



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

“BIOPELÍCULAS A PARTIR DE HARINA *Zea mays* L. ACTIVADO
CON ACEITE DE *Rosmarinus Officinali* Y *Eucalyptus Globulus*
MEDIANTE TÉCNICA CASTING”.

Autora:
Evellyn Mabel Fonseca Quishpi

Tutor:
Ing. Diego Moposita Vásquez MgS

Riobamba - Ecuador
Año 2020

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “BIOPELÍCULAS A PARTIR DE HARINA *Zea mays* L. ACTIVADO CON ACEITE DE *Rosmarinus Officinalis* Y *Eucalyptus Globulus* MEDIANTE TÉCNICA CASTING” presentado por Evellyn Mabel Fonseca Quishpi y dirigido por el Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constado 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 constancia de lo expuesto firman:

Presidente del tribunal

.....
Firma



Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

Director del proyecto de investigación

.....
Firma



Ing. Jessica Marcatoma Tixi MgS.

Miembro de tribunal

.....
Firma



Ing. Paúl Ricaurte Ortiz MgS.

Miembro de tribunal

.....
Firma

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponde exclusivamente a: Evellyn Mabel Fonseca Quishpi con CI. 0604274456 e Ing. Diego Moposita Vásquez MgS. como director del proyecto de Investigación; incluyendo tablas y figuras que se encuentran en este trabajo excepto las que contiene su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Evellyn Mabel Fonseca Quishpi

C.I 0604274456

Autora del proyecto de investigación



.....
Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

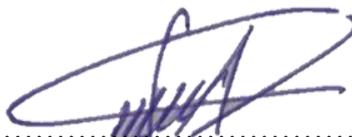
C.I 0201972593

Director del proyecto de investigación

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Que, **FONSECA QUISHPI EVELLYN MABEL** con C.I 0604274456, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría en el proyecto de investigación titulado **“BIOPELÍCULAS A PARTIR DE HARINA *Zea mays* L. ACTIVADO CON ACEITE DE *Rosmarinus Officinali* Y *Eucalyptus Globulus* MEDIANTE TÉCNICA CASTING”**, 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 de sistemas de producción agroindustriales.”**, cumple con el **5%**, reportado en el sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, de 25 de agosto de 2020.



.....
Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación dedico a Dios quien me ha dado fuerza y sabiduría para continuar y culminar mi etapa universitaria.

A mi madre María Luisa Quishpi Ortega ya que el presente trabajo no solo refleja mi esfuerzo sino también el de ella, quien ha confiado en mí y me ha brindado su apoyo tanto moral como económico, pero sobre todo su amor reflejado en oraciones para alcanzar mis objetivos como persona. Todos mis logros se los debo a ella.

Evellyn Mabel Fonseca Quishpi.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi esposo Damian, a mis padres Luis y Luisita, a mi hermana Gisela por todo el apoyo incondicional que me han brindado durante todo el trayecto en la lucha de llegar a ser profesional y a quienes amo con todo el corazón.

Agradezco al Ing. Diego Moposita Vásquez MgS. director de tesis quien supo brindarme su apoyo, conocimiento y facilitó los medios necesarios para concluir este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente a la Facultad de Ingeniería, al grupo de investigación INVAGRO (Investigación Vegetal Agroindustrial), por permitirme ser parte de ellos, a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y docentes que con sus conocimientos y apoyo motivaron a forjarme como persona y llegar a ser excelente profesional y servir a la sociedad.

Evellyn Mabel Fonseca Quishpi.

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	I
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	7
CAPÍTULO II.....	8
ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	8
1.1. ESTADO DEL ARTE	8
1.2. MARCO TEÓRICO.....	10
1.2.1. Películas y recubrimientos comestibles	10
1.2.2. Composición de la biopelícula	10
1.2.3. Polisacáridos	11
1.2.4. Lípidos	11
1.2.5. Plastificantes	11
1.2.6. Gelificantes.....	12
1.2.7. Antimicrobianos	12
1.2.8. Variedades de maíz cultivadas en el ecuador.....	13

1.2.9. Maíz negro.....	13
1.2.10. Cultivo y producción de maíz.....	13
1.2.11. Aceites esenciales	14
1.2.12. Aceite esencial de romero.....	15
1.2.13. Aceite esencial de eucalipto.....	15
1.2.14. Estudio de factibilidad	15
1.2.15. Demanda.....	16
1.2.16. Análisis de inversión.....	16
1.2.17. Indicadores Financieros	16
CAPÍTULO III	17
METODOLOGÍA.....	17
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	17
3.2.1. Unidad Estadística.....	17
3.2.2. Población y tamaño de la muestra.	17
3.2.3. Materiales, equipos y reactivos.....	17
3.2.4. Formulación para la elaboración de biopelículas.....	19
3.2.5. Diagrama de flujo para la elaboración de biopelícula (monocapa).....	20
3.2.5.1. Descripción del diagrama de flujo	21
3.3. Técnica de recolección de datos.....	22
3.4. Variables.....	22
3.5. Técnicas de análisis.....	23
3.5.1. Técnicas Estadísticas	23
3.5.2. Técnicas de elaboración de biopelículas	24
3.5.3. Métodos de análisis.....	24
3.5.4. Software estadístico	24
CAPÍTULO IV.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25

4.1. RESULTADOS	25
4.1.1. Características físico-químicos y mecánicos	25
4.1.2. Resultados del estudio exploratorio de datos	25
4.1.3. Contraste de normalidad	28
4.1.4. Modelo estadístico	29
4.1.5. Selección del mejor tratamiento	31
4.1.6. Comparación de medias para muestras no paramétricas	33
4.1.7. Evaluación financiera en relación al beneficio costo	33
4.2. DISCUSIÓN	35
CAPÍTULO V	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. CONCLUSIONES	39
5.2. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y reactivos	17
Tabla 2. Formulación para elaboración de biopelículas (1000ml de agua)	19
Tabla 3. Variables	22
Tabla 4. Características físico-químicas y mecánicas	25
Tabla 5. Resultado del análisis exploratorio de datos	25
Tabla 6. Análisis de normalidad de las biopelículas	28
Tabla 7. Diseño completo al azar de las biopelículas	29
Tabla 8. Supuesto de normalidad	30
Tabla 9. Supuesto de homocedasticidad	30
Tabla 10. Supuesto de independencia	31
Tabla 11. Comparación de medias de muestras no paramétrica Kruskal-Wallis	33
Tabla 12. Demanda objetiva	34
Tabla 13. Flujo Neto de Caja	35
Tabla 14. Indicadores financieros	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Elaboración de biopelícula a partir de harina de maíz negro (<i>Zea mays</i> L.) activada con aceite esencial de romero (<i>Rosmarinus Officinalis</i>) y eucalipto (<i>Eucalyptus Globulus</i>) mediante técnica casting (monocapa).....	20
Gráfico 2. Análisis exploratorio de datos para cada variable analizada.	27
Gráfico 3. Medias para la elección del mejor tratamiento.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de biopelículas mediante método casting.....	46
Anexo 2. Biopelículas obtenidas.....	47
Anexo 3. Análisis físico-químicos y mecánicos.....	48
Anexo 4. Gráficos de normalidad de las biopelículas.....	49
Anexo 5. Encuesta de aceptabilidad.....	50
Anexo 6. Inversión.....	51
Anexo 7. Estructura de costos.....	52
Anexo 8. Financiamiento.....	53

RESUMEN

Teniendo en cuenta el impacto ambiental provocado por el ser humano a raíz del uso exorbitante de material sintético, generalmente utilizado en el mercado como empaques de gran variedad de productos, se identificó la necesidad de elaborar biopelículas a partir de harina de maíz negro (*Zea mays* L.) y para mejorar la maleabilidad y el tiempo de vida útil de los mismos se utilizó aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) mediante técnica casting; como alternativa para sustituir el plástico sintético y a su vez sea amigable con el medio ambiente.

Por consiguiente, en el presente proyecto de investigación se diseñó una biopelícula a base de harina de maíz negro activada a diferentes concentraciones con aceite esencial de romero (AER) y eucalipto (AEE) mediante la técnica casting (monocapa). Se evaluó propiedades físico-químicas (pH y contenido de humedad) y mecánicas (espesor y resistencia al agua); determinando estadísticamente la formulación óptima mediante un análisis de varianza (ANOVA) además se calculó el beneficio costo al mejor tratamiento de biopelículas realizadas. Para la elaboración de las biopelículas se formularon seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6) a diferentes concentraciones de aceites esenciales.

Se concluye estadísticamente para los resultados de acuerdo a las pruebas físico-químicas y mecánicas de las biopelículas, existieron diferencias significativas, revelando el T5 (AEE al 1 %), ser óptimo, pues presenta mejor característica en base al tiempo de resistencia al agua con un valor máximo de 6,36 min, además se evidenció inexistencia de porcentaje de humedad debido al contenido de aceite esencial en la formulación, asimismo un pH de 6,17 (ácido) resultados aceptables según la NTE INEN 1462 y NTE INEN 526 respectivamente; finalmente un espesor de 0,34 mm valor que excede a lo establecido para considerarse una biopelícula, es preciso señalar que el espesor es una propiedad importante para envolturas 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 \$1,10 demostrando ser factible la producción de empaques biodegradables para avena.

Palabras claves: Biopelícula, harina, aceite

ABSTRACT

Taking into account the environmental impact caused by humans as a result of the exorbitant use of synthetic material, which is generally used for packaging products, it demands to produce biofilms from black corn flour (*Zea mays* L.). Also, to improve their malleability and shelf life, essential oils of rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) and eucalyptus (*Eucalyptus Globulus*) are used by a casting technique. It has become not only an alternative to synthetic plastic, but also an ecofriendly product. Therefore, this research project proposes a biofilm based on activated black corn flour at different concentrations with rosemary (EAR) and eucalyptus (ESA) essential oils. It was designed by means of the casting technique (monolayer). Physical-chemical properties (pH and moisture content) and mechanical properties (thickness and water resistance) were evaluated; statistically, it determines the optimal formulation by means of an analysis of variance (ANOVA). In addition, the cost benefit to the best biofilm treatment was calculated. Six treatments (T1, T2, T3, T4, T5, T6) at different concentrations of essential oils were formulated for the elaboration of the biofilms. It is statistically concluded that the physical-chemical and mechanical tests of the biofilms show significant differences. It reveals the T5 (AEE at 1%) to be optimal, because it presents better characteristic on the basis of the time of resistance to water with a maximum value of 6.36 min. Also, it was demonstrated nonexistence of percentage of humidity due to the content of essential oil in the formulation, and a pH of 6.17 (acid) too. The results are acceptable according to the NTE INEN 1462 and NTE INEN 526 respectively. Finally, a thickness of 0.34 mm is considered a biofilm. It should be pointed out that thickness is an important property for biodegradable packaging, since the greater the thickness, the lower the effect on the barrier properties. The financial evaluation in relation to the cost benefit, it is feasible according to the financial indicators, where a cost benefit of \$1.10 was obtained, proving that the production of biodegradable packaging for oats is feasible.

Keywords: Biofilm, flour, oil.

Reviewed and corrected by: Armijos Monar Jacqueline Guadalupe



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El desarrollo técnico y científico de los plásticos sintéticos potencializa su aplicación en la industria, convirtiéndose en el principal producto derivado de la petroquímica. Su demanda mundial acrecienta junto con las economías emergentes, utilizando materias primas no renovables, tales como el polietileno de alta densidad (PEad), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PEbd), politereftalato de etileno (PET) y el poliestireno (PS) que presentan como efecto adverso, el acaparamiento de residuos sólidos debido a su baja capacidad de degradación (ILES, A.; MARTIN, A., 2013). En el 2015, la producción mundial de plásticos alcanzo 380 millones de toneladas y para el mismo año, en Europa, el 39 % del plástico comercializado fue destinado para empaques (SELKE, S.E.M.; CULTER, J.D.; HERNANDEZ, R.J., 2016). Los plásticos sintéticos tienen múltiples aplicaciones en diferentes áreas; tal es el caso de la industria de los alimentos, donde son utilizados como material recubridor para transportar, mantener o aumentar la vida útil de los mismos.

El consumo de plástico continúa creciendo 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 y Ryan T. Williams. Roland Geyer, 2018). Un estudio estima que, de todo el plástico que el ser humano ha producido durante estos 150 años en todo el mundo, el 79 %, se encuentra depositado en vertederos o en entornos naturales; el mismo estudio refleja que actualmente el 57 % del plástico producido mundialmente acaba abandonado (R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law., 2017). El depósito de plástico en entornos naturales tiene graves consecuencias sobre el medioambiente, debido a su baja densidad el plástico se dispersa fácilmente y unido a su resistencia a la biodegradación, acaban contaminado la tierra y océanos, amenazando a especies, sus hábitats e incluso nuestra salud. Se estima que en nuestros mares y océanos hay entre 5 y 50 billones de micro plásticos (S. Erik van, W. Chris, L. Laurent, M. Nikolai, H. Britta Denise, A. van F. Jan, E. Marcus, S. David, G. Francois, and L. Kara Lavender., 2015), corriendo el riesgo de que entren en la cadena alimenticia (Welsh Government., 2018).

La industria de plástico en Ecuador ha tenido un progresivo desarrollo, aportando soluciones para el hogar, agricultura y productos complementarios para otras industrias, siendo el polivinil cloruro (PVC) la materia prima por excelencia (De la Torre, R., Rivera, S., Ruíz, J., & Veloz, J., 2005). Los registros de los residuos contaminantes, recogidos por el Ministerio de Ambiente (MAE) entre el 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 (Karol Noroña, 2018).

En las últimas décadas las biopelículas han surgido como una alternativa para sustituir parcial o totalmente los materiales poliméricos sintéticos; en este sentido, el desarrollo de los biopolímeros se ha vislumbrado como una elección (Érika González, 2016). El uso de biopelículas activas surge como una opción para mantener los productos alimenticios frescos por mayor tiempo disminuyendo el uso de materiales termoplásticos (Kuorwel, K. y otros cinco autores, 2011). Los materiales utilizados para el desarrollo de biopelículas incluyen las proteínas, lípidos y polisacáridos (Embuscado, M. y Huber, K., 2009). Además, sustancias como los aceites esenciales se pueden incorporar durante la obtención de biopelículas con el fin de modificar las características (Bastioli, C., Lombi, R., Belloti, V., & Chana-Thaworn, J. y otros dos autores, 2011).

Los aceites esenciales de plantas aromáticas han sido objeto de una amplia investigación por ser un producto natural utilizado por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes; y la forma en la que pueden ser adicionados directamente al alimento o pueden ser incorporados en los envases y envolturas de los mismos para preservar su calidad y extender su vida útil (Ribeiro¹, R., Andrade, M., Ramos, N. & Sanches, A., 2017). Los aceites esenciales se utilizan con la finalidad de aportar hidrofobicidad a la biopelícula y hacerla una barrera efectiva frente a la humedad; además que confiere olor intenso de esta manera modifica sus propiedades organolépticas y disminuye el recuento microbiano en la superficie del alimento (Corrales M, Han JH, 2014).

En el cantón Riobamba provincia de Chimborazo la superficie destinada al cultivo de maíz se ha mantenido sin cambios. En el cantón, Guamote, Alausí, Guano y Colta la producción de maíz es satisfactoria, debido a que la cosecha como el volumen de producción creció un 30 %, con esto se pretende satisfacer los requerimientos de los consumidores (Banco Central del Ecuador, 2018).

Con el objetivo de mitigar el impacto ambiental la presente investigación se fundamenta en el desarrollo de biopelículas a partir de harina de maíz negro (*Zea mays* L.) activado con aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) mediante 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; posteriormente se evaluará las propiedades físico-químicas (pH y contenido de humedad) y mecánicas (espesor y resistencia al agua) para establecer la formulación óptima en la elaboración de las biopelículas; también se determinará estadísticamente la formulación al mejor tratamiento, mediante un análisis de varianza (ANOVA), además se calcula el beneficio costo a la mejor formulación de biopelículas elaboradas. El presente estudio está dirigido a grupos estratégicos quienes desean potencializar el uso de biopelículas y sustituir los plásticos sintéticos; los cuales son gobernados por la industria transformadora plástica; la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (Aseplas) conformada por 120 empresas ubicadas en su mayoría en la ciudad de Guayaquil; serían específicamente los beneficiarios de esta investigación ya que se impulsaría a la elaboración de plástico biodegradable a través del uso de maíz negro que hoy en día es poco aprovechado

PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción global de plásticos en los últimos 50 años se incrementó; entre el año 2017 al 2018 aumentó un 3,16%; de 348 a 359 millones de toneladas; a medida que crece la economía mundial, aumenta la demanda de productos de consumo y de plástico. Dentro de los envases, la mayoría de ellos son utilizados en alimentación (70%), industria (5%) y productos químicos del hogar (6%) (ANAIP (Asociación Española de Industriales de Plásticos), 2016).

Además se evidencia el desaprovechamiento de los aceites esenciales los cuales poseen agentes antimicrobianos y al ser utilizados en la en la formulación de biopelículas, prolongan la vida útil, debido a su fuerte potencial bactericida e insecticida presentes en los componentes fenoles monoterpénos característico de los aceites esenciales; estos pueden utilizarse como conservantes naturales para satisfacer la demanda de los consumidores de alimentos seguros, sanos y nutritivos (Prakash, B. & Kiran, S., 2016). Actualmente se conoce que las biopelículas no poseen actividad antimicrobiana ya sea por el incremento del costo al incorporar aceites esenciales o la utilización de otros lípidos los cuales sustituyan las propiedades de hidrofobicidad.

Actualmente en Ecuador existen pocos estudios sobre el desarrollo de biopolímeros a partir de materia orgánica como es el caso de la harina de maíz negro, del cual su producción es escasa debido a que su consumo es bajo y además en gran cantidad es utilizado en la alimentación animal; como alternativa a esta problemática se pretende elaborar biopelículas a partir de harina de maíz negro (*Zea mays* L.) activado con aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) mediante técnica casting, materia prima que se produce en la parroquia Licán, cantón Riobamba provincia Chimborazo procedente de la Asociación Comunitaria “SARIV”.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus Officinali*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) incidirán en las propiedades físico-químicas y mecánicas de biopelículas a partir de harina de (*Zea mays* L.) desarrollados mediante técnica casting?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La principal fuente de contaminación ambiental del siglo XXI es causada por los residuos plásticos, ya que el ser humano en su afán de encontrar un material que le permita almacenar o conservar productos alimenticios o no alimenticios, lo condujo a la producción y uso excesivo de materiales derivados de la petroquímica; lo cual ha conllevado a acarrear un problema ambiental.

En la actualidad dicha problemática se debe a que el ser humano no previno las consecuencias ni el nivel de impacto ambiental irreversible que generarían a largo plazo los plásticos sintéticos; los mismos que hoy en día se aprecian en las superficies de ríos, suelo o flotando en las corrientes de aire, causando problemas de corrosión, olores desagradables, taponamiento de tuberías, entre otros, reflejando elevados costos de limpieza y mantenimiento; una realidad que pretende nuevas metodologías para contrarrestar dicha situación.

Por lo cual la situación ambiental 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 elaboración de las biopelículas, debido a que las características depende de las sustancias que la componen aprovechando los recursos disponibles. Se ha descubierto que, al incorporar harina, agua, glicerol y aceites esenciales, estos tienen la capacidad de formar geles permitiendo el moldeo y formación de películas. Uno de los componentes utilizados en el desarrollo de biopolímeros es la harina y almidón de diferentes cereales o tubérculos, generalmente estos se pueden utilizar una vez que se desechan; uno de los cereales producidos en la región interandina de la provincia Chimborazo es el maíz negro del cual se puede extraer gran cantidad de harina y almidón.

Con el fin de prolongar la vida útil de las biopelículas, se puede utilizar diferentes componentes químicos o naturales que impidan el desarrollo microbiológico, lo que provoca la desnaturalización de estos bioelementos; tal es el caso de los aceites esenciales de romero y eucalipto, debido a su composición presente en el 1,8- cineol y alcanfor destacando propiedades antibacterianas, antifúngicas e insecticidas; los cuales tienen la capacidad de reducir o disminuir la acción biológica dentro de un componente.

Esta investigación se fundamenta en la elaboración de una biopelícula a partir de harina de maíz negro activado a diferentes concentraciones con aceite esencial de romero y aceite esencial de eucalipto como recubrimiento alimenticio o no alimenticio y como propuesta para reemplazar el empaque de plástico sintético.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar biopelículas a partir de harina de maíz negro (*Zea mays* L.) activadas con aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) mediante técnica casting.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Desarrollar la formulación óptima para la elaboración de biopelículas activadas con aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*).
- Realizar análisis físico-químico y mecánico a cada tratamiento de biopelículas elaboradas.
- Determinar la relación beneficio costo a la mejor biopelícula utilizado en empaque para avena.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

1.1. ESTADO DEL ARTE

Existe preocupación debido al uso excesivo de plásticos provocando un problema medioambiental; la acumulación de materiales no biodegradables caracterizados por ser livianos, de fácil manipulación, capaces de adoptar diferentes formas entre ellos los más comunes en la industria agroalimentaria; las bolsas, las botellas, los frascos, entre otros (Hambleton, A., Debeaufort, F., Bonnotte, A., & Voilley, A., 2009).

En la Universidad Lleida, España manifiesta una investigación acerca de “Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación”; donde elaboraron películas biodegradables de origen natural; a base de pectina de bajo grado de metoxilación con monoglicérido acetilado; mediante el método casting en bicapas de polisacáridos y lípidos en trozos de manzana, con el objetivo de mejorar la vida útil de un alimento; observando una reducción en la tasa de respiración y etileno hasta un 90% (Oms-Oliu, S., & Soliva-Fortuny, R., 2008).

Por otra parte, en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín consta una investigación sobre el “EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD EN POSCOSECHA DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* T.)”; en el cual se desarrolló un recubrimiento a partir de soluciones comerciales de quitosano (0,6 %) y sucroéster de ácidos grasos (1 %) aplicados al níspero japonés a través de la concentración de las soluciones de quitosano al 1,25 % de contenido en sólido y sucroéster de ácidos grasos al 25,2 %; la disolución se realizó a 80 °C con agitación continua durante 5 minutos. Las concentraciones de los recubrimientos se seleccionaron a partir de ensayos preliminares; cuyo propósito fue estudiar la calidad de la postcosecha del fruto; demostrando que el quitosano es más eficiente en reducir la pérdida filosófica de peso, tasa de respiración y producción de etileno, además que ambas sustancias contribuyen a mantener la firmeza de la pulpa y características organolépticas (Márquez, C, C., & Cartagena, M., 2009).

La Universidad Nacional de Colombia refleja una investigación referente al “Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas”; en el que se construyó un recubrimiento comestible sobre fresas almacenadas en refrigeración a 5 °C formuladas con biopolímero 2 % v/v tipo dextrana (obtenido a partir de la bifidobacteria *Leuconostoc mesenteroides* IBUN 91.2.98), pectina, 0,005 % v/v aceite de canela que inhibe *Botrytis cinerea* un hongo de especies vegetales y animales, 0,1 % v/v aceite de canola empleado como lípido para mejorar la barrera al vapor de agua, 0,1 % v/v polisorbato 80 como emulsificante, 0,2 % v/v glicerol y sorbitol como plastificantes y agua destilada; las películas se formaron mediante la técnica de moldeado por evaporación de solvente; cuyo principal propósito fue prolongar la vida útil del alimento; demostrando que a pérdida de peso, pH y sólidos solubles no presentan diferencias significativas, mientras que los recubrimientos de dextrana ofrecen mayor barrera al vapor de agua (Moncayo-Martínez, D., Buitrago-Hurtado, G., & Perilla-Perilla, E., 2012).

En la Universidad de Antioquia Medellín, Colombia manifiesta una investigación acerca de la “CONSERVACIÓN DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE GEL MUCILAGOSO DE PENCA SÁBILA (*Aloe barbadensis* Miller) Y CERA DE CARNAUBA”; donde elaboraron recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila y cera de carnauba, con el objetivo de aumentar la vida útil de la fresa; demostrando que el recubrimiento comestible de gel de mucilaginoso de penca sábila y cera de carnauba condujo a un aumento en la vida útil de las fresas por lo menos 10 días (se recomienda en concentraciones del 30 % p/p), con disminución de pérdida de humedad, índice de respiración y firmeza, sin ocasionar cambios perceptibles en el color, mientras que las fresas comúnmente se descomponen a los 5 días de almacenamiento. (Jorge I. RESTREPO F.1*; Iván D. ARISTIZÁBAL T.1, 2010).

Las biopelículas elaboradas a partir de lípidos los cuales poseen baja permeabilidad y propiedades mecánicas pobres; pueden ser modificadas al combinar ingredientes y mejorar dichas propiedades. Investigadores han evaluado diferentes métodos para modificar el almidón (Sánchez-Rivera, M., & Bello-Pérez., 2008); y utilizarlo como materia prima para la elaboración de material de envasado biodegradable.

Para el desarrollo de biopelículas, el almidón ha recibido una considerable atención debido a su naturaleza biodegradable, buena capacidad formadora de películas y bajo costo (Jiménez, A, y otros cuatro autores, 2014). Para mejorar las propiedades físicas de una biopelícula se pueden incorporar múltiples sustancias como: los aceites esenciales, donde los mayores constituyentes son los terpenoides (Esquivel, A. y P. Vargas, 2007).

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Películas y recubrimientos comestibles

Los recubrimientos son definidos como películas elaboradas a partir de biopolímeros y plastificantes comerciales, cuyo propósito es proteger el alimento manteniendo la transparencia, flexibilidad, dureza y mejorando las propiedades mecánicas y de barrera (Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R., 2007). Se considera un recubrimiento ideal, aquel que puede prolongar la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas frescas sin causar anaerobiosis y disminuyendo su descomposición sin afectar su calidad (Dhall, R. K., 2016). Se forman a través de la técnica casting, proceso en el cual la solución es vertida en un molde, seguida por la evaporización del solvente a una temperatura controlada para formar una película rígida (Escobar, D, Sala, A, Silvera, C, Harispe, R, Márquez, R., 2009).

1.2.2. Composición de la biopelícula

La composición de una película biodegradable puede ser elaborada a partir de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o combinados, dichas formulaciones incluyen plastificantes y gelificantes que se utilizan con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película (Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., y Falcón Rodríguez, A., 2015). El usar una mezcla natural de polisacáridos, proteínas y lípidos, obtenido de fuentes agrícolas, como harinas; tiene la ventaja de contener estos componentes en su medio ambiente original, sin necesidad de aislarlos y después mezclarlos ya que la separación de los componentes implica costos de producción, que produce un incremento en los precios de elaboración de las biopelículas.

1.2.3. Polisacáridos

Entre los carbohidratos formadores de películas se incluyen la celulosa, pectinas, almidón, almidones modificados químicamente, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales.

Las películas formuladas con polisacáridos no son grasosas, son bajas en calorías y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin alto riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a las atmósferas controladas (Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., y Falcón Rodríguez, A., 2015).

Se ha reportado que el uso de harinas permite obtener películas con excelentes propiedades mecánicas y de barrera, ya que las interacciones que se dan entre las diferentes macromoléculas dan una matriz que mejora estas características (Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito, C., Sorrentino, A., Masi, P., Porta, R., 2003).

1.2.4. Lípidos

Los recubrimientos a base de estos componentes como ingredientes mayoritarios se elaboran con ceras y aceites; generalmente estas cubiertas son barreras efectivas contra humedad, aunque en menor grado en recubrimientos de polisacáridos (Quintero, C. J., Falguera, V., y Muñoz, H. A., 2010).

1.2.5. Plastificantes

Los plastificantes son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de biopelículas. Se usan para mejorar la flexibilidad y funcionabilidad de los recubrimientos; generalmente un plastificante como el glicerol ($C_3H_8O_3$) siendo el más utilizado (Dhall, R. K., 2016); en formulaciones a base de polisacáridos y proteínas aumenta la permeabilidad al oxígeno

de los recubrimientos comestibles (De Ancos, B., González Peña, D., Colina Coca, C., y Sánchez Moreno, C., 2015).

1.2.6. Gelificantes

Ciertos componentes se agregan en cantidades moderadas a la formulación de las biopelículas. La carboximetilcelulosa (CMC) es un polisacárido derivado de la celulosa con un residuo lineal aniónico de glucopiranososa β (1-4) (Su, J.; Z. Huang y otros tres autores, 2010). La CMC es originada por sustitución parcial de grupos hidroxilos por grupos carboxilos. Varios autores han reportado la importancia de producir biopelículas a base de CMC debido a la posibilidad de obtener una matriz continua (Ghanbarzadeh, B. y H. Almasi, 2011).

1.2.7. Antimicrobianos

Se utilizan para controlar el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias, son compuestos usados para retardar o prevenir el deterioro fisicoquímico o microbiológico de los alimentos. De especial interés resulta la incorporación de agentes antimicrobianos para originar biopelículas activas con funciones determinadas (Chana-Thaworn, J. y otros dos autores, 2011). Los aceites esenciales donde los mayores constituyentes son los terpenoides como el citral, citroneal, geranio, nerol y linalol (Esquivel, A. y P. Vargas, 2007); la actividad antifúngica se asocia al contenido de fenoles monoterpénicos. (Burt, S., 2004), ha encontrado que las condiciones físicas que mejoran la acción de los aceites esenciales son el pH, temperatura y niveles de oxígeno bajos (Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., & Martín-Belloso, O., 2006). En la actualidad, varios autores han utilizado los aceites esenciales como aditivos en las formulaciones de películas activas (Arancibia, M., 2014); sin embargo, es de vital importancia que la incorporación de los aceites esenciales sea suficientemente homogénea de manera que se disperse en toda la superficie de la película (Zivanovic, S., Shuang, C., & Draughon, A., 2005).

1.2.8. Variedades de maíz cultivadas en el Ecuador.

El maíz en el Ecuador es conocido por ser un país con alto nivel de agrobiodiversidad; de acuerdo a (Tapia, C. y E. Murillo, 2006); la región andina es uno de los mayores centros de origen de plantas cultivadas a nivel mundial.

La diversidad del maíz en el Ecuador es muy grande; así lo afirma un estudio realizado en el año 1966, una misión científica internacional identificando 29 razas de maíz (Timothy, D., W. Hatheway, U. Grant, M. Torregroza, D. Sarria y D. Varela., 1966).

1.2.9. Maíz negro

El *Zea mays* L. es una variedad genética de maíz peruano; una mazorca (tusa y grano) constituido en un 85 % por grano y 15 % por coronta (tusa), este fruto contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano, siendo uno de los principales alimentos de la dieta peruana (Otiniano, V., 2012).

El maíz negro además aporta cantidades importantes de almidón, cerca del 80 %; un 10 % de azúcares los cuales le confieren un sabor dulce, un 11% de proteínas, 2 % de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico) concentrados en el endospermo (Aguilera, M.; Reza, M.; Chew, R.; Meza, J., 2011). Por su alto contenido de almidón, las harinas y sémolas de maíz son una fuente importante de calorías en la dieta de países de América Central y del Sur, donde este cereal es alimento básico (PRIMO, E., 1998).

1.2.10. Cultivo y producción de maíz.

El maíz negro es la variedad negra del *Zea mays* L. Se cultiva en zonas maiceras de la sierra ecuatoriana y se usa como alimento, desde hace milenios (Yanez, C.; Racines, M., Caballero, D., 2010); es utilizada por la población andina para dar color a alimentos y bebidas. (Timothy, D., W. Hatheway, U. Grant, M. Torregroza, D. Sarria y D. Varela., 1966), en su libro “Razas de Maíz en Ecuador” describe a la raza de maíz negro, indicando que los maíces típicos se encuentran en altitudes medidas de 2580 metros, otros en cambio desde los 2400 hasta los 2900 metros; son plantas muy pequeñas, de tallo delgado y

mazorcas bajas, el color de la planta es moderadamente rojizo y purpura, con espigas largas con pocas ramificaciones.

El cultivo de maíz se puede decir que no hay tiempo exacto ya que varían según las diversidades o híbridos, pero se estima un tiempo de 17 a 18 semanas desde el inicio de la siembra hasta la cosecha (Quiroz, D., & Merchán, M., 2016).

En Riobamba, la superficie destinada al cultivo de maíz se ha mantenido sin cambios. En el cantón, Guamote, Alausí, Guano y Colta la producción de maíz es satisfactoria, debido a que la cosecha como el volumen de producción creció en 30 %, como consecuencia de que los rendimientos son mayores. (Banco Central del Ecuador, 2018).

1.2.11. Aceites esenciales

La mayoría de los aceites esenciales (AEs) provienen de especies altamente aromáticas como las de la familia de plantas Asteraceae, constituye la familia más grande del reino de las plantas angiospermas y está distribuida por todas las regiones tropicales y subtropicales de la superficie terrestre (Carrillo, L., Mora, C., Álvarez, R., Alzate, F. & Osorio, E., 2015). Alrededor del 90-95 % del AE está constituido por la fracción volátil y consiste en monoterpenos e hidrocarburos sesquiterpénicos y sus derivados oxigenados tales como alcoholes, aldehídos alifáticos, ésteres, cetonas y fenoles (Adelakun, O. E., Oyelade, O. J., Olanipekun, B. F., 2016). El residuo no volátil, sin embargo, constituye aproximadamente 5-10 % del aceite entero, que contiene principalmente hidrocarburos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides, ceras, cumarinas y flavonoides. Los componentes fenólicos son mayormente responsables de los efectos conservadores de los AE en términos de propiedades antibacterianas y antioxidantes (Starliper, C., Kelota, H., Noyes, A., Schill, W., Henson, F. Dittman, D., 2015).

Los AE son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas complejas en cuya composición se encuentran terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos, los cuales son los responsables del aroma que caracteriza a los AE (Bakkali, F., Averbek, S., Averbek, D., & Idaomar, M., 2008).

1.2.12. Aceite esencial de romero

El aceite esencial de romero (AER) está constituido por derivados terpénicos; cineol (32 %), borneol (18 %), alcanfor (12 %), pineno, canfeno, acetato de bornilo y dipenteno, entre otros. Varios estudios realizados con el AER han comprobado su efecto contra microorganismos Gram-negativos, Gram-positivos y microorganismos resistentes. Jiang y colaboradores demostraron la actividad antimicrobiana del AER sobre tres bacterias Gram-positivas: *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*; tres bacterias Gram-negativas: *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* y dos hongos: *Candida albicans* y *Aspergillus niger* (Y. Jiang, N. Wu, Y. Jie Fu, W. Wang, M. Luo, C. Zhao, Y. Gang Zu, X. Liu, 2011).

1.2.13. Aceite esencial de eucalipto

El aceite esencial de eucalipto (AEE) está compuesto principalmente por 1,8- cineol o eucalipto (óxido terpénico) en una concentración del 75–85 %. Además, está compuesto de pequeñas cantidades de aldehídos volátiles, terpenos, sesquiterpenos, aldehídos aromáticos, alcoholes y fenoles (Skandamis, P., & Nychas, G., 2001). El AEE presenta propiedades antisépticas, bactericidas (Mossi A.J., V. Astolfi, G. Kubiak, L. Lerin, C. Zanella, G. Toniazzo, et al., 2011) e insecticidas (Koul, O., S. Walia, and G.S. Dhaliwal, 2008). Esto último se debe a la presencia de 1,8-cineol, compuesto característico del género *Eucalyptus*, que ha sido considerado como un fumigante prometedor (Lee, B.-H., P.C. Annis, and F. Tumaalii., 2003).

1.2.14. Estudio de factibilidad

Se constituye en un plan de producción, proyecto o presupuesto, que contiene detalles relacionados con estas variables a tal punto que sirve de guía para la implementación de la inversión. Por tanto, un conjunto de informaciones ordenadas dentro de un marco metodológico que permite determinar ventajas y desventajas de asignar recursos (inversión) en determinada actividad que se desarrollara en un futuro inmediato (Muñoz Guerrero, M., 2011).

1.2.15. Demanda

La demanda se refiere a la “cantidad de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado” (Laura Fisher y Jorge Espejo, 2004)

1.2.16. Análisis de inversión

Proporciona respuesta a los beneficios y consecuencias de realizar una inversión; permite conocer de dos o más proyectos de inversión cual es el más aconsejable seguir desde el punto de vista financiero (Master en finanzas, 2019)

1.2.17. Indicadores Financieros

Inversión. – cantidad de dinero que se pone a disposición de terceros, con la finalidad que se incremente con ganancias generadas por un proyecto empresarial (BBVA, 2018).

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). – es la tasa mínima aceptable de rendimiento que un inversionista espera obtener de una inversión, teniendo en cuenta los riesgos de la inversión y el costo de oportunidad de ejecutarla en lugar de otras inversiones (Helmut Sy Corvo, 2019).

Valor actual neto (VAN). - es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. (Víctor Velayos Morales, 2018)

Tasa interna de retorno (TIR). – permite saber si es viable invertir en un determinado negocio, considerando otras opciones de inversión de menor riesgo; es un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto o empresa, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión. (Matias Torres, 2020)

Relación beneficio costo. - mide la relación 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; se obtiene al dividir el valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el valor actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto. (Alberto Komiya, 2019)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se basó en el tipo experimental y cuantitativa. La investigación planteada fue experimental, ya que se desarrollaron biopelículas activadas con aceites esenciales en función a la concentración de dos tipos de aceites, cuyos resultados fueron observados en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y grupo de investigación vegetal (INVAGRO). Además yació una investigación cuantitativa ya que se manipularon variables numéricas.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Unidad Estadística

Harina de maíz negro, aceite esencial de romero y aceite esencial de eucalipto.

3.2.2. Población y tamaño de la muestra.

La población se formó por 20 kg de maíz negro, la cual se adquirió en la parroquia Licán, cantón Riobamba procedente de la Asociación Comunitaria “SARIV”, mientras que el aceite esencial de romero (250 ml) y eucalipto (250 ml) se obtuvieron de la empresa “LABSUPPLY” ubicada en la ciudad de Guayaquil. La muestra se constituye por la misma cantidad de información al tratarse de colectivos infinitos.

3.2.3. Materiales, equipos y reactivos

Tabla 1. Materiales, equipos y reactivos

Material	Equipo e instrumentos	Reactivo e insumos	Materia prima
Vaso de precipitación de vidrio borosilicato -Marienfeld (50, 100 y 500 ml)	Deshidratador (DEHYDRATOR, ST-02, China)	Alcohol potable al 96 % grado químico	Harina de maíz negro 20 kg

Pipeta graduada de vidrio “EX” - Marienfeld (1 y 10 ml)	Thermomix (THERMOMIX, 31 – 4C VORWERK TYPE 156, China)	Glicerina al 99,7 % grado alimenticio	Aceite esencial de romero al 99.99 % PA
Probeta graduada de vidrio borosilicato - Marienfeld (50, 100 y 250 ml)	Micrómetro digital (SYNTEK, EO150MM, China)	Agua destilada pH 5,8 grado alimenticio	Aceite esencial de eucalipto al 99.99 % PA
Pera de goma - Marienfeld	Balanza (BALANZA ANALÍTICA, TD20002A, China)	Carboxil dimetil celulosa (CMC) al 6 % grado alimenticio	
Piseta cánula recta Fisher - Marienfeld (500 ml)	pH-metro (MILWAUKEE, Mi 151 HANNA®, México)		
Crisol de porcelana alta resistencia - Marienfeld	Mufla Thermolyne™ (Thermo Scientific, FB1414M, China)		
Espátula acero inoxidable - Marienfeld	Estufa (Memmert, 1428900, México)		
Caja Petri de plástico - Marienfeld			
Vidrio reloj de vidrio - Marienfeld			
Papel aluminio 200SQ-FT			
Barilla de agitación de vidrio - Marienfeld			
Fundas herméticas con cierre ZIP-ZAP			

Fuente: Fonseca. E, (2020)

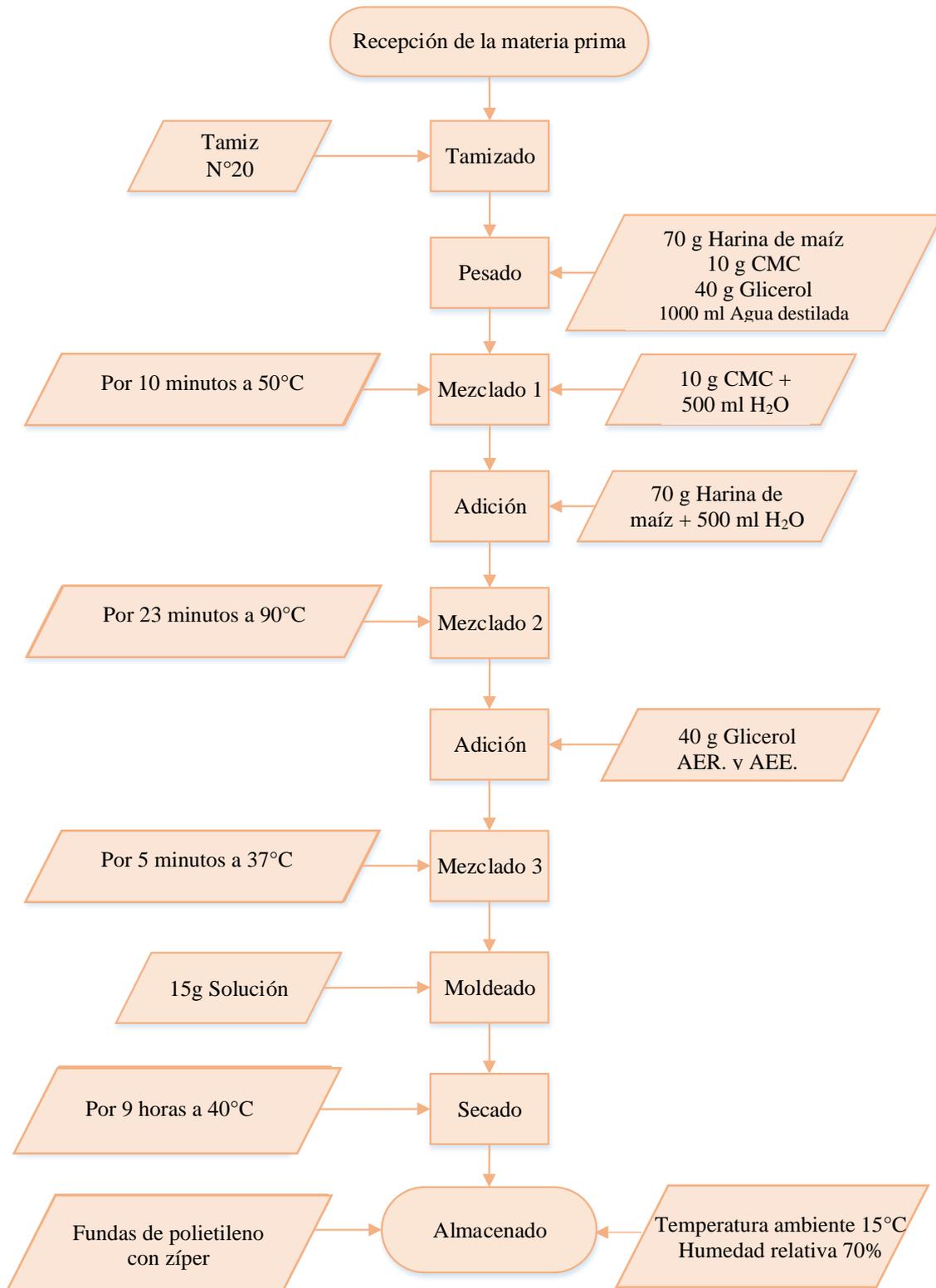
3.2.4. Formulación para la elaboración de biopelículas.

Tabla 2. Formulación para elaboración de biopelículas (1000ml de agua)

TRATAMIENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
	1000 ml	Agua destilada
T1	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	3 ml (0,3 %)	Aceite esencial de romero (AER)
	1000 ml	Agua destilada
T2	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	6 ml (0,6 %)	Aceite esencial de romero (AER)
	1000 ml	Agua destilada
T3	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	9 ml (0,9 %)	Aceite esencial de romero (AER)
	1000 ml	Agua destilada
T4	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	5 ml (0,5 %)	Aceite esencial de romero (AEE)
	1000 ml	Agua destilada
T5	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	10 ml (1 %)	Aceite esencial de romero (AEE)
	1000 ml	Agua destilada
T6	70 g	Harina de maíz negro (HM)
	10 g	Carboximetilcelulosa (CMC)
	40 g	Glicerol
	15 ml (1,5 %)	Aceite esencial de romero (AEE)
	1000 ml	Agua destilada

Fuente: Fonseca. E, (2020)

3.2.5. Diagrama de flujo para la elaboración de biopelícula (monocapa).



Fuente: Fonseca. E, (2020)

Gráfico 1. Elaboración de biopelícula a partir de harina de maíz negro (*Zea mays* L.) activada con aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) y eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) mediante técnica casting (monocapa).

3.2.5.1. Descripción del diagrama de flujo

Recepción de la materia prima: la harina de maíz se obtuvo mediante deshidratación con un equipo (DEHYDRATOR, ST-02, China), programado a una temperatura de 60°C por 4 horas siguiendo el procedimiento de (Lilia Guaminga, 2020).

Tamizado: la harina se refinó a través del tamiz # 20 (850 µm) para la liberación de toda impureza.

Pesado: mediante la balanza analítica (BALANZA ANALÍTICA, TD20002A, China), se pesó 70 g de harina de maíz negro, 10 g de carboximetilcelulosa (CMC), 40 g de glicerol y se calculó una cantidad de 1000 ml de agua destilada.

Mezclado I: en el equipo (THERMOMIX 31 – 4C - VORWERK TYPE, 156, China), se vertió 500 ml de agua destilada y 10g de CMC; se programó el equipo a una temperatura de 50 °C por 10 minutos a 500 rpm (revoluciones por minuto) hasta obtener una mezcla homogénea.

Adición: a la mezcla homogénea se añadió 70 g de harina de maíz negro previamente diluida en 500 ml de agua destilada.

Mezclado II: se mezcló la solución a una temperatura de 90 °C por 23 minutos a 500 rpm (revoluciones por minuto).

Adición: se añadió 40 g de glicerol en conjunto con los aceites esenciales de romero (0.3; 0.6; 0.9 %) y eucalipto (0.5; 1; 1.5 %) respectivamente.

Mezclado III: se homogenizó la solución a una temperatura de 37 °C por 5 minutos a 500 rpm (revoluciones por minuto).

Moldeo: se colocó 15 g de solución en el molde (caja petri) esparciendo por toda la superficie (con un área de 56,5 cm²), se gelificó durante 90 minutos a temperatura ambiente.

Secado: a continuación, se introdujo en el deshidratador (DEHYDRATOR, ST-02, China) programado a una temperatura de 40°C por 9 horas.

Almacenado: se retiró del deshidratador, desmoldando las biopelículas y se almacenaron en fundas con zíper a 70 % HR separadas con papel aluminio dentro de una caja de cartón a temperatura ambiente (15 °C) en un lugar fresco y seco hasta su posterior análisis, los mismos que se realizaron dentro de siete días posteriores a la elaboración de las biopelículas.

3.3. Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó una bitácora, en la cual se registró los valores obtenidos de cada uno de los análisis físico-químico y mecánicos realizados a las biopelículas.

3.4. Variables

Tabla 3. Variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS
Tipo de aceite esencial	Producto obtenido a partir de materia prima vegetal, ya sea por destilación con agua o vapor, es decir únicamente por medios físicos.	1. AER 2. AEE AER: 0.3; 0.6;
Concentración de aceite	Almacenó 99, 99 % de concentración de aceite esencial de romero y eucalipto.	0.9 % AEE: 0.5; 1; 1.5 %
Porcentaje de humedad	Indicó la cantidad de agua presente en la composición de la biopelícula expresada en porcentaje; se basó en evaporar la humedad de la muestra sometida a una combinación de tiempo y temperatura hasta que la muestra presente peso constante.	
pH	Identificó el grado de acidez o alcalinidad del medio en una escala de 0 a 14.	

Espesor (milímetros)	Expresó la dimensión o profundidad de la biopelícula.
Resistencia al agua (minutos)	Propiedad mecánica para la determinación la resistencia al agua y rigidez de las biopelículas antes de su ruptura.

Fuente: Fonseca. E, (2020)

3.5. Técnicas de análisis

3.5.1. Técnicas Estadísticas

- ANOVA

La técnica también conocida como análisis de varianza (ANOVA), permitió comparar grupos de medias, normalmente se emplea para establecer semejanzas y diferencias entre tres o más grupos distintos (Javier Navarro, 2017).

- Anderson-Darling

El estadístico Anderson-Darling permitió verificar la normalidad entre los tratamientos para cada variable.

- Levene

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

- Rachas

Este contraste permitió verificar la independencia entre 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).

3.5.2. Técnicas de elaboración de biopelículas

- Moldeo casting en monocapa

Las biopelículas fueron elaboradas mediante el método casting; la cual luego de formada la solución, se evaporó el solvente a temperatura y humedad controlada, formándose así la biopelícula (Escobar, D, Sala, A, Silvera, C, Harispe, R, Márquez, R., 2009); cabe recalcar que la técnica (Arancibia, M., 2014) describe realizarse en bicapa; lo cual consiste en el moldeo de la biopelícula en dos partes, pero se modificó el procedimiento ya que al ejecutar ésta técnica se observó fisuramiento y pésima compactación como efecto del cambio de temperatura y tiempo de gelificación al moldear la bicapa, por consiguiente se elaboró las biopelículas en monocapa.

3.5.3. Métodos de análisis

Las características físico-químicas como el porcentaje de humedad se analizaron según la (NTE INEN 1462, 1987) y el pH de acuerdo a la (NTE INEN 526, 2013).

3.5.4. Software estadístico

Paquete estadístico Minitab Versión 19.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Características físico-químicos y mecánicos

Tabla 4. Características físico-químicas y mecánicas

Características	Método de ensayo	Unidad	Límite de aceptación
Humedad	(AOAC, 1995)	%	Max: 13,5
pH	(AOAC, 1995)	-	Min: pH 5 Max: pH 7,5
Resistencia al agua	(Blanco Parcual, et al, 2013)	Horas	Max: 72 irrompible
Espesor	(Pérez-Mateos, 2009)	mm	Min: 0,10 ±0,02 Max: 0,25± 0,02

Fuente: Fonseca. E, (2020)

4.1.2. Resultados del estudio exploratorio de datos

Luego del proceso de elaboración de las biopelículas, se realizó un análisis exploratorio de datos de las características físico-químicas (pH y humedad) y mecánicas (espesor y resistencia), los resultados se mostraron a continuación.

Tabla 5. Resultado del análisis exploratorio de datos

Variabes	Unidad	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Humedad AER	%	9	0,0556	0,0527	0,0000	-
Humedad AEE	%	9	0,0556	0,0527	0,0000	-
pH AER	-	9	6,2156	0,0459	6,2900	-
pH AEE	-	9	6,1622	0,0390	6,2200	-
Resistencia AER	min	9	0,718	0,866	0,030	2,380
Resistencia AEE	min	9	4,732	1,843	1,480	7,000
Espesor AER	mm	9	0,33889	0,01364	0,32000	0,36000
Espesor AEE	mm	9	0,32667	0,02598	0,29000	0,38000

Fuente: Fonseca. E, (2020)

La tabla N °5 presentó las características físico-químicas y mecánicas para cada variable; durante el proceso de experimentación se elaboraron 18 biopelículas (9 con AER y 9 AEE), se halló una concentración promedio de humedad de 0,05 % en las biopelículas elaboradas con AER y AEE la variación de humedad se mantuvo constante con los dos aceites (0,52 %), y el uso de cualquiera de ellos conseguirá elaborar biopelículas con el mínimo porcentaje de humedad. El promedio de pH encontrado con AER fue 6,21 y con AEE fue 6,16; la mayor variación de pH fue con AER de 0,046 %; se evidenció que con AEE tienen un valor máximo de pH 6,22 lo cual es más ácido en comparación a las biopelículas de AER por lo que puede ser más efectivo en la inhibición microbiológica. El promedio en la resistencia al agua con AER fue 0,7 min y con AEE 4,73 min; en cuanto a la dispersión del porcentaje con AEE fue de 1,84 % expresando diferencias significativas, comprobando que las biopelículas con AEE presentan mayor tiempo de resistencia a la ruptura. Dentro del análisis de espesor se realizó la medición en 9 zonas al azar por cada biopelícula, encontrando un promedio con AER de 0,33 mm y de AEE de 0,32 mm; el mayor incremento de variación en el espesor fue con AEE de 0,025 %, por lo cual se obtuvo un espesor (inferior) dentro del rango requerido en investigaciones previas (Alan Moreno, 2012).

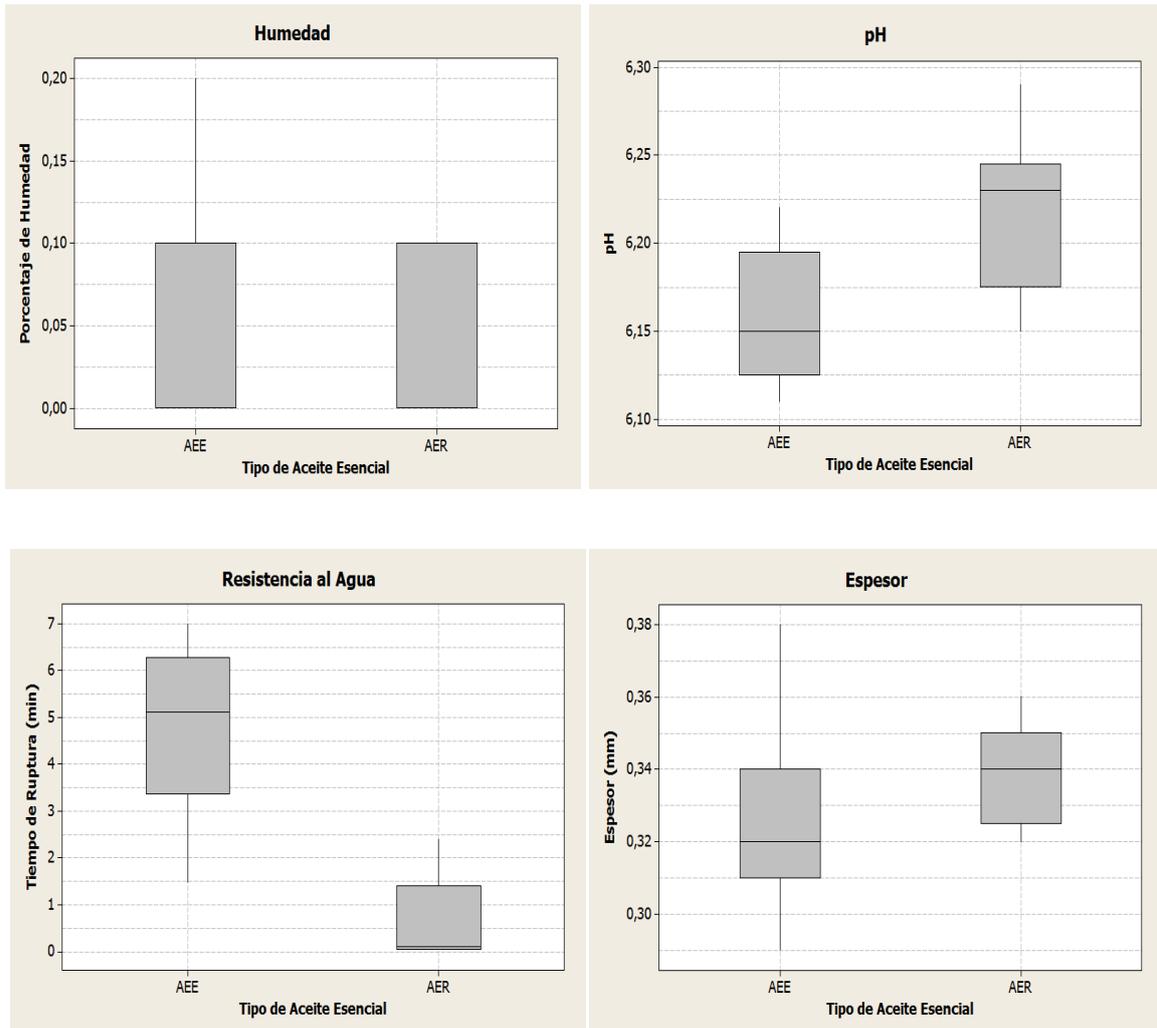


Gráfico 2. Análisis exploratorio de datos para cada variable analizada.

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Interpretación: En la gráfica N ° 2 se observó el porcentaje de humedad, pH, resistencia (medida en minutos) y el espesor en función a los aceites utilizados; en cuanto al porcentaje de humedad presentó mayor dispersión de datos con un valor máximo de 0,20; respecto al pH el AEE mostró una distribución asimétrica positiva con una $M_e = 6,15$ alcanzando un valor máximo de pH 2,22; por lo que concierne a la resistencia al agua presentó mayor dispersión de datos el AEE con una distribución asimétrica negativa y una $M_e = 5,1$ minutos; referente al espesor el AEE mostró una distribución asimétrica positiva con una $M_e = 0,32$ milímetros.

4.1.3. Contraste de normalidad

Luego del análisis exploratorio de datos, se efectuó un análisis de normalidad mediante el contraste Anderson Darling para cada una de las características físico- químicas (pH y humedad) y mecánicas (espesor y resistencia), a fin de seleccionar un modelo experimental paramétrico o no paramétrico, los resultados se muestran a continuación.

A. Hipótesis

H₀: Las variables siguen una ley normal

H₁: Las variables no siguen una ley normal

B. Nivel de significancia

$\alpha = 5 \%$

C. Cálculo del estadístico

Tabla 6. Análisis de normalidad de las biopelículas

Análisis físico-químico			
Variable	Unidad	Valor de probabilidad	Decisión
Humedad AER	%	0,005	No se ajusta a una ley normal
Humedad AEE	%	0,007	No se ajusta a una ley normal
pH AER	-	0,504	Normal
pH AEE	-	0,451	Normal
Análisis Mecánicos			
Variable	Unidad	Valor de probabilidad	Decisión
Resistencia al agua AER	min	0,019	No se ajusta a una ley normal
Resistencia al agua AEE	min	0,486	Normal
Espesor AER	mm	0,458	Normal
Espesor AEE	mm	0,341	Normal

Fuente: Fonseca. E, (2020)

D. Región de rechazo

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

E. Decisión

Conforme a la tabla N °6, se evidenció 8 variables de las cuales 5 cumplen una ley normal, esto debido a que el valor de probabilidad es superior al nivel de significancia (5 %). En el caso de la humedad en AER, AEE y resistencia al agua en AER no se ajustan a una ley normal (Anexo 4).

4.1.4. 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.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Hipótesis

H_0 : Los promedios de los tratamientos son iguales.

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

Nivel de significancia

$\alpha = 5 \%$

Estadístico de prueba

Tabla 7. Diseño completo al azar de las biopelículas

Análisis físico-químico			
Variable	Unidad	Valor de probabilidad	Decisión
pH AER	-	0,164	Los promedios son diferentes
pH AEE	-	0,810	Los promedios son diferentes
Análisis Mecánicos			
Variable	Unidad	Valor de probabilidad	Decisión
Resistencia AEE	min	0,083	Los promedios son diferentes
Espesor AER	mm	0,197	Los promedios son diferentes
Espesor AEE	mm	0,517	Los promedios son diferentes

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Decisión

En la tabla N °7 el modelo indicó que existen diferencias significativas en el promedio de los tratamientos de las variables analizadas por tanto no se rechaza la hipótesis nula ya que el valor p es mayor al valor de significancia (5 %).

4.1.4.1. Comprobación de supuestos

I. Normalidad

Tabla 8. Supuesto de normalidad

Variable	Estadístico Ryan-Joiner	gl	Sig.
Residuos para pH AER	0,973	9	0,100
Residuos para pH AEE	0,983	9	0,100
Residuos para resistencia AEE	0,979	9	0,100
Residuos para espesor AER	0,977	9	0,100
Residuos para espesor AEE	0,910	9	0,068

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Decisión

De acuerdo a la tabla N °8 los residuos de los tratamientos siguieron una distribución normal por tanto no se rechaza la hipótesis nula.

II. Homocedasticidad

Tabla 9. Supuesto de homocedasticidad

Variable	Estadístico Levene	Sig.
Residuos para pH AER	0,13	0,877
Residuos para pH AEE	0,08	0,921
Residuos para resistencia AEE	0,71	0,527
Residuos para espesor AER	0,20	0,824
Residuos para espesor AEE	2,21	0,191

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Decisión

En la tabla N °9, los residuos de los tratamientos presentaron varianzas homogéneas, por ende, no se rechaza la hipótesis nula ya que los residuos los tratamientos se asemejan.

III. Independencia

Tabla 10. Supuesto de independencia

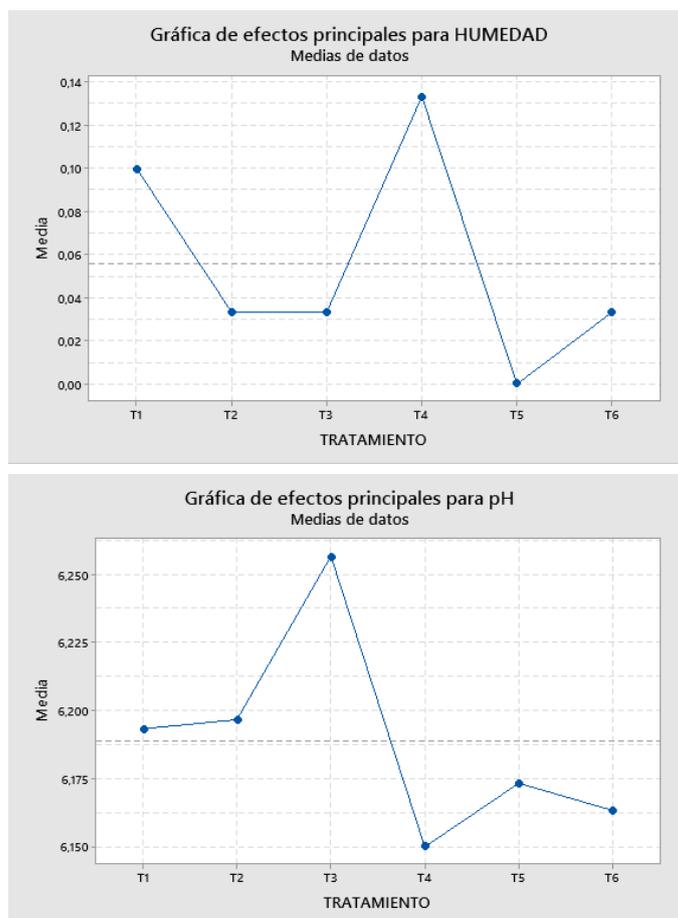
Variable	Valor de prueba	Casos totales	Sig.
Residuos para pH AER	0,0012	9	0,999
Residuos para pH AEE	0,0001	9	1,000
Residuos para resistencia AEE	3,2377	9	0,198
Residuos para espesor AER	0,0018	9	0,999
Residuos para espesor AEE	0,0032	9	0,998

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Decisión

En la tabla N °10, los residuos cumplieron independe en los tratamientos pues no se rechaza la hipótesis nula.

4.1.5. Selección del mejor tratamiento



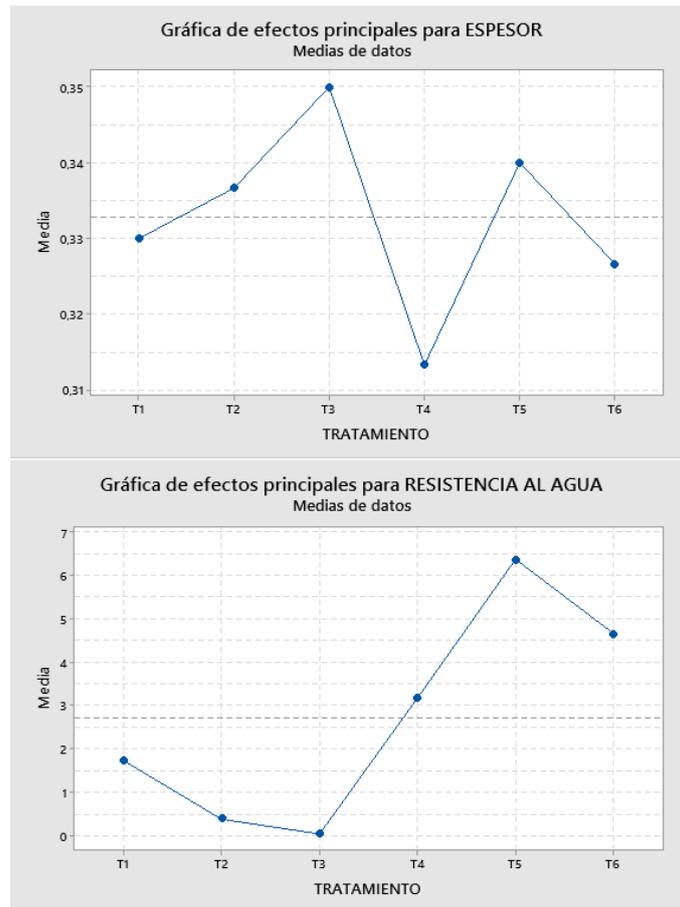


Gráfico 3. Medias para la elección del mejor tratamiento

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Interpretación: En la gráfica N °3 se observó la media del porcentaje de humedad, pH, resistencia al agua y espesor en función a los tratamientos para seleccionar el más óptimo; en cuanto al porcentaje de humedad el T5 mostró una $M_e = 0$; respecto al pH el T4 presentó una $M_e = 6,15$; por lo que concierne a la resistencia al agua el T5 mostró una $M_e = 6,36$ minutos; referente al espesor el T4 presentó una $M_e = 0,31$ milímetros.

Por tanto, se validó la mejor formulación en base al tiempo de resistencia al agua de las biopelículas al T5 ya que se evidenció un tiempo máximo de 6,36 minutos, un espesor de 0,34 milímetros, un pH de 6,17 y un nulo porcentaje de humedad, confirmando así ser el mejor tratamiento para la elaboración de biopelículas.

4.1.6. Comparación de medias para muestras no paramétricas

Planteamiento de Hipótesis

H₀: Las medianas de los tratamientos provienen de la misma población

H₁: Al menos uno de los tratamientos proviene de una población con mediana diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 5 \%$

Prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 11. Comparación de medias de muestras no paramétrica Kruskal-Wallis

Análisis físico-químico				
Variable	Unidad	H de Kruskal-Wallis	gl	Valor p
Humedad AER	%	3,20	2	0,020
Humedad AER	%	5,78	2	0,056
Análisis Mecánicos				
Variable	Unidad	H de Kruskal-Wallis	gl	Valor p
Resistencia AER	min	6,88	2	0,032

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Decisión

De acuerdo a la tabla N °11, se evidenció que no existe aleatoriedad significativa entre los tratamientos por lo que se rechaza la hipótesis nula ya que el valor p es menor al valor de significancia (5 %). Seguido se muestra la comparación de medias de los tratamientos para cada variable.

4.1.7. Evaluación financiera en relación al beneficio costo

Luego de la construcción de las biopelículas se pretende utilizar a las mismas en la industria alimentaria como empaques para avena. Un análisis financiero futuro podría entregar evidencias de posibles ganancias del producto frente a los empaques tradicionales.

4.1.7.1. Segmentación de mercado

Se segmentó el mercado por hogares de cinco personas en las parroquias urbanas del cantón Riobamba, con 27391 hogares. En la ciudad de Riobamba el 79,7% consumen avena, es decir 21830.49 hogares, según las encuestas realizadas (Anexo 5), pregunta 3, el 71 % de los hogares a los que fueron encuestados estarían dispuestos a adquirir avena con un empaque innovador.

4.1.7.2. Demanda

Al identificar la segmentación de mercado, se determinó la demanda, según el número de hogares que adquirirían este producto.

4.1.7.3. Demanda Objetiva

Se calculó de acuerdo al número de hogares que estarían dispuestos a adquirir el producto, dando como resultado 281504.56 hogares, una demanda 285896.03 empaques de avena de 500g con una tasa de crecimiento de 1,56 %, proyectada para cinco años.

Tabla 12. Demanda objetiva

n	Años	Proyección
1	2021	\$ 285.896,03
2	2022	\$ 290.356,01
3	2023	\$ 294.885,56
4	2024	\$ 299.485,78
5	2025	\$ 304.157,76

Fuente: Fonseca. E, (2020)

De acuerdo a la tabla N °12 la demanda estimada en el año 2021 fue 285896.03 empaques de avena.

4.1.7.4. Flujo Neto

Tabla 13. Flujo Neto de Caja

Flujo Neto						
Año	0	1	2	3	4	5
FLUJO	\$-154.420,77	\$ 43.829,27	\$ 47.322,77	\$ 50.590,90	\$ 53.756,65	\$ 58.690,78
Tasa TMAR		14,25%				

Fuente: Fonseca. E, (2020)

En la tabla N ° 13 se visualizó el flujo de caja, donde la 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 (14,25 %).

4.1.7.5. Indicadores de evaluación financiera

Tabla 14. Indicadores financieros

Indicadores	Valor
Inversión	\$ 154.420,77
TMAR	14,25 %
VAN	\$ 15.820,41
TIR	18,24 %
B/C	\$1,10

Fuente: Fonseca. E, (2020)

En la tabla N °14 se observó los indicadores financieros, con una inversión de \$ 154.420,77 (Anexo 10) y finalmente un costo beneficio de \$ 1,10 ctvs.

4.2. DISCUSIÓN

En la presente investigación se obtuvo los siguientes resultados referentes a la elaboración de las biopelículas; fueron elaboradas mediante la técnica casting, cabe mencionar que la técnica (Arancibia, M., 2014) describe realizar en bicapa (dos partes) el mismo que se modificó el procedimiento ya que al ejecutar ésta técnica se observó fisuramiento y pésima compactación como efecto del cambio de temperatura y tiempo de gelificación al moldear la bicapa, por consiguiente se elaboró las biopelículas en monocapa..

Se realizaron análisis físico-químicos (porcentaje de humedad y pH) y mecánicos (resistencia al agua y espesor) a todos los tratamientos obtenidos (Anexo 2) los cuales se analizaron dentro de 7 días posteriores a su elaboración; debido a la escasez de investigaciones realizadas con igual matriz polimérica los resultados obtenidos de cada análisis fueron comparados con investigaciones similares.

En la determinación de humedad de las biopelículas según el método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC,1995), 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 (Gabriel Moreno, 2015) expresó un porcentaje de humedad de 18 % ; (Cinthya Trujillo, 2014) reveló un porcentaje de humedad de 6,01 %. Por lo que se evidencia que el porcentaje de humedad está dentro de los rangos permitidos en la (NTE INEN 1462) que establece que el valor máximo es de 13,5 %. La presencia de aceite esencial provoca una disminución de porcentaje de humedad; éste hecho puede asociarse a un menor número de interacciones entre la harina y moléculas de agua en el ambiente, que forman estructuras menos porosas, además del carácter hidrofóbico de los aceites esenciales que limitan los sitios activos de la matriz de la biopelícula (grupos hidroxilos en los cuales las moléculas de agua podrían absorberse y mantenerse mediante uniones del tipo puente de hidrogeno) (López O, 2011).

En la determinación de pH en las biopelículas de acuerdo al método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC,1995), se obtuvo un pH 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 microbiológica ya que, al ser usados como material de embalaje, los productos empacados pueden ser ligeramente ácidos o alcalinos; esto se debe al porcentaje de componentes utilizados para la elaboración de la biopelícula (harina de maíz negro, CMC, glicerol y aceite esencial); según (Lina Niño, 2018) mostro un pH 7. De acuerdo a lo establecido por (NTE INEN 526), se encuentra dentro de parámetro establecido ya que el valor máximo de pH es 7.

En la determinación de resistencia al agua de las biopelículas según el método descrito por (Blanco Parcial, et al, 2013), 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 (6,36 min) y T6 (4,65 min),

demostrando que el uso de AEE incrementa el tiempo de resistencia al agua debido a la hidrofobicidad en la biopelícula (Corrales M, Han JH, 2014).

En cuanto a la determinación del espesor en las biopelículas según el método descrito por (Pérez-Mateos,2009), se adquirió un espesor en el T1 (0,33 mm), T2 (0,33 mm), T3 (0,35 mm), T4 (0,31 mm), T5 (0,34 mm) y T6 (0,32 mm) no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos planteados; según estudios similares como: (Alan Moreno, 2012) evidenció un espesor de 0,07 mm; (Anchundia et al, 2016) manifestó un espesor de 0,17 mm; (Miguel Aguilar, 2005) reveló un espesor de 0,03 mm; (Cintha Trujillo, 2014) expuso un valor de 0,10 mm; (Gladis Avilés) exhibió un valor de 1 mm; (Nelida Chocano, 2019) presentó un valor de 0,17 mm de espesor. Por tanto, se declara que el porcentaje de espesor en el presente estudio no cumple con valores máximos requeridos según (Skurtys O et al, 2011) y (Jooyandeh H, 2011). Según (Lin D, Zhao Y, 2007), el espesor depende de diversas variables tales como la densidad, viscosidad y tensión superficial de las soluciones formadoras de películas; (Alan Moreno, 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-propanontriol y sirve para unir cadenas y además por su estructura permite obtener biopelículas más uniformes.

Conforme a los análisis físico-químicos y mecánicos realizados en las biopelículas se optó a la mejor formulación el T5 (AEE al 1 %), ya que presentó mejores parámetros como: porcentaje de humedad de 0,00 % pues la inexistencia de humedad en las biopelículas beneficiara el uso de las mismas como empaque biodegradable, (Soliva R. y Martin O, 2001), las películas elaboradas con sustancias como de lípidos (aceite esencial de eucalipto) tienen como finalidad aportar hidrofobicidad a la superficie y hacerla una barrera efectiva frente a la humedad; además se obtuvo un pH de 6.17 (ácido) ya que su grado de acidez disminuye el crecimiento bacteriano, en el uso en la industria alimentaria como material de embalaje, los productos pueden ser ácidos o alcalinos, lo cual contribuye a una excelente conservación de los mismos; en cuanto a la resistencia al agua alcanzó un tiempo máximo de 6,36 min ya que la adición de un plastificante (glicerol) permite a la biopelícula ser menos frágil, más flexible, dura y resistente (Guilbert S. y Biquet B, 1995); (De Ancos, B., González Peña, D., Colina Coca, C., y Sánchez Moreno, C., 2015), los plastificantes (glicerol) afectan la capacidad de atracción de agua del

sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno de los recubrimientos comestibles; finalmente consiguieron un espesor de 0,34 mm el cual se controla al momento de adicionar la solución en el molde (Lizeth Chamba, Talia Niauñay, 2019) además el espesor se asocia al porcentaje de glicerol utilizado, mientras mayor sea la cantidad de glicerol mayor será el espesor (Alan Moreno, 2012); según (Skurtys O et al, 2011 y Jooyandeh H, 2011), el espesor de una película no puede exceder los 0,25 mm ya que sería llamado lamina, así mismo ésta no debería ser inferior a 0,10 mm porque entonces sería una biopelícula débil con propiedades físicas pobres; por lo tanto se validó el T5 ya que el espesor es una propiedad importante para envolturas biodegradables, esto debido a que si mayor es el grosor, menor será la afectación de las propiedades de barrera.

De acuerdo al estudio de factibilidad, luego de la construcción de las biopelículas se ansía utilizar en la industria alimentaria como empaque para avena 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 5 personas (INEC, 2001), en las parroquias urbanas del cantón Riobamba con un total de 27391 hogares, el consumo de avena en la ciudad de Riobamba es de 79,7 %, de acuerdo a las encuestas realizadas revela un porcentaje de aceptación del 71 %, hogares dispuestos a adquirir avena con un empaque innovador. Al identificar el mercado, se calculó la demanda objetiva de hogares que adquirirían el producto, con una demanda futura de 285896.03 empaques de avena de 500 g y una tasa de crecimiento del 1,56 % (INEC, 2001) premeditada para cinco años. Se requiere de una inversión de \$ 154.420,77 con el 95 % de aporte propio; el precio de venta unitario será \$ 2,38 ctvs. con un margen de utilidad del 10 %; además se consiguió un beneficio costo de \$ 1,10 con una tasa de actualización TMAR del 14,25 % menor a la tasa interna de retorno (TIR) con 18,24 % y un valor actual neto (VAN) positivo (Fonseca. E, 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se elaboró biopelículas a base de harina de maíz negro activadas con aceite esencial de romero y eucalipto mediante la técnica casting en monocapa ya que al realizarse en bicapa como indica la técnica presentó rotura en toda la superficie como consecuencia de la diferencia de temperatura al moldear la bicapa.
- Los resultados obtenidos de acuerdo a la mejor formulación se vieron afectados de acuerdo al aceite esencial empleado, por lo cual las biopelículas elaboradas con aceite esencial de eucalipto presentaron mejor propiedad físico-química y mecánica.

En la determinación de los análisis físico-químicos en las biopelículas, se optó al T5 (AEE al 1 %) ya que presentó mejor característica, un contenido de humedad de 0% lo cual beneficia su uso como empaque biodegradable; un pH de 6,17 ácido por lo cual inhibe la proliferación microbiana; en cuanto a los análisis mecánicos de resistencia al agua mostró un tiempo máximo de 6,36 min y un espesor de 0,34 mm, cabe recalcar que el espesor se controla al momento de adicionar la cantidad de solución en el molde y la cantidad de glicerol en la solución.

- De acuerdo a la evaluación financiera, el proyecto es factible y se puede elaborar empaques biodegradables a partir de polisacáridos con efecto antimicrobiano; sus indicadores financieros muestran un VAN de \$ 15820,41, TIR del 18,24 %, lo cual afirma la creación del proyecto, TMAR de 14,25 %, un beneficio costo de dólares, en el cual se gana \$0,10 ctvs. por cada dólar invertido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable elaborar biopelículas de harina de maíz negro activadas con aceites esenciales a diferentes concentraciones en monocapa.
- Valorar los análisis microbiológicos y mecánicos ya que influyen en la característica de la biopelícula
- Utilizar biopelículas como empaques para productos alimenticios o no alimenticios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelakun, O. E., Oyelade, O. J., Olanipekun, B. F. (2016). *Use of Essential Oils in Food Preservation. Food Preservative Effects of Essential Oils*. doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00007-9
- Aguilera, M.; Reza, M.; Chew, R.; Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*, 13: 16-22.
- Alan Moreno. (2012). *OBTENCIÓN DE BIOPELICULAS A PARTIR DE LA GLICERINA PRODUCTO DEL PROCESO DE*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. San Martín - Perú: INIA. Estación Experimental Agraria El Porvenir - San Martín. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/in>
- Alberto Komiya. (2019). *CreceNegocios*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2019, de <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/#:~:text=El%20análisis%20costo-beneficio%20es,fin%20de%20conocer%20su%20rentabilidad>.
- 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. (2016). *Caracterización física de películas comestibles a base de cascara de platano (Musa paradisiaca)*.
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis*. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA: 16th Ed. Obtenido de 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*. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Madrid - España.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). *Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology*.
- 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, C., Lombi, R., Belloti, V., & Chana-Thaworn, J. y otros dos autores. (2011). *Properties and antimicrobial activity of edible films incur-porated with kiam wood (Cotyleobium lanceotatum) extract. Food Sci and Technol*.
- BBVA. (2018). *Inversion*.
- Blanco Parcual, et al. (2013). *Effect of different protein extracts from Dosidicus gigas muscle co-products on edible films development. Food Hydrocolloids*.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potencial applications in food a review. Journal Food Microbiol*.
- Carrillo, L., Mora, C., Álvarez, R., Alzate, F. & Osorio, E. (2015). *Chemical composition and antibacterial activity against Enterobacter cloacae of essential oils from Asteraceae species growing in the Páramos of Colombia. Industrial Crops and Products*. doi:10.1010/j.indcrop.2015.08.047
- Chana-Thaworn, J. y otros dos autores. (2011). *Properties and antimicrobial activity of edible films incur-porated with kiam wood (Cotyleobium lanceotatum) extract. Food Sci and Technol*.
- Cinthy Trujillo. (2014). *OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUE DE ALIMENTOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS, ESCUELA ACADEMICA

- PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, Puerto Maldonado, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corrales M, Han JH. (2014). *Chapter 7 - Antimicrobial Packaging Systems*. (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>
- De Ancos, B., González Peña, D., Colina Coca, C., y Sánchez Moreno, C. (2015). Uso de recubrimientos comestibles en productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8-17.
- De la Torre, R., Rivera, S., Ruíz, J., & Veloz, J. (2005). *Proyecto para reciclar el almidón de yuca para la fabricación de fundas plásticas orgánicas*. ESPOL, Guayaquil.
- Dhall, R. K. (2016). *Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and vegetables*. *Food science and nutrition*. 436.
- Embuscado, M. y Huber, K. (2009). *Edible films and Coatings for food Applications*. Springer. London New York.
- Érika González. (08 de Enero de 2016). *Agencia Informativa Conacyt*. Obtenido de <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/4746-innovadora-alternativa-para-alargar-tiempo-de-vida-de-alimentos>
- Escobar, D, Sala, A, Silvera, C, Harispe, R, Márquez, R. (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>
- Esquivel, A. y P. Vargas. (2007). *Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales, Tecnológico en Marcha*.
- Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., y Falcón Rodríguez, A. (2015).). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 53.
- Gabriel Moreno. (2015). *UTILIZACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO (Musa balbisiana), EN EL DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES ACTIVAS*. Universidad Técnica de Ambato, CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS. Obtenido de <http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>
- Ghanbarzadeh, B. y H. Almasi. (2011). *Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid, International Journal of Biological Macromolecules*.
- Gladis Avilés. (s.f.). *Obtencion y caracterizacion de un polimero biodegradable a partir del alminon de yuca*. Universidad EAFIT, Ingeniería y Ciencia. Obtenido de <file:///C:/Users/pc/Downloads/Dialnet-ObtencionYCaracterizacionDeUnPolimeroBiodegradable-2273665.pdf>
- Guilbert S. y Biquet B. (1995). *Películas y envolturas comestibles. En embalaje de los alimentos de gran consumo*. Bureau, J. L. Multon. Ed. Acribia Zaragoza.
- Hambleton, A., Debeaufort, F., Bonnotte, A., & Voilley, A. (07 de Abril de 2009). *Influence of Alginate emulsion based films structure on its barred properties and on the protection of microencapsulated aroma compound. Foods Hidrocolloids*.

- Helmut Sy Corvo. (2019). *TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento)*. lifeder.com. Obtenido de <https://www.lifeder.com/tmar-tasa-minima-aceptable-rendimiento/>
- 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>
- Jason Treat y Ryan T. Williams. Roland Geyer. (2018). *(National Geographic)*. Universidad de California, Santa Barbara.
- Javier Navarro. (2017). *ANOVA*. Definicion ABC. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/economia/anova.php>
- Jiménez, A, y otros cuatro autores. (2014). *Influence of nanoliposomes incorporation on properties of film forming dispersions and films based on corn starch and sodium caseinate*, *Food Hydrocol.*
- Jooyandeh H. (2011). *Whey protein films and coatings: a review*. *Pakistan Journal of Nutrition*.
- Jorge I. RESTREPO F.1*; Iván D. ARISTIZÁBAL T.1. (19 de Agosto de 2010). CONSERVACIÓN DE FRESA (Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE GEL MUCILAGINOSO DE PENCA SÁBILA (Aloe barbadensis Miller) Y CERA DE CARNAÚBA. págs. 252 - 263. Recuperado el 21 de 02 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169815641003.pdf>
- Karol Noroña. (14 de Septiembre de 2018). *EL COMERCIO*. Obtenido de Tendencias, Ambiente: <https://www.elcomercio.com/tendencias/desechos-plasticos-oceanos-ecuador-ministeriodelambiente.html>
- Koul, O., S. Walia, and G.S. Dhaliwal. (2008). *Essential oils as green pesticides: potential and constraints*. *Biopes. Int.*
- Kuorwel, K. y otros cinco autores. (2011). *Antimicrobial Activity of Biodegradable Polysaccharide and Protein-Based Films Containing Active Agents*, *J Food Sci.*
- Laura Fisher y Jorge Espejo. (2004). *Mercadotecnia*. Mexico: McGraw-Hill.
- Lee, B.-H., P.C. Annis, and F. Tumaalii. (2003). *The potential of 1,8-cineole as a fumigant for stored wheat*. In E.J. Wright, M.C. Webb and E. Highley (eds.). *Proceedings of the Australian postharvest technical conference*.
- Lilia Guaminga. (2020). *OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE HARINA Y ALMIDÓN DE MAÍZ NEGRO (Zea maysL.)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.
- Lin D, Zhao Y. (2007). *Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables*.
- Lina Niño. (2018). *BIOPELÍCULAS FOTOACTIVAS: MATERIAL DE EMPAQUE EN ALIMENTOS SENSIBLES A LA OXIDACIÓN*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Investigación en Química y Tecnología de Alimentos. Tunja-Boyacá, Colombia: U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v21n2/0123-4226-rudca-21-02-00457.pdf>
- Lizeth Chamba, Talia Niauñay. (2019). *“APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE CÁSCARA DE PIÑA (Ananas comosus) Y ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana) PARA CONSERVAR QUESO FRESCO”*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, Riobamba – Ecuador.

- López O. (2011). *Desarrollo, Caracterización y Aplicación de envases biodegradables a partir de almidón*. La Plata, Argentina: E-Book.
- Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito, C., Sorrentino, A., Masi, P., Porta, R. (2003). *Preparation and mechanical properties of edibles soy flour films obtained in the absence of transglutaminase*. *Journal of Biotechnology*.
- Márquez, C. C., & Cartagena, M. (2009). Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del Nispero Japonés (*Eriobotrya japonica* T). *Revista de la facultad de la facultad de química farmacéutica*, 304-310.
- Master en finanzas. (2019). *Análisis de inversión*. UNIVERSIDAD DE ALCALÁ, Madrid-España. Obtenido de https://www.masters-finanzas.com/analisis-de-inversion-finanzas/?fbclid=IwAR0vGSdgs2DpKg57gwSeZ__vnyJSE5gdIMaXi7LE1IU27MilzgetlBDsoKQ
- Matias Torres. (2020). *Tasa Interna de Retorno*. Rankia. Obtenido de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>
- Miguel Aguilar. (2005). *PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE PELICULAS BIODEGRADABLES Y SU EMPLEO EN EL RECUBRIMIENTO DE FRUTOS DE AGUACATE*. Instituto Politecnico Nacional, Investigacion en Ciencia Aplicada y Tecnologia Avanzada, México. Obtenido de https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10573/1/PTA_M_20050624_001.pdf
- Moncayo-Martínez, D., Buitrago-Hurtado, G., & Perilla-Perilla, E. (2012). *Aplicación de una Dextrana como recubrimiento comestible en fresa (fragaria x ananassa)*. *XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Química*.
- Mossi A.J., V. Astolfi, G. Kubiak, L. Lerin, C. Zanella, G. Toniazzo, et al. (2011). *Insecticidal and repellency activity of essential oil of Eucalyptus sp. against Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)*. *J. Sci. Food Agric.*
- Muñoz Guerrero, M. (2011). *Perfil de la factibilidad*. Quito: Master's editores.
- Nelida Chocano. (2019). *PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNA BIOPELICULA FORMULADA CON ALMIDÓN DE PAPA (Solanum tuberosum) Y MUCILAGO DE NOPAL (Opuntia ficus)*. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ.
- NTE INEN 1462. (1987). *Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad (Método de arbitraje)*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.1462.1987>
- NTE INEN 526. (2013). *HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA*. Quito - Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/526-1R.pdf>
- Oms-Oliu, S., & Soliva-Fortuny, R. (2008). *Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears*. *Postharvest Biology and Technology*.
- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial*. Universidad Cesar Vallejo.
- Pérez-Mateos. (2009). *Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends*. *Food Hydrocolloid*. doi:10.1016/j.foodhyd.2007.11.011

- Prakash, B. & Kiran, S. (2016). *Essential oils: a traditionally realized natural resource for food preservation*. *Current Science*.
- PRIMO, E. (1998). *Química de los Alimentos*. (1. Ed, Ed.)
- Quintero, C. J., Falguera, V., y Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 93-118.
- Quiroz, D., & Merchán, M. (2016). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias. Obtenido de http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas_practicas/iniap.pdf
- R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law. (2017). "Production, use, and fate of all plastics ever made - Supplementary Information" *Science Advances*".
- Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., & Martin-Belloso, O. (2006). *Antibacterial activity of essential oils on Salmonella enteritis, Escheichia coli and Listeria innocua in fruit juices*. *Journal of Food Protection*.
- Ribeiro¹, 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
- S. Erik van, W. Chris, L. Laurent, M. Nikolai, H. Britta Denise, A. van F. Jan, E. Marcus, S. David, G. Francois, and L. Kara Lavender. (2015). "A global inventory of small floating plastic debris" *Environmental Research Letters*".
- Sánchez-Rivera, M., & Bello-Pérez. (2008). Efecto de la temperatura en la reacción de oxidación en almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L) estimación de la energía de activación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 275-278.
- 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
- Skandamis, P., & Nychas, G. (2001). *Effect of eucalyptol essential oil on microbiological and physicochemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres*. *Journal Appl. Microbiol.*
- Skurtys O et al. (2011). *Food hydrocolloid edible films and coatings*.
- Soliva R. y Martin O. (2001). *Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles*. *Alimentaria*.
- Starliper, C., Kelota, H., Noyes, A., Schill, W., Henson, F. Dittman, D. (2015). *An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to Aeromonas spp*. *Journal of Advanced Research*. doi:10.1016/j.jare.2013.12.007
- Su, J.; Z. Huang y otros tres autores. (2010). Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions, *Carbohydrate Polymers*. 79, 145-153.
- Tapia, C. y E. Murillo. (2006). *Diversidad agrícola andina*. Ecuador Terra Incognita. 42.
- Timothy, D., W. Hatheway, U. Grant, M. Torregroza, D. Sarria y D. Varela. (1966). *Razas de maíz en Ecuador*. Ica - OIE. *Boletín Técnico No.*
- Víctor Velayos Morales. (2018). *Valor actual neto (VAN)*. Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2007). *Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables*. *Temas Agrarios*.
- 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 edición. Obtenido de <https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>
- Y. Jiang, N. Wu, Y. Jie Fu, W. Wang, M. Luo, C. Zhao, Y. Gang Zu, X. Liu. (2011). *Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary, Enviromental toxicology and pharmacology*.
- Yanez, C.; Racines, M., Caballero, D. (2010). *Identificación de microcentros en el “Proyecto producción, uso sostenible y conservación de dos cultivares tradicionales de maíz (chulpi y negro) en la sierra del Ecuador”*. Informe ESPOCH-INIAP.
- Zivanovic, S., Shuang, C., & Draughon, A. (2005). *Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. . Journal of Food Science*.

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de biopelículas mediante método casting

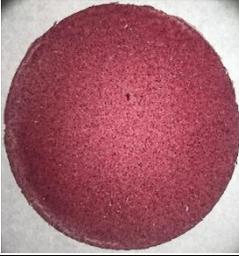
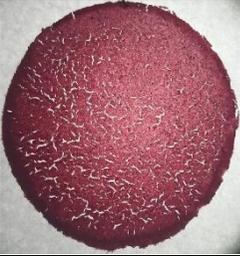
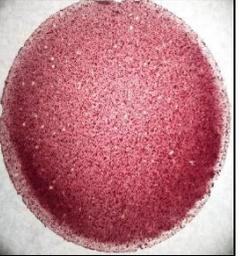


Fuente: Fonseca. E, (2020)

Interpretación:

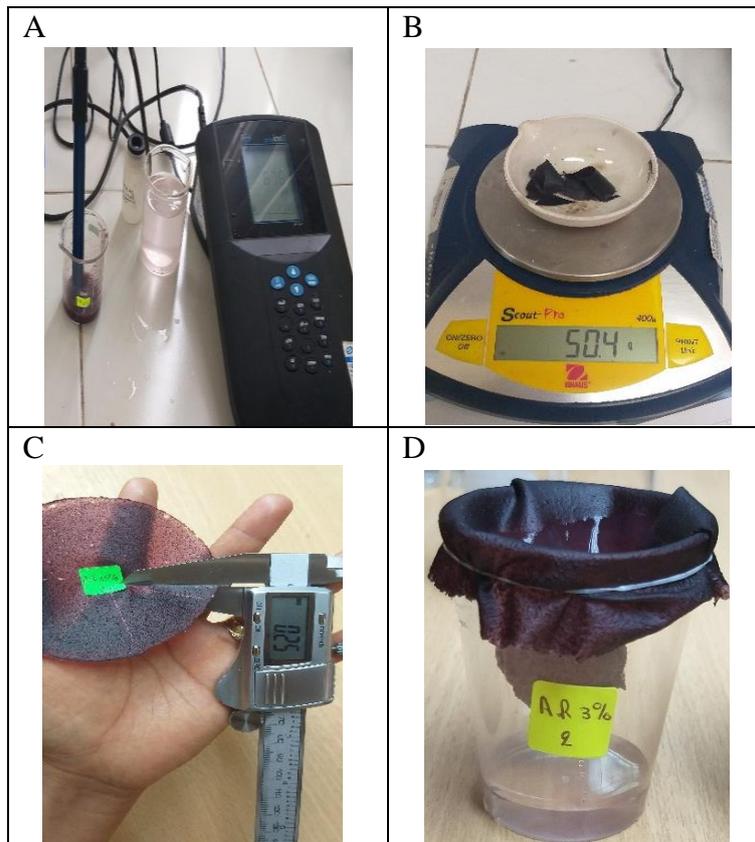
A: adición de (10g CMC + 500ml agua destilada) y mezclado en Thermomix TM31; B: adición de (70g harina + 500ml agua destilada) y mezclado en Thermomix TM31; C: adición de (40g glicerol) y mezclado en el Thermomix TM31; D: moldeado en placa; E: tamizado de la solución; F: secado en desecador; G: desmolde de biopelícula; H: empacado y almacenado.

Anexo 2. Biopelículas obtenidas

Tratamiento		AER T ₁	AER T ₂	AER T ₃	AEE T ₄	AEE T ₅	AEE T ₆
Fotografía							
Biopelícula / Concentración	Harina de maíz negro g	70	70	70	70	70	70
	CMC g	10	10	10	10	10	10
	Glicerol g	40	40	40	40	40	40
	Aceite ml	3 (0,3%)	6 (0,6%)	9 (0,9%)	5 (0,5%)	10 (1%)	15 (1,5%)

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Anexo 3. Análisis físico-químicos y mecánicos

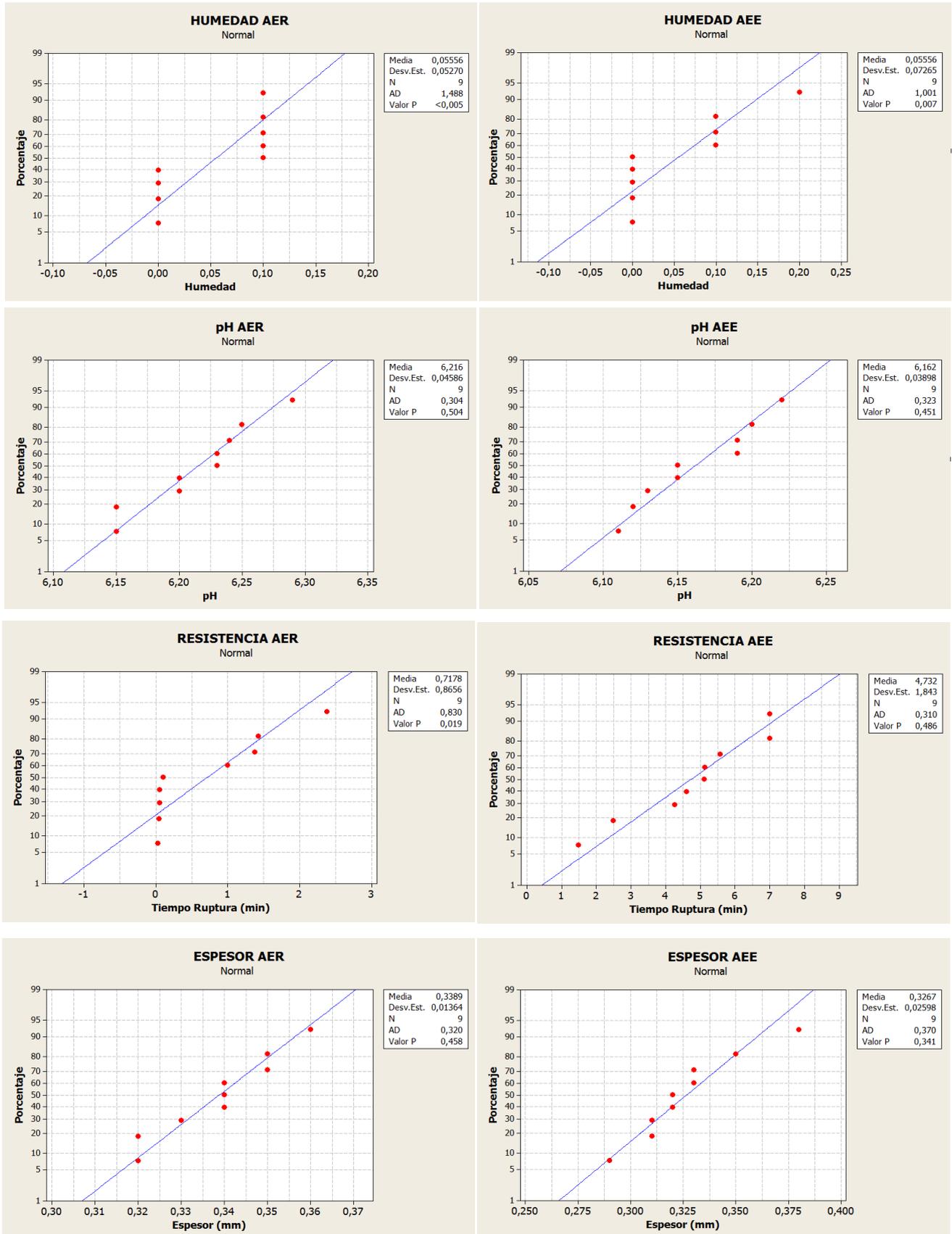


Fuente: Fonseca. E, (2020)

Interpretación:

A: pH; B: humedad; C: espesor; D: resistencia.

Anexo 4. Gráficos de normalidad de las biopelículas



Fuente: Fonseca. E, (2020)

Anexo 5. Encuesta de aceptabilidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL ENCUESTA



La encuesta busca conocer la opinión de los consumidores de harina, avena y pan molde; si estarían dispuestos a demandar dichos productos con un empaque biodegradable a base de harina de maíz negro para alimentos.

- Marque con una X según corresponda

1. ¿Consumen usted los siguientes productos?

Harina SI () NO ()
Avena SI () NO ()
Pan en molde SI () NO ()

2. ¿Con qué frecuencia usted consume los siguientes productos?

Harina		Avena		Pan en molde	
1 vez a la semana		1 vez a la semana		1 vez a la semana	
3 veces a la semana		3 veces a la semana		3 veces a la semana	
5 veces a la semana		5 veces a la semana		5 veces a la semana	

3. ¿Estaría dispuesto en adquirir avena empacada con material biodegradable a base de harina de maíz negro?

SI () NO ()

4. ¿En qué presentación le gustaría adquirir los siguientes productos empacados con material biodegradable?

PRESENTACIÓN	Harina	Avena	PRESENTACIÓN	Pan Molde
250 g.			500 g.	
500 g.			550 g.	
1000 g.			600 g.	

5. ¿Cuánto estaría dispuesto pagar adicional en la harina, avena y pan en molde si el material del empaque es biodegradable a base de harina de maíz negro?

PRESENTACIÓN	\$ 1,00	\$ 1,15	PRESENTACIÓN	\$ 1,00	\$ 1,15
Harina 500 g.			Pan en molde 550 g.		
Avena 500 g.					

6. ¿En qué lugar le gustaría adquirir avena empacada con material biodegradable?

Tiendas de barrio () Ferias de emprendimiento () Supermercados ()

7. ¿Por qué razón consumiría avena empacada con material biodegradable?

Cuidado del medio ambiente () Material innovador () Otro ()

8. ¿Ha encontrado usted un producto similar?

SI () NO ()

¡GRACIAS!

Anexo 6. Inversión

Inversión				
Expresado en Dólares				
Rubros	Cantidad	Unidad	VALOR	
			Unitario	Total
Inversión Fija				\$ 5.903,75
OBRAS CIVILES (ADECUACION)				\$ 1.200,00
Planta de Producción y bodega	20	m2	\$ 60,00	\$ 1.200,00
MAQUINARIA				\$ 3.108,75
Thermomix	1	unidad	\$ 2.175,00	\$ 2.175,00
Deshidratador	1	unidad	\$ 750,00	\$ 750,00
Balanza analítica	1	unidad	\$ 108,75	\$ 108,75
Molino	1	unidad	\$ 75,00	\$ 75,00
MUEBLES DE OFICINA.				\$ 395,00
Muebles de Oficina				\$ 395,00
EQUIPO DE COMPUTO				\$ 1.200,00
Equipo de Computo				\$ 1.200,00
Activos Intangibles				\$ 2.100,00
Estudios				\$ 500,00
Gastos de Organización				\$ 400,00
Gastos de Instalación				\$ 500,00
Patentes, marcas				\$ 200,00
Permisos (municipal, bomberos, sanitario)				\$ 300,00
Imprevistos				\$ 200,00
Subtotal				\$ 8.003,75
Capital de Trabajo (3 Meses)				\$ 146.417,02
Materia Prima				\$ 575.875,71
Maíz negro	350,7	Kilogramos	\$ 1,28	5365,71
Glicerina	152	Litros	\$ 5,56	10146,00
CMC	48	Kilogramos	\$ 6,00	3456,00
Aceite esencial de eucalipto	47650	Mililitros	\$ 0,98	560364,00
Materiales Directos				\$ 120,34

Cartones	286	unidades	\$ 0,03	\$ 102,92
Etiquetas	290	unidades	\$ 0,01	\$ 17,42
Costos Indirectos de Fabricación (CIF)				\$ 5.140,00
Arriendo				\$ 3.600,00
Mantenimiento				\$ 340,00
Energía eléctrica				\$ 1.200,00
Mano de Obra				\$ 1.030,53
Gastos Administración				\$ 1.671,50
Gastos de venta				\$ 1.800,00
Gastos Financieros				\$ 30,00
Capital Neto de trabajo Subtotal (Anual)				\$ 585.668,09
Inversión Total				\$ 154.420,77

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Anexo 7. Estructura de costos

Costo Total Anual			
Expresado en dólares			
Concepto	Fijo	Variable	Total
1. Costos de Producción			\$ 596.768,83
Costos Directos			\$ 579.452,05
Materia Prima y M. directos			
Maíz negro		\$ 5.365,71	
Glicerina		\$ 10.146,00	
CMC		\$ 3.456,00	
aceite esencial de romero		\$ 560.364,00	
Cartones		\$ 102,92	
Etiquetas		\$ 17,42	
Mano de Obra	\$ 12.366,40		\$ 12.366,40
Costos Indirectos de Fabricación			\$ 4.950,38
Arriendo de la planta	\$ 3.600,00		
Depreciación	\$ 590,38		

Amortización	\$ 420,00		
Mantenimiento	\$ 340,00		
2. Costos de Administración			\$ 20.058,00
Gastos de Administración			
Sueldos y Salarios	\$ 15.258,00		
Arriendo	\$ 3.600,00		
Energía	\$ 1.200,00		
3. Costos de Venta			\$ 1.800,00
Gastos de venta			
Publicidad	\$ 1.800,00		
4, Gastos Financieros	\$ 360,00		\$ 360,00
Costo Total	\$ 39.534,78	\$ 579.452,05	\$ 618.986,83

Fuente: Fonseca. E, (2020)

Anexo 8. Financiamiento

Fuente	Inversión	
	Dólar	%
Aporte Propio	\$ 146.420,77	95%
Préstamo	\$ 8.000,00	5%
Total	\$ 154.420,77	100%

Fuente: Fonseca. E, (2020)