplazar el empaque de plástico sintético.

## **OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General:**

- Elaborar biopelículas a partir de harina y almidón de banano (*Musa acuminata*) y maíz negro (*Zea mays l*) mediante la técnica casting monocapa.

### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar las propiedades físicas-mecánicas (resistencia al agua, espesor, análisis pH y humedad) de las biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de banano (*Musa acuminata*) y maíz negro (*Zea mays L*).
- Desarrollar la formulación óptima para la elaboración de biopelículas de harina y almidón de banano (*Musa acuminata*) y maíz negro (*Zea mays L*).
- Establecer la relación beneficio costo a la mejor biopelícula utilizado en empaque para café negro.

## CAPÍTULO II.

### ESTADO DEL ARTE O MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ESTADO DEL ARTE

Según Franco (2017) en la “Obtención de quitosano proveniente del cangrejo rojo”, en la investigación en el cual permite utilizar mezclas con almidón de banano para formar filmes en el recubrimiento de frutas carnosas. Los métodos que se aplicaron en la obtención del quitosano procedentes de los caparazones del cangrejo rojo fueron: obtención de la materia prima, desproteínización, desmineralización, purificación y se completó con la etapa de desacetilación. Los polímeros obtenidos fueron caracterizados por métodos organolépticos, volumétricos y mecánicos. Se logró conseguir biopolímeros de quitina y quitosano en una concentración del 10%. Con estos datos podemos obtener a futuro películas biodegradables (envoltura en frutas carnosas) en bases al quitosano, Pesantez & Cuenca (2017).

Yunia et al (2011) indica que, en la “Oxidación del almidón nativo de plátano” propone que el almidón nativo del plátano es una materia muy utilizada para la elaboración de plásticos biodegradables, pero presentan un efecto negativo, en el color y las bajas propiedades mecánicas que se consiguen de sus películas utilizando esta materia prima. Para superar estos inconvenientes se realiza una modificación química por oxidación en medio alcalino con hipoclorito de sodio al 3%, resultando una técnica efectiva de blanqueo y estimulando una disminución densidad debido a la despolimerización, se realizó un estudio térmico a los almidones blanqueados y mediante microscopia electrónica de barrido se observó que no se presentó una modificación estructural dentro del gránulo, la oxidación con hipoclorito de sodio es un excelente recurso para eliminar las impurezas y para obtener un almidón emblanqueado que puede ser utilizado para la elaboración de empaques biodegradables.

Según Anchundia & Santacruz (2016) en, “Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)” en el trabajo elaboró harina a base de cáscara de plátano, utilizó la harina de la corteza de plátano debido al contenido de almidón total de 38.11%, amilosa aparente (42.22%) determinándose que es un material adecuado para la elaboración de recubrimientos comestible. En la elaboración de biopelículas se agregó agua destilada calentando a 90°C y agitación constante y se adiciona ácido acetilsalicílico manteniendo temperatura de 90°C.

Finalmente se dejó enfriar la solución hasta 50 °C, las muestras obtenidas fueron homogenizadas en ultraturrax (Polytron, Suiza) a 11.000 rpm por 4 minutos y luego colocadas a cajas Petri de 9 cm de diámetro. El secado de las películas se realizó en una cámara de secado (SCI Finetech Co., Corea) a 30 °C con humedad relativa de 45% por 24 horas; los análisis de caracterización de las películas se realizaron por triplicado, donde se evaluaron la resistencia, tensión, permeabilidad al vapor de agua, opacidad, solubilidad y espesor, presentando el factor A y B valores bajos de solubilidad de (11.44%) y poder de hinchamiento (4.83%), ese debe tomar en cuenta que es uno parámetros más importantes a considerar en la elaboración de películas comestibles. Por lo tanto, la elaboración de películas comestibles a base de cáscara de plátano y ácido acetilsalicílico es viable.

Rodríguez (2017) indica que, Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche, es la investigación realizada utilizan el almidón de plátano y proteínas del suero de la leche para elaborar biopolímeros. El almidón de plátano fue obtenido utilizando la técnica de Flores- La elaboración de películas a partir de almidón de plátano adicionando proteínas séricas  $\alpha$ -LA,  $\beta$ -LG A y  $\beta$ -LG B, de esta manera formar una mezcla con 4 g de almidón de plátano y 0.5 g de proteína sérica, 1.6 mL de glicerol y 100 mL de agua destilada en cada concentración. La solución se homogenizó en una dispersora marca polytron System (modelo PT 2100) a 11 000 rpm por 10 min, con una temperatura inicial de 40 °C hasta alcanzar 85 °C de temperatura final. Posteriormente, fueron vertidos 30 mL de la mezcla de proteína-almidón en cajas Petri; estas fueron colocadas en el interior de la estufa de aire forzado a una temperatura de 40 °C por 24 h, almacenadas a temperatura ambiente, como resultado las películas que contenían las proteínas presentaron un incremento en los valores de solubilidad de (32,32%) y buenas propiedades mecánicas y la estabilidad térmica fueron mejoradas por la adición de proteínas séricas.

Según Díaz & Avellán (2019) en la investigación realizada “Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*)”, en la cual buscan extraer el almidón de los granos de maíz para luego emplearlo con glicerina y ácido acético en la elaboración de una lámina de bioplástico con un porcentaje de degradación de 89.40% para un periodo de experimentación de 42 días, con la siguiente metodología colocaron en un recipiente 17 ml de agua destilada junto con 5.73 g del almidón de maíz, mezclando constantemente hasta homogenizar y manteniéndome a una temperatura de 70°C. Posteriormente se agregó 1.17 ml de glicerina agitando constantemente hasta notar un cambio en su mezcla, luego añadir 3ml de ácido acético al 3% v/v homogenizando hasta que se dejó percibir vapor en la mezcla, luego se formó la lámina en una placa de vidrio, se expuso al sol para su secado y se retiró el bioplástico obtenido. Y se realizó pruebas de biodegradabilidad después de los 42 días, titulando con HCl evidenciando la formación de un precipitado de color blanco que indicó la formación de BaCO<sub>3</sub> y comprobando con ello la degradación del plástico.

Díaz (2019) en su investigación “Evaluación de películas comestibles de harina de maíz morado, propóleo y combinación de ambos polímeros”, se prepararon diferentes concentraciones de harina de maíz morado y propóleo (100:0, 90:10, 80:20, 75:25, 70:30, 60:40 y 50:50), con el 2% de glicerol, adicionando 20ml de la solución de filmogénia a las placas Petri acondicionando con cinta teflonada, sometiendo a una temperatura de 45°C por 12 horas a humedad relativa de 60%, una vez realizada las pruebas de las mejores características de maíz morado al 100%, harina de maíz y propóleo (80:20 y 90:10) donde se evaluaron propiedades físicas y mecánicas como viscosidad, pH, espesor, resistencia a la tracción, solubilidad, microscopia electrónica de barrido (SEM) y permeabilidad de vapor. La película comestible de la combinación de ambos polímeros de harina maíz morado y propóleo (20:80), presento mejores propiedades físicas y mecánicas a una temperatura de 45°C almacenada a temperatura de 20°C y en refrigeración.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Biopelículas**

Una película comestible es una capa delgada de material comestible, obtenida por moldeo, y es colocada sobre una superficie nivelada para su posterior uso, pueden estar formados por polisacárido (alginatos, pectinas, derivados de celulosa, lípidos y almidón), un compuesto de la naturaleza proteica, lipídica o por mezclas de estos.

La película comestible actúa sobre el alimento para extender la vida útil, reducir procesos metabólicos, facilitar la distribución y la comercialización de los productos alimenticios, retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora para reducir respiración y preservando la calidad, con el objeto de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono y aromas, entre otros, pues promueven barreras semipermeables, además de transportar ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento, Fernández et al (2017)

### **2.2.2. Recubrimientos Comestibles**

Se puede definir como una matriz transparente continua, comestible y delgada que cubre al alimento con el fin de preservar su calidad y servir como empaque, Bautista et al (2015).

### **2.2.3. Ventajas y propiedades que presentan las películas comestibles**

Bautista et al (2015) indica que, una película comestible PC es un material de envoltura (empaque) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte de este, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación, y sus ventajas y propiedades son:

- ✓ Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
  - ✓ Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
  - ✓ Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
  - ✓ Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
  - ✓ Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.
  - ✓ Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.
  - ✓ Pueden regular distintas condiciones de interface o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
  - ✓ Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa
- Bautista et al (2015).

#### 2.2.4. Materiales para películas comestibles

- **Proteínas;** Colágeno, gelatina, gluten de trigo y, proteínas del a leche
- **Polisacáridos;** Almidón alginato, pectina y, quitosano
- **Lípidos;** Ceras, acilgliceroles y, ácidos grasos
- **Mezclas;** Componentes lípidicos

Trejo (2010)

#### 2.2.5. El almidón

Es un polisacárido complejo de almacenamiento más abundante, se presenta naturalmente en forma de gránulos en cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos (tipo de plasto carece de clorofila) y se caracteriza por el contenido de gránulos de almidón se encuentra en las semillas, legumbres y tubérculos. A nivel molecular, el almidón nativo está formado por dos componentes distintos, amilosa y amilopectina, que se puede aislar por fraccionamiento y ser estudiados de forma independiente, Villaroel, Gómez, Vera, & Torres (2018)

La amilosa, que es esencialmente un polímero lineal, constituyente típicamente entre el 15 al 20% de almidón, y la amilopectina, que es una molécula ramificada más grande, es el componente principal del polisacárido, Villaroel et al (2018).

**Estructura del almidón.** Estructuralmente, el almidón consiste en dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. Estas macromoléculas se encuentran bajo dos formas una lineal que es la amilosa la más pequeña y otra ramificada que es la amilopectina, la amilosa posee características de gelificación y la amilopectina de viscosidad, Hernandez et al (2018).

**Amilosa.** Es un polímero lineal de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4), en el cual algunos enlaces pueden presentarse  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrogeno y generar una estructura helicoidal, Carrasco & Vasquez (2018). Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldea; gelifican mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. La amilosa puede formar una cuarta parte del gránulo de almidón, Rodriguez (2008)

**Amilopectina.** Es un polímero ramificado por unidades en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1,4), y en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1,6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta, Rodríguez E (2008).

#### **2.2.6. Funciones del almidón**

Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional se utiliza como (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, Torruco et al (2007) Además de eso, se utiliza en la industria del papel para fortalecer el producto final, ya que el almidón apoya a la estructura de la fibra celulosa, dando al papel mayor calidad, en la aplicación en el ámbito de bioplásticos, debido a que mejora la tensión a la fractura y flexibilidad, se tiene películas más claras y disminuye la permeabilidad, Medina et al (2007).

#### **2.2.7. Harina de banano**

La harina de banana es rica en almidón resistente, un tipo de carbohidrato que tienen propiedades que actúan y son similares a las fibras; posee una textura más liviana en comparación a la harina de trigo con un volumen menos del 25%, puede sustituir a la harina de trigo integral blanca, Rodríguez et al (2017)

#### **2.2.8. Propiedades nutricionales que presenta la harina de banano**

Esta harina de banano es muy apreciada por sus propiedades nutricionales, carbohidratos y proteínas, además es rica en vitaminas, minerales y fibras, se denomina un almidón resistente, llamado así porque es resistente en las enzimas digestivas del hombre, no es absorbido por el intestino delgado, considerado como fibra dietética, Vaca (2014).

#### **2.2.9. Harina de maíz negro**

Polvo fino de maíz negro (*Zea mays L*) Obtenido a través de un proceso de selección, lavado, desinfección, deshidratado, molido, tamizado y esterilizado. Libre de partículas extrañas o impurezas, Kunyas (2011).

### **2.2.10. Componentes benéficos del maíz negro**

Los componentes químicos en el maíz morado son: ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y sus compuestos fenólicos, Guillén, J; Mori, S; Paucar, M (2014).

Los compuestos fenólicos contenidos en el maíz negro actúan como antioxidantes. El maíz negro posee un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, contrarresta los efectos nocivos de los radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis. Dentro de los compuestos fenólicos, tenemos a las antocianinas; pigmentos hidrosolubles visibles al ojo humano, debido al color púrpura que presentan, Guillén et al (2014).

### **2.2.11. Ingredientes utilizados para la elaboración de biopelículas**

- **Plastificante**

Es una sustancia normalmente líquida y de viscosidad mayor a la del agua, que se adiciona a la mezcla con el fin de mejorar la flexibilidad del material mediante la reducción de las fuerzas intermoleculares. La adición de plastificantes disminuye la temperatura de fusión cambiando su comportamiento debido a que logra movilizar moléculas. Dando plasticidad al material, cuanto más se incluye una sustancia plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación se incrementan mientras que el esfuerzo de ruptura, los módulos de Young disminuyen, Ortiz et al (2012).

El agua es utilizada comúnmente como un plastificante para lograr la desestructuración del almidón en las mezclas para obtener almidones termoplásticos. Se utiliza con el objetivo de lograr mejores propiedades mecánicas y de barrera. El agua es el plastificante abundante y económico. Enriquez et al (2011)

- **Glicerol**

El glicerol es un alcohol con tres grupos hidroxilo lo que le permite ser soluble en el agua y ebulle a 290°C. Es uno de los plastificantes más comunes en la producción de biopelículas comestibles debido a su disponibilidad y bajo costo, actúa como un efectivo agente suavizante para los almidones, mejorando la flexibilidad sin reducir la resistencia a la tensión de las biopelículas, presentan inconvenientes: no reduce la permeabilidad al vapor de agua y es absorbente, afectando el rango de aplicación de las biopelículas, Mayhuire et al (2019).

- ✓ **Glicerina Cruda:** Proviene de la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales generan el glicerol como subproducto, contiene una gran cantidad de metanol, se puede utilizar para múltiples usos: jabones, alimentación animal y aleoquímica; tienen un contenido de glicerol del 40 y 88% en peso, Cardeño, Gallego, & Rios (2011).
- ✓ **Glicerina USP:** es una glicerina refinada y puede venir con certificado Kosher, esta es apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético, que tiene un contenido de glicerol superior al del 95%.
- ✓ **Glicerina CP:** Es una glicerina "químicamente pura" generalmente tiene la misma calidad que la glicerina grado UPC, esta glicerina se usa en productos alimenticios y para agente emulsificante, estabilizante, espesantes y gelificante para el uso en alimentos, que tiene un contenido de glicerol de 99,5%, Cardona (2010)

- **Gelificante**

Colágeno tratado por hidrólisis parcial irreversible, procedente del tejido conectivo de vegetales o animales, (tendones, vísceras, y huesos de animales terrestres, vacas, cerdos), Saldaña (2009).

El CMC es un espesante natural, derivado de fibras vegetales. De color blanco amarillento, no tiene olor y suele usarse en pequeñas cantidades para mejorar o modificar la viscosidad de líquidos, Quinteros (2013).

## **2.2.12 Análisis físico para evaluar una biopelícula**

### **2.2.13. pH**

Los agentes patógenos para su desarrollo necesitan alimentarse de nutrientes, agua y deben estar a una temperatura adecuada para perdurar, los rangos de Ph se encuentran del 1 al 14, y se considera el 7 como valor neutro. Si el nivel de pH en un alimento es mayor a 7, se dice que este es alcalino; en cambio, un valor menor a 7 indica un alimento ácido. La mayoría de los microorganismos patógenos crecen a un pH más bien neutro, entre 5 y 8. Es considerable controlar el pH para evitar la procreación de microorganismos patógenos y consecuentemente un mal olor, Chavarrías (2013)

#### **2.2.14. Propiedades físicas para evaluar una biopelícula**

#### **2.2.15. Solubilidad**

La solubilidad en agua es una propiedad física importante para determinar si la película se descompone con facilidad, a mayor solubilidad el film resiste menos al agua, es decir que son más susceptibles a degradación, es importante esta propiedad porque indica su funcionalidad es decir si se aplicará en alimentos con humedad alta o baja, Feijoo (2019)

#### **2.2.16. Espesor**

Según Park & Chinan (1995), la mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrófila. Existe relación entre la absorción al vapor de agua y la dimensión de los recubrimientos. Se incrementa la resistencia a medida que el espesor aumenta la masa del recubrimiento, la presión parcial de vapor de agua hacia la superficie inferior de la cubierta se incrementa, Solis (2016).

#### **2.2.17. Costo beneficio**

Arturo (2019) indica que, el costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación que existe entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión, tal como la creación de una nueva empresa o el lanzamiento de un nuevo producto, con el fin de conocer su rentabilidad

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno o permite identificar si el plan de negocios es factible invertir, pensando en otras elecciones de inversión de menor riesgo. La TIR es una relación que mide la validez que tendrá el proyecto o empresa, estableciendo la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados formados por una inversión, Torres (2020).

- **Valor actual neto (VAN)**

El valor actual neto VAN hace referencia a las ganancias que tiene un proyecto, teniendo siempre en cuenta tanto la inversión inicial, como la previsión de ingresos y gastos futuros. De este modo, el VAN es un método dinámico cuyo cálculo resulta fundamental para expresar en cantidades absolutas y exactas el rendimiento de dicho proyecto, por lo que está relacionado con el TIR, Gascó, Tamara (2019)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### **3.1. Tipo de investigación.**

El trabajo de investigación fue de tipo experimental, porque se elaboraron biopelículas en función de diferentes concentraciones de almidón, harina de maíz negro y banano, cuyos resultados fueron observados en los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial y grupo de Investigación Vegetal Agroindustrial (INVAGRO).

Además, es una investigación cuantitativa ya que se manipularon variables numéricas para realizar la parte estadística, igualmente, cuenta con una investigación descriptiva porque se detalló las características de análisis físicas-mecánicas de las biopelículas como (pH, humedad, espesor y resistencia al agua). Finalmente, esta investigación fue de tipo bibliográfica ya que se utilizaron artículos científicos publicados en la revista Scielo, Revista de la Sociedad Química del Perú, Ciencia Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, Investigation UTMACH para sustentar el trabajo realizado.

#### **3.2. Unidad Estadística**

Harina de maíz morado, harina de banano, almidón de banano, almidón de maíz negro.

#### **3.3. Población y tamaño de la muestra**

Para la obtención de biopelículas en cuanto al banano se recolectó 20 kg proveniente de la provincia del Guayas, cantón Triunfo, del sector el Triunfo y para el maíz negro se obtuvo 4 kg perteneciente a la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Calpi, de la Asociación Comunitaria Sariv.

### 3.4. Materiales, equipos y reactivos

**Tabla 1** Materiales, equipos y reactivos

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Materias primas</b>
Deshidratador Marca DEHYDRATOR Serie ST-02 Origen Guangdong, China	Vasos de vidrio precipitados (500 mL) Marca: Griffin Serie: SciLabware, Origen Italia	Carboximetilecelulosa (CMC) Grado alimenticio 6%	Harina de maíz morado
Termomix Marca: THERMOMIX Serie: TM31 Origen España	Vasos de vidrio precipitados (100 mL), Marca: BDC2xxP Serie SciLabware Origen Italia	Glicerol Grado alimenticio 99.7%	Harina de banano
Micrómetro digital Marca: MITUTOYO 103 – 130 Serie: MM-103, Mediciones de 25 Mm- 50 mm gama hasta Origen USA	Probeta de vidrio medición cilindro Capacidad 100 ml Marca: Getty Serie: Azlon® Origen Alemania	Agua destilada 6,9 pH	Almidón de banano
Balanza analítica marca: OHAUS Serie YS2101 (588 g) Origen USA	Vidrio reloj con borde fundido Marca: DURAN® Serie: SCOT233212409 Origen: Italia		Almidón de maíz negro
Termómetro portátil Modelo CTH6510, Serie: versión Ex Origen Rusia	Espátula mediana de acero inoxidable Serie 18/10 Marca BOCHEM™, Origen USA		

Ocaña L, (2020)

### 3.5. Formulación para la elaboración de biopelículas.

Se formularon 5 tratamientos para la elaboración de películas comestibles utilizando 70 gramos de harina y almidón de banano y maíz negro con los siguientes porcentajes; T1 75% harina de banano+ 25% harina de maíz negro; T2 100% almidón de banano; T3 75% almidón de banano+ 25% almidón de maíz negro; T4 50% harina de banano+ 50% almidón de banano; T5 25% harina de banano+ 75% almidón de banano; estos ingredientes son constantes para cada tratamiento; CMC 10 g; glicerol 40 g; 100 mL de agua destilada y secados a una temperatura de 50°C por 6 horas.

**Tabla 2** Formulación para la elaboración de biopelículas (1000 mL de agua destilada).

Tratamientos	Dosificaciones	
T1	Harina de banano 52.50 g + Harina de maíz negro 17.50 g	
75% Harina de banano+	CMC	10 g
25% Harina de maíz negro	Glicerol	40 g
	Agua destilada	1000 mL
	Temperatura	50°C
	Tiempo	6 horas
T2	Almidón de banano	70 g
100% Almidón de banano	CMC	10g
	Glicerol	40g
	Agua destilada	1000 mL
	Temperatura	50°C
	Tiempo	6 horas
T3	Almidón de banano 52.50 g+ Almidón de maíz negro 17.50 g	
75% Almidón de banano+	CMC	10 g
25% Almidón de maíz negro	Glicerol	40 g
	Agua destilada	1000 mL
	Temperatura	50°C
	Tiempo	6 horas

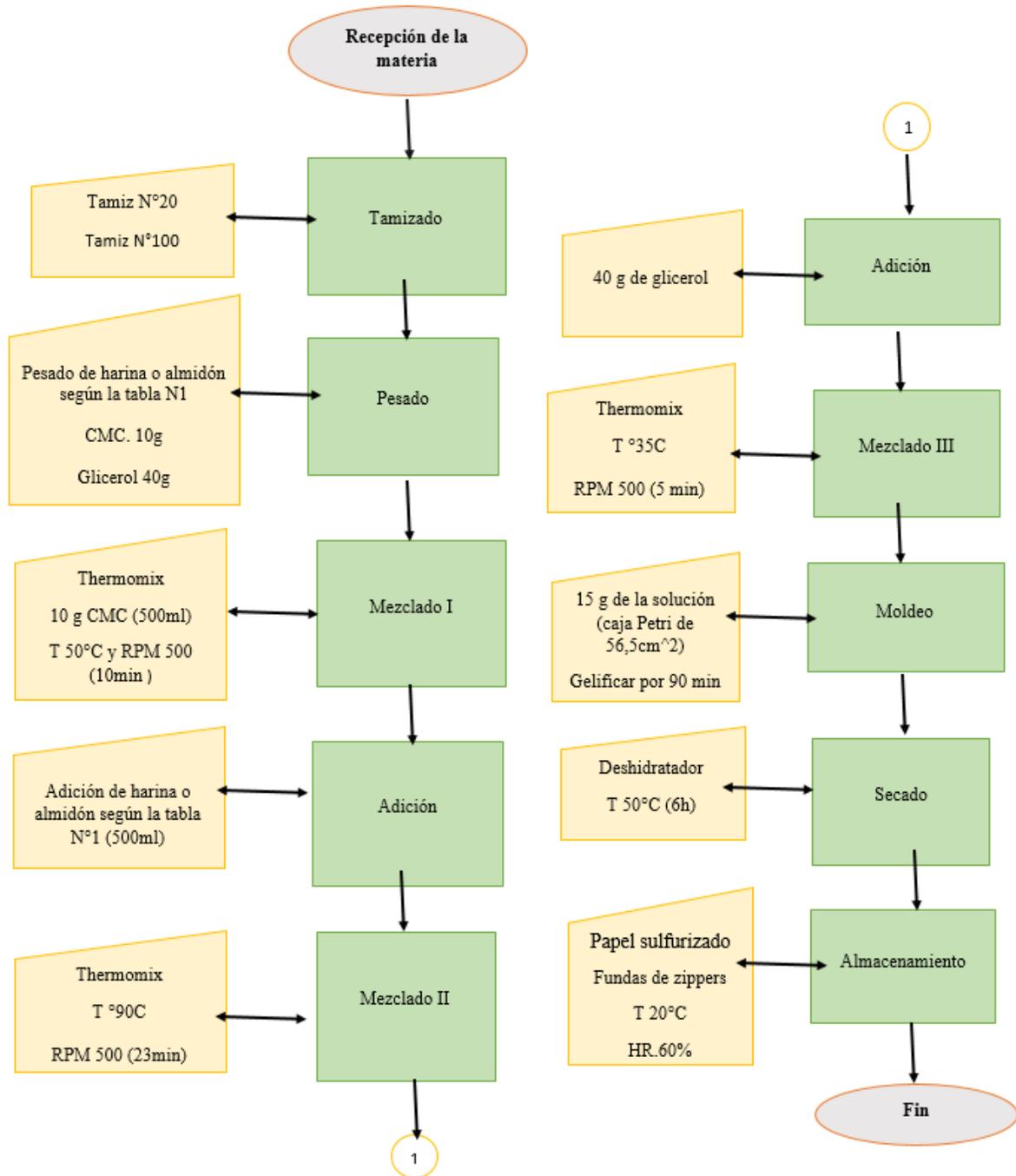
T4	Harina de banano 35 g+ Almidón de banano 35 g
50% Harina de banano+	CMC 10g
50% Almidón de banano	Glicerol 40g
	Agua destilada 1000g
	Temperatura 50°C
	Tiempo 6 horas

T5	Harina de banano 17.50+ Almidón de banano 52.50
25% Harina de banano+	CMC 10g
75% Almidón de banano	Glicerol 40g
	Agua destilada 1000g
	Temperatura 50°C
	Tiempo 6 horas

---

Ocaña L, (2020)

**3.6. Diagrama para la elaboración de biopelículas por el método Casting mono capa utilizando 70 gramos en 1000 mL de agua destilada.**



**Gráfico 1** Obtención de biopelículas elaboradas con harina y almidón de banano y maíz negro por el método Casting mono capa.

**Recepción de la materia prima:** La materia prima fue transportada en gavetas en el caso del banano y el maíz negro en un recipiente hermético a una temperatura de 20°C hasta la Universidad Nacional de Chimborazo, grupo de Investigación (INVAGRO) donde se elaboró la harina. La harina de maíz negro como de la harina de banano se obtuvieron mediante deshidratación con un equipo (DEHYDRATOR MODEL: ST-02), programado a una temperatura de 60°C por 4 horas en el maíz morado, siguiendo el procedimiento de (Guaminga, 2020); y en el caso del banano se programó el equipo a 60°C por 6 horas siguiendo el protocolo de (Ortega, 2016).

En el desarrollo de las biopelículas se utilizó 0,5 kg de harina y almidón de banano y 0,2 kg de harina y almidón de maíz negro. Y en el caso de la extracción del almidón de maíz negro y banano se utilizó la metodología indicada por Bello Pérez (1995) modificada por Lázaro De la Torre; para extraer el almidón se utilizó 0,5kg para obtener 0,2 kg de almidón, Lázaro De la Torre Gutiérrez (2008).

**Tamizado:** La harina de maíz morado se refino a través del tamiz # 20 con una apertura en micras 850  $\mu\text{m}$  y la de harina de banano en el tamiz# 100 con una medida en micras de 150  $\mu\text{m}$ , para la liberación de toda impureza presente.

**Pesado:** Mediante la balanza analítica marca OHAUS, serie YS2101, (588 g), se pesó de acuerdo con los tratamientos establecidos en la tabla N°1, 10g de carboximetilcelulosa (CMC), 40g de glicerol y se adicionó 1000ml de agua destilada.

**Mezclado I:** En el equipo (THERMOMIX 31-4C-VORWERKTYPE), se vertió 500ml de agua destilada y 10g de CMC; se programó el equipo a una temperatura de 50°C por 10 min a 500 rpm (revoluciones por minuto) hasta obtener una mezcla homogénea.

**Adición:** La mezcla homogénea se añadió de acuerdo con los tratamientos establecidos en la tabla N°1 de almidón y harina de banano como de maíz negro, previamente diluida en 500ml de agua destilada.

**Mezclado II:** En el equipo (THERMOMIX 31-4C-VORWERKTYPE) se mezcló la solución a una temperatura de 90 °C por 23 minutos a 500 rpm (revoluciones por minuto).

**Adición:** Se añadió 40g de glicerol en la mezcla de la solución de harinas o almidones de banano y maíz negro.

**Mezclado III:** En el equipo (THERMOMIX 31-4C-VORWERKTYPE) se combinó la solución a una temperatura de 37°C por 5 minutos a 500 rpm (revoluciones por minuto).

**Moldeo:** se colocó 15 g de la solución en el moldeo de (caja Petri) esparciendo por toda la superficie (56,5cm<sup>2</sup>), se gelifico durante 90 minutos a temperatura ambiente.

**Secado:** A continuación, se introdujo en el deshidratador marca (DEHYDRATOR ST-02) programado a una temperatura de 50°C por 6 horas.

**Almacenamiento:** Se retiró del deshidratador y se dejó enfriar por 30 minutos, luego desmoldado en papel sulfurizado (papel manteca) para luego ser empacado en las fundas de zippers, dentro de una caja a temperatura ambiente (20°C) con una humedad relativa de 60%, en un lugar fresco y seco.

### **3.7. Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó una bitácora en cual se registró los valores obtenidos de cada uno de los análisis físicos y mecánicos de las biopelículas obtenidas a partir de la combinación de harina y almidón de banano y maíz negro.

### 3.8. Variables

**Tabla 3** Variables

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categorías</b>
Harinas	La harina es un polvo fino resultante de la molienda de semillas o de otros elementos sólidos.	Harina de banano (HB)
	La harina es un polisacárido que puede servir como plastificante y mejorar las propiedades de dureza, transparencia y buenas propiedades de barrera contra el oxígeno y vapor de agua a las biopelículas, Fernández et al (2015).	Harina de maíz negro (AMN)
Almidón	El almidón considerado como macromolécula (polisacárido) digerible, conformado por dos tipos de glucosa: la amilosa y la amilopectina, constituye la reserva energética de los vegetales, tiene la capacidad de atrapar agua, lo que provoca la formación de geles, o de espesar un líquido, Porto Pérez & Merino (2017) La presencia de amilosa otorga al almidón la capacidad de formación de película, Zamudio Flores (2009).	Almidón de banano (AB1)
		Almidón de maíz negro (AMN1)
Concentraciones de harinas	Se formularon cuatro tratamientos a diferentes concentraciones de cada harina.	HB 25%,50%,75% HMN 25%
Concentraciones de almidones	Se formularon cuatro tratamientos a diferentes concentraciones de cada almidón.	AB1 100%,75%,50% AMN1 25%
Humedad	Se evaporar la humedad de la muestra hasta que la muestra se situé en un peso constante.	
Espesor	Permite identificar el grosor o ancho de un cuerpo. La idea de espesor también puede vincularse a la concentración a la densidad de una sustancia, Pérez Porto & Gardey (2018).	

Resistencia al agua	Es una propiedad mecánica adecuada para determinar su resistencia y rigidez de los recubrimientos que pueden soportar antes de su ruptura.
Ph	El pH es una medida que permite la identificación de iones o protones de hidrogeno es decir de la acidez o alcalinidad medio que presenta un producto.

---

Ocaña L, (2020)

### 3.9. Técnica de análisis

#### 3.9.1. Diseño Completo al Azar

- ANOVA

La técnica también conocida como análisis de varianza de un factor, prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. A través de ANOVA se establece un análisis para evaluar comparativamente unos resultados en distintas clasificaciones o grupos. De esta manera, es posible calcular si los valores medios son iguales en los distintos grupos estudiados, Navarro, J (2016).

- Anderson-Darling

El estadístico permitió verificar la normalidad entre los tratamientos para cada variable con muestras inferiores a 30.

Kolmogoro Smirnov

El estadístico permitió verificar la normalidad entre los tratamientos para cada variable con muestras mayores de 50.

- Levene

Verifica el supuesto de homogeneidad de las varianzas de los residuos de los tratamientos.

- Kruskal-Wallis

La prueba de William Kruskal y W. Allen Wallis es un método no paramétrico, contrastó la distribución equitativa de las medias para variables no normales, William Mendenhall, (2010).

- Tukey

La prueba Tukey sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de las variables.

### **3.10. Técnicas de elaboración de biopelículas**

- Moldeo casting en monocapa

Las películas fueron elaboradas mediante el método casting; una vez formada la solución, se evaporó el solvente a temperatura y humedad controlada, formándose así la biopelícula Escobar et al (2009); cabe mencionar que la técnica es de Arancibia, describe ejecutarse en bicapa; lo cual consiste en el moldeo de la biopelícula en dos partes, pero se modificó el procedimiento, por el motivo que se realizó la solución combinando matrices poliméricas entre harinas y almidones de maíz negro y banano; se obtuvo una buena consistencia, espesor, flexibilidad y homogeneidad, además no hubo necesidad de adicionar otro componente, se elaboró las biopelículas en monocapa.

### **3.11. Software estadístico**

Paquete estadístico Minitab versión 2019

### 3.12. Técnica y fundamento para realizar el análisis de las biopelículas.

**Tabla 4** Análisis físicos de las elaboraciones biopelículas elaboradas a base almidón y harina (banano y maíz negro)

Según Charro, (2015), para el estudio de los análisis de pH y humedad se tomó como referencias las normas NTE INEN de las materias primas utilizadas en las biopelículas.

**Tabla 4** Análisis físico y mecánicos

MÉTODO	TÉCNICA	FUNDAMENTO
Ph	AOAC (1995)	Se realiza una disolución de 5 gramos de muestra y 100 ml de agua destilada, filtrar y con el pH metro de mesa (MILWAUKEE, Mi 151) bien calibrado se realiza la lectura por triplicado de cada tratamiento.
Humedad	AOAC (1995)	Este método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra, se coloca 2 g de muestra en una cápsula de porcelana, previamente tarada y se pesa, a continuación, se coloca en la mufla a una temperatura de 130°C por 2h 30 min hasta tener peso constante.
Espesor	Micrómetro INEN 891 (2011) y INEN 891 (2011)	Se mide con un micrómetro marca ((MITUTOYO 103 – 130) con exactitud de 0,025 mm, en 9 medidas localizadas al azar la biopelícula.
Resistencia al agua	Método descrito por Blanco et al (2013)	Las biopelículas se fijan en celdas calibradas con un área (16cm <sup>2</sup> ) y se vierte agua destilada (5ml) sobre la superficie de la biopelícula y se registra la deformación de la biopelícula debido al efecto del agua (cm), el tiempo que el agua comienza a filtrarse a través de la biopelícula y el tiempo que tarda la película en romperse.  Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

Ocaña, L (2020)

### 3.13. Método o Norma de límites de aceptabilidad que debe cumplir la biopelícula.

Se estableció un cuadro de aceptabilidad para la evaluación de las biopelículas, que deben cumplir con mínimo o máximo de acuerdo a las normativas o métodos de ensayo.

**Tabla 5** Límites de aceptabilidad que debe cumplir una biopelícula

Variables	Método de ensayo	Norma	Unidad	Límite de aceptación	
				Mínimo	Máximo
pH		AOAC (1995)	-----	5	7,5
Humedad		AOAC (1995)	%	3,30	13,5
Espesor	Micrómetro	INEN 891 (2011) y NTE INEN 2542 (2010)	Mm	0,15±0,02	0,27±0.02 0.2±0,02
Resistencia al agua	Método descrito por Blanco et al (2013)		Horas		> 42 horas

Ocaña, L (2020)

## CAPITULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### Análisis exploratorio de datos

##### 4.1. Análisis físicos

Los datos obtenidos de pH en los 5 tratamientos se realizó un análisis exploratorio de datos para obtener la media, desviación estándar, máximo y mínimo.

**Tabla 6** Análisis de pH de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado

	Grupo	N	N*	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<b>Variable de medición pH</b>	T1	3	0	5,7833	0,0416	5,7500	5,8300
	T2	3	0	6,9267	0,0153	6,9100	6,9400
	T3	3	0	6,6033	0,0208	6,5800	6,3900
	T4	3	0	6,3500	0,0361	6,3200	6,3900
	T5	3	0	6,6633	0,0208	6,6400	6,6800

Ocaña, L (20020)

#### Interpretación

Se observó que dentro del tratamiento T1, el promedio de la media fue de 5,78, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,041, su pH mínimo alcanzo 5,75. En el tratamiento T2, se verifico un promedio de la media de 6,92, ( $\pm$ ) su desviación estándar de 0,015, el pH mínimo fue de 5,75. Dentro del tratamiento T3, el promedio de la media fue de 6,60, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,02, mostro un pH mínimo de 6,58. En cuanto al tratamiento T4, se comprobó un promedio de media de 6,35, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,03, presento un pH mínimo de 6,32 y por último se evidencia que el tratamiento T5, presenta un promedio en sus medias de 6,66, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,02, su pH mínimo alcanzo 6,64.

## Decisión

Analizada la tabla 6 de las películas biodegradables elaboradas a partir de harina y almidón de banano y maíz negro, se determinó que el valor mínimo se encontró en el tratamiento T1 con un pH de 5,78, por lo que a menor acidez los microorganismos no pueden desarrollarse y tienen condiciones más difíciles para sobrevivir y crecer, por lo tanto, la biopelícula se utilizara como un medio de conservación y una forma de mantener los alimentos seguros para el consumo, esta acidez se obtiene debido a que la harina , almidón y las sustancias utilizadas se encuentran en un pH ligeramente ácido.

**Tabla 7** Análisis de Humedad de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado.

	Grupo	N	N*	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<b>Variable de medición humedad</b>	T1	3	0	0,743	0,542	0,230	1,310
	T2	3	0	1,150	0,43	0,700	1,560
	T3	3	0	0,747	0,330	0,380	1,020
	T4	3	0	0,407	0,361	0,060	0,780
	T5	3	0	0,1367	0,0945	0,0300	0,2100

Ocaña, L (20020)

## Interpretación

Se demostró que dentro del tratamiento T1, el promedio de la media fue de 0,74%, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,54%, su humedad mínima alcanzo 0,23%. Dentro del tratamiento T2, se obtuvo un promedio de media de 1,15%, ( $\pm$ ) 0,43 de su desviación estándar, su humedad mínima logro alcanzar 0,70%. El tratamiento T3, mostro un porcentaje en su media de 0,74%, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,33, alcanzo una humedad mínima de 0,38%.

En cuanto al tratamiento T4, se evidencia un promedio en la media de 0,40%, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,36, su humedad mínima alcanzo 0,06%. Por último, el tratamiento T5, que el promedio de porcentaje fue de 0,13%, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,09, obtuvo una humedad mínima de 0,03%.

### Decisión

Detallada la tabla 6, de las películas biodegradables elaboradas a partir de harina y almidón de banano y maíz negro, se evidencio que la humedad mínima es de 0.23 y se encontró en el tratamiento T1, siendo este porcentaje óptimo para utilizarlo como empaque, por lo que a menor humedad se evita el desarrollo indeseable de hongos y levaduras, de esta manera se evitara dañar al alimento, obteniendo datos similares a los de, Zapata , D (2019).

**Tabla 8** Resistencia al agua (Prueba de la primera gota) de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado

	Grupo	N	N*	Media(h)	Desv. est	Mín.(h)	Máx.(h)	Condición
<b>Variable Resistencia al agua</b>	T1	3	0	0,12	0,01	0,11	0,13	Irrompible
	T2	3	0	0,21	0,10	0,15	0,33	Irrompible
	T3	3	0	0,21	0,05	0,15	0,25	Irrompible
	T4	3	0	11,67	10,69	5,00	24,00	Irrompible
	T5	3	0	72,00	0,00	72,00	72,00	Irrompible

Este proceso se determinó en un lapso de 72 horas a los 5 tratamientos y tomando en cuenta la prueba de la primera gota hacia la superficie del vaso.

Ocaña, L (20020)

**Interpretación** Se observó que dentro del tratamiento T1, el promedio de porcentaje de resistencia al agua fue de 0,12 horas, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,011, presento un tiempo máximo de 0,13 horas y no presentó ninguna ruptura al caer la primera gota. Dentro del tratamiento T2, de la variable el promedio de porcentaje fue de 0,21 horas, ( $\pm$ ) 0,10 la desviación estándar, su tiempo máximo logro alcanzar las 0,33 horas y no presentó ninguna ruptura al caer la primera gota. Se observó en el tratamiento T3, un promedio de porcentaje en su media fue de 0,21 horas, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,05, obtuvo un tiempo máximo de 0,25 horas y no presentó ninguna ruptura al caer la primera gota.

En cuanto al tratamiento T4, que el promedio de porcentaje fue de 11 horas con 67 minutos, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 10,69, con un límite máximo de tiempo de 24 horas y no presentó ninguna ruptura al caer la primera gota. Se pudo evidenciar que dentro del tratamiento T5, el promedio de porcentaje fue de 72 horas, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,00%, presentando un tiempo máximo de 72 horas y no presentó ninguna ruptura al caer la primera gota.

### **Decisión:**

Analizando la tabla N 8 de las biopelícula elaborada con harina y almidón de banano y maíz negro se estableció, que el valor máximo se encontró en el tratamiento T5 ya que no hubo medición de tiempo y sobrepaso las 72 horas, significa que no hubo absorción de agua hacia la superficie, y la biopelícula no presentó ninguna ruptura, lo cual se categoriza como irrompible volviéndolo apta para realizar diferentes determinaciones como permeabilidad y solubilidad cumpliendo con los estándares que establece, Blanco et al (2013).

### **4.2. Análisis mecánico**

Los datos obtenidos de espesor en los 5 tratamientos se realizó un análisis exploratorio para obtener la media, desviación estándar, máximo y mínimo.

**Tabla 9** Análisis de Espesor (milímetros) de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado.

	<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>N*</b>	<b>Media(ml)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mín.(ml)</b>	<b>Máx.(ml)</b>
<b>Variable de medición Espesor</b>	T1	3	0	0,24667	0,0057	0,24	0,25
	T2	3	0	0,2200	0,0173	0,20	0,23
	T3	3	0	0,2400	0,0173	0,23	0,26
	T4	3	0	0,19333	0,0057	0,19	0,20
	T5	3	0	0,19667	0,0057	0,19	0,20

Ocaña, L (20020)

## **Interpretación**

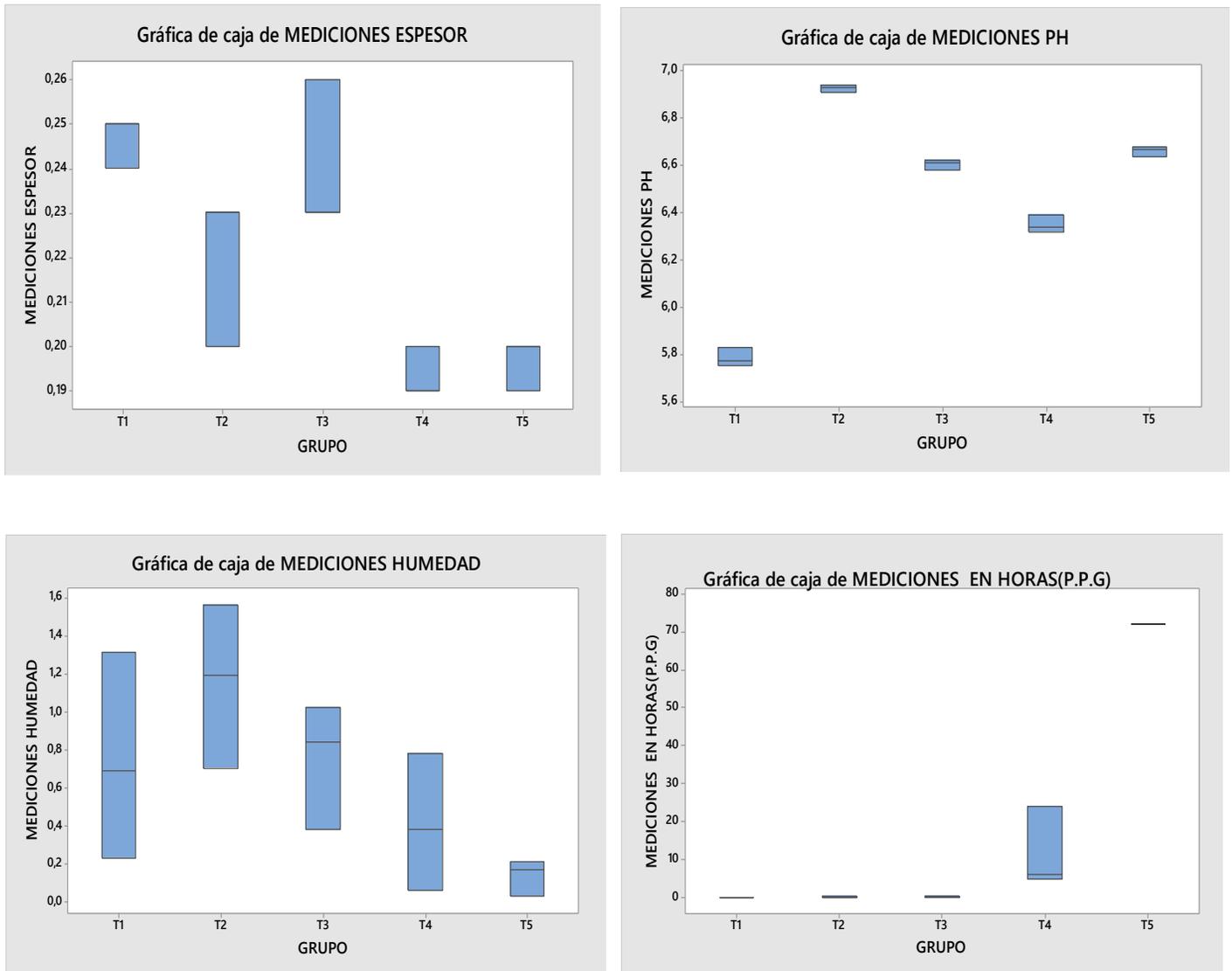
Se evidenció que en el tratamiento T1, el valor promedio de espesor fue de 0,24 milímetros ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,005, su grosor máximo alcanzo 0,25 milímetros. Dentro del tratamiento T2, presento un promedio en la media de 0,22 milímetros, ( $\pm$ ) 0,01 de su desviación estándar, el grosor máximo fue de 0,23 milímetros. El tratamiento T3, presento un porcentaje en su media de 0,24 milímetros, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,01, su grosor máximo alcanzo 0,26 milímetros. En cuanto al tratamiento T4, que el promedio de porcentaje fue de 0,19, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,005, presento un grosor máximo de 0,20 milímetros. Por último, el tratamiento T5, el promedio de porcentaje fue de 0,19, ( $\pm$ ) el valor de la desviación estándar 0,005, presentando un grosor máximo de 0,20 milímetros.

## **Decisión:**

En la tabla 9 se verificó el espesor de las biopelículas elaboradas con harina y almidón de banano y maíz negro, obteniendo el valor máximo en el tratamiento T3 que tiene un espesor de 0,25 milímetros, volviéndolo un empaque apto para cubrir alimentos, debido a que cumple con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN 2542 (2010) de Láminas Plásticas, en su categoría de láminas planas y como requisitos específicos la tolerancia en la dimensión del espesor debe ser de  $\pm 0,2$  milímetros y INEN 891 (2011) cumpliendo el rango de tolerancia de  $0,27\pm 0,02$ .

## Gráficos de cajas de las biopelículas combinadas con harina y almidón de banano y maíz negro

El gráfico de cajas realizado a los 5 tratamientos en las siguientes variables (pH, humedad, espesor, resistencia al agua) permite visualizar los cuartiles, asimetría y valores extremos de la mediana, al utilizar combinaciones de almidón y harina de maíz negro y banano.



**Gráfico 2** Medición de medias de los tratamientos elaborados con harina y almidón de banano y maíz negro.

Ocaña. L, (2020)

## Interpretación

El gráfico de cajas representa cómo se distribuyen los 4 tratamientos, al utilizar combinaciones de almidón y harina de maíz negro y banano, presentó en la variable humedad mayor dispersión de datos en el T2 con un rango máximo de 6.64, en cuanto al pH presentó mayor dispersión de datos en el T2 con un rango máximo de 1.56, la resistencia al agua presentó mayor dispersión de datos en el tratamiento T5 con un rango máximo de tiempo de 72 horas, y por último el espesor se encontró dispersión de datos en tratamiento T3 con un rango máximo de grosor de 26 milímetros.

### 4.3. Contraste de normalidad de las biopelículas combinación con harina y almidón de banano y maíz morado.

#### a) Hipótesis

$H_0$ : Las variables siguen una ley normal.

$H_1$ : Las variables no siguen una ley normal.

#### b) Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

#### c) Cálculo estadístico del contraste de normalidad

**Tabla 10** Análisis de la normalidad de las biopelículas según el tipo de concentración de harina y almidón de banano y maíz negro

Análisis físicos mecánicos		
Variable (Porcentaje)	Valor de probabilidad	Decisión
Humedad	0,706	Normal
pH	0,483	Normal
Espesor	0,060	Normal
Resistencia al agua	0,005	No se ajusta a una ley normal

Ocaña. L, (2020)

#### **d) Región del rechazo**

Se rechaza  $H_0$  si el valor de probabilidad  $p$  es inferior al nivel de confianza

#### **e) Decisión**

En cuanto a la tabla 9, contraste de normalidad rectifican que, de las 4 variables en estudio, 3 de ellas cumple una ley de normalidad, 2 de ellas propuesta por Anderson Darling (pH y humedad) y una propuesta por Kolmogoro Smirnov (espesor), de las cuales 1 no cumple una ley normal, esto debido a que el valor de probabilidad es inferior a 0,05 (resistencia al agua) no se ajusta a una ley de normalidad.

#### **4.4. Modelo estadístico**

El modelo matemático utilizado para la comprobación de igualdad de medias de los tratamientos fue el diseño completo al azar (DCA) para las características que se ajustaron a una ley normal.

##### **Modelo matemático**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

#### **a) Hipótesis**

$H_0$ : Los promedios de los tratamientos son iguales

$H_1$ : Al menos uno de los promedios de los tratamientos es diferente.

#### **b) Nivel de significancia**

$$\alpha = 0,05$$

c) Cálculo estadístico de ANOVA

**Tabla 11** Diseño completo al azar de las biopelículas

<b>Análisis Físico-químicos</b>			
<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
Humedad	%	0,070	Los promedios son iguales
pH	-----	0,000	Los promedios son diferentes
<b>Análisis mecánicos</b>			
Resistencia al agua	Min	0,012	Los promedios son diferentes
Espesor	Mm	0,001	Los promedios son diferentes

Ocaña, L (2020)

d) Decisión

En cuanto a la tabla 11, el modelo ANOVA para DCA indicó que, de los 4 tratamientos establecidos, tres variables (pH, resistencia al agua y espesor) tienen promedios diferentes en sus tratamientos, se obtiene un nivel de significancia menor a 0,05.

**Comprobación de SUPUESTO DE ANOVA PARA Diseño Completo al Azar**

**Tabla 12** Supuestos ANOVA para DCA

<b>Análisis Físico-químicos</b>					
<b>Supuestos de probabilidad valor p</b>					
<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Normalidad</b>	<b>Homocedasticidad</b>	<b>Independencia</b>	<b>Decisión</b>
Humedad	%	0,435	0,686	0,985	Los residuos son iguales
PH	-----	0,519	0,686	0,259	Los residuos son iguales
<b>Análisis mecánicos</b>					
Espesor	mm	0,641	0,327	0,997	Los residuos son iguales

**Decisión**

En cuanto a la tabla 12 se pudo evidenciar que la humedad, pH y espesor cumplen con los 3 supuestos de normalidad, varianza constante e independencia, porque tienen un valor de probabilidad superior a 0,05.

**Variable 1. Humedad****I Normalidad****Tabla 13** Supuestos de Normalidad

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>AD</b>	<b>Valor p</b>
Residuo para humedad	15	0,6367	0,48	0,345	0,435
Residuo para pH	15	-8,2896	0,024	0,309	0,519
Residuo para espesor	15	1,48	0,01	0,265	0,641

Ocaña, L (2020)

**Decisión**

Los residuos del modelo siguen una distribución normal.

**II Homocedasticidad****Tabla 14** Supuesto de Homocedasticidad.

<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Estadística de prueba</b>	<b>Valor p</b>
Residuo para humedad	Bartlett	2,27	0,686
Residuo para pH	Bartlett	2,27	0,686
Residuo para espesor	Bartlett	4,63	0,327

Ocaña, L (2020)

## Decisión

Los residuos del modelo presentaron varianza homogénea.

## III Independencia

**Tabla 15** Supuesto de Independencia

Variable	N	GL	Chi-cuadrado	Valor p
Residuo para humedad	9,55	14	5,065	0,985
Residuo para pH	96,98	11	13,5501	0,259
Residuo para espesor	3,29	7	0,868	0,997

Ocaña, L (2020)

## Decisión:

Los residuos del modelo son aleatorios.

## Comparación de medias para muestras no paramétricas

### DATOS NO PARAMÉTRICOS

Resistencia al agua

### Planteamiento de Hipótesis

**H<sub>0</sub>**: Todas las muestras provienen de la misma población.

**H<sub>1</sub>**: Al menos una muestra proviene de una población con distribución distinta.

### Nivel de significancia

$\alpha = 5 \%$

## Prueba de Kruskal-Wallis

**Tabla 16** Resistencia al agua de la combinación de harina y almidón de maíz negro y banano.

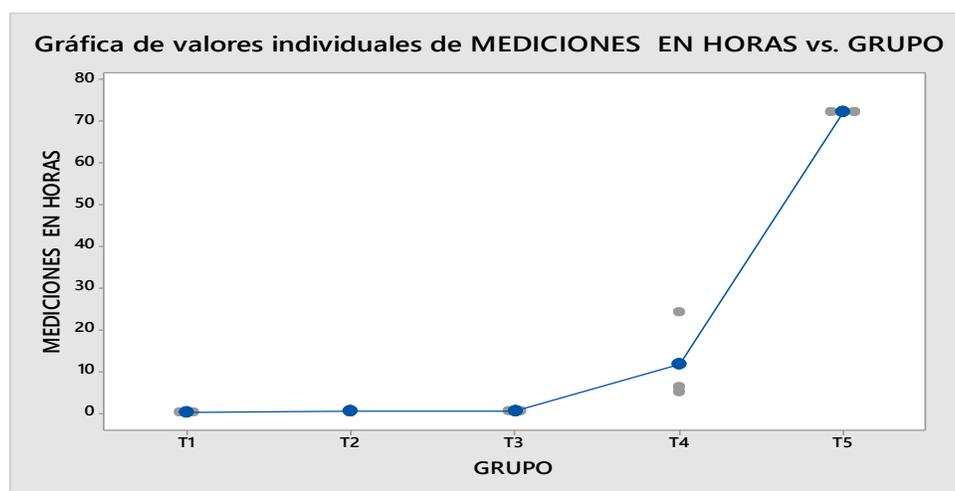
Grupo	Mediana	Clasificación del promedio	H	GL	Valor p
T1	0,1300	2,0 -2,60z	12,82	4	0,012
T2	0,1600	6,5 -0,65z	12,82	4	0,011
T3	0,2500	6,5 -0,65z			
T4	6,0000	11,0- 1,30z			
T5	72,0000	14,0- 2,60z			
General	15	8,00			

Ocaña, L. (2020)

## Decisión

El modelo indico que, la variable (resistencia ala agua) no tiene promedios iguales, por lo tanto, no existen aleatoriedad entre tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula obteniendo promedios menores de significancia de 0,05.

## Selección del mejor tratamiento



**Gráfico 3** Medición de resistencia al agua.

### Interpretación

Según el gráfico N2 la variable resistencia al agua evidenció que al mezclar un mayor porcentaje de almidón y menor porcentaje de harina de banano mayor es la resistencia frente a un fluido, sin embargo, la biopelícula del tratamiento T5 (H. B 25% y A. B75%), presenta la máxima resistencia en todos los tra

tamientos y estos datos no presenta varianzas homogéneas.

### Comparaciones en parejas de Tukey

**Tabla 17** Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Grupo	N	Media	Agrupación
T5	3	72,00	A
T4	3	11,66	B
T3	3	0,216	B
T2	3	0,213	B
T1	3	0,123	B

Ocaña, L (2020)

### Decisión

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, en el caso de T5 no comparte una misma letra, por lo tanto, no guarda similitud en el tamaño de su media.

### Respuesta a la hipótesis

El modelo ANOVA indicó que existe al menos un grupo de tratamientos con un promedio de porcentajes diferente a los demás análisis establecidos (resistencia al agua). Asimismo, se puede comprobar que se cumplieron con los 3 supuestos de normalidad, varianza constante e independencia.

#### **4.5. Elección de la mejor biopelícula elaborada con harina y almidón de banano y maíz negro**

Se realizó la evaluación de 4 parámetros en 5 tratamientos elaborados con harina y almidón de banano y maíz negro, los resultados se encontraron ordenados de menor a mayor, la humedad mostró un promedio en sus medias con los siguientes resultados: T5 (0,13%); T4 (0,40%); T3 y T2 (0,74%); y T2 (1,15%), se verificaron en todos los tratamientos los límites de humedad con un rango máximo de 13,5%. La variable pH se observó un promedio en sus medias con los siguientes valores: T1(5,78); T4(6,35); T3(6,60); T5(6,66) y T2(6,92), de las cuales el tratamiento T2 no se hallaba en el intervalo de pH permitido con un mín. 5,89 y máx. 6,26. La variable espesor expresado en milímetros arrojaron los siguientes datos: T4 y T5 (0,19 mm); T2 (0,22 mm) y T1 y T3 (0,24 mm), los intervalos del espesor deben tener un mín. de 0,15 y máx. de 0,2 - 0,27 mm, todos los tratamientos se encuentran en el límite de aceptación, el espesor de una película no puede exceder los 0,30, así mismo ésta no debería ser inferior a 0,10 mm porque entonces sería una biopelícula débil con propiedades físicas pobres, esto debió a que si mayor es el grosor, menor flexibilidad y tendrá afectación de las propiedades de barrera. La variable resistencia al agua se realizó en un tiempo de 72 horas donde se comprobó la prueba de la primera gota a la superficie del vaso, donde se evidencio los siguientes resultados: T1 (0,12 h); T2 y T3 (0,21 h); T4 (11,67 h) y T5 (72,00 h); el rango de aceptabilidad para la resistente al agua debe ser mayor a 72 horas y ser irrompible, el tratamiento T5 es el único que cumple con estos parámetros.

#### **Decisión**

De las variables anteriormente estudiadas, se determinó que la película que cumplen los 4 parámetros establecidos se encontró en el tratamiento T5 con las siguientes combinaciones (H. B 25% y A. B75%), presento buenas características físico y mecánicas como: Humedad (0,03%), pH (6,64), Espesor (0,20 mm) y Resistencia al agua (mayor a 72 horas).

#### **4.6. Evaluación financiera con relación al beneficio costo**

Luego de la elaboración de las biopelículas y de escoger el mejor tratamiento se buscó una aplicación potencial del producto y se definió que puede ser usada en la industria alimentaria como empaques para café negro. Un análisis financiero a futuro podría mostrar evidencias de posibles ganancias del producto frente a los empaques sintéticos provenientes del petróleo.

#### 4.7. Segmentación del mercado

Se segmentó el mercado por hogares de 4 personas en las parroquias urbanas del sector de Ambato, con 581,22 hogares. El consumo de café negro en los hogares ambateños, presenta un porcentaje de 67,67%, es decir 393,31 hogares, según las encuestas realizadas en el (anexo 10), pregunta 4, el 77% de los hogares a los que fueron encuestados estarían dispuestos a consumir un nuevo empaque de café biodegradable que este hecho a base de almidón y harina de maíz negro y banano.

#### 4.8. Alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de la aceptación de un nuevo empaque biodegradable para café negro.

**Tabla 18** Estadísticos de fiabilidad

<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados</b>	<b>N de elementos</b>
0,751	0,680	10

#### Interpretación

La tabla 18 muestra el coeficiente alfa de Cronbach total del instrumento que fue 0.751 considerado un rango bueno de aceptabilidad, ya que el 1.0 se cataloga como un nivel de confiabilidad alto. El número de elementos corresponde al número de preguntas consideradas en el instrumento.

**Tabla 19** Demanda Objetiva

<b>n</b>	<b>AÑO</b>	<b>PROYECCION</b>
1	2021	489781,97
2	2022	497128,70
3	2023	504585,63
4	2024	512154,42
5	2025	519836,73

Ocaña, L (2020)

**4.9. Flujo de caja, Costo-Beneficio, VAN y TIR al tratamiento seleccionado T5 (H. B 25% y A. B75%).**

**Tabla 20** Flujo Neto de caja

AÑOS	0	1	2	3	4	5
FLUJOS	\$ -21.699,04	\$ 8.168,56	\$ 8.615,30	\$ 8.493,60	\$ 8.026,37	\$ 9.411,60
TMAR	11,25%					

Ocaña, L (2020)

**Interpretación:**

En la tabla 20 se observa el flujo de caja, se logra observar ña inversión partió desde el año cero seguido del flujo neto para los cinco años proyectados; además el valor de la tasa mínima aceptable de rendimiento de (11,25%) de las biopelículas combinadas con harina y almidón de banano con concentraciones de (H. B 25% y A. B75%).

**4.10. Indicadores de evolución financiera**

**Tabla 21** Indicadores financieros

Indicadores	Valor
Inversión	\$ 21.699,04
TAMAR	11,25%
VAN	\$9.535,84
TIR	27%
B/C	\$ 1,43

Ocaña, L (2020)

**Interpretación**

En la tabla 21 se observa los indicadores financieros donde se logra determinar resultados favorables con la relación a la factibilidad para la elaboración y comercialización de biopelículas combinadas con harina y almidón de banano con concentraciones de (H. B 25% y A. B75%) en la ciudad de Ambato. Se obtuvo un beneficio costo es de \$1,43 obteniendo una ganancia de 0,43 centavos por cada dólar invertido, a la vez se puede observar que el VAN es positivo, con un flujo de caja neto de \$9.535,84 con una tasa de retorno mayor a la

de la actualización TIR 27%. Por lo tanto, el proyecto es factible por los indicadores empleados para el cálculo, la biopelícula tendrán un precio a la venta de 0,47 centavos con un margen de utilidad del 10%.

## **Discusión**

En la presente investigación se elaboraron películas biodegradables mediante la técnica casting, utilizando la metodología descrita por Arancibia (2014). Donde realizan en bicapa (dos partes), cabe recalcar que se modificó el procedimiento, por el motivo que se obtuvo una solución entre harinas y almidones de maíz negro y banano; y no se reforzó la biopelícula con una segunda capa utilizando aceite esencial, proteína o gel, por consiguiente, se elaboró las biopelículas en monocapa.

De las variables anteriormente estudiadas, se determinó que la película que cumplen los 4 parámetros establecidos se encuentran en el tratamiento T5 con las siguientes combinaciones (H. B 25% y A. B75%), presento buenas características físico y mecánicas como: Humedad (0,03%), pH (6,64), Espesor (0,20 mm) y Resistencia al agua (mayor a 72 horas).

### **4.11. pH**

En el tratamiento T5 combinado con (H. B 25% y A. B 75%) presentó la biopelícula un valor de pH 6.66, encontrándose en un nivel de escala de pH ácido.

(AOAC,1995) método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos, se obtuvo un pH en sus biopelículas en el T1 (6.19), T2 (6.19), T3 (6.25), T4(6.15), T5 (6.17) y T6 (6.16), evidenciando ser ácidos lo cual inhibe la proliferación microbiana ya que, al ser usados como material de embalaje, los productos empacados pueden ser ligeramente ácidos o alcalinos; Esta acidez que presenta el tratamiento T5 se debe a la harina como el almidón de banano se encuentran en un pH ligeramente ácido con los siguientes valores (5,89 - 6,26) y las sustancias a utilizar como la glicerina (pH 6.5) y el CMC (pH 6) se encuentran en un pH alcalino. Según, Lina, N (2018) mostro un pH 7 en sus biopelículas, de acuerdo a lo establecido en la normativa (NTE INEN 526), los datos obtenidos en la investigación se encuentran dentro de parámetro establecido ya que no supera el valor de 7 que exige la norma.

#### **4.12. Humedad**

En el tratamiento formulado con (H. B 25% y A. B75%) presento una humedad en su biopelícula del 0,13%

AOAC (1995) en el método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos, en la determinación de humedad de las biopelículas, se obtuvo un porcentaje de humedad en el T1 (0,10 %), T2 (0,03 %), T3 (0,03 %), T4 (0,13 %), T5 (0,00 %) y T6 (0,03 %); Según el autor Zapata, (2019) indica que, la “Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (*Musa paradisiaca*) y yuca (*Manihot esculenta*) con gel de sábila (*Aloe vera*)”, presenta una humedad en la película de almidón de banano de 3,30%; Según Guamán (2019) en la investigación realizada “ Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial”, muestra en la biopelícula una humedad de 20,82 y 21,33% y Moreno (2015) indica que, la “Utilización de harina de plátano biopelículas se encontraron en una humedad del 18%. Los datos obtenidos en el trabajo de investigación de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) se obtiene similitud de datos en el tratamiento T4, en los demás estudios no son similares esto se debe a que se utilizó diferentes concentraciones de harina y almidón de banano y se utilizaron otros componentes al momento de realizar las biopelículas.

#### **4.13. Espesor**

El tratamiento T5 formulado con (H. B 25% y A. B75%) presentó un espesor en su bicapa de 0,19 mm. Moreno (2015) indica que, la “Utilización de harina de plátano (*Musa balbisiana*) en el desarrollo de películas biodegradables activas” demostró un espesor de 0,087 mm en su monocapa y en su bicapa al adicionar aceites esenciales de 0,21 mm; Según Anchundia et al (2016) investigaron la “Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)” obteniendo valores de 0,17 y 0,11 mm en su monocapa en estos dos resultados presentan datos diferentes. Feijoo (2019) indica que, la investigación “Propiedades físicas y mecánicas de películas comestibles elaboradas a base de almidón de banano”, muestran un espesor en su bicapa de 0,25, respectivamente este dato obtenido es similar al trabajo de investigación ya que se utilizó un mayor porcentaje de almidón que harina de banano.

En cuanto a la Norma NTE INEN 2542 (2010) de Láminas Plásticas, en su categoría de láminas planas y como requisitos específicos la tolerancia en la dimensión del espesor debe ser de máximo de  $\pm 0,2$  milímetros y en la Norma INEN 891 (2011) rango máximo  $0,27 \pm 0,02$  y en comparación con las 2 normas si cumple con los parámetros establecido en sus rangos de aceptabilidad.

Según Garay & Guerrero, (2012) manifiesta que mientras mayor sea el porcentaje de glicerina en la solución, mayor será el espesor de la biopelícula elaborada debido a que la glicerina es un 1, 2, 3-propanotriol y sirve para unir cadenas y además por su estructura permite obtener biopelículas más uniformes.

#### **4.14. Resistencia ala agua**

En el tratamiento formulado con (H. B 25% y A. B75%), alcanzó una resistencia al agua mayor a 72 horas y no presento ruptura catalogándolo como irrompible y cuanto a la ruptura. Según Moreno, (2015) en su investigación, “Utilización de harina de plátano (*Musa balbisiana*) en el desarrollo de películas biodegradables activas” consiguió una resistencia al agua y una ruptura a las 46 horas. Blanco et al, (2013) indica que, el “Efecto de diferentes extractos de proteínas del músculo de *Dosidicus gigas* (calamar gigante) como subproductos para el desarrollo de películas comestibles”, se consiguió un tiempo de resistencia al agua en el T1 (1,73 min), T2 (0,38 min), T3 (0,04 min), T4 (3,17 min), T5 AE (46 h) y T6 AE (40 h), demostrando que el uso de AE incrementa el tiempo de resistencia al agua debido a la hidrofobicidad en la biopelícula y deduce que pasado las 46 horas se considera como una buena película con buena tenacidad al agua, comparativamente los datos obtenidos no son similares a los demás estudios realizados, por que sobrepasa el límite de tiempo que las biopelículas en estudio presentan.

#### **4.15. Estudio de factibilidad**

De acuerdo al estudio de factibilidad, luego de la construcción de las biopelículas se pretende utilizar en la industria alimentaria como empaque para café negro con una dimensión de 23 cm de alto y 14 cm de ancho; ya que es un producto innovador frente a empaques habituales.

El mercado fue segmentado por hogares compuestos de 4 personas, en las parroquias urbanas de la ciudad de Ambato con un total de 58122 hogares, el consumo de café negro en la ciudad de Ambato es de 67,67 %, de acuerdo a las encuestas realizadas revela un porcentaje de aceptación del 68 %, hogares dispuestos a adquirir café negro con un empaque innovador. Al identificar el mercado, se calculó la demanda objetiva de hogares que adquirirían el producto, con una demanda futura de 489781,97 empaques de café negro de 500 g y una tasa de crecimiento del 1,50 % premeditada para cinco años, INEC (2010).

Se requiere de una inversión de \$ 21.699,04 con el 63% de aporte propio; el precio de venta unitario será \$ 0,48 ctvs. con un margen de utilidad del 10 %; además se consiguió un beneficio costo de \$ 1,43 con una tasa de actualización TMAR del 11,25 % menor a la tasa interna de retorno (TIR) con 27 % y un valor actual neto (VAN) positivo.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se utilizó la técnica casting monocapa para el diseño experimental con 11 tratamientos entre mezclas de harina y almidón de banano y maíz negro, se determinó sensorialmente, utilizando la vista y el tacto, se estableció que 5 tratamientos previamente seleccionados presentaron buenas características de elasticidad, uniformidad, mientras que las otras 6 biopelículas combinadas con harina de maíz negro en gran proporción presentaron agrupamientos, rupturas y deficiencia de elasticidad.
- ✓ En el proceso de comparación de las propiedades físico y mecánicas en biopelículas elaboradas con harina y almidón de banano y maíz negro se determinó que existe similitud en sus promedios de pH, espesor y humedad, mientras que en resistencia al agua existe desigualdad en sus medias obtenidas.
- ✓ De acuerdo con los análisis establecidos las películas con mejores características y que cumplen con los 4 parámetros se encuentran en el tratamiento T5 (H. B 25% y A. B 75%), parámetros establecidos como: Humedad (0,03%), pH (6,64), Espesor (0,20 mm) y una resistencia al agua (72 horas).
- ✓ Con respecto al beneficio costo que presenta el tratamiento seleccionado T5, se obtienen un proyecto factible se obtuvo un VAN \$9.535,84 y una TIR 25% positiva, y un beneficio costo de \$1,43 obteniendo una ganancia de 0,43 centavos por cada dólar invertido

## RECOMENDACIONES

- ✓ Es recomendable elaborar biopelículas utilizando mayor cantidad de almidón de banano con concentraciones mínimas de harina de banano, con el método casting modificado en monocapa, debido que se obtiene propiedades mecánicas muy resistentes.
  
- ✓ Se recomienda a la no utilización de biopelículas con combinaciones de harina de banano y maíz negro; combinaciones entre almidones de estas dos matrices en estudio, producen películas muy sensibles al agua con propiedades mecánicas pobres.
  
- ✓ Durante el proceso de deshidratación las biopelículas no deben exceder la temperatura de 50°C por 6 horas, a razón de que produciría un cuarteamiento.
  
- ✓ Se recomienda seguir con las investigaciones sobre películas biodegradables y dar continuidad a mi trabajo de investigación para realizar empaques para distintos productos alimenticios y no alimenticios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Estévez, R. (2013). *La contaminación del plástico no entiende de fronteras*. Recuperado el 15 de 02 de 2020, de <https://www.ecointeligencia.com/2013/09/contaminacion-plastico-fronteras/>
- Franco, M. (19 de 12 de 2017). Obtención del quitosano provenientes del cangrejo rojo combinado con almidón de banano para formar filmes. *Investigation UTMACH*, 2(1), 1-9. Recuperado el 19 de 02 de 2020, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/328-1-511-1-10-20180718.pdf>
- Jaén , & São , P. (2016). *Biopelículas de bacterias como aliadas de la seguridad alimentaria en la industria*. Obtenido de [nterempresas.net/Alimentaria/Articulos/160605-Biopeliculas-de-bacterias-como-aliadas-de-la-seguridad-alimentaria-en-la-industria.html](http://nterempresas.net/Alimentaria/Articulos/160605-Biopeliculas-de-bacterias-como-aliadas-de-la-seguridad-alimentaria-en-la-industria.html)
- Oropeza, R., Hernández, A., & Padrón, C. (06 de 2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas,funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.*, 7(1), 1-29. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50123009/18\\_Oropeza-Gonzalez\\_et\\_al\\_2016.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPeliculas\\_biodegradables\\_a\\_base\\_de\\_almid.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50123009/18_Oropeza-Gonzalez_et_al_2016.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPeliculas_biodegradables_a_base_de_almid.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53)
- Ortiz et al. (2012). COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 10(1), 182-192. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
- 96M-05., A. E. (2010). *DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA POR EL METODO ASTM E96/E 96M-05 EN PELICULAS DE QUITOSANO. EL SALVADOR*. Recuperado el 21 de 03 de 2020, de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497/1/Determinación\\_de\\_la\\_permeabilidad\\_al\\_vapor\\_de\\_agua\\_por\\_el\\_método\\_ASTM\\_E96M-05\\_en\\_películas\\_de\\_quitosano.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497/1/Determinación_de_la_permeabilidad_al_vapor_de_agua_por_el_método_ASTM_E96M-05_en_películas_de_quitosano.pdf)
- Aguilar , M. A., & San Martín, E. (03 de 2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. (C. A, Ed.) *Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN*, 25(1), 1-7. Recuperado el 01 de 03 de 2020, de <file:///H:/utilizavion%20de%20cmc%20en%20biopleiculas.pdf>
- Alborch , M. (12 de 2018). *AINIA*. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <https://www.ainia.es/insights/bioplasticos-una-opcion-para-un-futuro-mas-sostenible/>

- Allsop et al. (2007). Contaminación por plásticos en los océanos del mundo. Greenpeace. Recuperado el 15 de 02 de 2020, de file:///H:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf
- Allsop et al., H. (2007). *Contaminación por plásticos en los océanos del mundo*. Greenpeace. Recuperado el 15 de 02 de 2020, de file:///H:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf
- Alves. (2007). . Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. En Alves. Recuperado el 11 de 03 de 2020
- Alves, T. (2013). *Caracterización física y química de bioplásticos elaborados por extrusión*. Brasil, Universidad de Rio de Janeiro. : Tecnología de alimentos. Brasil,.
- ANAIP (Asociación Española de Industriales de Plásticos). (2016). “*Los Plásticos Aplicaciones Edificación y Construcción*”. Obtenido de <https://www.anaip.es/los-plasticos/aplicaciones/edificacion-y-construccion.html>
- Anchundia et al.,. (12 de 2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca). *Scielo, Revista Chilena de Nutrición*, 43(4), 1-8. Recuperado el 07 de 07 de 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182016000400009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000400009)
- Anchundia, K., & Santacruz, S. (12 de 2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca). *Scielo*, 43(4), 1-5. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182016000400009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000400009)
- Anonimo. (2019). *Soporte de Minitab 18*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/understanding-analysis-of-means/>
- Anónimo. (08 de noviembre de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de Harina de banano: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Harina\\_de\\_banana&action=history](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Harina_de_banana&action=history)
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis*. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA: 16th Ed. Obtenido de [https://openlibrary.org/publishers/AOAC\\_International](https://openlibrary.org/publishers/AOAC_International)
- Arancibia, M. (2014). *Recubrimientos activos procedentes de recursos infrautilizados y residuos de la industria para su aplicación en agroalimentación*. Madrid - España: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Ecuador. Recuperado el 21 de 03 de 2020, de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5995/1/UNACH-EC-ING-AGRO-IND-2019-0013.pdf>

- Argenio. (19 de 02 de 2015). *Bioplásticos: que son, su futuro y su vinculo con el grupo*. Obtenido de <http://agriculturers.com/bioplásticos-que-son-su-futuro-y-su-vinculo-con-el-agro/>
- Arturo, K. (14 de 09 de 2019). *CreceNegocios*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/52907754/Qué-es-el-análisis-costodocx/>
- Ayquipa, E. (2018). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE PELÍCULAS COMESTIBLES OBTENIDAS DE MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE TUNA (Opuntia spp) Y ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PAPA (Solanum tuberosum)*”. Tesis, Perú. Recuperado el 31 de 03 de 2020, de [http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/617/T\\_0340.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/617/T_0340.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Banco Central del Ecuador. (12 de 2018). *Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201703.pdf>
- Bastioli et al. (2011). *Properties and antimicrobial activity of edible films incur-porated with kiam wood (Cotyleobium lanceotatum) extract. Food Sci and Technol*.
- Bautista et al. (07-09 de 2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *SCIELO*, 24(3), 1-5. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008)
- Bioplastics, E. (04 de 2012). Obtenido de Oxo-biodegradable plastics. <http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/fs/Bioplastics.pdf>
- Bioplastics, E. (06 de 03 de 2018). Recuperado el 20 de 02 de 2020, de <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/210110-El-mercado-internacional-de-bioplásticos-crecera-un-20-por-ciento-en-5-años.html>
- Blanco et al. (2013). Effect of different protein extracts from *Dosidicus gigas* muscle co-products on edible films development. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 118-131. Recuperado el 21 de 03 de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>
- Cagri, S., Ustunol, Z., & Ryser, E. (2001). Antimicrobial, mechanical and moisture barrier properties of low pH whey protein-based edible films containing p-aminobenzoic or sorbic acids. *Journal of Food Science*, , 66, 865-870. .
- Cardaño, F., Gallego, L., & Rios, L. (05 de 05 de 2011). Refinación de la Fase Glicerina del Biodiesel de Aceite. *SCIELO*, 22(6), 15-24. Recuperado el 28 de 03 de 2020, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n6/art03.pdf>

- Cardona, C. (12 de 01 de 2010). *Análisis de la refinación de glicerina obtenida como grados de puBioglicerol como Materia Prima para la Obtención de Productos de Valor Agregado*. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/966/564>
- Carrasco , L., & Vasquez, M. (2018). *Extraccion del almidon*. Chota. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>
- Castells. (2009). *Almidón*. Investigación y ciencia. Recuperado el 05 de 12 de 2019, de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>
- Castells, A. I. (2009). Recuperado el 02 de 03 de 2020, de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>
- Chamba, L. (2019). *Aplicacion de un recubrimiento a base de cascara de piña*. Recuperado el 30 de 08 de 2019
- Charro, M. (2015). Quito-Ecuador. Recuperado el 07 de 07 de 2020, de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>
- Charro, Margarita. (2015). *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. Quito. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de file:///H:/metodo%20humdad.pdf
- Chavarrías, M. (19 de 09 de 2013). *EROSKI Consumer*. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridadalimentaria.html>
- Conrad , U. (2005). Polymers from plants to develop biodegradable plastics. *Trends In Plant Science*, 10(11), 511-512 .
- Consumer*. (19 de 09 de 2013). Recuperado el 18 de 06 de 2020, de El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html>
- Copyright. (2007). *plasticos biodegradabñes en industria alimentaria*. Copyright ArgenBio, Argentina. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <https://es.scribd.com/document/353491479/20110210125752>
- Corrales M, Han JH. (2014). *Chapter 7 - Antimicronial Packaging Systemas*. (Han, JH. Ed), *Innovations in Food Packaging (2th. ed)*. Texas, USA Elsevier Ltd. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00007-2>
- Dias Alves , V., Mali, S., Beléia, A., & Grossmann. (2007). *Effect og glycerol and amylose anrichment on cassava starch films properties*. *Journal of Food Engineering*.

- Díaz Caballero , A., Vivas Reyes , R., & Puerta , L. (2011). Biopelículas como expresión del mecanismo de quorum sensing: Una revisión. *Avances en Periodoncia* vol.23 no.3 Madrid dic. *SCIELO. Avances en Periodoncia e Implantología Oral*.
- Díaz, A. (11 de 2014). *ANMAT*. Obtenido de [http://www.anmat.gov.ar/renaloea/docs/Analisis\\_microbiologico\\_de\\_los\\_alimentos\\_Vol\\_I\\_II.pdf?fbclid=IwAR0RJof10uw\\_V6xXh](http://www.anmat.gov.ar/renaloea/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_I_II.pdf?fbclid=IwAR0RJof10uw_V6xXh)
- Díaz, A., & Avellán, A. (23 de 06 de 2019). OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays L.*). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de [file:///C:/Users/CTE/Downloads/1134-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1864-1-10-20200123%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/CTE/Downloads/1134-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1864-1-10-20200123%20(1).pdf)
- Díaz, R. (16 de 01 de 2019). “*EVALUACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES DE HARINA DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) Y PROPÓLEO EN LA CONSERVACIÓN DE PALTA FUERTE (Persea americana)*”. Abancay-Peru. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de Repositorio Unamba: [http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/728/T\\_0441.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/728/T_0441.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, S., & Hurtatiz, A. (2012). *Plan de negocio, diseño, fabricación y comercialización de bolsas biodegradables. Facultad de postgrados, especialización en gerencia de proyectos*. Bogota: Universidad EAN.
- Donhowe, I., & Fennema, O. (1993). *The effects of plasticizers on crystallinity, permeability and mechanical properties of methylcellulose films. Journal of food rocess and preservation*,.
- Echeverría et al. (07-12 de 2017). ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS. *SCIELO*, 15(02), 134-141. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n2/v15n2a15.pdf>
- Embuscado & Huber. (2009). *Edible films and Coatings for food Applications*. Springer. London New York.
- Enríquez , M., Velasco, R., & Ortiz, V. (01-06 de 2012). COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182-192. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
- Enriquez et al. (21 de 02 de 2011). COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1). Recuperado el 07 de 07 de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

- Erik van et al. (2015). "A global inventory of small floating plastic debris" *Environmental Research Letters*".
- Escobar et al. (2009). *Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador*. REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY. Recuperado el 04 de Noviembre de 2009, de file:///C:/Users/www.dwsystems.com.ec/Downloads/51-Texto%20del%20artículo-88-1-10-20110505.pdf
- Feijoo, J. (2019). *PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PELÍCULAS COMESTIBLES COMESTIBLES ELABORADAS A BASE DE ALMIDÓN DE BANANO*. Tesis, Ecuador-Machala. Recuperado el 31 de 03 de 2020, de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14105/1/T-2894\\_CRIOLLO%20FEIJOO%20JULIANA%20LISBETH.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14105/1/T-2894_CRIOLLO%20FEIJOO%20JULIANA%20LISBETH.pdf)
- Fernández , M., Echeverría , C., & Mosquera , A. (07-12 de 2017). ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS. *SCIELO*, 15(02), 134-141. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15n2/v15n2a15.pdf>
- Fernández et al. (09 de 2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3). Recuperado el 01 de 06 de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008)
- Fernández et al. (07-12 de 2017). ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS. *SCIELO. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612017000200015](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000200015)
- Flores, S., Campos, C., & Gershenson, L. (2006). Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films. *European Food Research Technology*, 22, 375-384.
- Flores, Z. (2009). Caracterización estructural de películas elaboradas con almidón modificado de plátano y con quitosano. (I. T.-D. Bioquímica, Ed.) *Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN*, 1-13. Recuperado el 19 de 02 de 2020, de Caracterización estructural de películas elaboradas con: file:///D:/v44n3a4.pdf
- GARCÍA , V., BARUK , P., BELLO , L., ROMERO , A., & SOLORZA. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Iberoamericana de Polímero* 12(3).

- García , V., Zamudio, P., & Romero , C. (05 de 2010). OXIDACIÓN DEL ALMIDÓN NATIVO DE PLÁTANO PARA SU USO POTENCIAL EN LA FABRICACIÓN DE MATERIALES DE EMPAQUE BIODEGRADABLES: CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, TÉRMICA. *Iberoamericana de Polímeros Volumen, 12(3)*, 1-11. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de [https://pdfs.semanticscholar.org/99e4/92c3e9ed1ce2880b49ee0b5b506ec922523b.pdf?\\_ga=2.100363806.1628684661.1594333999-122355904.1594333999](https://pdfs.semanticscholar.org/99e4/92c3e9ed1ce2880b49ee0b5b506ec922523b.pdf?_ga=2.100363806.1628684661.1594333999-122355904.1594333999)
- García, M., Martino, M., & Zaritzky, N. (2000). *Lipid addition to improve barrier properties of edible starch based films and coatings*. *Journal of food science*.
- García, Q. (s.f.).
- García, Q. (2015). Santa Tecla: Enero: Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. Obtenido de Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.
- Garciglia, R. S. (2017). *www.sabermas.umich.mx*. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/47-numero-6/93-ibiopelículas-comestibles.html>
- Gascó, Tamara. (01 de 10 de 2019). *Nundea*. Recuperado el 14 de 02 de 2020, de <https://numdea.com/van.html>
- Gélvez , D. (2019). *Mundo Pecuario*. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de [https://mundopecuario.com/tema60/nutrientes\\_para\\_monogastricos/platano\\_harina-265.html](https://mundopecuario.com/tema60/nutrientes_para_monogastricos/platano_harina-265.html)
- González. (08 de Enero de 2015). Obtención de Biopelículas Binarias Activas y su Efecto en la Vida Útil Microbiológica del Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*). *Información Tecnológica, 26(5)*, 3-9. Recuperado el 23 de 8 de 2020, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n5/art02.pdf>
- Guamán , M. (2019). “*OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL*”. Recuperado el 07 de 07 de 2020, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
- Guaminga, E. (2020). “*Obtención y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (zea mays l.)*”. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial , Riobamba-Ecuador. Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6552/1/OBTENCIÓN%20Y%20CARACTERIZACIÓN%20FUNCIONAL%20DE%20HARINA%20Y%20ALMIDÓN%20DE%20MAÍZ%20NEGRO.pdf>
- Guarrión de Delgado, E. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (musa sp. variedad cuadrado), para su uso en la industria de alimentos*. Salvador .

- Guerrero, B. (2013). *Recubrimientos de frutas con biopelículas*. Temas selectos de Ingeniería en alimentos.
- Guillén . (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4). Recuperado el 27 de 03 de 2020, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172014000400005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172014000400005)
- Guillén , J., Mori, S., & Paucar , L. (29 de 11 de 2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a05v5n4.pdf>
- Guillén Sánchez, J., Mori Arismendi, S., & Paucar Menacho, L. M. (29 de noviembre de 2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 1-7.
- Guillén, J; Mori, S; Paucar, M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5, 211-217. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a05v5n4.pdf>
- Guillén, R., Carpinelli, L., Rodríguez, F., Castro, H., & Quiñónez, B. (2016). Staphylococcus aureus adquiridos en la comunidad: caracterización clínica, fenotípica y genotípica de aislados en niños paraguayos. Scielo. *Scielo*. Recuperado el 13 de 03 de 2020, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v33n6/art02.pdf?fbclid=IwAR2ljHCGCjrq60uTtxtWnPq67U8iAnRPHMmx4gCWGuJGP4FHV-90NHXRHAZQ>
- Gullén , e. (2016). Staphylococcus aureus adquiridos en la comunidad: caracterización clínica, fenotípica y genotípica de aislados en niños paraguayos. *SCIELO.Revista chilena de infectología*, 33(6). Recuperado el 31 de 03 de 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182016000600002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182016000600002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Hernández et al. (01 de 2017). Harina de plátano “Photarina”. *UAEH. EDU*, 4(7). Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n7/p4.html>
- Hernandez et al. (2018). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Srticulo Científico, Mexico. Recuperado el 07 de 08 de 2020, de <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- ILES, A.; MARTIN, A. (2013). *Expanding bioplastics production: Sustainable business innovation in the chemical industry*. *J. Cleaner Production*. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.008>
- INEC. (2001). *Parroquias Urbanas de Riobamba*. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS, Canton Riobamba. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/141608979/Parroquias-Urbanas-Riobamba>

- INEC. (2016). Recuperado el 17 de 03 de 2020, de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares/Hogares\\_2016/Documento%20tecnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2016/Documento%20tecnico.pdf)
- INEC, R. d. (2010). *Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Instituto nacional de estadísticas y censos, Ambato. Recuperado el 22 de 08 de 2020, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/tungurahua.pdf>
- INEN. (16 de 09 de 2019). *Estadísticas-Instituto Nacional de Estadística y Censos. Población y Demografía*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- INEN 518, 1.-1. (2012). *HARINA DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACION DE LA PERDIDA POR CALENTAMIENTO*. Norma Técnica Ecuatoriana, Ecuador. Recuperado el 06 de 07 de 2020, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/518.pdf>
- INEN 891, 1. (2011). *Fibras vulcanizadas. laminas flexibles*. Ecuador: Norma Ecuatoriana. Recuperado el 06 de 07 de 2020, de <https://archive.org/details/ec.nte.0891.1983/page/n3/mode/2up>
- INIAP. (2010). *El plátano*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Ecuador. Recuperado el Consultado 27 marzo 2010, de <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/774/2/Tesis%20harina%20de%20platano%20final.pdf>
- INIAP. (2019). *Seguridad y Soberanía Alimentaria Basada en la Producción Sana de Alimentos*. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>
- Jason Treat et al. (2018). (*National Geographic*). Universidad de California, Santa Barbara.
- Kunyas , E. (18 de 05 de 2011). *Derivados del maiz morado*. Recuperado el 14 de 03 de 2020, de <http://einyel0.blogspot.com/2011/05/>
- Kuorwel et al. (2011). *Antimicrobial Activity of Biodegradable Polysaccharide and Protein-Based Films Containing Active Agents, J Food Sci.*
- Lázaro De la Torre Gutiérrez, M. (2008). *Extracción de almidón de plátano cuadrado (Musa balbisiana Colla)*. Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <http://www.archivos.ujat.mx/dip/divulgacion%20y%20video%20cientifico%202008/DAMRIOS/LTorreG.pdf>
- Libera. (2015). *"Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information" Science Advances*". Recuperado el 23 de 08 de 2020, de [https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-plásticos-abandonados\\_LIBERA-def-1.pdf](https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-plásticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf)

- Mansour, Z., & Guth, E. (1968). *Complexing behavior of starches with certain pharmaceuticals. Journal of pharmaceutical dcienze.* 57, 404-411.
- Mayhuire et al. (20 de 05 de 2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 231-241. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a10v85n2.pdf>
- Medina et al., M. (27 de 09 de 2007). Caracterización fisicoquímica de almidones de. *Ciencia Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718-726. Recuperado el 26 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Miramont, S. (2012). *Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos. (Tesis de Maestría). UTN, BA Escuela Posgrado, Buenos Aires.*
- Morales. (2011). Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena Hortofrutícola. *SciELO*, 1-15. Recuperado el 23 de 03 de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008)
- Moreno . (2015). *Utilización de harina de plátano (Musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas.* Investigación, ESPOL, Ambato-Ecuador. Recuperado el 08 de 02 de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>
- Moreno, A., Garay, R., & Guerrero, J. (2012). OBTENCIÓN DE BIOPELICULAS A PARTIR DE LA GLICERINA PRODUCTO DEL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITE DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.). *ARTÍCULOS CIENTÍFICOS PROYECTO PIÑÓN*, 32-39. Recuperado el 22 de 08 de 2020, de [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/870/1/Moreno-Obtención\\_biopelículas.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/870/1/Moreno-Obtención_biopelículas.pdf)
- Moreno, G. (2015). Tesis.UTILIZACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO (*Musa balbisiana*), EN EL DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES ACTIVAS., UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO por medio de FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS, Ecuador- Ambato. Recuperado el 31 de 03 de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>
- Moreno, G. (2015). Ambato-Ecuador: FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Recuperado el 30 de 08 de 2019, de <file:///D:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf>
- Moreno, G. (2015). “UTILIZACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO (*Musa balbisiana*), EN EL DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES. Recuperado el 02 de 09 de 2019, de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>

- Navarro , Javier. (12 de 2016). *Definición ABC*. Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <https://www.definicionabc.com/economia/anova.php>
- Navia, D., & Bejarano, N. (16 de 05 de 2014). EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPRESSING BIOPLASTICS MADE FROM CASSAVA FLOUR. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40-48. Recuperado el 11 de 03 de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>
- Nazar , J. (2007). Biofilms bacterianos. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*.
- Noroña . (14 de Septiembre de 2018). *EL COMERCIO*. Obtenido de Tendencias, Ambiente: <https://www.elcomercio.com/tendencias/desechos-plasticos-oceanos-ecuador-ministeriodelambiente.html>
- NTE INEN 2542. (2010). *Láminas Plásticas. Requisitos*. Ecuador: Norma Ecuatoriana Voluntaria. Recuperado el 10 de 06 de 2020, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>
- NTE INEN 526. (2013). *HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE IÓN HIDRÓGENO o pH*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 06 de 07 de 2020, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/526-1R.pdf>
- Ocaña A. (30 de 10 de 2018). *Diferencias entre las películas y las biopelículas comestibles*. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <file:///H:/articulos%20cientificos/origen%20de%20biopeliculas.pdf>
- Ortega, J. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables*. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, Ambato-Ecuador. Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22874/1/AL599.pdf>
- Osario Herrera , A. P., & Rubiano Hernandez, K. D. (2019). *DESARROLLO DE UNA BIOPELICULA PARTIENDO DE CASCARA DE BANANO Y FIBRA NATURAL COMO AGENTE DE REFUERZO A NIVEL LABORATORIO*. Bogota: Proyecto integral de grado para optar al título de INGENIERO QUÍMICO.
- Park, H., & Chinan, M. (1995 citdo en Solis, 2016). Gas and water vapor barrier properties of edible films form protein of celulose based edible films,. *J Food Sci*, 1361-1364.
- PELLISSARI , F., ANDRADE , M., SOBRAL, J., & MENEGALLI, C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids* 30, 681-690.

- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2018). Recuperado el 18 de 06 de 2020, de <https://definicion.de/espesor/>
- Pesantez, F., & Cuenca, M. (2017). Obtención del quitosano provenientes del cangrejo rojo combinado con almidón de banano para reforzar filmes. *Journal Scientific Conference proceedings*, 2(1), 170-181. Recuperado el 23 de 08 de 2020, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/QUITOSANO.pdf>
- PNUMA. (20 de 12 de 2012). *Programa de naciones unidas para el medio ambiente*. Obtenido de [http://www.unep.org/chinese/biosafety/files/informe%20final\\_MNB%20Panama%20dic2007.pdf](http://www.unep.org/chinese/biosafety/files/informe%20final_MNB%20Panama%20dic2007.pdf)
- Porto Pérez, J., & Merino, M. (2017). *Definición del almidón*. Recuperado el 23 de 06 de 2020, de <https://definicion.de/almidon/>
- PROEcuador. (2013). *Boletín de análisis de mercados internacionales*. Quito.
- Quintero, A., & Valencia, V. (09 de 11 de 2013). caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano (*Musa Sapientum*). *Revista Scielo*, 1-13.
- Quinteros, R. (13 de 09 de 2013). *Que es CMC*. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de <https://clubdereposteria.com/que-es-cmc/>
- Ramírez, J., & Solorzano, S. (2012). *Banano rechazado para exportación en el Ecuador*, tesis, Universidad Técnica de Saalecianos, Guayaquil. Recuperado el 03 de 03 de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2840/1/UPS-GT000315.pdf>
- Ramírez, A. O., Pereira, A. G., & Rodríguez, A. F. (07 de 2015). Utilización de diversas cantidades de aceite esencial de canela como conservante de capulí en almar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 1-6.
- Ribeiro, R., Andrade, M., Ramos, N. & Sanches, A. (2017). *Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends*. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2016.11.021
- Rodríguez. (01-02 de 2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Scielo*, 27(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662017000100026](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662017000100026)
- Rodríguez, H., & Delgado, R. (01-02 de 2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*, 27(1), 26-33. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <file:///H:/almidon%20de%20platanoy%20leche.pdf>
- Rodríguez. (01 de 01 de 2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche.

- Acta Universitaria*, 27(1), 1-9. Recuperado el 11 de 03 de 2020, de file:///H:/almidon%20de%20platanoy%20leche.pdf
- Rodríguez et al. (08 de 11 de 2017). *Harina de platanó "Photarina"*. Recuperado el 10 de 08 de 2020, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n7/p4.html>
- Rodríguez, E. (26 de 03 de 2008). *Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Recuperado el 27 de 03 de 2020, de <http://chefemigdio.blogspot.com/2008/03/almidones-en-los-alimentos-primera.html>
- Rodríguez, G., & Angeles, M. (2002). *Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de escherichia coli*. *ADIBETER*, 5-12. Obtenido de [http://www.adiveter.com/ftp\\_public/E.coli.pdf?fbclid=IwAR3lbhBOXylG3iiWtLRLXzpj5ADP0dGNglf6DzpkAzCWHIvIOSnEOdXYOgU](http://www.adiveter.com/ftp_public/E.coli.pdf?fbclid=IwAR3lbhBOXylG3iiWtLRLXzpj5ADP0dGNglf6DzpkAzCWHIvIOSnEOdXYOgU)
- Rojas, F. (2018). *Aplicación de un recubrimiento activo de harina de banano y aceite esencial de oregano*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. .
- Ruíz, G. (2006). *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir de un almidón de yuca*. Ingeniería y ciencia. Recuperado el 16 de 02 de 2020, de file:///H:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf
- Saldaña, E. (08 de 2009). *Cocina Científica*. Recuperado el 31 de 03 de 2020, de Emulgentes, espesantes, estabilizadores y gelificantes: <https://sites.google.com/site/cocina4ingenieros/ciencia-y-tecnologia/conceptos-basicos/Alimentacion/agentes-gelificantes#TOC-Clasificaci-n-gen-rica-de-compuestos-E400-E499>
- Sánchez, J. (2015). *Scielo*.
- SELKE, S.E.M.; CULTER, J.D.; HERNANDEZ, R.J. (2016). *Plastics packaging: properties, processing, Applications and Regulations*. Carl Hanser Verlag, 2nd Edition (Munich). Recuperado el 14 de Octubre de 2019
- Sobral et al. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 324-342.
- Solis, I. (2016). *ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS CON HIDROXIPROPILMETILCELULOSA (HPMC)*". tesis, México. Recuperado el 31 de 03 de 2020, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65172/Elaboraci%F3n+de+pel%EDculas+comestibles+HPMC.pdf;jsessionid=4AFE6F83C14650323AFCA62F84DC5D2F?sequence=1>
- Stoodley, P., Sauer, K., Davies, D., & Costerton, J. (2002). *Biofilms as complex differentiated*.

- Suarez, G. (13 de Enero de 2016). *Redacción Énfasis Alimentación*. Recuperado el 18 de 07 de 2019, de <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/74027-desarrollan-biopelículas-alimentos-frescos->
- TeléGrafo. (05 de 06 de 2018). Recuperado el 17 de 03 de 2020, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/ecuador-reduccion-consumo-plasticos-ambiente>
- Torres, M. (13 de 05 de 2020). *Rankia*. Recuperado el 14 de 07 de 2020, de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>
- Torruco et al. (07 de 2007). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718-726. Obtenido de <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Trejo, A. (Agosto de 2010). *Recubrimientos comestibles*. Recuperado el 18 de 07 de 2019, de <https://es.slideshare.net/postcosecha/recubrimientos-comestibles>
- Trujillo, C. (2014). *OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUE DE ALIMENTOS*. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS.
- Vaca, A. (2014). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTITUCIÓN DE UNA EMPRESA RELACIONADA CON LA ELABORACIÓN DE HARINA DE BANANO, EN EL CANTÓN PASAJE, PROVINCIA DE EL ORO*. Tesis, Ecuador. Recuperado el 26 de 03 de 2020, de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1963/7/CD763\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1963/7/CD763_TESIS.pdf)
- Valladares, K. (2017). *Efectividad antimicrobiana de películas quitosano, poli (adipato cotereftalato de butileno) y almidón de yuca en carne fresca. (Tesis Ingeniería)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Obtenido de [https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6076/1/AGI-2017054.pdf?fbclid=IwAR3Y1vi-XKx6f-\\_jVLcyUL90D2NK\\_KtTd5MJp\\_59fexc8RhMdqh8\\_DAF0Y](https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6076/1/AGI-2017054.pdf?fbclid=IwAR3Y1vi-XKx6f-_jVLcyUL90D2NK_KtTd5MJp_59fexc8RhMdqh8_DAF0Y)
- Villalva, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2008). *Investigación de almidones termoplásticos; precursores de productos biodegradables*. Información tecnológica,. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de <file:///H:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf>
- Villaroel et al. (09 de 2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *SCIELO*, 45(3), 1-7. Recuperado el 26 de 03 de 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182018000400271](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271)
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (09 de 2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos e intereses fisiológicos. *Scielo*,

- 45(3). Obtenido de  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182018000400271](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271)
- Welsh Government. (2018). “*Biodegradable plastics for agriculture*”. Obtenido de <https://businesswales.gov.wales/farmingconnect/posts/biodegradable-plastics-agriculture>
- William Mendenhall. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. (J. H. Muñoz, Trad.) Decimo tercera edicion. Obtenido de <https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>
- Woloj, D. (2011). *NUEVAS APLICACIONES DE LA GLICERINA*. Ingeniero. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. BUENOS AIRES.
- Xiao, M., Lu, G., & Xu, S. (2009). *Starch based completely biodegradable polymer materials*. Express plymer letters, Vol. 3, (6),. Recuperado el 15 de 01 de 2020, de <file:///H:/articulos%20cientificos/tesis%20gabriel.pdf>
- Yunia et al. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Iberoamerica de Polimeros*, 12(3), 125-135. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3694923>
- Zamudio Flores, B. (11 de 2009). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ALMIDONES DOBLEMENTE MODIFICADOS DE PLÁTANO. *Agrociencia*, 44(3), 283-295. Recuperado el 01 de 06 de 2020, de <file:///H:/articulos%20cientificos/modificacion%20de%20almidones%20con%20hipoclorito.pdf>
- Zapata , D. (2019). *Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (Musa paradisiaca) y yuca (Manihot esculenta) con gel de sábila (Aloe vera)*. Tesis, Peru. Recuperado el 08 de 07 de 2020, de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1586/IND-ZAP-CRI-2019.pdf?sequ>

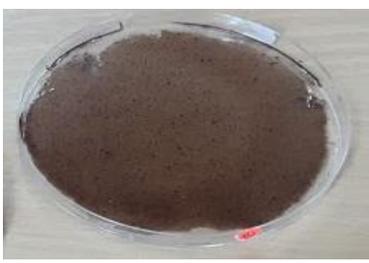
## ANEXOS

**Anexo 1** Formulación para la elaboración de la biopelícula combinando harina y almidón banano y maíz negro en relación de 70 gramos en 1000 mL de agua destilada.

<b>Matrices</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>
Harina de banano	50% (35g)	25% (17.50g)	75% (52.50g)						50% (35g)	25% (17.50g)	75% (52.50g)
Harina de maíz negro	50% (35g)	75% (52.50g)	25% (17.50g)								
Almidón de banano				100% (70g)		50% (52.50g)	75% (3.75g)	25% (17.50g)	50% (35g)	75% (52.50g)	25% (15.50g)
Almidón de maíz negro					100% (70g)	50% (52.50g)	25% (17.50g)	75% (52.50g)			
<b>CMC</b>	40g										
<b>Glicerol</b>	40g										
<b>Agua destilada</b>	1000g										
<b>Temperatura</b>	50°C										
<b>Tiempo</b>	6 horas										

Ocaña L, (2020)

**Anexo 2** Determinación sensorial de las biopelículas

<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>
		
No factible, quebradizas, no uniformes y débiles	Quebradizas, débiles y no uniformes	Factible, elásticas, uniformes, no presentan burbujas.
<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>
		
Factible, elástica, uniforme	No factible, quebradiza , no uniforme	No factible, quebradiza , no uniforme
<i>T7</i>	<i>T8</i>	<i>T9</i>
		
Factible, elástica y uniforme	Poco resistentes, presentan, burbujas en la biopelícula	Resistente, elástica y uniforme

*T 10*

*T 11*



Elástica, uniforme y resistente



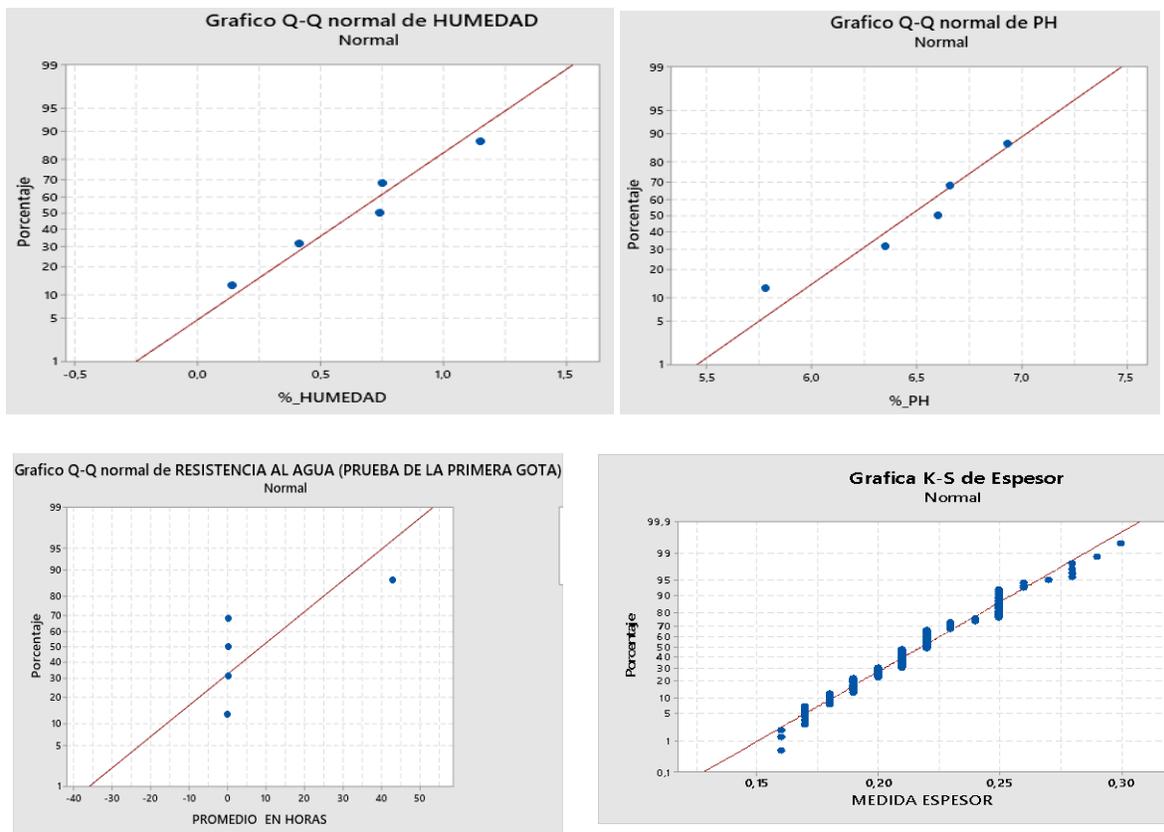
Capa delgada, débiles, quebradizas, cuarteadas.

Ocaña L, (2020)

**Interpretación:**

Se elaboró un diseño experimenta con 11 tratamientos combinando harina y almidón de banano, determinando sensorialmente, utilizando el órgano de la vista y el tacto, donde se estableció que 5 tratamientos previamente seleccionados presentaron buenas características de elasticidad, uniformidad y elasticidad, mientras que las otras 6 biopelículas presentaron agrupamientos, rupturas y no eran elásticas

### Anexo 3 Gráficos de probabilidad de las biopelículas según el tipo de concentración de harina y almidón de banano y maíz negro



Ocaña, L (20020)

#### Interpretación: Valor p

Según las gráficas de Q-Q normal rectifican que, de las 4 variables en estudio, 3 de ellas cumple una ley de normalidad (humedad, pH y espesor) propuesta por Anderson Darling, los datos forman una línea aproximadamente recta a lo largo de la línea de probabilidad, de esta manera ajustándose adecuadamente a los datos; en cuanto a la resistencia al agua no cumple con una ley de normalidad, ya que existe una anomalía en la distribución de datos.

**Anexo 4** Inversión del proyecto de las biopelículas del tratamiento T5 de harina y almidón de banano (H. B 25% y A. B75%).

Expresado en Dolares				
Rubros	Cantidad	Unidad	VALOR	
			Unitario	Total
<b>Inversion Fija</b>				<b>\$ 6,940,00</b>
<b>OBRAS CIVILES (ADECUACION)</b>				<b>\$ 1,200,00</b>
Planta de Produccion y bodega	20	m2	60	\$ 1,200,00
<b>MAQUINARIA</b>				<b>\$ 4,145,00</b>
Termomix	1	unidad	\$ 2,900,00	\$ 2,900,00
Horno deshidratador	1	unidad	1000	\$ 1,000,00
balanza	1	unidad	145	\$ 145,00
Molino	1	unidad	100	\$ 100,00
<b>MUEBLES DE OFICINA.</b>				<b>\$ 395,00</b>
Muebles de Oficina				\$ 395,00
<b>EQUIPO DE COMPUTO</b>				<b>\$ 1,200,00</b>
Equipo de Computo				\$ 1,200,00
<b>Vehiculos</b>				<b>\$ 0,00</b>
Vehiculo				\$ 0,00
<b>Activos Intangibles</b>				<b>\$ 2,100,00</b>
Estudios				\$ 500,00
Gastos de organizacion				\$ 400,00
Gastos de Instalacion				\$ 500,00
Patentes, marcas				\$ 200,00
Permisos (municipal, bomberos, sanitario)				\$ 300,00
Imprevistos				\$ 200,00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 9,040,00</b>
<b>Capital de Trabajo</b>				<b>\$ 12,659,04</b>
<b>Materia Prima</b>				<b>\$ 9,340,62</b>
Harina de banano	1377,75	Kilogramos	1,1	\$ 1.377,75
Almidon de banano	459,25	Kilogramos	1,25	\$ 574,06
Almidon de maiz morado		kilogramos		
Harina de maiz negro		Kilogramos		
Glicerina	1663,97	Litros	5,56	9255,83
CMC	528	Kilogramos	6	3168,00
Agua destilada	56,52	Litros	1,5	84,78
<b>Materiales Directos</b>				<b>\$ 9,24</b>
Cartones	264	unidades	0,03	\$ 7,92
Etiquetas	264	unidades	0,005	\$ 1,32
<b>CI*</b>				<b>\$ 548,33</b>
Arriendo				\$ 400,00
Mantenimiento				\$ 28,33
Energia electrica				\$ 120,00
<b>Mano de Obra</b>				<b>\$ 1,030,53</b>
<b>Gastos Administracion</b>				<b>\$ 1,525,32</b>
<b>Gastos de venta</b>				<b>\$ 125,00</b>
<b>Gastos Financieros</b>				<b>\$ 80,00</b>
<b>Capital Neto de trabajoSubtotal</b>				<b>\$ 12,659,04</b>
<b>Inversion Total</b>				<b>\$ 21,699,04</b>

Ocaña. L, (2020)

En el anexo N4, se determinó la inversión de la materia prima considerada mensualmente en dólares para el tratamiento T5 combinado con harina y almidón de banano presentando una inversión total de \$ 21.699,04 para realizar el proyecto de elaboración de biopelículas.

**NOTA** El valor unitario de la materia prima se obtiene dividiendo el precio total / peso.

**Anexo 5** Estructura de costos al tratamiento seleccionado T5 (H. B 25% y A. B75%)

Estructura de costos anual expresado en dólares, del tratamiento T5 (H. B 25% y A. B75%) a partir de harina y almidón de banano.

ANUAL			
Costo Total			
Expresado en dólares			
Concepto	Fijo	Variable	Total
<b>1. Costos de Produccion</b>			<b>\$ 192.715,80</b>
<b>Costos Directos</b>			<b>\$ 174.095,40</b>
<i>Materia Prima y M. directos</i>			
Harina de maíz negro		\$ 0,00	
Harina de banano		\$ 16.533,00	
Almidon de banano		\$ 6.888,75	
Almidon de maíz negro		\$ 0,00	
Glicerina		\$ 111.070,00	
CMC		\$ 38.016,00	
Agua destilada		\$ 1.017,42	
cartones		\$ 554,40	
Etiquetas		\$ 15,84	
<b>Mano de Obra</b>	\$ 12.366,40		<b>\$ 12.366,40</b>
<b>Costos Indirectos de Fabricacion</b>			<b>\$ 6.254,00</b>
Arriendo de la planta	\$ 4.800,00		
Deprecación	\$ 694,00		
Amortización	\$ 420,00		
Mantenimiento	\$ 340,00		
<b>2. Costos de Administración</b>			<b>\$ 18.303,80</b>
<b>Gastos de Administración</b>			
Sueldos y Salarios	\$ 16.703,80		
Arriendo	\$ 1.200,00		
Servicios Básicos	\$ 400,00		
<b>3 . Costos de Venta</b>			<b>\$ 1.500,00</b>
<b>Gastos de venta</b>			
Publicidad	\$ 1.500,00		
<b>4, Gastos Finacieros</b>			<b>\$ 960,00</b>
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 39.384,20</b>	<b>\$ 174.095,40</b>	<b>\$ 213.479,60</b>

Ocaña. L, (2020)

**Interpretación:**

En el anexo 5, se determinó la estructura de costos anual expresado en dólares para la elaboración de biopelículas combinadas con harina y almidón de banano (H. B 25% y A. B75%), presentando los costos de producción con un total de \$ 192.715,80 centavos, incluyendo (costos directos, mano de obra y los costos indirectos de fabricación), costos de administración con un total de \$ 18.303,80 centavos, costos de venta de \$ 1.500,00 y por último los gastos financieros de \$ 960,00, proporcionando la sumatoria total de costos de \$ 213.479,60 centavos con un precio de venta al público de 0,46 centavos

## Anexo 6 Flujo de caja de la elaboración del proyecto de las biopelículas del tratamiento T5

(H. B 25% y A. B75%)

Rubro \ año	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas		\$ 205.708,43	\$ 211.925,97	\$ 215.104,85	\$ 218.331,43	\$ 221.606,40
(+) Valor de Salvamento						\$ 3.170,00
(-) Costo de Produccion		\$ 174.095,40	\$ 179.357,44	\$ 182.047,80	\$ 184.778,51	\$ 187.550,19
(=) Utilidad Bruta		\$ 31.613,02	\$ 32.568,53	\$ 33.057,06	\$ 33.552,91	\$ 37.226,21
(-) Gasto de Administracion		\$ 16.703,80	\$ 17.208,67	\$ 17.994,74	\$ 19.098,96	\$ 20.575,00
(-) Gasto de Venta		\$ 1.500,00	\$ 1.200,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
(-) Gastos Financieros		\$ 960,00	\$ 808,89	\$ 639,64	\$ 450,08	\$ 237,78
(=) Utilidad antes de Impuestos		\$ 12.449,22	\$ 13.350,97	\$ 13.422,68	\$ 13.003,87	\$ 15.413,42
(-) 15 % Trabajadores		\$ 1.867,38	\$ 2.002,65	\$ 2.013,40	\$ 1.950,58	\$ 2.312,01
Utilidad antes de IR		\$ 10.581,84	\$ 11.348,32	\$ 11.409,28	\$ 11.053,29	\$ 13.101,41
Impuesto a la renta		\$ 2.328,01	\$ 2.496,63	\$ 2.510,04	\$ 2.431,72	\$ 2.882,31
Utilidad del ejercicio		\$ 8.253,84	\$ 8.851,69	\$ 8.899,24	\$ 8.621,57	\$ 10.219,10
(+) Depreciaciones		\$ 754,00	\$ 754,00	\$ 754,00	\$ 754,00	\$ 754,00
(+) Amortizaciones Intangibles		\$ 420,00	\$ 420,00	\$ 420,00	\$ 420,00	\$ 420,00
(-) Amortizacion Bancaria		\$ 1.259,28	\$ 1.410,39	\$ 1.579,64	\$ 1.769,19	\$ 1.981,50
Inversiones						
Fija	-\$ 6.940,00					
Intangible	-\$ 2.100,00					
Capital de Trabajo	-\$ 12.659,04					
(+) Recu. Capital de trabajo						\$ 12.659,04
Flujo neto de Efectivo	-\$ 21.699,04	\$ 8.168,56	\$ 8.615,30	\$ 8.493,60	\$ 8.026,37	\$ 9.411,60

Ocaña. L, (2020)

En el anexo 6, se aprecia en el flujo de caja que en el año 1 de \$ 205, 708,43 centavos donde va la inversión y los siguientes son los flujos netos de los años siguientes.

Anexo 7 Encuesta de café negro realizada a la ciudad de Ambato



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Encuesta para un nuevo empaque biodegradable para cereal



Genero

Edad:

Masculino  Femenino

1. **Consumes usted cereal.**

SI  NO

2. **Con que frecuencia usted consume café.**

a) Diario

b) Semanal

c) Mensual

d) Anual

3. **En qué presentación usted consume el café.**

a) 30 g

b) 50g

c) 100g

d) 150g

e) 250g

4. **Le gustaría que el nuevo empaque de café sea biodegradable y este hecho a base de almidón y harina de maíz negro y banano.**

SI  NO

5. **El empaque biodegradable le gustaría que mejore la calidad del café.**

SI  NO

6. **Le gustaría cuidar el medio ambiente utilizando empaques biodegradables a base de harina y almidón de maíz negro y banano.**

SI  NO

7. **Cuanto estaría usted dispuesto a pagar por un empaque biodegradable de 50 unidades con una medida de 30x50cm.**

a) 2,50

b) 2,00

c) 1,50

8. **Cuanto estaría usted dispuesto a pagar por un empaque biodegradable de 50 unidades con una medida de 10x20cm.**

a) 2,00

b) 1,50

c) 1,00

9. **Cuanto estaría usted dispuesto a pagar por un empaque biodegradable de 50 unidades con una medida de 50x90cm.**

a) 3,00

b) 2,50

c) 2,00

10. Cuanto estaría dispuesto a pagar usted extra de una funda plásticas convencionales de una biodegradable.

a) 0,25

b) 0,50

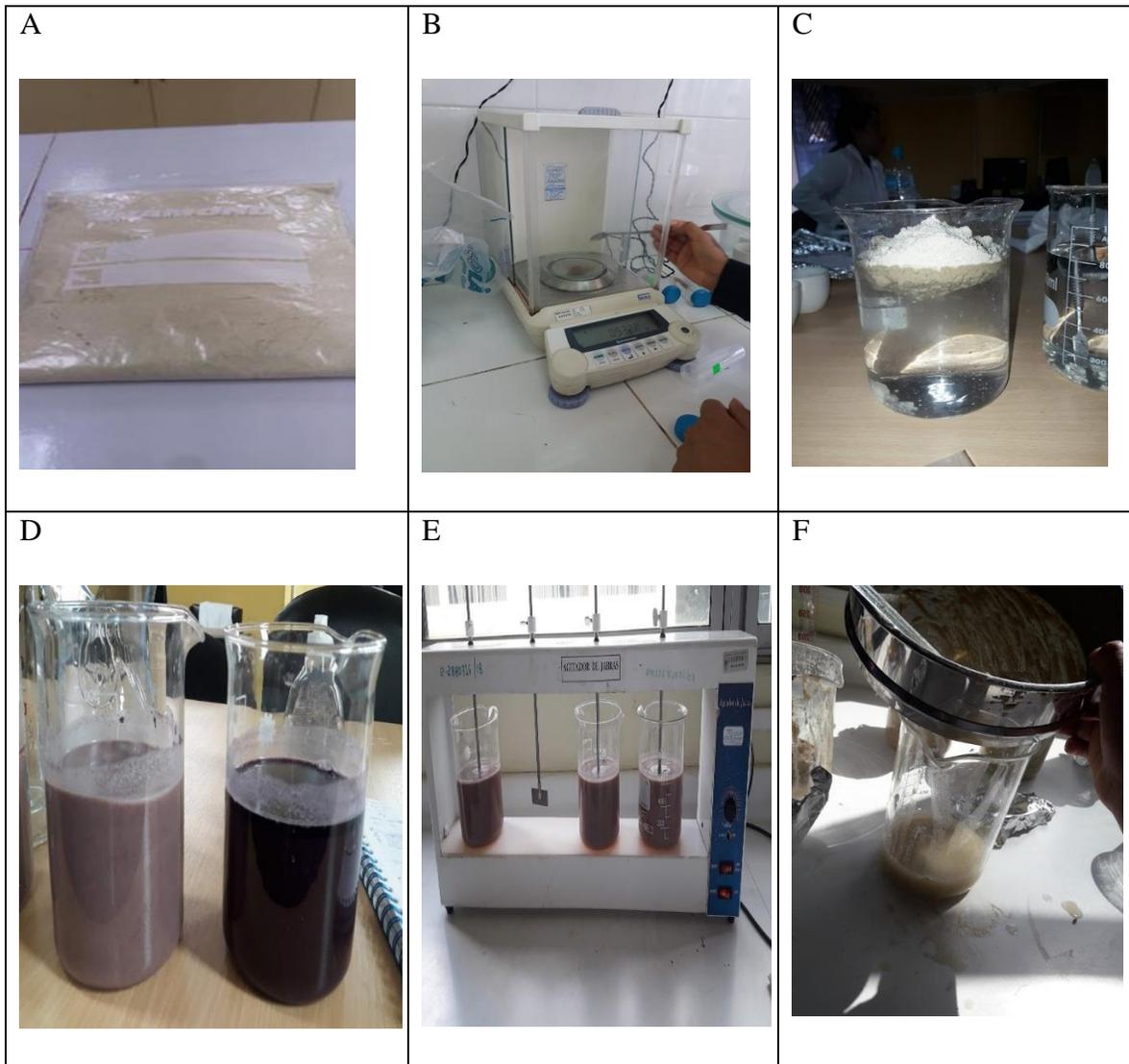
c) 0,75

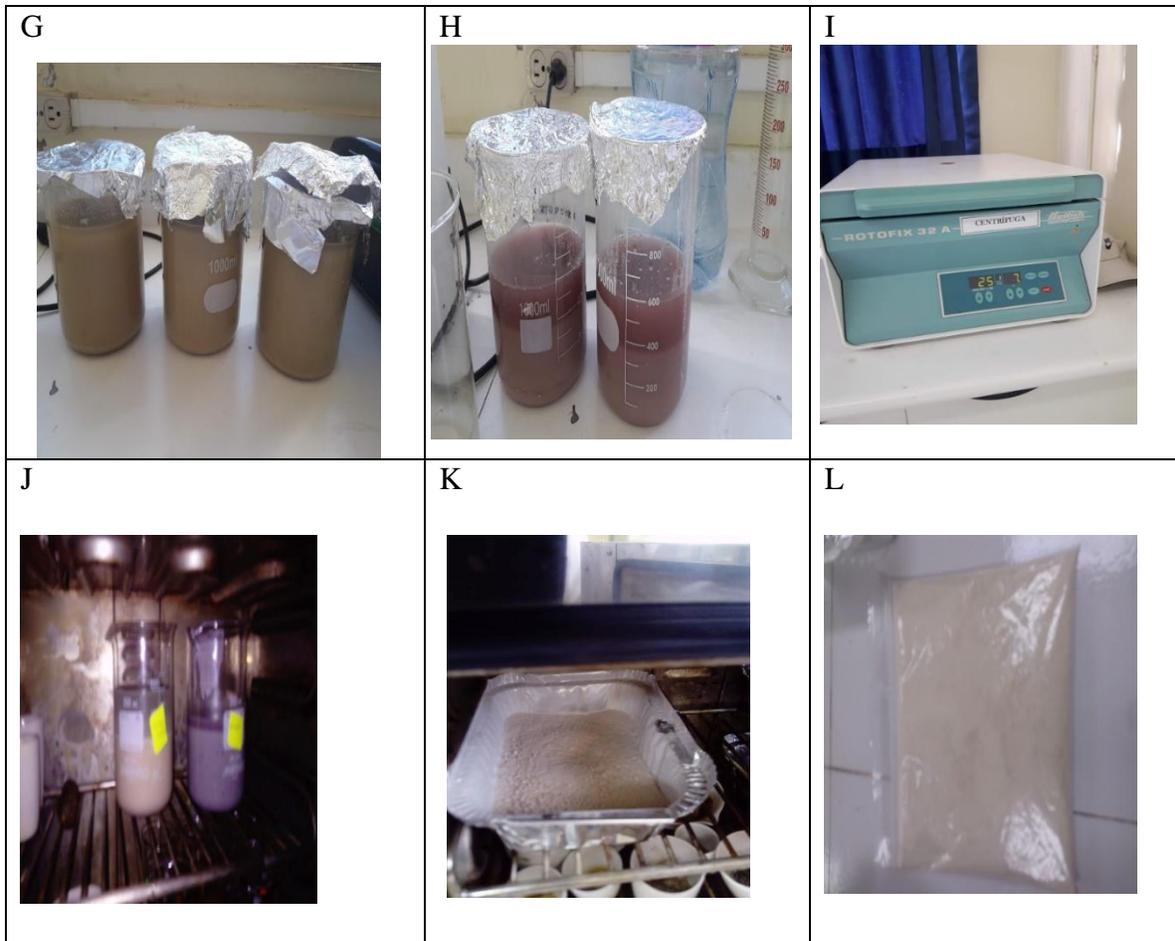
**Anexo 8** Obtención de la harina de banano de rechazo (Musa acuminata variedad Cavendish).



**Interpretación:** A: recepción de la materia prima y selección; B: lavado y desinfección con hipoclorito de sodio; C: cortado e inmersión en una solución acida (ácido cítrico); D: distribución y deshidratado; E: molturación seca; F: empaclado y almacenamiento.

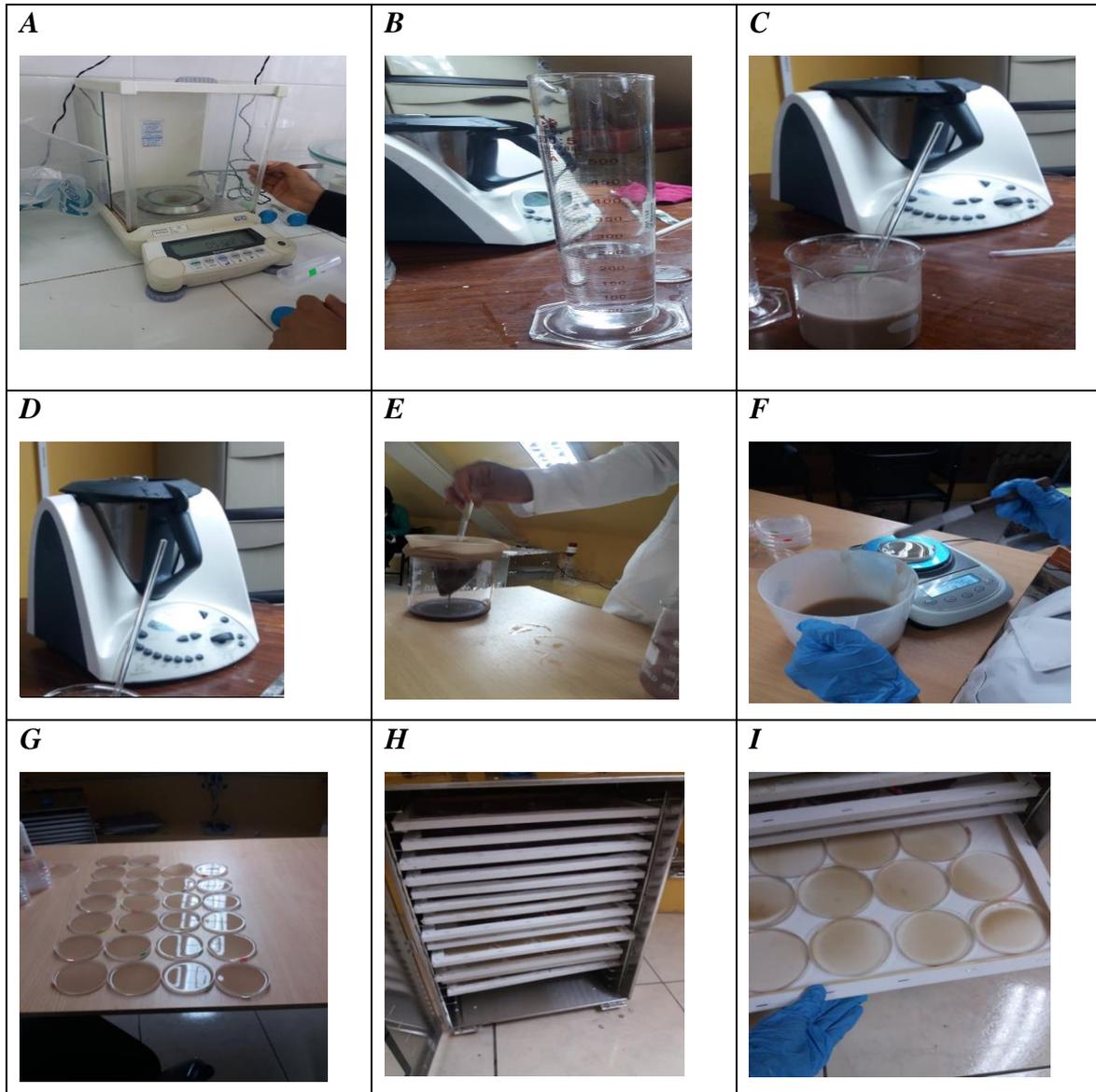
**Anexo 9** Extracción del almidón de banano de rechazo (*Musa acuminata* variedad Cavendish) y maíz morado (*Zea Mays L*) por el método descrito por Lázaro de La Torre Gutiérrez, 2008.





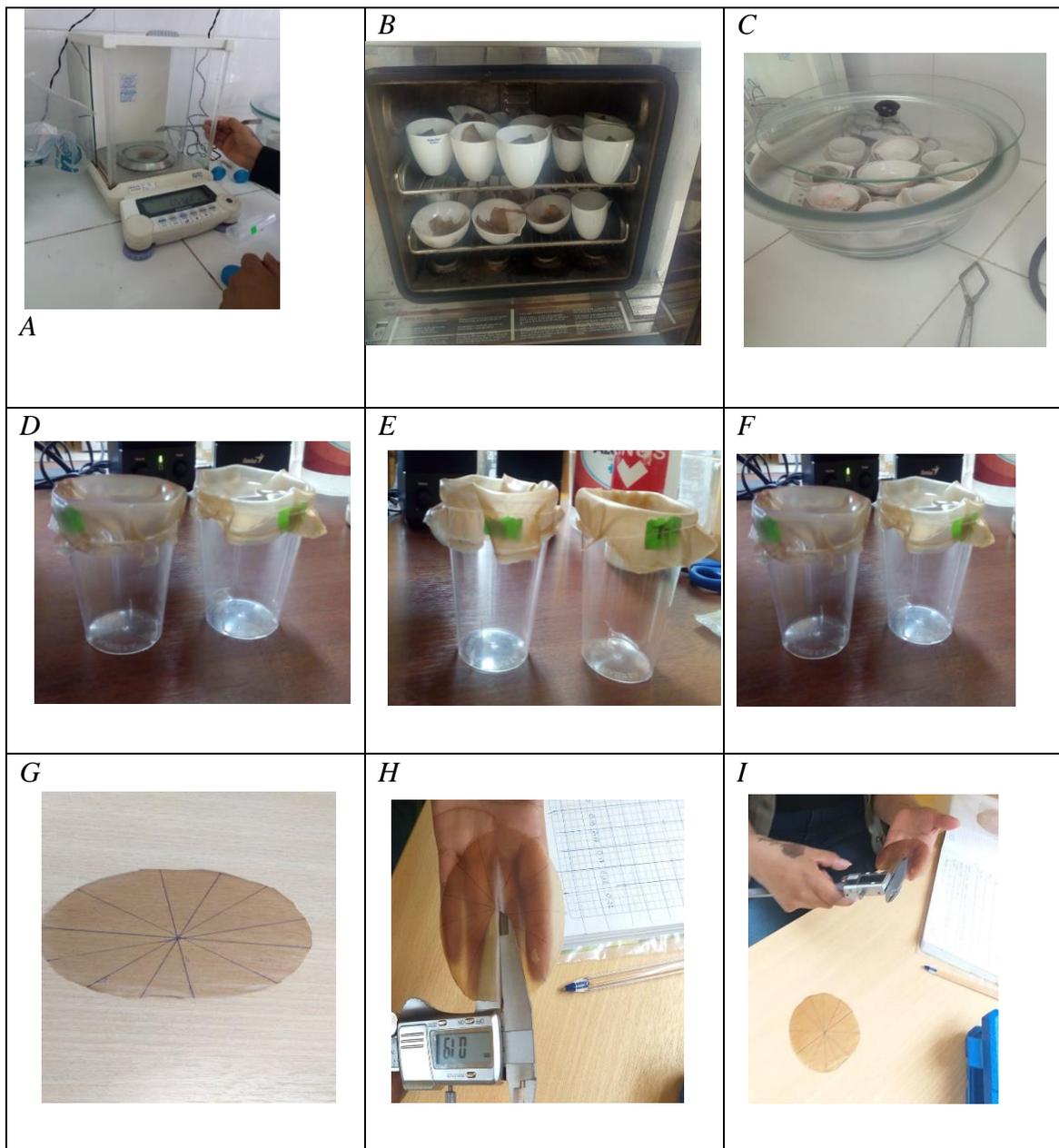
**Interpretación:** A: recepción de la materia prima; B: pesar el bisulfito de sodio; C: colocar el bisulfito de sodio y la harina de banano en el agua destilada; D: adicionar bisulfito de sodio al maíz negro; E: hidratar las soluciones en un agitador a 400 RPM; F: sedimentar las muestras en la malla N° 80; G y H: reposar las soluciones hasta completa sedimentación; I: colocar en la centrifuga por 15 min a 25000 RPM (revoluciones por minuto); I y K: secado de las muestras ; L: empacado y almacenado.

**Anexo 10** Elaboración de biopelículas combinando almidón y harina de banana de rechazo (*Musa acuminata* variedad Cavendish) y maíz morado (*Zea Mays* L) por el método de casting Mono capa.



**Interpretación:** A: Pesar las muestras; B: agregar CMC en 50ml de agua destilada y colocar en el Termomix por 10 min a 60°C; B: adicionar 50 ml en la solución de harina o almidón por 30 a 70°C; C: adicionar glicerol dejar batir 5 min por 40°C; E: filtrar la solución; F: Pesar 15 ml en la caja Petri; G: Gelificar por 1 hora; H: colocar en el deshidratador por 5 horas a 60°C; I: retirar del desecador y desmoldar.

## Anexo 11 Pruebas físico mecánicas



**Interpretación:** A: pesar 2 gramos de muestras; B: colocar en la estufa a 130°C por 2:30; C: colocar en desecador (pruebas de humedad); D: colocar la biopelícula en la superficie del vaso; E: colocar 5ml de agua; F: observar la primera gota (resistencia ala agua); G: dividir la película en 9 secciones; H: con el micrómetro medir; I: anotar los datos obtenido.