





**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Trabajo de Integración  
Curricular previa la obtención  
del Grado Académico de  
Ingeniera en Alimentos.

**Proyecto de Investigación:**

“APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE MAZORCA DE CACAO  
(*Theobroma cacao*, L.) CON ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO  
(*Origanum vulgare*) Y ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) PARA LA  
CONSERVACIÓN DE ATÚN”.

**Autor:**

Molina Lascano José Fernando

**Directora del Proyecto de Investigación:**

Ing. Wilma Maribel Llerena Silva, M.Sc.

**Quevedo - Los Ríos – Ecuador**

**2023**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Molina Lascano José Fernando**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f.

---

**Molina Lascano José Fernando**  
C.C. # 1311088916



## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

La suscrita, **Ing. Wilma Maribel Llerena Silva, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, y el **Biol. Víctor Otero Tuarez, Ph.D.** Docente investigador de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Certifican que el estudiante **José Fernando Molina Lascano**, ha realizado el Proyecto de Investigación de grado titulado **“APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao*, L.) CON ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) PARA LA CONSERVACIÓN DE ATÚN”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, bajo nuestra dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. Wilma Llerena Silva, M.Sc.

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita, **Ing. Wilma Maribel Llerena Silva, MSc.**, Docente de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción y el Biol. Victor Oswaldo Otero Tuarez Ph.D., Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manta (ULEAM), en calidad de Auspiciantes Académicos de la Unidad de Integración Curricular certificamos que se ha usado la herramienta informática **URKUND** producto del análisis se obtuvo una similitud de un **1%** la cual no indica en ningún momento la presencia de plagio o de falta de rigor en el documento, por consiguiente doy constancia que se ha revisado la Unidad de Integración Curricular titulada **“APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao*, L.) CON ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) PARA LA CONSERVACIÓN DE ATÚN”**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el estudiante **José Fernando Molina Lascano** por lo tanto, el presente trabajo cumple con los requisitos técnicos y legales de la institución.



### Document Information

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| Analyzed document | Tesis_Jose Molina.pdf (D171481661) |
| Submitted         | 6/28/2023 9:34:00 PM               |
| Submitted by      |                                    |
| Submitter email   | jose.molina2016@uteq.edu.ec        |
| Similarity        | 1%                                 |
| Analysis address  | wllerenas.uteq@analysis.urkund.com |

---

Ing. Wilma Llerena Silva, M.Sc.

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE MAZORCA DE  
CACAO (*Theobroma cacao*, L.) CON ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE  
ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*)  
PARA LA CONSERVACIÓN DE ATÚN”**

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos.

Aprobado por:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Jaime Vera Chang, M.Sc.

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL.**

Ing. Vicente Guerrón Troya, M.Sc.

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

Ing. Cyntia Yadira Erazo Solórzano, M.Sc.

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2023

## AGRADECIMIENTO

De ante mano quiero agradecer a Dios por concederme vida, salud e inteligencia durante estos años. De igual forma agradecer a la Estación Experimental Litoral Sur del Cantón Yaguachi de la Provincia del Guayas por gestionar la fase de recolección y postcosecha de la materia prima que llevo a cabo esta investigación de la misma manera, al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) que, a través de la Estación Experimental Santa Catalina, facilitó el desarrollo del trabajo experimental en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad, bajo la coordinación del Dr. Iván Samaniego, Ph.D.

Así mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) que, por medio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, proporcionó el uso de sus instalaciones para el desarrollo del estudio de propiedades mecánicas en el desarrollo de los recubrimientos comestibles, bajo la coordinación del Biol. Víctor Otero Ph.D.

Especialmente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a la carrera de Ingeniería en Alimentos por su aporte primordial, a través del Proyecto FOCICYT 2020-2021: Valorización de residuos de la cadena de beneficio del cacao (*Theobroma cacao L.*) para la obtención de compuestos bioactivos con propósitos funcionales

*José Molina Lascano*

## DEDICATORIA

*Este proyecto va dedicado a Dios porque él ha sabido guiar, darme salud y la capacidad de encaminarme por el camino del bien y formarme como un profesional.*

*Agradezco a mis padres José Molina y Sebastiana Lascano que han sido ese peldaño y vigor que me han motivado ha siempre dar hasta mi último aliento.*

*Así mismo quiero agradecer a mis hermanos Ramon y Angelica, a mis tíos y amigos que me brindaron su apoyo de una u otra forma, al Sr. Julio Montaña por haberme dado trabajo durante mi carrera estudiantil y saber entender la situación, también doy gracias a ese ser especial que aprecio tanto a mi abuelita Mariana Intriago, que con su dulce amor y palabras sabias me han dado consejos y han permitido llevar en mis momentos de aflicción te amo mi viejita.*

*José Molina Lascano*

## RESÚMEN

Esta investigación cuenta con el desarrollo y aplicación de un recubrimiento comestible a base de residuos de mazorca de cacao CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite aguacate para la conservación del atún. El procedimiento consistió en recolectar muestras de cacao de la Estación Experimental Litoral Sur del Cantón Yaguachi de la Provincia del Guayas. Con la finalidad de crear una formulación óptima para elaborar una película biodegradable, la misma que fue evaluada mediante un diseño experimental A\*B, con 3 niveles (0.05, 0.1 y 0.15%) en a y 2 niveles en b (0.5 y 1%); siendo a (AEO) y b (AA), logrando una formulación de 6 tratamientos. Las propiedades ópticas, tecnológicas y de barrera de películas biodegradables (bicapa) con aceite esencial de orégano y de aguacate, presentaron características de color propias a los ingredientes activos de la película y el polímero base. Por lo tanto, el resto de las propiedades evidenciaron un efecto combinado (interacción) del aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. El tratamiento a1b0, presentó las mejores propiedades fisicoquímicas del atún refrigerado en un periodo de 6 días. Sin embargo, los resultados de la investigación sobre el desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles utilizando mazorca de cacao CCN-51, indican que las propiedades ópticas, tecnológicas y activas son idóneas para la producción de un bioplástico, siendo de gran ventaja para el punto de vista ecológico e industrial presentando altos estándares de biodegradación y compostabilidad en condiciones de ambiente tropical.

**Palabras claves:** Residuo-mazorca, Bicapa, compostabilidad, recubrimiento, polímero.

## ABSTRACT

This research involves the development and application of an edible coating based on CCN51 cocoa pod residues with the addition of oregano essential oil and avocado oil for the preservation of tuna. The procedure consisted of collecting cocoa samples from the South Coast Experimental Station of the Yaguachi Canton of the Guayas Province. In order to create an optimal formulation to make a biodegradable film, the same one that was evaluated by means of an A\*B experimental design, with 3 levels (0.05, 0.1 and 0.15%) in a and 2 levels in b (0.5 and 1%); being a (AEO) and b (AA), achieving a formulation of 6 treatments. The optical, technological and barrier properties of biodegradable films (bilayer) with oregano and avocado essential oil, presented color characteristics typical of the active ingredients of the film and the base polymer. Therefore, the rest of the properties showed a combined effect (interaction) of the essential oil of oregano and avocado oil. The a1b0 treatment presented the best physicochemical and sensory properties of refrigerated tuna in a period of 6 days. However, the results of the research on the development and application of edible coatings using CCN-51 cocoa pods indicate that the optical, technological and active properties are ideal for the production of a bioplastic, being of great advantage for the point of use. ecological and industrial point of view, presenting high standards of biodegradation and compostability in tropical environment conditions.

**Keywords:** Residue-cob, Bilayer, compostability, coating, polymer.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....                                                     | ii    |
| CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....                                      | iii   |
| CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE<br>COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO ..... | iv    |
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....                                                                        | v     |
| AGRADECIMIENTO .....                                                                                  | vi    |
| DEDICATORIA .....                                                                                     | vii   |
| RESÚMEN .....                                                                                         | viii  |
| ABSTRACT .....                                                                                        | ix    |
| CÓDIGO DUBLÍN .....                                                                                   | xxiii |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                     | 1     |
| CAPÍTULO I.....                                                                                       | 1     |
| CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                           | 1     |
| 1.1. Problema de la investigación.....                                                                | 5     |
| 1.1.1. Planteamiento del problema.....                                                                | 5     |
| Diagnóstico.....                                                                                      | 6     |
| Pronóstico.....                                                                                       | 6     |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                                                                 | 6     |
| 1.1.3. Sistematización del problema.....                                                              | 6     |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2. Objetivos .....                                                  | 7  |
| 1.2.1. Objetivo General .....                                         | 7  |
| 1.2.2. Objetivos Específicos.....                                     | 7  |
| Hipótesis.....                                                        | 7  |
| 1.3. Justificación.....                                               | 8  |
| CAPÍTULO II.....                                                      | 1  |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....                      | 1  |
| 2.1. Marco Conceptual .....                                           | 10 |
| 2.1.1. Película comestible.....                                       | 10 |
| 2.1.2. Biodegradable.....                                             | 10 |
| 2.1.3. Cacao.....                                                     | 10 |
| 2.1.4. Aceites esenciales .....                                       | 10 |
| 2.1.5. Residuos .....                                                 | 11 |
| 2.1.6. Recubrimiento comestible.....                                  | 11 |
| 2.2. Marco Referencial .....                                          | 11 |
| 2.2.1. Plástico convencional.....                                     | 11 |
| 2.2.2. Composición química de los plásticos .....                     | 11 |
| 2.2.3. Tipos de plástico usados por las industrias alimentarias ..... | 12 |
| 2.2.4. Cacao.....                                                     | 14 |
| 2.2.4.1. Postcosecha de cacao.....                                    | 14 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4.2. Variedades de cacao.....                                             | 14 |
| 2.2.4.3. Residuos generados por la postcosecha.....                           | 15 |
| 2.2.4.4. Mazorca de cacao.....                                                | 15 |
| 2.2.5. Valorización del sector cacaotero.....                                 | 16 |
| 2.2.5.1. Aprovechamiento residual. ....                                       | 16 |
| 2.2.5.2. Economía circular. ....                                              | 17 |
| 2.2.5.3. Ecodiseño.....                                                       | 17 |
| 2.2.5.4. Uso de residuo para la obtención de plásticos biodegradable.....     | 17 |
| 2.2.6. Películas biodegradables y recubrimientos .....                        | 18 |
| 2.2.6.1. Películas biodegradables.....                                        | 18 |
| 2.2.6.2. Recubrimiento comestible. ....                                       | 19 |
| 2.2.6.3. Biopolímeros.....                                                    | 19 |
| 2.2.6.4. Bioplásticos. ....                                                   | 20 |
| 2.2.7. Composición estructural de películas y recubrimientos comestibles..... | 20 |
| 2.2.7.1. Polisacáridos. ....                                                  | 20 |
| 2.2.7.2. Almidón. ....                                                        | 21 |
| 2.2.7.3. Quitina. ....                                                        | 21 |
| 2.2.7.4. Celulosa. ....                                                       | 22 |
| 2.2.7.5. Polímero como base estructural para recubrimientos. ....             | 22 |
| 2.2.8. Incorporación de aceites a los recubrimientos .....                    | 23 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.8.1. Aceites esenciales .....                            | 23 |
| 2.2.8.2. Composición química de los aceites esenciales. .... | 23 |
| CAPÍTULO III .....                                           | 1  |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                        | 1  |
| 3.1. Localización .....                                      | 25 |
| 3.2. Tipo de investigación.....                              | 26 |
| 3.2.1. Investigación descriptiva.....                        | 26 |
| 3.2.2. Investigación exploratoria.....                       | 26 |
| 3.2.3. Investigación experimental .....                      | 26 |
| 3.3. Método de investigación.....                            | 26 |
| 3.4. Fuente de recopilación de información. ....             | 26 |
| 3.4.1. Fuente Primaria .....                                 | 27 |
| 3.4.2. Fuente Secundaria .....                               | 27 |
| 3.5. Diseño de la investigación.....                         | 27 |
| 3.5.1. Esquema del ANDEVA .....                              | 28 |
| 3.6. Instrumento de investigación.....                       | 29 |
| 3.6.1. Variables de estudio.....                             | 29 |
| 3.6.1.1. Variables independientes. ....                      | 29 |
| 3.7. Materiales .....                                        | 30 |
| 3.7.1. Manejo de postcosecha cacao .....                     | 30 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7.2. Diagrama de flujo.....                                                  | 31 |
| 3.8. Elaboración de las películas biodegradables .....                         | 32 |
| 3.8.1. Biodegradabilidad .....                                                 | 32 |
| 3.9. Manejo del experimento y caracterización de películas biodegradables..... | 32 |
| 3.9.1. Propiedades ópticas.....                                                | 32 |
| 3.9.1.1. Color.....                                                            | 32 |
| 3.9.1.2. Transmitancia.....                                                    | 33 |
| 3.9.2. Propiedades de barrera de las películas biodegradables.....             | 33 |
| 3.9.2.1. Permeabilidad al vapor de agua (PVA). ....                            | 33 |
| 3.9.2.2. Espesor.....                                                          | 33 |
| 3.9.2.3. Permeabilidad al agua.....                                            | 33 |
| 3.9.3. Propiedades activas .....                                               | 33 |
| 3.9.3.1. Extracción de componentes fenólicos.....                              | 33 |
| 3.9.3.2. Flavonoides totales. ....                                             | 34 |
| 3.9.3.3. Polifenoles totales.....                                              | 34 |
| 3.9.4. Aplicación de recubrimientos.....                                       | 35 |
| 3.9.4.1. Vida útil y fisicoquímica.....                                        | 35 |
| 3.9.5. Tratamiento de datos .....                                              | 35 |
| 3.10. Recursos humanos y materiales .....                                      | 35 |
| 3.10.1. Recursos humanos.....                                                  | 35 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.10.2. Materiales y equipos.....                                     | 36 |
| 3.10.2.1. Materia prima. ....                                         | 36 |
| 3.10.2.2. Materiales de laboratorio. ....                             | 36 |
| 3.10.2.3. Reactivos.....                                              | 37 |
| 3.10.2.4. Equipos. ....                                               | 37 |
| CAPITULO IV .....                                                     | 25 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES .....                                        | 25 |
| 4.1. Propiedades ópticas .....                                        | 40 |
| 4.1.1. Color.....                                                     | 40 |
| 4.1.1.1. Tono (°h).....                                               | 42 |
| 4.1.1.2. Croma (C*). ....                                             | 42 |
| 4.1.1.3. Índice de blancura (ÍB). ....                                | 43 |
| 4.1.1.4. Índice de amarillez (IA).....                                | 44 |
| 4.1.2. Transmitancia .....                                            | 47 |
| 4.2. Propiedades de barrera .....                                     | 49 |
| 4.2.1. Permeabilidad al agua .....                                    | 50 |
| 4.2.2. Permeabilidad al vapor de agua (PVA) .....                     | 52 |
| 4.2.3. Espesor .....                                                  | 54 |
| 4.3. Propiedades activas .....                                        | 57 |
| 4.3.1. Flavonoides y polifenoles de extracto de mazorca de cacao..... | 57 |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 4.3.1.1. Flavonoides .....                         | 58 |
| 4.3.1.2. Polifenoles.....                          | 61 |
| 4.3.2. Biodegradabilidad .....                     | 64 |
| 4.4. Aplicación del recubrimiento comestibles..... | 66 |
| CAPITULO V.....                                    | 71 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....               | 71 |
| 5.1. Conclusiones.....                             | 72 |
| 5.2. Recomendaciones. ....                         | 73 |
| CAPITULO VI .....                                  | 74 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                  | 74 |
| 6.1. Bibliografía .....                            | 75 |
| CAPITULO VII.....                                  | 86 |
| ANEXOS.....                                        | 86 |
| 7.1. Anexos .....                                  | 87 |

## ÍNDICE DE FIGURAS.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Estructura del propileno .....                                                                                                                                                                                                                                     | 12 |
| <b>Figura 2.</b> Polímeros de base biológica subdivididos en biodegradables y no biodegradables .....                                                                                                                                                                               | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Diagrama de la postcosecha para la obtención de residuos .....                                                                                                                                                                                                     | 31 |
| <b>Figura 4.</b> Representación cromática del espacio de color CIEL*a*b* de las muestras de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                                             | 40 |
| <b>Figura 5.</b> Propiedades ópticas de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. croma(A), tono(B), índice de blancura(C), índice de amarillez(D) .....                                           | 41 |
| <b>Figura 6.</b> Efecto de la adición de Aceite esencial de orégano y Aceite de aguacate en las propiedades ópticas de recubrimientos comestibles bicapa, elaborados a base de extracto de cascarilla de cacao: Tono (A, E) Croma (B, F), Índice de Blancura (C, G) e Índice .....  | 45 |
| <b>Figura 7.</b> Efecto de la interacción de factores en las propiedades ópticas de recubrimientos comestibles bicapa, elaborados a base de extracto de cascarilla de cacao con adición Aceite esencial de orégano (Factor a) y Aceite de aguacate (Factor b): Tono (A) Croma ..... | 46 |
| <b>Figura 8.</b> Evaluación de la Transmitancia de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                                                                                                    | 47 |
| <b>Figura 9.</b> Medidas de efecto factor A y Factor B e interacción en la transmitancia en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. ....                                     | 49 |
| <b>Figura 10.</b> Permeabilidad al agua de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.....                                                                                                             | 50 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 11.</b> Medidas de efecto factor A y Factor B e interacción en las propiedades de barrera en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate ..... | 51 |
| <b>Figura 12.</b> Curvas de permeabilidad al vapor de agua en recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                                                         | 53 |
| <b>Figura 13.</b> Evaluación de Espesor de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate....                                                                        | 55 |
| <b>Figura 14.</b> Medias de efecto factor A y Factor B e interacción en el espesor en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                  | 56 |
| <b>Figura 15.</b> Flavonoides de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                                                                            | 59 |
| <b>Figura 16.</b> Medias e interacciones de Flavonoides de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial orégano y aceite de aguacate .....                                                        | 60 |
| <b>Figura 17.</b> Polifenoles totales de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate..                                                                       | 61 |
| <b>Figura 18.</b> Medias e interacciones de polifenoles de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....                                                      | 63 |
| <b>Figura 19.</b> Biodegradabilidad de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate....                                                                        | 65 |
| <b>Figura 20.</b> Aplicación de recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en atún.....                                                                                                   | 67 |

|                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 21.</b> Evaluación del efecto de la aplicación de recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en la estabilidad fisicoquímica (pH) de atún fresco ..... | 69 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Composición química de los plásticos comerciales.....                                                                                                                                  | 13 |
| <b>Tabla 2.</b> Composición química de la mazorca de cacao .....                                                                                                                                       | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> Localización del trabajo experimental .....                                                                                                                                            | 25 |
| <b>Tabla 4.</b> Diseño experimental bifactorial A*B para determinar el efecto de la adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en recubrimientos comestibles de mazorca de cacao ..... | 28 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza para un diseño factorial AxB .....                                                                                                                                | 28 |
| <b>Tabla 6.</b> Concentración de componentes bioactivos en extractos de mazorca de cacao de la variedad CCN-51 .....                                                                                   | 57 |
| <b>Tabla 7.</b> Especificaciones fisicoquímicas del atún fresco conservado con recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate .....       | 69 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Toma de muestras y liofilizado de mazorca cacao variedad CCN-51 .....                                                                        | 87 |
| <b>Anexo 2.</b> Extracto o concentrado de mazorca de cacao variedad CCN-51.....                                                                              | 88 |
| <b>Anexo 3.</b> Desarrollo del recubrimiento comestible a partir de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate (Parte 1) ..... | 89 |
| <b>Anexo 4.</b> Desarrollo del recubrimiento comestible a partir de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate (Parte 2) ..... | 90 |
| <b>Anexo 5.</b> Propiedades Ópticas del recubrimiento, color .....                                                                                           | 91 |
| <b>Anexo 6.</b> Transmitancia de la película biodegradable.....                                                                                              | 91 |
| <b>Anexo 7.</b> Propiedades de barrera Elongación .....                                                                                                      | 91 |
| <b>Anexo 8.</b> Permeabilidad al vapor de agua.....                                                                                                          | 92 |
| <b>Anexo 9.</b> Espesor de la película biodegradable.....                                                                                                    | 92 |
| <b>Anexo 10.</b> Determinación de flavonoides totales.....                                                                                                   | 92 |
| <b>Anexo 11.</b> Determinación de polifenoles totales.....                                                                                                   | 93 |
| <b>Anexo 12.</b> Biodegradabilidad de la película .....                                                                                                      | 93 |
| <b>Anexo 13.</b> Aplicación del recubrimiento en el atún .....                                                                                               | 94 |
| <b>Anexo 14.</b> Vida útil del recubrimiento aplicado en el atún en refrigeración.....                                                                       | 94 |
| <b>Anexo 15.</b> Análisis de Varianza para Tono (°h) - Suma de Cuadrados Tipo III.....                                                                       | 95 |
| <b>Anexo 16.</b> Análisis de Varianza para Croma (C*) - Suma de Cuadrados Tipo III.....                                                                      | 95 |

|                  |                                                                                                                 |    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 17.</b> | Análisis de Varianza para Índice de Blancura - Suma de Cuadrados Tipo III..                                     | 95 |
| <b>Anexo 18.</b> | Análisis de Varianza para Índice de amarillez - Suma de Cuadrados Tipo III .                                    | 96 |
| <b>Anexo 19.</b> | Análisis de Varianza para Transmitancia - Suma de Cuadrados Tipo III .....                                      | 96 |
| <b>Anexo 20.</b> | Análisis de Varianza para Elongación - Suma de Cuadrados Tipo III.....                                          | 96 |
| <b>Anexo 21.</b> | Análisis de Varianza para Permeabilidad vapor de agua (VPA) - Suma de Cuadrados Tipo III.....                   | 97 |
| <b>Anexo 22.</b> | Análisis de Varianza para Espesor - Suma de Cuadrados Tipo III .....                                            | 97 |
| <b>Anexo 23.</b> | Análisis de Varianza para Flavonoides (mg•100g-1) - Suma de Cuadrados Tipo III .....                            | 97 |
| <b>Anexo 24.</b> | Análisis de Varianza para Polifenoles (mg•100g-1) - Suma de Cuadrados Tipo III .....                            | 98 |
| <b>Anexo 25.</b> | Diagrama de Ishikawa elaborado por el análisis de causa y efecto del problema considerado en dicho estudio..... | 99 |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título:               | “APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE MAZORCA DE CACAO ( <i>Theobroma cacao</i> L.) CON ADICIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO ( <i>Origanum vulgare</i> ) Y ACEITE DE AGUACATE ( <i>Persea americana</i> ) PARA LA CONSERVACIÓN DE ATÚN”.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Autor:                | Molina Lascano José Fernando                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Palabra clave:        | Residuo-mazorca, bicapa, biodegradabilidad, recubrimiento, envases activos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Fecha de publicación: | 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Editorial:            | QUEVEDO, UTEQ, 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Resumen:              | <p><b>RESUMEN</b></p> <p>Esta investigación cuenta con el desarrollo y aplicación de un recubrimiento comestible a base de residuos de mazorca de cacao CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite aguacate para la conservación del atún. El procedimiento consistió en recolectar muestras de cacao de la Estación Experimental Litoral Sur del Cantón Yaguachi de la Provincia del Guayas. Con la finalidad de crear una formulación óptima para elaborar una película biodegradable, la misma que fue evaluada mediante un diseño experimental A*B, con 3 niveles (0.05, 0.1 y 0.15%) en a y 2 niveles en b (0.5 y 1%); siendo a (AEO) y b (AA), logrando una formulación de 6 tratamientos. Las propiedades ópticas, tecnológicas y de barrera de películas biodegradables (bicapa) con aceite esencial de orégano y de aguacate, presentaron características de color propias a los ingredientes activos de la película y el polímero base. Por lo tanto, el resto de las propiedades evidenciaron un efecto combinado (interacción) del aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. El tratamiento a1b0, presentó las mejores propiedades fisicoquímicas del atún refrigerado en un periodo de 6 días. Sin embargo, los resultados de la investigación sobre el desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles utilizando mazorca de cacao CCN-51, indican que las propiedades ópticas, tecnológicas y activas son idóneas para la producción de una película, siendo de gran ventaja para el punto de vista ecológico e industrial presentando altos estándares de biodegradación y compostabilidad en condiciones de ambiente tropical.</p> <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>This research involves the development and application of an edible coating based on CCN-51 cocoa pod residues with the addition of oregano essential oil and avocado oil for the preservation of tuna. The procedure consisted of collecting cocoa samples from the South Coast Experimental Station of the Yaguachi Canton of the Guayas Province. In order to create an optimal formulation to make a biodegradable film, the same one that was evaluated by means of an A*B experimental design, with 3 levels (0.05, 0.1 and 0.15%) in a and 2 levels in b (0.5 and 1%); being a (AEO) and b (AA), achieving a formulation of 6 treatments. The optical, technological and barrier properties of biodegradable films (bilayer) with oregano and avocado essential oil, presented color characteristics typical of the active ingredients of the film and the base polymer. Therefore, the rest of the properties showed a combined effect (interaction) of the essential oil of oregano and avocado oil. The a1b0 treatment presented the best physicochemical and sensory properties of refrigerated tuna in a period of 6 days. However, the results of the research on the development and application of edible coatings using CCN-51 cocoa pods indicate that the optical, technological and active properties are ideal for the production of a film, being of great advantage for the point of use. ecological and industrial point of view, presenting high standards of biodegradation and compostability in tropical environment conditions.</p> |
| Descripción:          | 123 hojas A4s: dimensiones, 29,7 x 21 cm + CD-ROM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Url:                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## INTRODUCCIÓN

El plástico es un polímero sintético derivado del petróleo, se considera un material muy versátil y eficiente ante la sociedad. Este surgió en la década de los 60 por investigaciones del químico inglés Alexander Parkes (1862). Actualmente, los plásticos presentan mayor demanda dentro de la cadena industrial, siendo uno de los instrumentos más usados a nivel mundial en sector alimentario y químico para envases, embalajes, tejido de nylon, piezas de maquinaria, etc., (Lema *et al.*, 2020).

Cada año se producen alrededor de 367 millones de toneladas de plástico en todo el mundo. A pesar de que la proporción de bioplásticos es inferior al 1%; la demanda de bioplásticos aumenta constantemente para su utilización en numerosos mercados. La capacidad de producción mundial de bioplásticos es actualmente la más alta para la industria del embalaje y se espera que alcance el 46% en el año 2026. La participación en la agricultura y la horticultura actualmente abarca entre el 9 y 15%. Esta capacidad de producción mundial crecerá a medio plazo desde unos 2,41 millones de toneladas en 2021 hasta unos 7,59 millones de toneladas en 2026 (Biofed, 2021).

Los residuos plásticos procedentes de botellas, fundas, vasos, empaques, entre otros instrumentos de origen polimérico (polipropileno) tardan en degradarse hasta 500 años; mientras tanto, contaminan el suelo, aire y aguas. Su acumulación afecta la vida de muchas especies de aves, peces, mamíferos acuáticos y terrestres (Rodríguez, 2021). Así mismo, representan un compuesto altamente tóxico, contaminante y perjudicial para la vida y la salud de las personas (Lema *et al.*, 2020).

La degradación del medio ambiente a través de mecanismos de economía lineal de la industria de combustibles fósiles, el agotamiento de recursos, agricultura intensiva y contaminación por desechos; generan efectos asociados con el cambio climático (peligros naturales), conducen a la pobreza, la despoblación y la marginación de las áreas rurales en todo el mundo. Estas áreas también son vulnerables a amenazas críticas como hambrunas, crisis de agua, enfermedades, degradación de la tierra o conflictos. Según un análisis realizado en el año 2020, el 39.6% del plástico generado se usó en el envasado, principalmente de alimentos (Florin *et al.*, 2022).

Dentro de la industria alimentaria, se encuentra otro tipo de sector primario, muy conocido por la industria del chocolate. El cacao (*Teobroma cacao*, L), es un producto de origen nativo que crece en las selvas húmedas del hemisferio occidental y formó parte de antiguas civilizaciones, donde utilizaban las semillas de este fruto para elaborar chocolate. Ecuador es el primer país productor a nivel mundial en producir más del 60% de cacao fino y de aroma (Mite *et al.*, 2020). Latinoamérica produce el 40% del cacao que se exporta en el mundo. Según Abad (2019), Ecuador se convirtió en el primer exportador de cacao en grano en América, lo que representa un aumento del 168% en los últimos 10 años (Borja *et al.*, 2021).

Un estudio realizado por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), el consumo anual per cápita en el Ecuador oscila alrededor de los 300 gramos, en comparación con Colombia que promedia los 1 500 gramos; cinco veces más consumo per cápita del ecuatoriano. En el país, el gasto pasó de 5,8 USD al año a 7,9 USD entre el 2010 y el 2018 (Borja *et al.*, 2021). En Ecuador, las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas suman el 61.3 % de la superficie total plantada (García *et al.*, 2021), lo que implica una gran cantidad de residuos orgánicos. En el sector cacaotero, los residuos que se desechan en la fase postcosecha como la mazorca presentan un perfil de compuestos como Lignina (46.3%), Celulosa (34.4%), Hemicelulosa (11.75%). Por lo tanto, el contenido de lignina concentrada en el residuo representa un aporte significativo en las propiedades mecánicas de la estructura vegetal, que aporta rigidez a la corteza de cacao (Díaz *et al.*, 2021).

Este tipo de compuestos, junto con los antioxidantes presentes en la mazorca presentan un perfil de polímeros interesantes para el área de envases biodegradables activos. La atención en este tipo de compuestos surge debido a que el uso de plásticos en el envasado de productos ha sido objeto de un gran escrutinio en relación con la salud humana e impacto ambiental. Permitiendo ofertar una alternativa que involucre polímeros que se pueden utilizar como películas, revestimientos, envases o barreras protectoras y conservantes. Los residuos que se emplean en este rubro poseen de biomasa agrícola (zeína, soja, celulosa y almidón), polímeros naturales de origen animal (colágeno, gelatina) y residuos de procesamiento de alimentos marinos como quitosano (Gupta *et al.*, 2022).

El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar alternativas para mitigar la contaminación plástica mediante el desarrollo de películas biodegradables empleando polímeros naturales procedentes de desechos agrícolas que reemplacen el plástico convencional (no biodegradable) que se usa para envasar alimentos (Gupta *et al.*, 2022).

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación**

### ***1.1.1. Planteamiento del problema***

El plástico es actualmente uno de los materiales más contaminantes del medio ambiente y del mundo, debido a que su tiempo de envejecimiento es de casi 500 años. El 91% de plásticos no se recicla, por lo que, el 70% terminan en océanos y vertederos. El 12% restante, se incinera, creando humos tóxicos infestan el aire y la atmósfera, siendo agentes nocivos que afectan a los seres vivos. Debido a los tiempos de búsqueda, el bajo precio y calidad del material no se recolectan a menudo, encontrándose muy dispersos y mezclados con otros desechos (Velis *et al.*, 2022).

Por otro lado, la cadena de producción cacaotera es otro de los sectores que generan volúmenes significativos de residuo agroindustriales que se descartan en la fase de postcosecha del cacao entre mazorca (80%), cáscara, placenta y mucílago. En la industria chocolatera el principal residuo es la cascarilla. Actualmente, son considerados como un subproducto de categoría sin valor comercial, los mismos que siguen acumulándose sin aplicar una revalorización de sus compuestos naturales como: biomasa, fibra, celulosa, lignina, pectina, antioxidantes, entre otros.

El cacao es un material natural cuya degradación es limitada, a diferencia de los plásticos proveniente de los petroquímicos que duran muchos años en deteriorarse, por lo que, la implementación de estos residuos de origen cacaotero podrían ser una alternativa que permita diseñar un prototipo de bioplástico activo que reemplace al original.

En el diagrama de Ishikawa (Anexo 25), se realiza el análisis causa-efecto del problema con su enfoque en la falta de alternativas para el desarrollo de envases biodegradables, implementando residuos del sector cacaotero.

### **Diagnóstico.**

El sector cacaotero genera desperdicios en la etapa de postcosecha (mazorca, cáscara, placenta y mucílago) donde estos residuos se consideran vulnerables debido a la cantidad elevada de humedad que presentan, que a su vez involucrando al clima produce una oxidación más rápida generando malos olores, atrayendo a plagas (roedores, buitres, etc.) dando mal aspecto y contaminando al medio ambiente.

### **Pronóstico.**

El desarrollo de nuevas alternativas e implementarlas dentro de la industria alimentaria aplicando residuos agrícolas de origen cacaotero es un factor importante, cuya finalidad es mitigar la contaminación radicada por residuos comúnmente descartados en el entorno ambiental.

#### ***1.1.2. Formulación del problema***

- El desarrollo de recubrimientos comestibles de mazorca de cacao con aceite esencial de orégano y aceite aguacate para conservación de atún.

#### ***1.1.3. Sistematización del problema***

- ¿Qué método emplearía para elaborar un recubrimiento?
- ¿La valorización de residuos provenientes de la postcosecha de cacao?
- ¿Cómo caracterizan los films biodegradables a partir de residuos agroindustriales del cacao?
- ¿Cuál es el efecto que ocasionan el uso de aceites esenciales en la elaboración de recubrimientos comestibles?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. *Objetivo General*

- Aplicar recubrimientos comestibles de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate para conservación de atún.

### 1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Desarrollar un recubrimiento comestible de mazorca de cacao con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate añadidos en bicapa.
- Evaluar las propiedades ópticas, tecnológicas, activas y de barrera de películas biodegradables bicapa con aceite esencial de orégano y aceite aguacate.
- Identificar el efecto de la concentración aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en las propiedades fisicoquímicas del atún refrigerado.
- Determinar el efecto de las propiedades activas de los recubrimientos comestibles en la vida útil del atún refrigerado.

## Hipótesis

Para el desarrollo de los recubrimientos comestibles activos elaborados a partir de mazorca de cacao se llevó a cabo en base a las siguientes hipótesis experimentales:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  ***H<sub>0</sub>***: No existe un efecto de la concentración del aceite esencial de orégano (A), la cantidad de aceite de aguacate (B) y un efecto combinado de A y B, sobre las propiedades tecnologías y funcionales de los recubrimientos comestibles.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$  ***H<sub>1</sub>***: Existe un efecto de la concentración del aceite esencial de orégano (A), la cantidad de aceite de aguacate (B) y un efecto combinado de A y B, sobre las propiedades tecnologías y funcionales de los recubrimientos comestibles.

### **1.3. Justificación**

El objetivo de este trabajo es desarrollar un recubrimiento comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate, empleando residuos de mazorca de cacao obtenidos a partir de la fase de postcosecha de cacao de la variedad CCN-51 para la conservación del atún, con el fin de comparar los recubrimientos comestibles y los plásticos convencionales mediante el uso de la metodología que permita utilizar residuos del sector cacaotero.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco Conceptual**

### ***2.1.1. Película comestible***

Las películas biodegradables son polímeros a base de plástico que tienen aditivos incluidos durante el proceso de fabricación. Generalmente, estas películas se componen de enzimas, proteínas, polisacáridos o materiales lipídicos, permitiendo la descomposición de este (Mederos *et al.*, 2020).

Una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento (RC) del alimento o estará ubicada entre los componentes de este. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de estos (Quintero *et al.*, 2020).

### ***2.1.2. Biodegradable***

La biodegradabilidad se refiere a la capacidad de degradación biológica de los materiales orgánicos por parte de los organismos vivos hasta las sustancias base, como el agua, el dióxido de carbono, el metano, los elementos básicos y la biomasa (Goswami & O'Haire, 2016).

### ***2.1.3. Cacao***

El cacao es un fruto obtenido a partir de un árbol nativo, originario de Ecuador. Así mismo, este fruto se constituye de dos variedades: Nacional y CCN-51, se caracteriza por tener una corteza de color rojizo o amarillo según la variedad que presente (Coronel, 2021).

### ***2.1.4. Aceites esenciales***

Los aceites esenciales extraídos de plantas y especias presentan propiedades antimicrobianas y antioxidantes, convirtiéndolos en aditivos interesantes en la industria alimentaria, incorporándose en películas comestibles (Atarés & Chiralt, 2016).

### ***2.1.5. Residuos***

Los residuos del cacao son materiales que comúnmente se descartan una vez realizada la fase de postcosecha, donde se obtiene el grano mientras la mazorca, placenta, mucilago y cascarilla, son subproductos que generalmente no se aprovechan por el agricultor.

### ***2.1.6. Recubrimiento comestible***

Un recubrimiento es una película que actúa como un nuevo sistema de envasado y controlan la liberación de compuestos activos como antioxidantes, sabores y agentes antimicrobianos. Estos recubrimientos se utilizan para mejorar la calidad y la vida útil de los alimentos. Además, tiene una variedad de funciones en ingredientes alimentarios, derivados de carnes, cereales, frutos secos, frutas y verduras, se están utilizando para producir películas comestibles para tiras y bolsas (McHugh & Avena, 2021).

## **2.2. Marco Referencial**

### ***2.2.1. Plástico convencional***

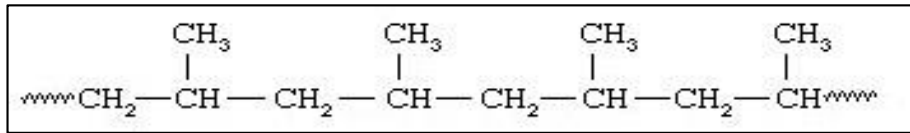
El plástico convencional es el tercer derivado del petróleo más utilizado en el mundo; Cada año se consumen en el planeta 200 millones de toneladas de plástico. Los plásticos convencionales, como los plásticos de combustibles fósiles (también llamados polímeros a base de petróleo) se derivan del petróleo o del gas natural (BioPack, 2019).

### ***2.2.2. Composición química de los plásticos***

Los plásticos se dividen en dos categorías. Una de ellas son los plásticos que están hechos de polímeros alifáticos (lineales) átomos de carbono en sus cadenas principales. La otra categoría se compone de polímeros de heterocadena. Estos contienen átomos como oxígeno, nitrógeno o azufre en sus cadenas principales, además de carbono (Rodríguez, 2022). La estructura del polipropileno (Figura 1) se muestra a continuación:

**Figura 1.**

*Estructura del propileno*



**FUENTE:** (Rodríguez, 2022)

### ***2.2.3. Tipos de plástico usados por las industrias alimentarias***

Los plásticos más usados en las industrias alimentarias se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Composición química de los plásticos comerciales*

| <b>Propiedades y aplicaciones de plásticos comercialmente importantes</b> |                                    |                               |                                              |                                               |                                                |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Familia y tipo de polímero</b>                                         | <b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Grado de cristalinidad</b> | <b>Temperatura de transición vítrea (°C)</b> | <b>Temperatura de fusión del cristal (°C)</b> | <b>Temperatura de deflexión a 1,8 mpa (°C)</b> |
| <b>Termoplásticos</b>                                                     |                                    |                               |                                              |                                               |                                                |
| <b>Cadena de carbono</b>                                                  |                                    |                               |                                              |                                               |                                                |
| <b>Polietileno de densidad alta (HDPE)</b>                                | 0,95–0,97                          | Elevado                       | –120                                         | 137                                           | —                                              |
| <b>Polietileno de densidad baja (LDPE)</b>                                | 0,92–0,93                          | Moderado                      | –120                                         | 110                                           | —                                              |
| <b>Polipropileno (PP)</b>                                                 | 0,90–0,91                          | Elevado                       | –20                                          | 176                                           | —                                              |
| <b>Poliestireno (PS)</b>                                                  | 1.0–1.1                            | Nulo                          | 100                                          | —                                             | —                                              |
| <b>Cloruro de polivinilo, sin plastificar (PVC)</b>                       | 1.3–1.6                            | Nulo                          | 85                                           | —                                             | —                                              |
| <b>Metacrilato de polimetilo (PMMA)</b>                                   | 1.2                                | Nulo                          | 115                                          | —                                             | —                                              |
| <b>Politetrafluoroetileno (PTFE)</b>                                      | 2.1–2.2                            | moderado-alto                 | 126                                          | 327                                           | —                                              |
| <b>Heterocadena</b>                                                       |                                    |                               |                                              |                                               |                                                |
| <b>Tereftalato de polietileno (PET)</b>                                   | 1.3–1.4                            | Moderado                      | 69                                           | 265                                           | —                                              |
| <b>Policarbonato (PC)</b>                                                 | 1.2                                | Bajo                          | 145                                          | 230                                           | —                                              |
| <b>Poliacetal</b>                                                         | 1.4                                | Moderado                      | –50                                          | 180                                           | —                                              |
| <b>Polieteretercetona (PEEK)</b>                                          | 1.3                                | Nulo                          | 185                                          | —                                             | —                                              |
| <b>Sulfuro de polifenileno (PPS)</b>                                      | 1.35                               | Moderado                      | 88                                           | 288                                           | —                                              |
| <b>Diacetato de celulosa</b>                                              | 1.3                                | Bajo                          | 120                                          | 230                                           | —                                              |
| <b>Policaprolactama (nylon 6)</b>                                         | 1.1–1.2                            | Moderado                      | 50                                           | 210–220                                       | —                                              |
| <b>Termoestables*</b>                                                     |                                    |                               |                                              |                                               |                                                |
| <b>Heterocadena Poliéster (insaturado)</b>                                | 1.3–2.3                            | Nulo                          | —                                            | —                                             | 200                                            |
| <b>Epoxis</b>                                                             | 1.1–1.4                            | Nulo                          | —                                            | —                                             | 110–250                                        |
| <b>Fenol formaldehído</b>                                                 | 1.7–2.0                            | Nulo                          | —                                            | —                                             | 175–300                                        |
| <b>Poliuretano</b>                                                        | 1.05                               | Bajo                          | —                                            | —                                             | 90–100                                         |

**FUENTE:** (Rodríguez, 2022).

#### **2.2.4. Cacao**

El cacao (*Theobroma cacao*, L.) es un importante producto agrícola comercializado a nivel mundial y con una demanda en continuo aumento. El cacao es un producto fresco que luego de separar sus almendras y fermentarlas, sufren un proceso de transformación de sus compuestos lipídicos, fibras, minerales, carbohidratos, proteínas y bioactivos tales como; polifenoles y metilxantinas. Sin embargo, este fruto es el ingrediente principal para elaborar chocolate (Ozlem *et al.*, 2021).

##### **2.2.4.1. Postcosecha de cacao.**

La fase de postcosecha consiste en recopilar la almendra de cacao, considerado como prioridad por parte del agricultor/productor dejando de lado a los residuos que no aportan un bien monetario como mazorca, placenta y mucilago. De igual manera, las industrias productoras de chocolate, confites, barras, bombones, etc., descartan a la cascarilla una vez realizado el proceso de tostado y en ocasiones eliminan los nibs, aquellos que presentan quemaduras por excesos de temperatura o morfología del grano de cacao.

##### **2.2.4.2. Variedades de cacao.**

A nivel comercial, se diferencian el cacao criollo, forastero y trinitario. El cacao criollo se caracteriza porque la mazorca es de tamaño mediano y la punta es curvada, sus semillas son muy grandes y jugosas y su aroma es delicioso. El cacao forastero se caracteriza por la coloración de la mazorca, inicialmente es de color verde claro o rosado pálido, luego amarilla, la punta es redondeada, la cáscara es lisa o ligeramente rugosa, delgada, tiene diez surcos superficiales, con capa lignificada en el centro del pericarpio. Las semillas son pequeñas, moradas, triangulares en corte transversal, aplastadas o achatadas (Graziani de Fariñas *et al.*, 2022).

La variedad CCN-51, es un clon de cacao que procede del cruzamiento de cacao tipo forastero y criollo. Por lo tanto, al hablar de cacao existen una infinidad de grados de cruzamiento y sus características son intermedias. Este fruto fue creado en 1965 por el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita, se caracteriza por su capacidad productiva y su

resistencia a enfermedades. Los frutos de este clon poseen una coloración rojiza antes y después de alcanzar el estado de madurez fisiológica (Romero *et al.*,2016).

Además, es reconocido por sus características de alto rendimiento para la extracción de semielaborados, ingredientes esenciales para la producción a escala de chocolates y otros productos (Romero *et al.*,2016).

#### **2.2.4.3. Residuos generados por la postcosecha.**

La fase de postcosecha consiste en recopilar la almendra de cacao, considerado como prioridad por parte del agricultor/productor dejando de lado a los residuos que no aportan un bien monetario como mazorca, placenta y mucilago. De igual manera, las industrias productoras de chocolate, confites, barras, bombones, etc., descartan a la cascarilla una vez realizado el proceso de tostado y en ocasiones eliminan los nibs, aquellos que presentan quemaduras por excesos de temperatura o morfología del grano de cacao (Reyes, 2020).

#### **2.2.4.4. Mazorca de cacao.**

La mazorca de cacao es la parte externa de corteza fuerte y gruesa, la misma que protege al grano de condiciones climáticas adversas y de las plagas. Este pericarpio mide 15-30cm de largo y 10cm de ancho con una masa de 500g, el color y tamaño de este fruto depende de la madurez, variedad y las condiciones del cultivo (Reyes, 2020).

La mazorca de cacao (Tabla 2), se constituye a partir de epicarpio, mesocarpio, endocarpio. El epicarpio está enriquecido con lignina mientras que el mesocarpio contiene más o menos el 50% de celulosa. El endocarpio, está formado por unidades de fenilpropano (p-cumarilo, alcoholes de coniferilo y sinapilo) unidos a la celulosa y la hemicelulosa, proporcionando rigidez a la pared celular de la planta en sustancias pécticas (Lu *et al.*, 2018).

**Tabla 2.***Composición química de la mazorca de cacao*

| Parámetros   | Cantidad   |
|--------------|------------|
| Celulosa     | 19,7-26,1% |
| Hemicelulosa | 8,7-12,8%  |
| Lignina      | 14-28%     |

**FUENTE:** (Lu *et al.*, 2018).

### **2.2.5. Valorización del sector cacaotero**

La valorización residual, depende de la implementación de tecnologías aptas que permita industrializar residuos agrícolas del sector cacaotero, para crear nuevos productos o alternativas de mejor calidad, que satisfaga las necesidades de la sociedad y que a su vez sean amigables con el medio ambiente (Orejuela *et al.*, 2021).

El uso de biorresiduos generados como materia prima para la producción de bioplásticos biodegradables ha abierto una nueva vía para la sostenibilidad ambiental desde el punto de vista de la (bio) economía circular. La producción de bioplásticos biodegradables puede contribuir a los pilares de la sostenibilidad (ambiental, económica y social). Existen varios tipos de biorresiduos, como residuos de alimentos, residuos de la agroindustria, residuos de biodiésel y residuos lácteos, etc., que se producen en todo el mundo en cantidades abundantes. La gestión de estos desechos también es una tarea desafiante, ya que estos desechos son ricos en contenido orgánico y de nutrientes que favorecen el crecimiento microbiano y pueden causar contaminación ambiental (Ali *et al.*, 2022).

#### **2.2.5.1. Aprovechamiento residual.**

Los residuos agroalimentarios consisten en formar parte de una biomasa lignocelulósica de origen vegetal que está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina; esta es la razón por la que se dificulta el aprovechamiento de estos residuos, debido a la estructura compleja que esta composición le confiere, ya que no puede ser degradada fácilmente por los microorganismos (Bernal, 2021). Con el objetivo de reducir el uso de compuestos químicos en la industria alimentaria, recientemente ha surgido un interés

creciente por el uso de aditivos alimentarios naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes que no tienen efectos negativos sobre la salud humana (Atarés & Chiralt, 2016).

#### ***2.2.5.2. Economía circular.***

La economía circular, consiste en la regeneración de los desechos agrícolas que terminan siendo descartados al convertirlos en materias primas que serán útiles para un nuevo ciclo. Por ello, ha cobrado un creciente interés biotecnológico debido a su alto valor nutricional por la presencia de una variedad de biocompuestos, como polifenoles, fibras dietéticas, teobromina y un perfil lipídico similar al de la manteca de cacao y se caracteriza por su color y sabor a chocolate (Bernal, 2021).

Así también, los residuos de cacao se pueden transformar en piensos y potasa para la fabricación de jabón blando, abono y fertilizantes orgánicos. Además, existen estudios que utilizan este residuo como materia prima para la obtención de carbón activado, sustrato en diferentes bioprocesos, suplemento alimenticio por su alto contenido de fibra, producción de biocombustibles, entre otros (Bernal, 2021).

#### ***2.2.5.3. Ecodiseño.***

El ecodiseño tiene por finalidad integrar los aspectos ambientales con el diseño y desarrollo de un producto, reduciendo el impacto ambiental adverso (Brambila & Sakao, 2021). Al aplicar estrategias que permiten tomar decisiones sobre la sostenibilidad de los productos y servicios. Dando la posibilidad de reparación, actualización, remanufactura de productos y la mejora de la reciclabilidad de los materiales con el diseño del producto (Akizu *et al.*, 2022). El objetivo del diseñador es desarrollar productos y servicios que encajen en la economía circular con los principios del ecodiseño. El diseñador siempre busca el mejor compromiso entre las pautas de ecodiseño y los demás requisitos del producto (técnicos, económicos y humanos) (Van, 2022).

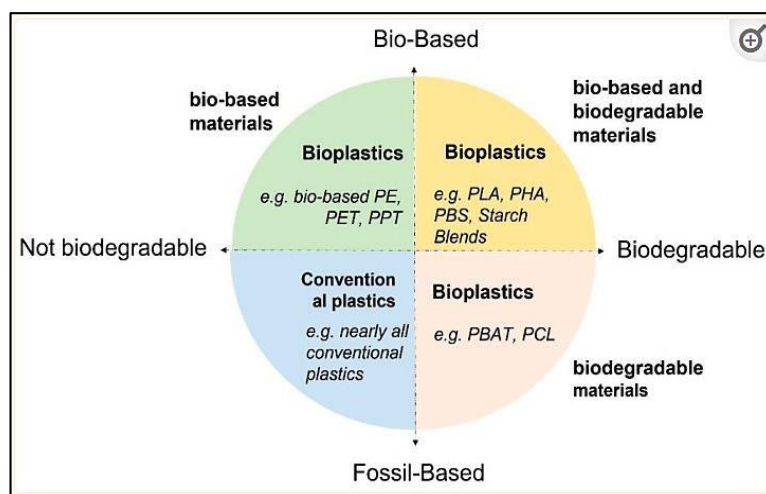
#### ***2.2.5.4. Uso de residuo para la obtención de plásticos biodegradable.***

Los residuos agroalimentarios (como bagazo de cervecería, orujo de aceituna, pulpa residual de la elaboración de zumos de frutas, etc.) se producen anualmente en cantidades

muy elevadas y suponen un grave problema, tanto medioambiental como económico. Estos desechos pueden utilizarse como materias primas secundarias para producir bienes de valor agregado dentro de los principios de la economía circular. El uso de desechos agroalimentarios para producir componentes básicos para la fabricación de bioplásticos o biorrellenos (Figura 2) para mezclarlos con otros bioplásticos (Visco *et al.*, 2022).

**Figura 2.**

*Polímeros de base biológica subdivididos en biodegradables y no biodegradables*



**FUENTE:** (Visco *et al.*, 2022)

## 2.2.6. Películas biodegradables y recubrimientos

### 2.2.6.1. Películas biodegradables.

Los plásticos biodegradables también pueden tener propiedades similares a los plásticos tradicionales y al mismo tiempo brindar beneficios adicionales debido a su impacto mínimo en el medio ambiente en términos de producción de dióxido de carbono, siempre que se contenga una gestión adecuada de los desechos, como el compostaje. La demanda de materiales rentables y ecológicos aumenta para reducir la gestión de residuos y los problemas de contaminación. El plástico biodegradable puede descomponerse en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) en 20–45 días si hay suficiente humedad, oxígeno y un número adecuado de microorganismos. Se pueden encontrar en vertederos naturales o estiércol en comparación con los plásticos convencionales cuya esperanza de vida es de aproximadamente cien a mil años (Moshood *et al.*, 2022).

Las películas y recubrimientos comestibles son capas delgadas que se recubren en la superficie de los productos alimenticios. Las principales funciones de este tipo de envases son la comestibilidad y la biodegradabilidad. Las películas comestibles pueden mejorar potencialmente las propiedades mecánicas y de barrera, la conveniencia y prolongar la vida útil de varios productos (Nesic & Seslija, 2017).

#### **2.2.6.2. Recubrimiento comestible.**

La aplicación de recubrimientos comestibles es una técnica novedosa en la conservación postcosecha debido a su sencilla aplicación, eco amigable y efectividad. Los recubrimientos comestibles también pueden mejorar los aspectos de calidad y seguridad de los productos frescos. Por lo tanto, prolongan la vida útil (Firdous *et al.*, 2023).

Los recubrimientos comestibles se producen principalmente a partir de biopolímeros, incluidos proteínas, polisacáridos (carbohidratos y gomas), lípidos y aditivos de calidad alimentaria. Las películas comestibles son muy fáciles de manipular, debido a que son producidas por métodos de fundición, ya que requieren menos calor y no contienen disolventes tóxicos en comparación con los envases tradicionales para alimentos a base de petróleo. Estos recubrimientos elaborados a base de polisacáridos poseen buenas barreras de oxígeno y tienen el potencial de entrecruzarse con varios micronutrientes o sabores para mejorar las funcionalidades del material de envasado. Sin embargo, estas películas comestibles a base de lípidos tienen una buena barrera contra la humedad, pero bajas propiedades mecánicas debido a su hidrofobicidad, considerándola de aceptabilidad ambiental (Nesic & Seslija, 2017).

#### **2.2.6.3. Biopolímeros.**

La encapsulación de pigmentos naturales con biopolímeros consiste en formar un complejo con el objetivo de hacer que estos compuestos sean menos susceptibles a los agentes oxidantes y degradantes, pudiendo también ser utilizados para mejorar su solubilidad en diferentes medios (Rocha *et al.*, 2023).

Los biopolímeros son moléculas poliméricas naturales sintetizadas por organismos vivos y consisten en unidades monoméricas unidas covalentemente para producir moléculas

más grandes con alto peso molecular. La fibrina, queratina, colágeno, zeína y albúmina son algunos ejemplos de polipéptidos. Los polisacáridos poseen la estructura más simple entre estos tres biopolímeros. Generalmente se conocen como moléculas de carbohidratos poliméricos lineales o ramificados. La celulosa, la quitina, el quitosano, el almidón y el alginato son algunos ejemplos de polisacáridos (Peramune *et al.*, 2022).

#### **2.2.6.4. Bioplásticos.**

Los bioplásticos son una alternativa sostenible a los plásticos convencionales a base de petróleo. Debido a que desempeñen un papel importante en la economía circular para lograr objetivos de desarrollo sostenible (ODS), como evitar el uso de combustibles fósiles, presentar nuevos enfoques de degradación o reciclaje y disminuir los productos químicos tóxicos en etapas de fabricación (Celletti *et al.*, 2023). Por lo que, el uso de estos plásticos tiene la facilidad de sintetizarse debido a que se elaboran a partir de materiales orgánicos naturales como polisacáridos, proteínas y lípidos (Shafqat *et al.*, 2020).

Los bioplásticos son materiales poliméricos producidos a partir de fuentes renovables de biomasa, como grasas y aceites vegetales, almidón de maíz, paja, astillas de madera, desechos de alimentos reciclados, etc. Los bioplásticos generalmente se derivan de azúcar, incluidos el almidón, celulosa y ácido láctico. A partir de 2014, los bioplásticos representaron aproximadamente el 0,2 % del mercado mundial de polímeros (300 millones de ton) (BioPack, 2019).

#### **2.2.7. Composición estructural de películas y recubrimientos comestibles**

##### **2.2.7.1. Polisacáridos.**

Los polisacáridos son moléculas orgánicas formadas por más de diez monosacáridos, unidos mediante enlaces *o*-glucosídicos. Su fórmula general contiene átomos de carbono (C) hidratados con moléculas de agua (H<sub>2</sub>O). Por lo tanto, presentan solubilidad en este fluido y su clasificación se establece con base a la posición de su grupo carbonilo (C=O). Formado por un átomo de C unido a un átomo de oxígeno (O) mediante un doble enlace. Si el grupo C=O se localiza en el extremo de la molécula, es una aldosa. Si el grupo C=O se localiza en medio de la molécula, es una cetosa.

Según Pacheco *et al.* (2021), los polisacáridos son la principal fuente biológica de almacenamiento y consumo de energía y forman parte de la estructura orgánica de todos los seres vivos. Su ingreso en el organismo es a partir del alimento y su hidrólisis (ruptura de enlaces *o*-glucosídicos) depende de las amilasas producidas en las parótidas, glucógeno fosforilasa y glucosa-6-fosfatasa, producidas por las células acinares del páncreas.

Posterior a esta hidrólisis, se libera al monómero glucosa (GLU), con la fórmula química  $C_6H_{12}O_6$  puede ser absorbida por medio del epitelio intestinal y se distribuye por el torrente sanguíneo a los diferentes tejidos, donde presenta cinco principales vías metabólicas:

- a) Gluconeogénesis.
- b) Ruta de las pentosas fosfato.
- c) Glucogenólisis.
- d) Glucólisis
- e) Glucogénesis.

#### **2.2.7.2. Almidón.**

El almidón es el hidrato de carbono más abundante en la tierra, el cual da el mayor aporte de energía a los humanos, está conformado por dos moléculas llamadas amilosa y amilopectina. El almidón se constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos en función de estas propiedades fisicoquímicas, empleadas a la preparación de sopas, helados, gelatinas y conservas. El almidón es una mezcla de glucanos, ya que cada partícula insoluble de almidón involucra principalmente amilosa y amilopectina. El almidón se localiza en el interior de las células vegetales, formando partículas insolubles. La amilosa, es un polímero lineal y la amilopectina un polímero ramificado (Hurtado, 2019).

#### **2.2.7.3. Quitina.**

La quitina es la sustancia orgánica más abundante en la naturaleza después de la celulosa, es un biopolímero lineal; al ser altamente insoluble en agua, estas limitan sus aplicaciones. Estos se disuelven rápidamente en ácidos concentrados, en algunos fluoro-alcoholes y soluciones al 5% de cloruro de litio, lo que la hace poco práctica para su

aplicación. Otras propiedades relevantes de este biopolímero son de alto peso molecular y su estructura porosa favorece una elevada absorción de agua (Mármol *et al.*, 2021).

#### **2.2.7.4. Celulosa.**

La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces 1,4- $\beta$ glucosídicos. Tiene una estructura semicristalina, que puede variar dependiendo del tipo de fuente de la cual es aislada. Igualmente es posible obtener múltiples tipos de morfologías, estructuras supramoleculares, relaciones de aspecto y por ende propiedades físicas y mecánicas muy variadas. Adicional a lo anterior, la presencia de tres grupos OH en cada una de las unidades estructurales le permite reaccionar bien sea como un alcohol, un éster o un éter. Esto ha permitido ampliar la gama tanto de modificaciones químicas posibles como de derivados y que hayan sido empleados tanto por la industria farmacéutica, alimentaria y textil. En años recientes, polímeros derivados de la celulosa han adquirido un renovado interés debido a su potencial de biodegradación (Gañán *et al.*, 2017).

#### **2.2.7.5. Polímero como base estructural para recubrimientos.**

Los recubrimientos de polímero son finas capas de polímero aplicadas a sustratos planos o irregulares. Estos recubrimientos poliméricos pueden ser funcionales, protectores o decorativos. También se utilizan para modificar superficies (recubrimientos de papel, recubrimientos hidrofóbicos). Aunque los recubrimientos poliméricos son en su mayoría orgánicos, pueden contar con partículas de cerámica o metal para mejorar su resistencia, funcionalidad o estética (Irtiz *et al.*, 2015).

Las películas biodegradables son polímeros de aproximadamente un 65% y 35% de aniones (% en peso). Representan compuestos orgánicos que contienen átomos de diversas temperaturas y otras condiciones ambientales durante la vida del producto. Sin embargo, la aplicación, de un polímero tiene que ser estable y mantener su estructura o morfología de la molécula instantáneamente y de forma reversible carbono, junto con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y halógenos (Bernés, 2017).

### ***2.2.8. Incorporación de aceites a los recubrimientos***

La incorporación de aceite esencial afecta la continuidad de la matriz polimérica, lo que lleva a cambios físicos que dependen de las interacciones específicas de los componentes polímero-aceite. Generalmente, la estructura de la película se debilita por la adición de aceite, mientras que se mejoran las propiedades de barrera contra el agua y se reduce la transparencia. Los aceites esenciales pueden proporcionar a las películas propiedades antioxidantes y/o antimicrobianas. La composición del aceite y las interacciones específicas con el polímero determinan su eficacia como ingrediente activo (Atarés & Chiralt, 2016).

#### ***2.2.8.1. Aceites esenciales.***

Los aceites esenciales representan un ingrediente interesante para el envasado de alimentos biodegradables, principalmente debido a su origen natural y sus propiedades funcionales (antioxidantes/antimicrobianas), lo que permite obtener materiales activos con el objetivo de extender la vida útil y agregar valor al producto (Atarés & Chiralt, 2016).

#### ***2.2.8.2. Composición química de los aceites esenciales.***

Un aceite esencial puede contener entre 50 a 300 compuestos químicos, los cuales pertenecen a los grupos de hidrocarburos terpénicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otro. Los aceites esenciales cumplen un rol ecológico como atrayentes de polinizadores y dispersores de frutos y semillas; además pueden actuar como repelentes de insectos y forman parte de la defensa química de las plantas (Ruiz *et al.*, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización

La presente investigación de recubrimiento comestible a base de residuo de la cadena de beneficio del cacao a partir de la mazorca de cacao variedad CCN-51 se llevó a cabo con la ayuda de diferentes instituciones, indicado en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Localización del trabajo experimental*

| INVESTIGACIÓN                                                   | LOCALIZACIÓN                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparación de la muestra.</b>                               | — Recolección y preparación de muestras: Estación Experimental Litoral Sur, Yaguachi, Guayas.                                                                                                                           |
|                                                                 | — Secado y molienda: Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos, Estación Experimental “Santa Catalina”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Mejía, Pichincha-Quito. |
| <b>Análisis de propiedades ópticas, tecnológicas y activas.</b> | — Laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) Cantón Manta, Provincia de Manabí.                                                                                                                  |
|                                                                 | — Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos, Estación Experimental “Santa Catalina”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Mejía, Pichincha-Quito.                    |

**ELABORADO: AUTOR**

### **3.2. Tipo de investigación**

En el presente estudio se realizó el recubrimiento comestible, basándose en los siguientes aspectos.

#### ***3.2.1. Investigación descriptiva***

Este tipo de investigación realiza un informe detallado sobre el fenómeno de estudio y sus características, busca tener una información clara sobre el instrumento a estudiar.

#### ***3.2.2. Investigación exploratoria***

La investigación exploratoria, se encarga de tener un primer acercamiento con fenómenos poco estudiados con el fin de brindar información más clara, permitiendo analizar e investigar el desarrollo de recubrimientos comestibles con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate para la conservación de atún. Teniendo en cuenta que, se utilizaron residuos de mazorca de cacao de la variedad CCN-51.

#### ***3.2.3. Investigación experimental***

La investigación experimental obtiene los datos del movimiento deliberado realizado por el especialista y que apunta a ajustar la realidad determinada a realizar la particularidad real que se investiga, y posteriormente tener la opción de advertirla.

### **3.3. Método de investigación**

El método que será empleado en esta investigación evalúa las características de las propiedades ópticas, tecnológicas y activas sobre parámetros del recubrimiento comestible.

### **3.4. Fuente de recopilación de información.**

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo la implementación de dos tipos de fuentes de recopilación de información.

#### **3.4.1. Fuente Primaria**

Las fuentes primarias de información que se emplearon para el desarrollo de esta investigación se componen por trabajo de campo y pruebas de laboratorio mediante:

- Recolección de muestras frescas de mazorca de cacao (CCN-51).
- Ensayos o manuales.
- Caracterización fisicoquímica y funcional.

#### **3.4.2. Fuente Secundaria**

Las fuentes secundarias permitieron recopilar información donde se obtuvo material bibliográfico que sirvió de referencia para plantear el desarrollo metodológico del estudio, así como el análisis e interpretación de resultados mediante las fuentes de información:

- Artículos Científicos
- Libros
- Revistas Científicas
- Tesis Doctorales
- Tesis de Pregrado

### **3.5. Diseño de la investigación**

El efecto de la concentración de aceites esenciales de orégano y de aceite de aguacate en una película biodegradable de recubrimientos comestibles de mazorca de cacao bicapa con propiedades activas, se evaluó, mediante un diseño A\*B, con 3 niveles en A y 2 niveles en B; obteniéndose la siguiente combinación de factores.

**Tabla 4.**

*Diseño experimental bifactorial A\*B para determinar el efecto de la adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en recubrimientos comestibles de mazorca de cacao*

| Factores                                      | Niveles                | Combinación                   | Niveles           |
|-----------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <b>Factor A</b><br>Aceite esencial de orégano | a <sub>0</sub> : 0,05% | a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> | 0,05% AEO; 0,5%AA |
|                                               | a <sub>1</sub> : 0,1%  | a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> | 0,1% AEO; 0,5%AA  |
|                                               | a <sub>2</sub> : 0,15% | a <sub>2</sub> b <sub>0</sub> | 0,15% AEO; 0,5%AA |
| <b>Factor B</b><br>Aceite de aguacate         | b <sub>0</sub> : 0,5%  | a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> | 0,05% AEO; 1%AA   |
|                                               | b <sub>1</sub> : 1%    | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | 0,1% AEO; 1%AA    |
|                                               |                        | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | 0,15% AEO; 1%AA   |

ELABORADO: AUTOR

### 3.5.1. Esquema del ANDEVA

En la Tabla 5 se presenta el esquema del ANDEVA para el diseño AxB aplicado en la presente investigación.

**Tabla 5.**

*Análisis de varianza para un diseño factorial AxB*

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrados Medios               | Razón de Varianza |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|
| <b>Factor A</b>     | SCA               | (a-1)              | SCA/ (a-1)                     | CMA/ CME          |
| <b>Factor B</b>     | SCB               | (b-1)              | SCB/ (b-1)                     | CMB/ CME          |
| <b>Interacción</b>  | SC (AB)           | (a-1) (b-1)        | SC (AB)/ (a-1) (b-1)           | CMA (AB) / CME    |
| <b>Residuo</b>      | SC <sub>ε</sub>   | (ab-1) (r-1)       | SC <sub>ε</sub> / (ab-1) (r-1) |                   |
| <b>Total</b>        | SCT               | abr-1              |                                |                   |

ELABORADO: AUTOR

### Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + \epsilon_{ij} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

|                 |                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------|
| $\mu$           | Efecto global                                            |
| $A_i$           | Efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i = 1, \dots, a$ |
| $B_j$           | Efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j = 1, \dots, b$ |
| $(AB)_{ij}$     | Efecto de la interacción entre los factores A y B        |
| $R_k$           | Efecto de las replicaciones, $k = 1, \dots, r$           |
| $\epsilon_{ij}$ | Residuo o error experimental                             |

## 3.6. Instrumento de investigación

### 3.6.1. Variables de estudio

El efecto de cada uno de los factores planteados en el estudio se evaluó a través de las siguientes variables.

#### 3.6.1.1. Variables independientes.

- Concentración de aceite esencial de orégano
- Concentración de aceite de aguacate

#### 3.6.1.2. Variables dependientes.

- Propiedades ópticas
- Propiedades tecnológicas
- Propiedades activas

### 3.7. Materiales

Para el desarrollo de esta investigación, los residuos de cacao de la variedad CCN-51, se obtuvieron de la Estación Experimental Litoral Sur, ubicada en el Cantón Yaguachi, Provincia del Guayas perteneciente a la provincia del Guayas.

El aceite esencial de orégano (marca doTERRA; Quito, Ecuador) el aceite de aguacate (marca Mira; Mira, Ecuador), almidón de maíz (Alitecno; Quito, Ecuador); gelatina sin sabor (Zurilar; Ambato, Ecuador), glicerol (Casa del Químico; Quito, Ecuador) y el pescado se obtuvo en un supermercado local (Supermaxi, Quito, Ecuador).

#### *3.7.1. Manejo de postcosecha cacao*

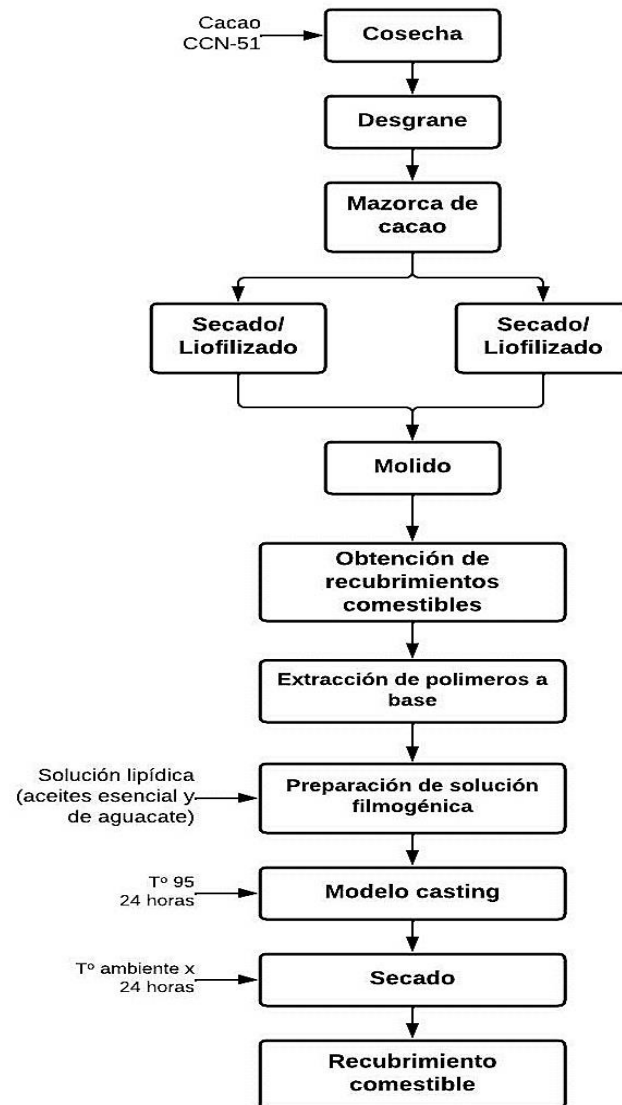
El manejo postcosecha se llevó a cabo en la Estación Experimental Litoral Sur (Yaguachi, Guayas), donde se recolecto muestras de cacao CCN-51. El desgrane se realizó con ayuda de un machete separando la mazorca de los demás residuos (mucílago, placenta y cascarilla), recopilando un total de 40 kg de muestra residual (mazorca), la misma que se almacenó en fundas herméticas (Ziploc) y fueron trasladadas en hieleras plásticas con dimensiones de (26 cm de largo x 15,5 cm de ancho y 14 cm de alto) evitando la oxidación y pérdida de nutrientes al estar en contacto de la luz, oxígeno, etc. Posteriormente, las muestras fueron liofilizadas y llevadas al molino para ser trituradas obteniendo un polvo de residuos de cacao, que se almacenaron para su posterior uso.

Este procedimiento se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la Estación Experimental “Santa Catalina” ubicada en el cantón Mejía-Quito.

### 3.7.2. Diagrama de flujo

**Figura 3.**

*Diagrama de la postcosecha para la obtención de residuos*



**ELABORADO: AUTOR**

### **3.8. Elaboración de las películas biodegradables**

Para el desarrollo de las películas biodegradables se preparó empleando 100 mL de solución formadoras de película biodegradable a partir de una mezcla con almidón de maíz (1%) y gelatina (3 %; p/p). La mezcla se disolvió en agua destilada a 83 °C, con agitación constante durante 10 minutos y se agregó 2% de glicerol como plastificante y extracto de mazorca de cacao (1.7%). Para la preparación de las películas biodegradables activas, se desarrolló películas biodegradables en bicapa. En la primera capa, se enfrió la mezcla filmogénica y se preparó mezclas individuales con 0.05, 0.1 y 0.15 % (p/p) de aceite esencial de orégano a 60°C. En la segunda capa se empleó la misma base filmogénica y se incorporó aceite de aguacate al 0,5 y 1%.

#### ***3.8.1. Biodegradabilidad***

La biodegradabilidad de las películas se determinó mediante un ensayo enterrado, sometiendo a las muestras a condiciones ambientales de clima andino, bajo condiciones climáticas y edafológicas propias de la Estación Experimental Santa Catalina. El proceso de descomposición de los bioplásticos se registró a partir de la pérdida de peso de las muestras enterradas en un periodo de 12 días (Iglesias, 2021).

### **3.9. Manejo del experimento y caracterización de películas biodegradables**

#### ***3.9.1. Propiedades ópticas***

##### ***3.9.1.1. Color.***

El color y las características cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) de las películas biodegradables se midieron con ayuda de un colorímetro previamente calibrado contra fondo blanco y negro. Las mediciones se realizaron en diferentes puntos de las películas para posteriormente calcular el tono, croma, índice de amarillez e índice de blancura (Arriaga, 2018).

### **3.9.1.2. Transmitancia.**

Las propiedades de barrera a la luz o transmitancia de las películas biodegradables se determinaron mediante espectrofotometría (UV-VIS). La transparencia de las películas se evaluó realizando un barrido de transmitancia entre 200 nm a 800 nm (Solano *et al.*, 2018).

### **3.9.2. Propiedades de barrera de las películas biodegradables**

#### **3.9.2.1. Permeabilidad al vapor de agua (PVA).**

La permeabilidad al vapor de agua de las películas biodegradables se determinó por gravimetría. Las propiedades de barrera de las películas se establecieron a través de la ganancia de peso de muestras de sílica gel, que tenían como barrera las películas desarrolladas. Las pruebas se realizaron en un microambiente (deseccador) con 100% de humedad relativa (Solano *et al.*, 2018).

#### **3.9.2.2. Espesor.**

El espesor de las películas biodegradables se determinó con la ayuda de un micrómetro digital, tomando medidas en diferentes puntos del bioplástico desarrollado (Arriaga, 2018).

#### **3.9.2.3. Permeabilidad al agua.**

La permeabilidad al agua se determinó a partir de la resistencia y rigidez que el biofilm que puede soportar antes de su ruptura (Solano *et al.*, 2018).

### **3.9.3. Propiedades activas**

#### **3.9.3.1. Extracción de componentes fenólicos**

Para la extracción de los componentes fenólicos se pesó 0,3 g de película biodegradable y se añadió 5 mL de una disolución de metanol, agua, ácido fórmico (70:30:0,1 %; v/v/v). El proceso de extracción se realizó durante cinco ciclos combinados de agitación (Agitador Mistral Multi-Mixer; Melrose Park, USA) e inmersión en un baño ultrasónico (Cole Parmer modelo 8892; Chicago, USA) durante 5 y 10 minutos,

respectivamente. La muestra se centrifugó en frío, durante 10 minutos a 4400 rpm (Damon EC DIVISION; EE.UU.)

El extracto bruto de cada ciclo de extracción se recolectó en un matraz volumétrico y se enrazó a 25 mL con la disolución extractora. El extracto obtenido se empleó para la cuantificación del contenido de antioxidantes y la capacidad antioxidante (Samaniego *et al.*, 2020).

### **3.9.3.2. Flavonoides totales.**

En la determinación de flavonoides totales (TFC) se tomó una alícuota de 1 mL de extracto fenólico y se añadió 4 mL de agua, posteriormente se agregó 300 µL de nitrito de sodio (5 %; p/v) y se dejó incubar durante 5 minutos a temperatura ambiente (18 °C), luego de esto se incorporó 300 µL de cloruro de aluminio (10 %; p/v) y se incubó nuevamente, durante 5 minutos a 18 °C. Finalmente se añadió 2 mL de hidróxido de sodio 1 N y 2,4 mL de agua (Llerena et al., 2020). La absorbancia de las muestras se midió a 490 nm con ayuda de un espectrofotómetro UVVIS Shimadzu modelo 2600 A1166 (Shimadzu Corp., Kioto, Japan). Las concentraciones calculadas por este método se reportaron empleando Catequina como estándar en mgCE•100 g-1 de muestra seca (BS).

### **3.9.3.3. Polifenoles totales.**

Para la cuantificación de polifenoles totales (TPC) se tomó una alícuota de 1 mL de cada extracto y se añadió 6 mL de agua y 1 mL de reactivo de Folin&Ciocalteu. Se dejó incubar durante 2 minutos a temperatura ambiente (18 °C) y se agregó 2 mL de solución de carbonato de sodio (20 %; p/v). La disolución final se incubó (Baño María Memmert; Schwabach, Alemania) a 40 °C por 2 minutos. La absorbancia de las muestras se midió a 760 nm con ayuda de un espectrofotómetro UV-VIS Shimadzu modelo 2600-A1166

(Shimadzu Corp., Kioto, Japan). Las concentraciones calculadas por este método se reportaron empleando ácido gálico como estándar, en mgGAE•100 g-1 de muestra seca (BS) (Samaniego *et al.*, 2020).

### ***3.9.4. Aplicación de recubrimientos***

Para el recubrimiento, cada cubo de pescado se sumergió en 100 mL de la primera capa de recubrimiento, durante 1 min. El exceso de recubrimiento se dejó escurrir durante 45 s y luego las muestras se dejaron secar durante 5 min bajo una corriente de aire. Después de este proceso, los cubos se sumergieron nuevamente en la segunda capa de recubrimiento por 1 min, realizando un nuevo escurrido durante 45 s. El atún, se secó al aire corriente durante 30 min. Las muestras de pescado recubiertas se envasaron en bandejas de polipropileno y se almacenaron a 4 °C, durante 6 días.

#### ***3.9.4.1. Vida útil y fisicoquímica.***

Los cambios de color de las muestras de atún con recubrimiento se fueron controlando mediante una escala de color. Las mediciones se realizaron durante un periodo de seis días de almacenamiento (Arriaga, 2018). De igual manera, se realizó un control de la pérdida de peso y cambio de pH.

### ***3.9.5. Tratamiento de datos***

El análisis estadístico se realizó mediante un diseño A\*B, empleando el software libre. Los cuadros y figuras y el procedimiento de los datos se realizaron con ayuda de Microsoft Excel.

## **3.10. Recursos humanos y materiales**

### ***3.10.1. Recursos humanos***

Para llevar a cabo esta investigación se requirió de los siguientes factores a utilizar; recursos humanos, trabajos experimentales, bibliográficos, análisis, asesoría general y revisión y corrección.

- Ing. Wilma Llerena Silva, M.Sc. Directora del proyecto de Investigación - UTEQ.
- Dr. Víctor Otero Ph.D. Codirector del proyecto de Investigación - ULEAM.
- Dr. Iván Samaniego Maigua, Ph.D. Investigador - INIAP

— Sr. Molina Lascano José Fernando. Estudiante - Tesista.

### ***3.10.2. Materiales y equipos***

#### ***3.10.2.1. Materia prima.***

— Mazorca de cacao CCN-51

— Pescado (atún)

— Aceite esencial de orégano

— Aceite de aguacate

— Almidón de maíz

— Gelatina sin sabor

— glicerol

#### ***3.10.2.2. Materiales de laboratorio.***

— Vasos de precipitación de 50, 100, 250, 500 y 1000 mL

— Tubos de ensayo

— Balones de aforo de 25, 50, 100, 250 y 500 mL

— Probetas de 10, 250, 500 y 1000 mL

— Tubos de centrifuga de 15 y 50 mL

— Puntas para micropipeta 100-1000  $\mu$ L y 1-10 mL

— Pissetas

— Gradillas

— Frascos de vidrio color ámbar

- Papel filtro
- Bureta de 50 ml
- Pinzas para bureta
- Soporte universal
- Tubos Eppendorf
- Guantes de nitrilo pack/50
- Mascarillas
- Frascos plásticos de 250 ml, para muestras.

#### ***3.10.2.3. Reactivos.***

- Folin&Ciocalteu

#### ***3.10.2.4. Equipos.***

- Congelador
- Balanza analítica
- Baño ultrasónico
- Baño María
- Centrífuga
- Vortex
- Multimixer
- Espectrofotómetro UV-VIS
- pH-metro

— Placa agitadora

— Cronómetro

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

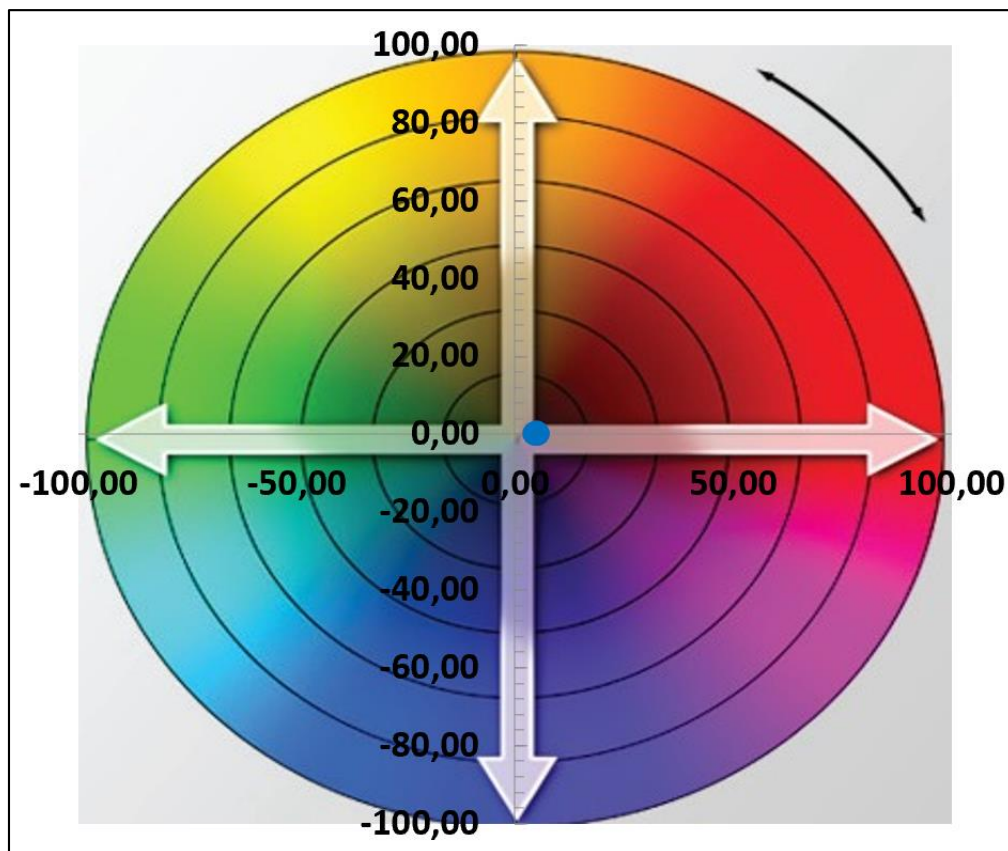
## 4.1. Propiedades ópticas

### 4.1.1. Color

El espacio de color CIELAB, actualmente es uno de los métodos más comunes y uniformemente utilizados para validar el color en el área de los productos alimenticios. Este se presenta en forma de un plano proyectado en tres dimensiones. La Luminosidad ( $L^*$ ) representa la claridad de la película, el parámetro  $a^*$  está asociado a los colores rojo ( $+a^*$ ) y verde ( $-a^*$ ). En el caso del parámetro  $b^*$ , este indica la tendencia hacia el color amarillo ( $+b^*$ ) y azul ( $-b^*$ ); como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.**

*Representación cromática del espacio de color CIEL  $a^*b^*$  de las muestras de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



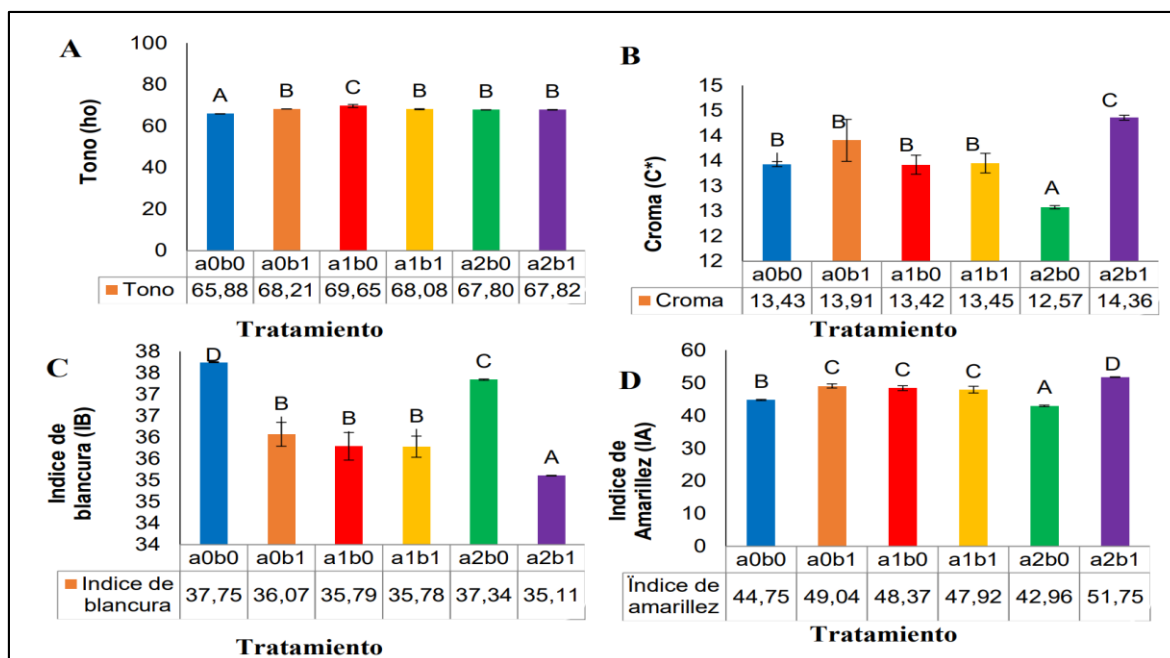
ELABORADO: AUTOR

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 5, los recubrimientos comestibles de mazorca de cacao CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate, desarrollados en este estudio presentaron una tonalidad marrón rojiza, con una luminosidad baja ( $L^*=36.31$  y  $39.63$ ) y valores de  $a^*$  ( $4.67$  a  $5.44$ ) que muestran tendencia a los colores rojo, con una ligera variación hacia el amarillo con valores de  $b^*$  de  $0.03$  a  $0.40$ ; esto puede deberse a la coloración de la mazorca de cacao CCN-51.

A partir de las coordenadas cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) se calculó diferentes parámetros de color como Croma ( $C^*$ ), Tono ( $^{\circ}h$ ), Índice de blancura (IB) e Índice de amarillez (IA).

**Figura 5.**

*Propiedades ópticas de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. croma(A), tono(B), índice de blancura(C), índice de amarillez(D)*



**Nota:** a0b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a0b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

A, B, C, D: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.

n: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

De acuerdo con el estudio de Tito (2022), los resultados del índice de amarillez de los 9 tratamientos de recubrimientos comestibles elaborados a partir del extracto de mazorca de cacao; presentaron diferencias significativas entre muestras (valor-p = 0.0000). Por lo que, los tratamientos MHGC, MCGH y MCGH lograron un mayor índice de amarillez con valores de 32,46; 29,58; 29,24; respectivamente.

#### **4.1.1.1. Tono ( $^{\circ}h$ ).**

El tono es una propiedad que nos permite identificar el color de materiales o muestras en estudio. Según los valores reportados en la Figura 5-A, la tonalidad de los recubrimientos comestibles elaborados a partir de mazorca de cacao de la variedad CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate presentaron una variación entre 65.88 y 69.65. Esto indicaría que los seis recubrimientos desarrollados presentan una tonalidad rojiza propia de la mazorca de cacao; sin embargo, la ligera variación de color entre los tratamientos podría deberse al resto de ingredientes como el glicerol, gelatina, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.

El tratamiento que presentó la menor tonalidad fue a0b0 elaborado con 1.7% extracto de mazorca, AEO 0.05%; AA 0.5% y una mezcla polimérica base (glicerol 2%; gelatina 3% y almidón de maíz 1%); mientras que, el tratamiento con mayor tonalidad fue a1a0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%).

#### **4.1.1.2. Croma ( $C^*$ ).**

El croma es una propiedad que permite establecer el grado de saturación del color en una muestra evaluada (Figura 5-B), según los valores obtenidos este parámetro presento una variación entre 12.57 y 14.43, el croma más alto se evidencio el tratamiento a2b1 y el valor más bajo en el tratamiento A2B0. Las muestras que presentaron la mayor concentración de aceite de aguacate (B1), fueron las que dieron los valores más altos de saturación demostrando un efecto de este componente en la concentración de color de los bioplásticos.

De acuerdo con el estudio presentado por Salinas *et al.* (2015), el uso de gelatina en la formulación base podría influir en la cromaticidad de las películas desarrolladas; puesto que estos autores encontraron un valor más elevado en los tratamientos desarrollados con gelatina; sin mucílago de nopal ( $C^*=6.52$ ). Las películas con la formulación 0,5% de gelatina un 80% más cromaticidad que aquellas que contenían 1% mucílago y 1% gelatina.

#### **4.1.1.3. Índice de blancura (ÍB).**

El índice de blancura es un parámetro que se considera como una medida correlacional ampliamente utilizada para ciertas superficies blancas y casi blancas. Estas son un indicativo que permite evidenciar la cercanía de color que pueden presentar los recubrimientos desarrollados con un envase plástico convencional. Los recubrimientos comestibles de extracto de la mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate presentaron valores entre 35.11 y 37.75. Las muestras con el menor (a0b0) contenido de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate fue la que presentó el mayor índice de blancura, seguido por los tratamientos a2b0, a0b1, a1b0, a1b1 y a2b1.

Por lo general, la medida del Índice de blancura se expresa en porcentaje, en una escala del 1 al 100%, siendo el 100% el valor que debería corresponder a un blanco perfecto (Laboratorioseyco, 2022); sin embargo, los recubrimientos desarrollados, demuestran que su rango de blancura es muy bajo (entre 30-40%) debido a la coloración aportada por los polímeros base (gelatina, almidón) y los agentes activos (extracto de mazorca de cacao y aceite esencia de orégano) y funcionales (aceite de aguacate y glicerol) de la película.

En el estudio realizado por Echeverría & Ortega (2016), sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de plátano, para el desarrollo de películas biodegradables; demostraron que el índice de blancura de las películas biodegradables depende del tipo de materia prima empleada. Los valores de IB en este estudio variaron de 42,98 a 78,15. Las películas desarrolladas con harina banano sin agente antipardeante presentaron un menor IB, cercano a los valores obtenidos en películas desarrolladas a base de extracto de mazorca de cacao.

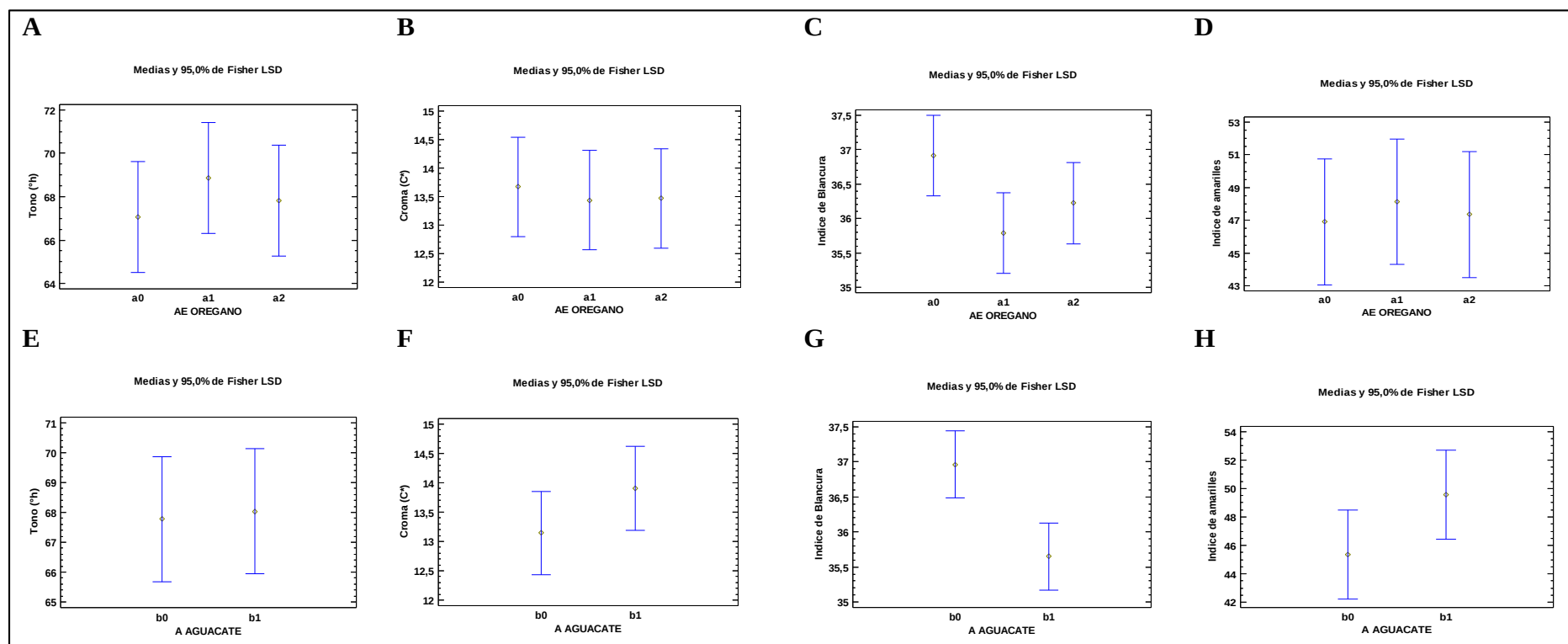
#### ***4.1.1.4. Índice de amarillez (IA).***

El índice de amarillez es un parámetro de color que se emplea para determinar cuánto difiere una superficie, respecto al color blanco ideal (Villegas 2022), esto permite cuantificar cuanto variaron los recubrimientos desarrollados en cuanto a su amarillez, brillo, transparencia u opacidad. Debido a la combinación de los polímeros, agentes activos y funcionales del bioplástico de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate las muestras en estudio presentaron un valor de amarillez, superior que el índice de blancura (Figura 5-D). El tratamiento a2b0 presento el menor IA con 42.96, seguido por los tratamientos a0b0 (44.75), a1b1 (47.92), a1b0 (48.37), a0b1 (49.04) y a2b1 (51.75).

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 6, no existe un efecto individual de los factores en estudio en las propiedades ópticas de los recubrimientos comestibles; puesto que, en todos los niveles de Aceite esencial de orégano y Aceite de aguacate, no se observó una variabilidad estadística en tono, croma e índice de amarillez. Sin embargo, en el índice de amarillez (Figura 6-G), se vio un efecto de la concentración de aceite de aguacate en el incremento de este parámetro.

**Figura 6.**

*Efecto de la adición de Aceite esencial de orégano y Aceite de aguacate en las propiedades ópticas de recubrimientos comestibles bicapa, elaborados a base de extracto de cascavilla de cacao: Tono (A, E) Croma (B, F), Índice de Blancura (C, G) e Índice*

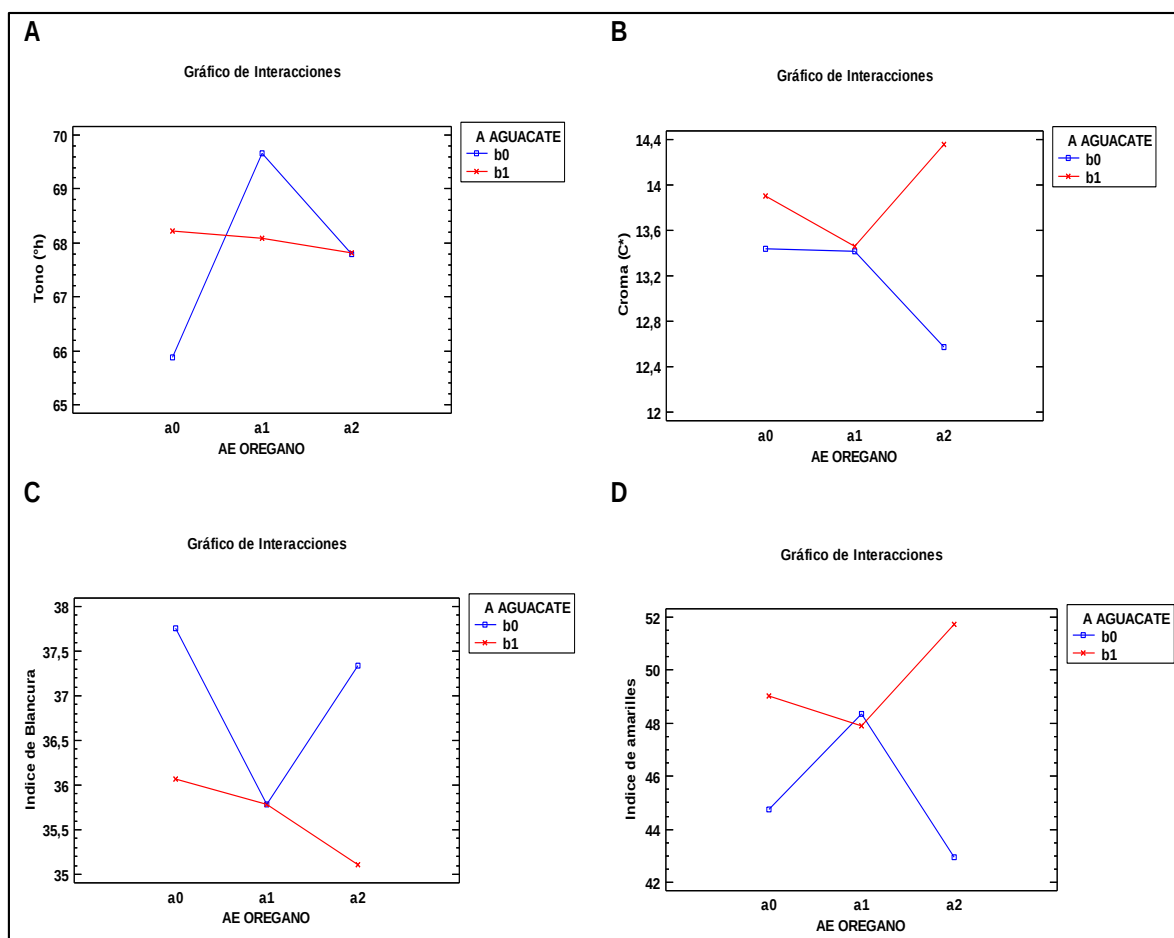


**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

Finalmente, al evaluar la interacción de los factores A y B, se determinó que en todos los niveles (Figura 7) de Aceite esencial de orégano (0.05%, 0.1%, 0.15 %) y Aceite de aguacate (0.5% y 1%), existe una interacción que contribuye en el Tono (A) Croma (B), Índice de Blancura (C) e Índice de Amarillez (D) de los seis tratamientos de bioplásticos desarrollados.

**Figura 7.**

*Efecto de la interacción de factores en las propiedades ópticas de recubrimientos comestibles bicapa, elaborados a base de extracto de cascarilla de cacao con adición Aceite esencial de orégano (Factor a) y Aceite de aguacate (Factor b): Tono (A) Croma (B),*



**Nota:** a0: 0.05% Aceite esencial de orégano; a1: 0.1% Aceite esencial de orégano y a2: 0.15% Aceite esencial de orégano; b0: 0.5% de Aceite de aguacate; b1: 1% de Aceite de aguacate. n: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado

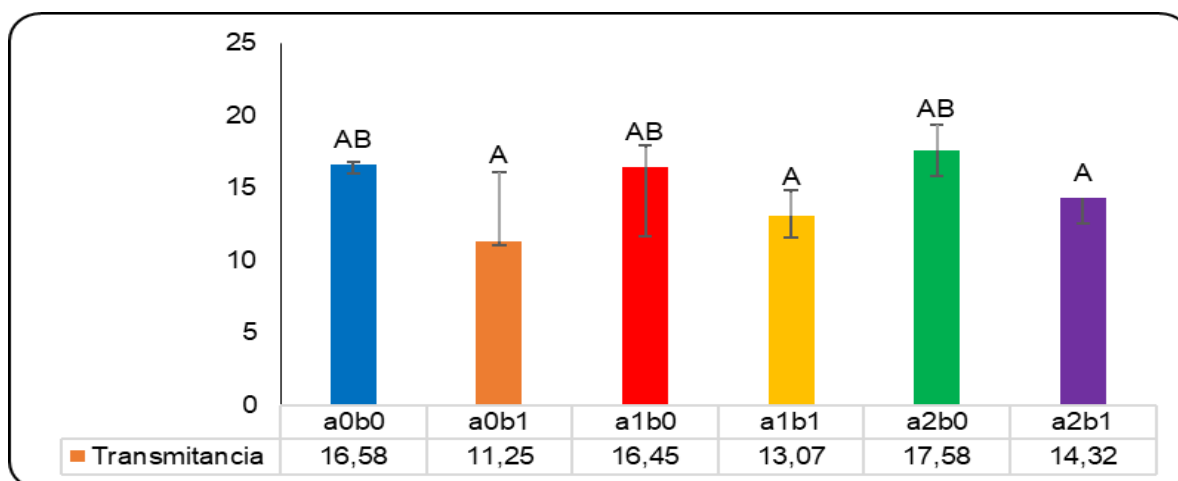
**ELABORADO: AUTOR**

#### 4.1.2. Transmitancia

Las propiedades de barrera a la luz o transmitancia de las películas biodegradables se determinaron mediante espectrofotometría (UV-VIS). Las transparencias de las películas se evaluaron realizando un barrido de transmitancia entre 200 nm a 800 nm (Solano *et al.*, 2018).

**Figura 8.**

*Evaluación de la Transmitancia de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

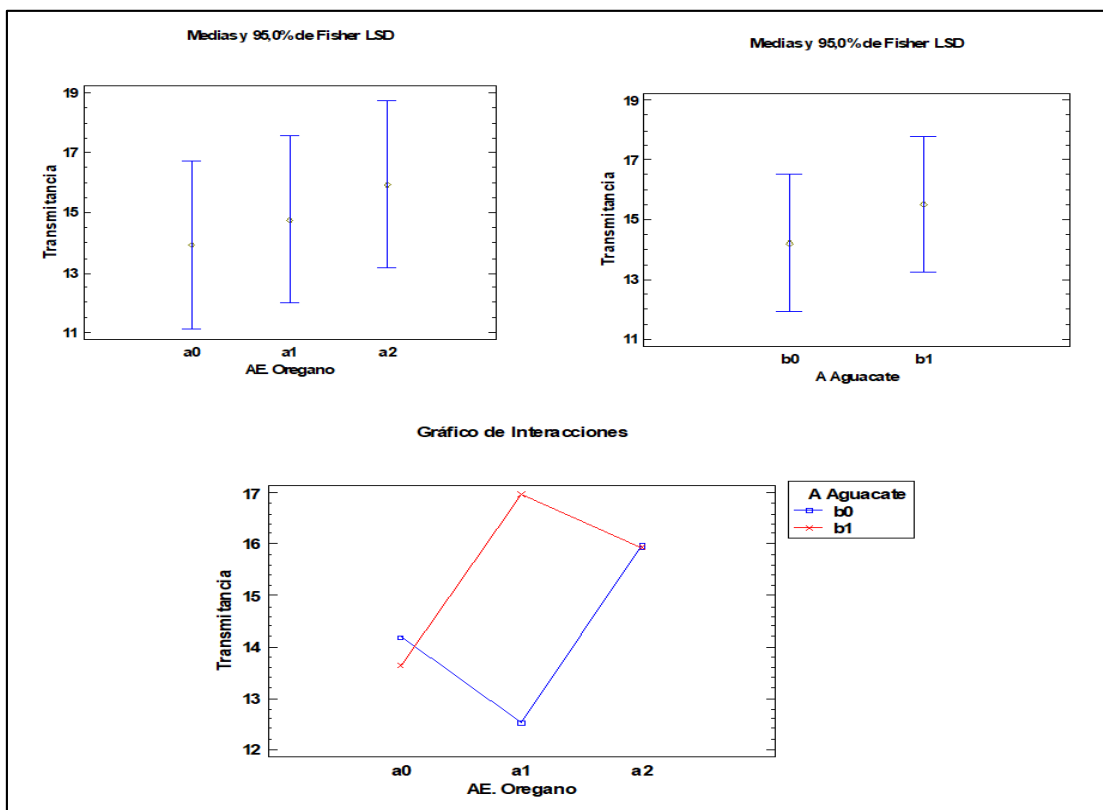
**ELABORADO: AUTOR**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 8, los 6 tratamientos presentaron valores de transmitancia entre 11.25 y 17.58. El valor más alto de transmitancia, lo presenta el tratamiento a2b0 (17,58), seguido por los tratamientos a0b0 (16,58), a0b1 (16,45), a2b1 (14,32), a1b1 (13,07) y a0b1 (11.25). A partir de estos resultados se puede establecer que existe una ligera influencia de la concentración de aceite de aguacate en la transmitancia de las películas, puesto que, los tratamientos con menor concentración de este lípido (0.5%) presentaron un mejor paso de luz, que aquellos plásticos biodegradables elaborados con 1%; sin embargo, este parámetro no llega a ser significativo estadísticamente.

En lo que respecta, al aceite esencial de orégano ninguna de las concentraciones evaluadas (0.05, 0.1 y 0.15 %) mostraron un efecto estadísticamente significativo en esta propiedad óptica, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, existe una interacción significativa de los dos factores (A y B), cuando sus componentes se encuentran en sus concentraciones más altas y bajas.

**Figura 9.**

*Medidas de efecto factor A y Factor B e interacción en la transmitancia en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.*



**Nota:** a0b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a0b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a, b: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.

n: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

## 4.2. Propiedades de barrera

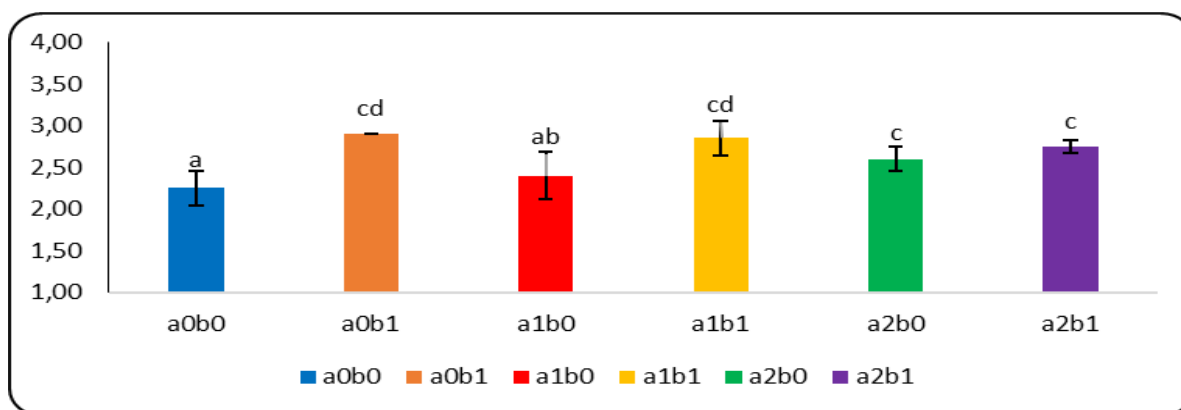
Dentro de las propiedades de barrera se determinó la permeabilidad al vapor de agua y la permeabilidad al agua como indicativo de la aplicabilidad de los recubrimientos comestibles de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate, para la conservación de alimentos, como se detalla a continuación:

#### 4.2.1. Permeabilidad al agua

De acuerdo con los resultados de la Figura 10, la permeabilidad al agua de las películas presentó una baja transferencia de líquido en un tiempo de 4 horas.

**Figura 10.**

*Permeabilidad al agua de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** a0b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a0b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a, b: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.

n: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado. Ç

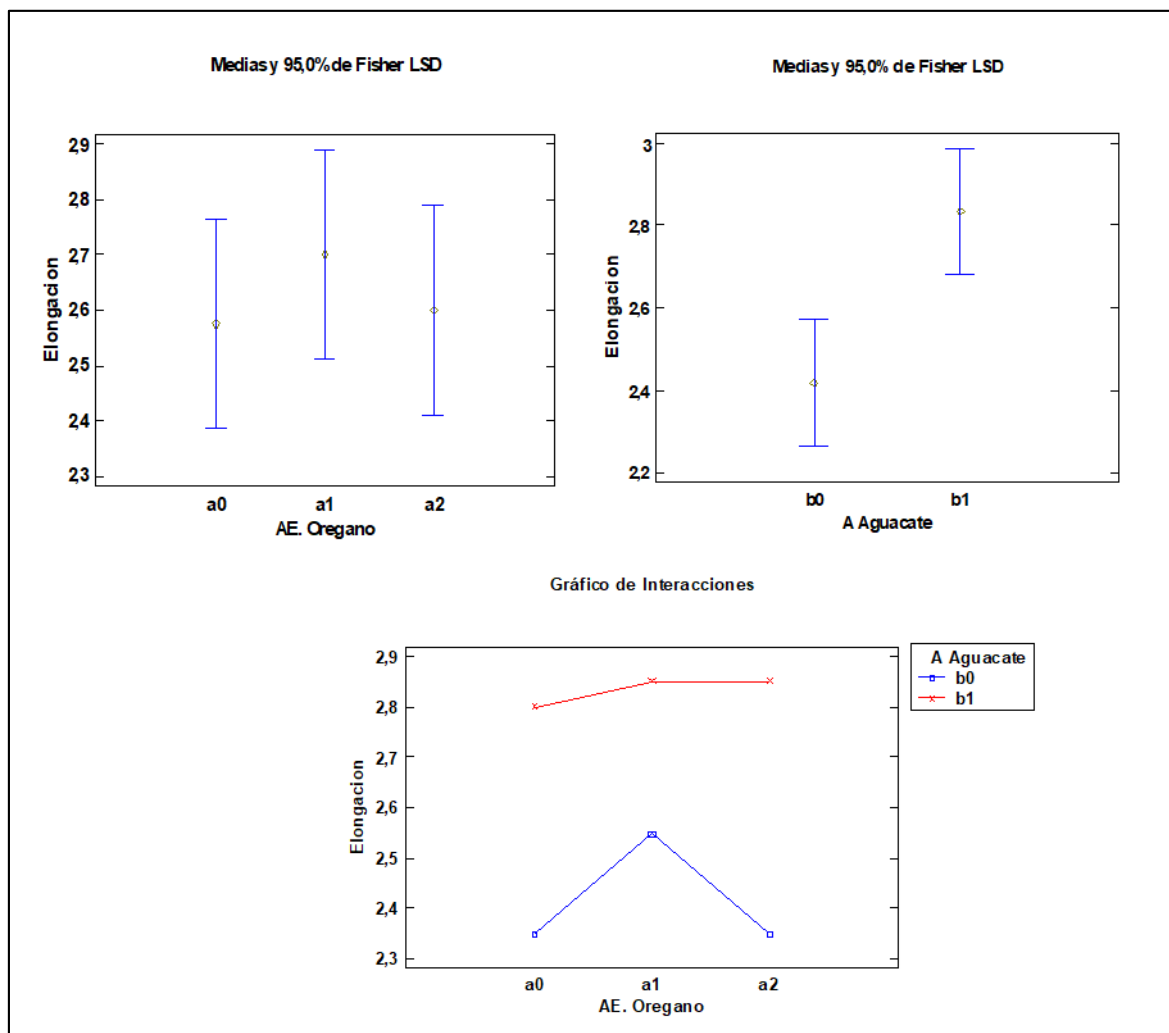
**ELABORADO: AUTOR**

Durante el periodo de evaluación, las películas no permitieron el paso de líquido, sin embargo, sufrieron un proceso de deformación conocido como elongación. El tratamiento a0b0 presentó la menor permeabilidad al agua, con una elongación de 2,25 cm, seguido por las muestras a1b0 (2,40 cm), a2b0 (2,60 cm), a2b1 (2,75 cm), a1b1 (2,85 cm) y a0b1 (2,90 cm).

Según Flory-Huggins, confirmado por Nivedita (2004) la permeabilidad al agua es un fenómeno peculiar que depende de tres factores principales: tamaño de la molécula, facilidad de condensación y capacidad para formar puentes de hidrógeno (Nivedita & Malshe, 2004).

**Figura 11.**

*Medidas de efecto factor A y Factor B e interacción en las propiedades de barrera en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** a0b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a0b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a1b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

a2b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%)

**a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.

**n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 11, existe un efecto significativo ( $p > 0.05$ ) de la concentración de aceite de aguacate en la permeabilidad al agua. Esto permite demostrar que, el uso de aceite de aguacate como agente hidrofóbico, permitió generar una barrera adecuada que reduce la humedad o el intercambio de gases entre el

producto alimentario y el entorno circundante. Según Mir, *et al.* (2018), las películas y los recubrimientos formados mediante la incorporación de extractos de plantas modifican las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, de barrera, antioxidantes y antimicrobianas en comparación con películas hechas de componentes individuales.

#### **4.2.2. Permeabilidad al vapor de agua (PVA)**

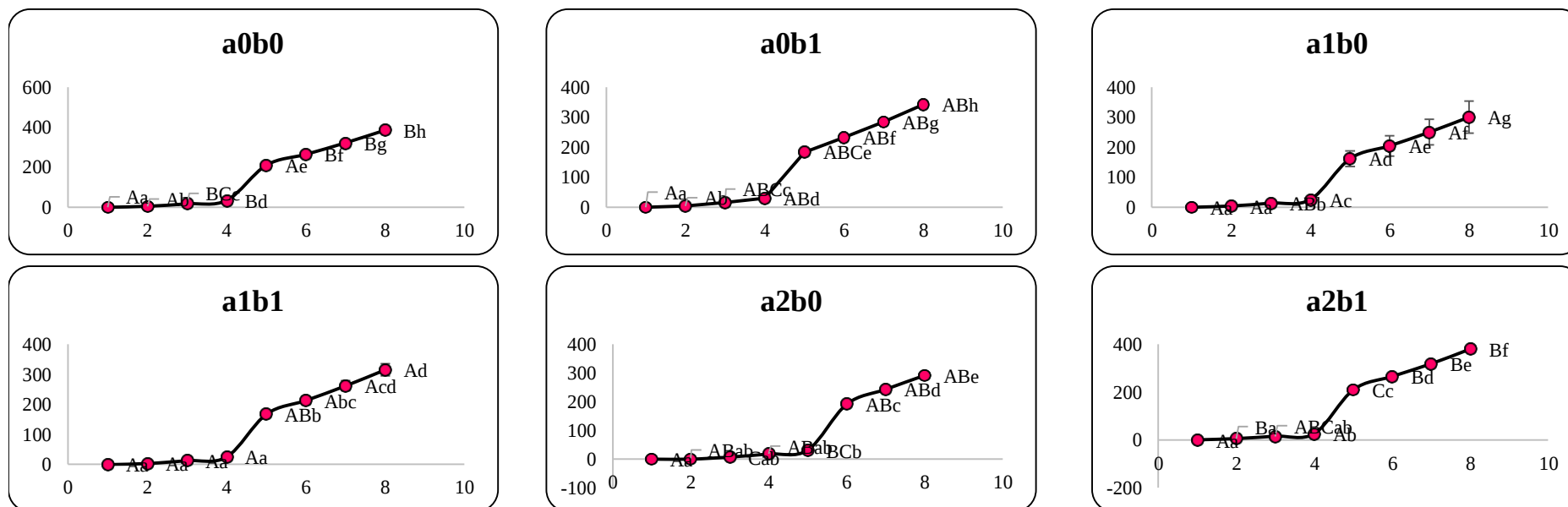
De acuerdo con los resultados de permeabilidad al vapor de agua (Figura 12), existen un incremento de este parámetro a medida que pasa el tiempo de ensayo. Durante las primeras horas el proceso de transferencia es lento, por lo que no presenta un efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos estudiados. Sin embargo, a partir de las tres horas de ensayo, se evidencio un incremento significativo de la PVA en los recubrimientos comestibles con menor concentración de aceite de aguacate. A partir de la quinta hora de ensayo este parámetro incrementó drásticamente en todos los tratamientos cuando alcanzó las 8 horas. De tal manera que, existe un efecto de la concentración de aceite esencial de orégano, de aceite de aguacate y el tiempo, en las propiedades de barrera de los bioplásticos obtenidos.

Durante la prueba se determinó que la PVA a los 60 minutos de ensayo estuvo en un rango de  $3,7193 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  (a1b1) a  $5,3241 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  (a2b1), legando a los 120 minutos a alcanzar un valor de  $162,1257 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  (a1b0) a  $210,1995 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  (a0b0), con un incremento drástico, respecto a las primeras horas de ensayo. Al finalizar el ensayo a los 300 minutos la PVA final fue de  $385,5248 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  para el tratamiento a0b0,  $342,5956 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  en a0b1,  $300,9297$

$\text{g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  para a1b0,  $315,3874 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  para a1b1,  $350,1307 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  en a2b0 y  $379,8749 \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{cm}^2.\text{pa}^{-1}$  para a2b1. Según la PVA final los tratamientos con menor concentración de aceite de aguacate fueron aquellas que dieron lugar a las películas con mayor barrera al vapor de agua.

**Figura 12.**

*Curvas de permeabilidad al vapor de agua en recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%); **a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

En la Figura 12, se presenta la evaluación de la permeabilidad al vapor agua de recubrimientos comestibles elaborados con extractos de residuos de la cadena de beneficio del cacao.

De acuerdo con Oregel (2013), el uso de aceites vegetales, como el de aguacate incrementa la resistencia al transporte del vapor de agua, debido a que los lípidos son considerados como sustancias hidrofóbicas. Lo que respaldaría los resultados obtenidos en esta investigación (Oregel, 2013).

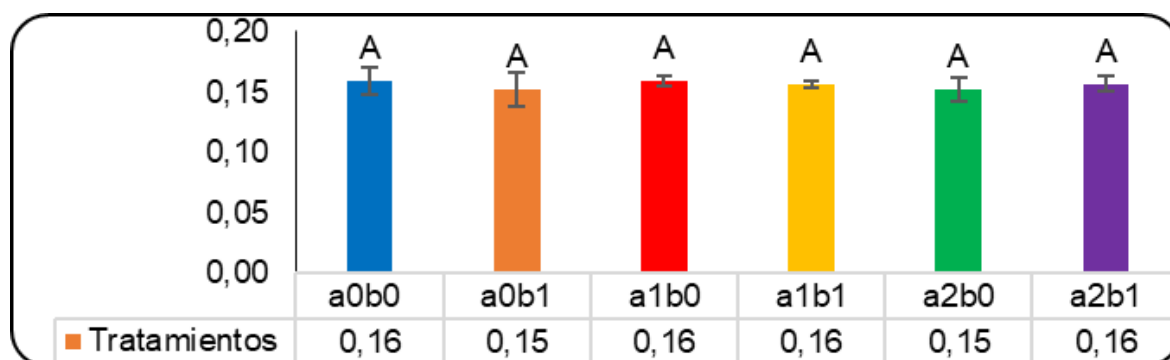
Los procesos de transferencia de vapor de agua en las películas dependen de la relación hidrofílica-hidrofóbica de los constituyentes de la película. Según Kola *et al.* (2023), nuevas investigaciones la incorporación de extractos de plantas, también podrían modificar la permeabilidad al vapor de agua de las películas, debido a que la composición fenólica de los extractos provoca un entrecruzamiento entre proteínas y los grupos hidroxilo (OH) de los polifenoles. Esto reduce los sitios de unión de las moléculas de agua y comprime el espacio para la difusión del vapor de agua (Kola & Carvalho, 2023).

#### **4.2.3. *Espesor***

En la Figura 13, se presenta los resultados del espesor de seis muestras de recubrimientos comestibles de mazorca de cacao; empleando 3 niveles de aceite esencial de orégano (0.05%, 0,1% y 0.15%) y dos niveles de aceite de aguacate (0.5% y 1%). Los tratamientos a0b0, a1b0, a1b1 y a2b1 presentaron un espesor de 0,16 mm; mientras que, para las muestras a0b1 y a2b0 el valor fue de 0,15 mm.

**Figura 13.**

*Evaluación de Espesor de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



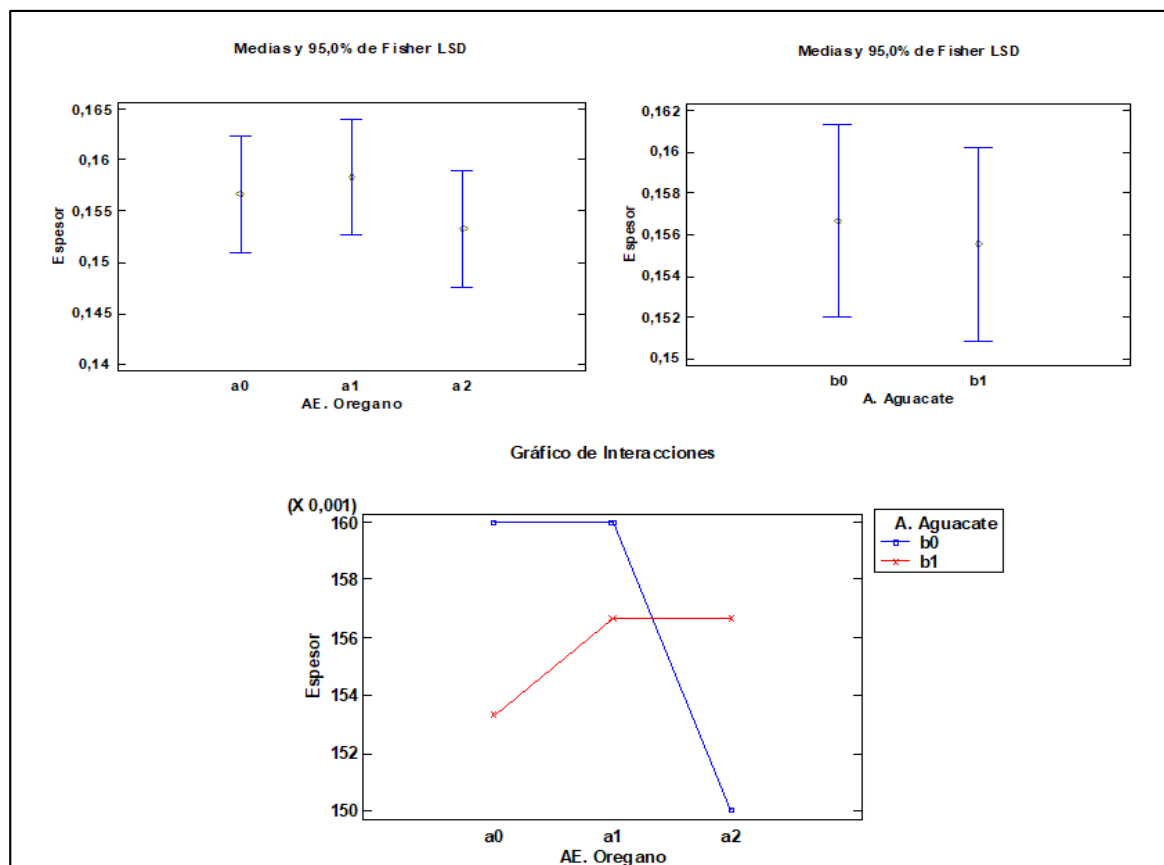
**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

## ELABORADO: AUTOR

Dentro de las propiedades de barrera, el espesor es un parámetro de gran importancia en el desarrollo de recubrimientos comestibles que permite valorar el grosor de la película para diferentes aplicaciones en el envasado de alimentos. De esta propiedad depende diferentes parámetros como el color, la transmitancia, la permeabilidad al vapor de agua, la permeabilidad al agua, la tensión máxima, la elasticidad y la apariencia del producto (Villegas, 2022).

**Figura 14.**

*Medias de efecto factor A y Factor B e interacción en el espesor en los recubrimientos de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao y aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a, b:** indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n:** Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

Los valores obtenidos en este estudio concuerdan con el rango establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana **NTE INEN 2636** para el espesor de plásticos degradables; donde se menciona que el espesor nominal no debe ser superior a 0.25 mm para que la lámina de plástico sea considerada como una película (Villegas, 2022).

### 4.3. Propiedades activas

#### 4.3.1. Flavonoides y polifenoles de extracto de mazorca de cacao

Los requerimientos de los consumidores van cambiando día con día, buscando cada vez más alimentos naturales, libres de sustancias de síntesis química, enriquecidos con sustancias de origen natural que puedan actuar como fuente de antioxidantes y antimicrobianos; como los flavonoides y polifenoles (Gimeno, 2004). Según Benavides y Tobón, en polímeros biodegradables se puede incorporar agentes conservantes con función antioxidante como el extracto de cascarilla de cacao, como un aporte de aditivos de tipo antioxidante y colorante (Benavides & Tobón, 2014).

En la actualidad, existe una creciente demanda por parte de la industria alimentaria por el uso de nuevos ingredientes de procedentes de fuentes naturales, la tendencia actual es obtener compuestos novedosos (fibra y antioxidantes) procedentes de las principales cadenas de valor (Rodríguez et al., 2018). En Ecuador se produce grandes cantidades de cacao, por lo que, el interés de este estudio es emplear los residuos de esta cadena de beneficio para el desarrollo de envases biodegradables. En la Tabla 6, se presenta la cuantificación de antioxidantes totales de mazorca de cacao de la variedad CCN-51

**Tabla 6.**

*Concentración de componentes bioactivos en extractos de mazorca de cacao de la variedad CCN-51*

| Componente bioactivo                             | Concentración |
|--------------------------------------------------|---------------|
| Polifenoles totales (mg AGE•100g <sup>-1</sup> ) | 184,89        |
| Flavonoides totales (mg CE•100g <sup>-1</sup> )  | 61,10         |

*Nota:* AGE: Ácido gálico equivalente  
CE: Catequina equivalente

**ELABORADO:** AUTOR

De acuerdo con el estudio realizado por Aguirre (2022), las muestras de mazorca de cacao de la variedad clon CCN-51 contienen flavonoides totales (974 mg CE•g<sup>-1</sup>) y polifenoles (3813 mg AGE•g<sup>-1</sup>). Dentro de los principales compuestos fenólicos presentes en mazorca de

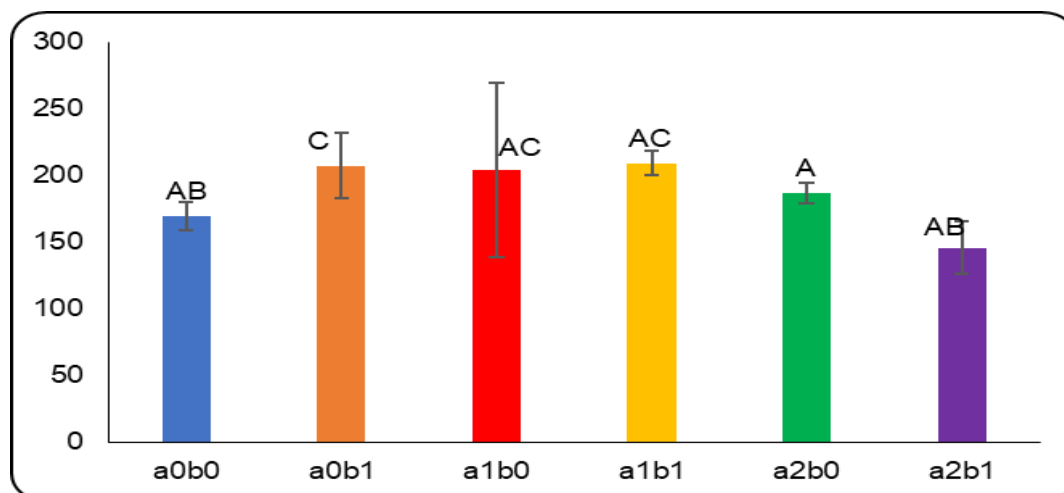
cacao están los Acido-4 hidroxibenzoico ( $396,7 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), Ácido Cumarico ( $204,8 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), Acido Cafeico ( $2220,1 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), Ácido Transferúlico ( $192,7 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), Catequina ( $881,2 \text{ mg CE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) y Epicatequina ( $1405,6 \text{ mg CE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )

#### ***4.3.1.1. Flavonoides.***

En la Figura 15, se presenta el contenido de flavonoides en seis muestras de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. Los tratamientos a0b0 ( $169.60 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) y a2b1 ( $169.60 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) presentaron un valor de polifenoles totales inferior a las películas biodegradables a0b1 ( $207.26 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), a1b0 ( $204.03 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), a1b1 ( $209.41 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), a2b0 ( $186.82 \text{ mg AGE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

**Figura 15.**

*Flavonoides de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



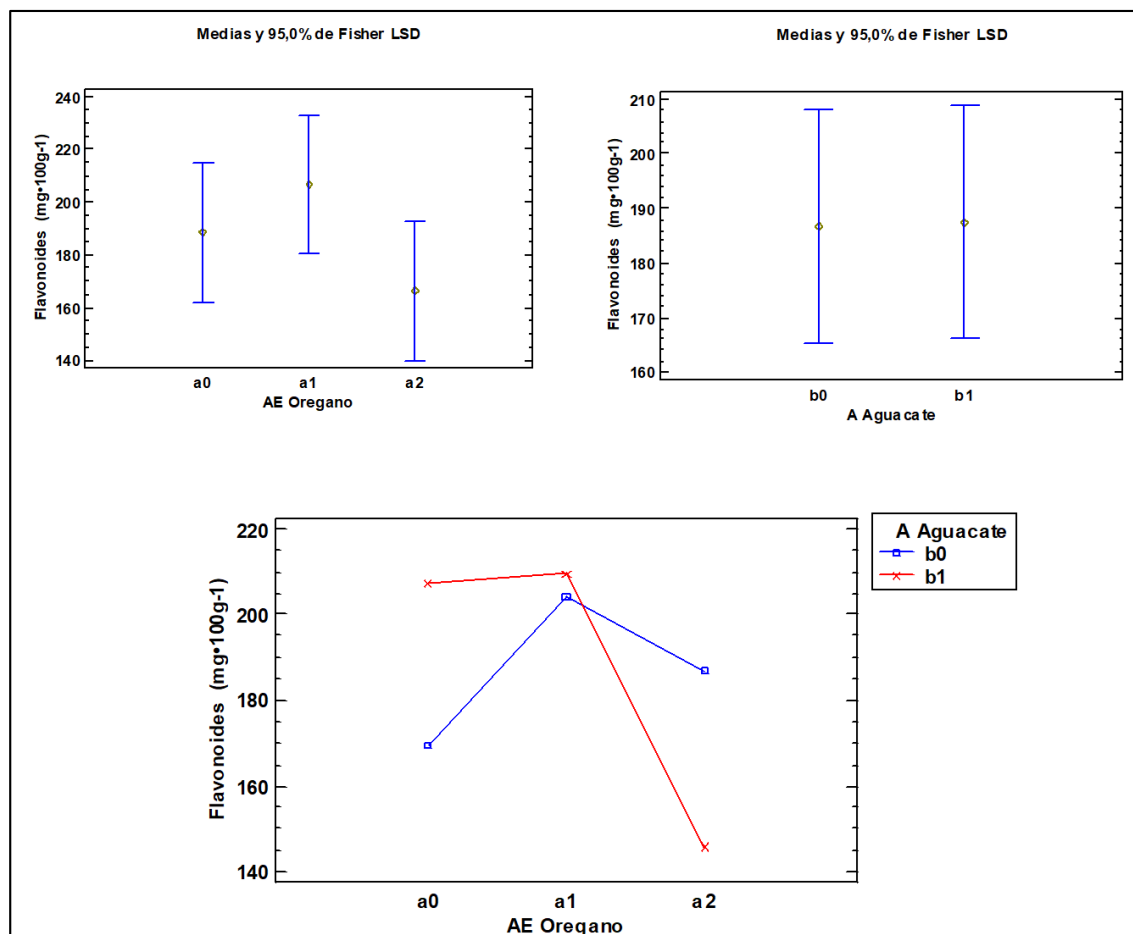
**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a**, **b**: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n**: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

#### ELABORADO: AUTOR

De acuerdo con los resultados de la Figura 16, no existe un efecto significativo individual de los factores de estudio (A y B), en el contenido de flavonoides; sin embargo, se observa una interacción del aceite esencial de orégano y el aceite de aguacate en este parámetro. Según Van *et al.* (2021), el contenido de antioxidantes de las películas biodegradables desarrolladas puede proceder de los residuos de la cadena de beneficio del cacao como la mazorca. Sin embargo, los aceites esenciales y los aceites vegetales pueden incrementar el contenido fenólico de los recubrimientos desarrollados. El aceite esencial de orégano presenta una excelente actividad biológica y antimicrobiana con propiedades antioxidantes; donde el componente principal es el carvacrol (Seyed & Amin, 2017).

**Figura 16.**

*Medias e interacciones de Flavonoides de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a**, **b**: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n**: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

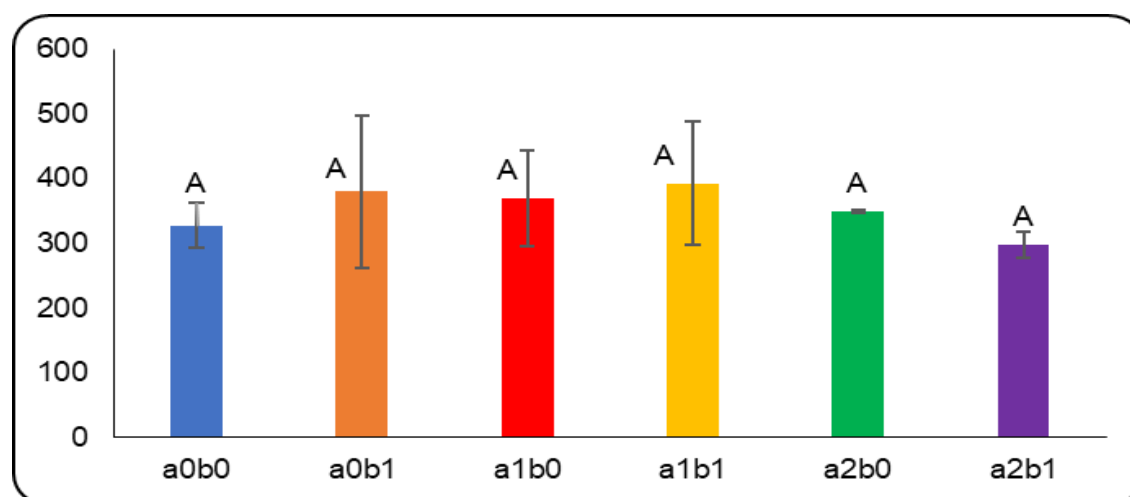
El estudio de Salazar *et al.* (2020), menciona que el aceite de aguacate es rico en bioactivos que incluyen los compuestos fenólicos como ácidos hidroxicinámicos, ácidos hidroxibenzoicos, flavonoides y proantocianinas, acetogeninas, fitoesteroles, carotenoides y alcaloides. Dentro de la familia de flavonoides, la diversidad fitoquímica del fruto del aguacate se caracteriza por ser fuente potencial de compuestos nutraceuticos como la (+) catequina (Salazar *et al.*, 2020).

#### 4.3.1.2. Polifenoles.

En la Figura 17, se presenta el contenido de polifenoles en seis muestras de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. Al igual que en el contenido de flavonoides totales; los tratamientos a0b0 (327,82 mg AGE•100g-1) y a2b1 (297,41 mg AGE•100g-1) presentaron el valor más alto de polifenoles totales; sin embargo, en las películas biodegradables a0b1 (379,62 mg AGE•100g-1), a1b0 (369,48 mg AGE•100g-1), a1b1 (392,57 mg AGE•100g-1), a2b0 (349,77 mg AGE•100g-1) los contenidos de este antioxidante fueron parecidos.

**Figura 17.**

*Polifenoles totales de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51 y adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** a0b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a0b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a1b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a1b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a2b0 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a2b1 (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) a, b: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. n: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

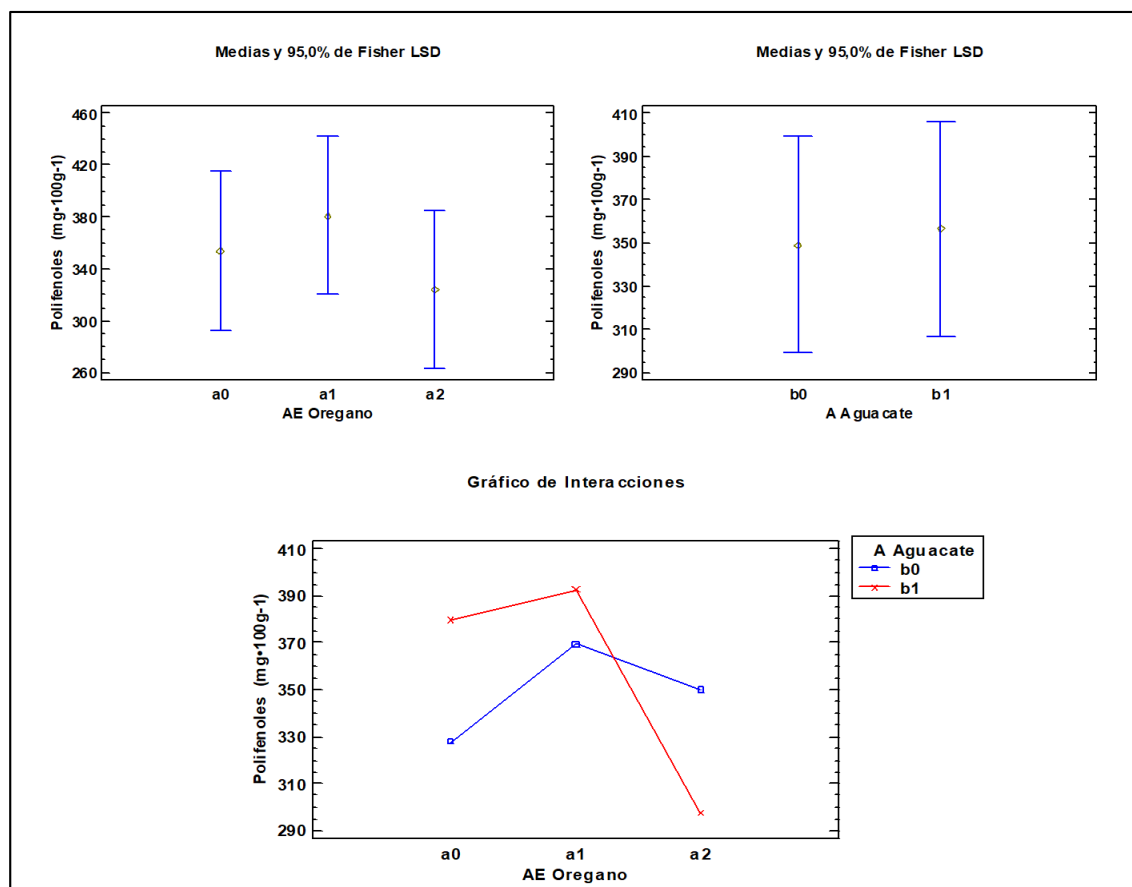
**ELABORADO: AUTOR**

De igual manera que, en el contenido de flavonoides totales las películas biodegradables desarrolladas presentan un alto contenido de polifenoles totales asociados a la adición de extractos de mazorca de cacao. Para bajar, los componentes clave de los extractos de plantas incluyen compuestos como flavan-3-oles, catequina, ácido gálico, quercetina y kaempferol, que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes.

De acuerdo con los resultados de la Figura 18, no existe un efecto individual de la adición de aceite esencial de orégano ( $p<0.05$ ) y el aceite de aguacate ( $p<0.05$ ), en las propiedades antioxidantes del recubrimiento. Sin embargo, se observa un efecto combinado (interacción) de estos ingredientes en este parámetro.

**Figura 18.**

*Medias e interacciones de polifenoles de recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a**, **b**: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n**: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

Según Seyed (2017), la actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial de orégano, se puede atribuir a la gran cantidad de compuestos fenólicos, principalmente carvacrol y timol, (78-85%). Para estos autores, todas las películas que contienen AEO, una actividad antioxidante con mecanismos de captación de radicales DPPH y ABTS y la capacidad de reducción férrica FRAP (Seyed & Amin, 2017).

#### **4.3.2. Biodegradabilidad**

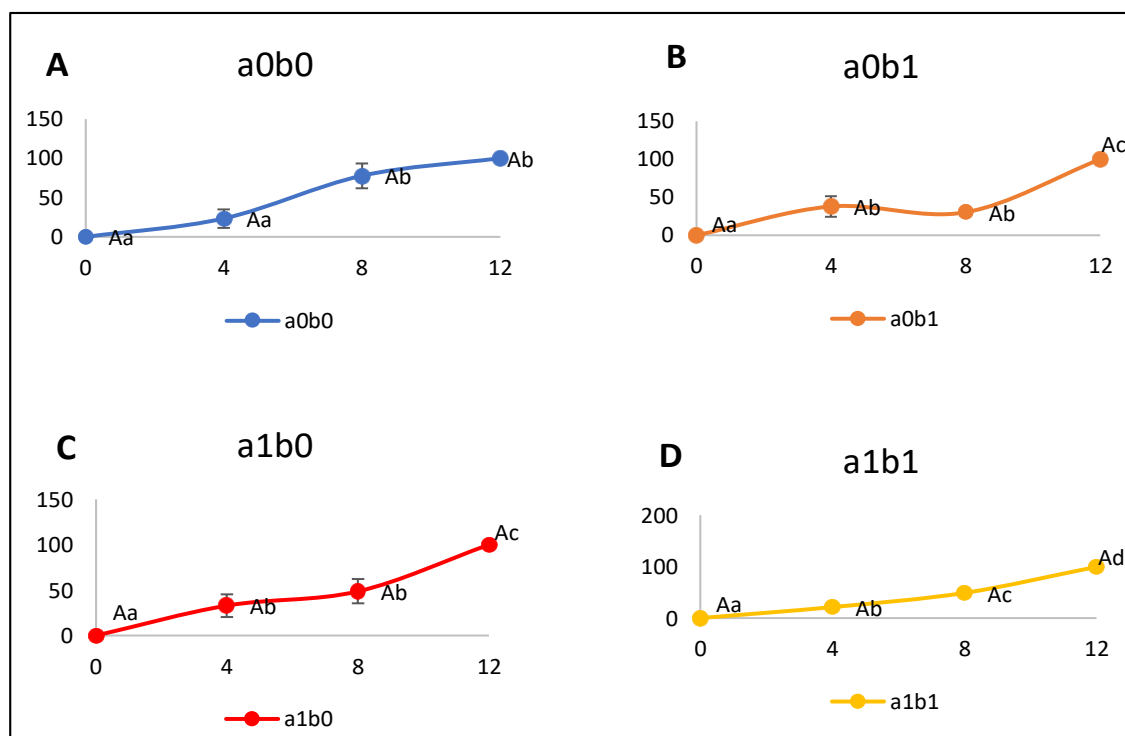
Los recubrimientos biodegradables son matrices poliméricas transparentes y delgadas, que se aplica alrededor de un alimento, mediante la inmersión del producto en una disolución filmogénica que permita preservar su calidad y sirva de envase primario. El término “biodegradable” se utiliza para describir aquellos bioplásticos que pueden degradarse mediante organismos vivos (insectos), bacterias, levaduras y hongos. Así como por acción enzimática o descomposición química en productos como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Kola & Carvalho, 2023).

Según Zhong et al. (2020), la biodegradación de polímeros es un fenómeno natural complejo, que es difícil de simular completamente en un entorno del laboratorio; por lo que en este trabajo de investigación se evaluó en proceso de degradabilidad en un entorno natural, manteniendo las condiciones bióticas del suelo y edafoclimáticas de ambiente, de la Estación Experimental Santa Catalina.

En la Figura 19, se presenta los resultados del estudio de biodegradabilidad de seis recubrimientos comestibles elaborados con mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aguacate. De acuerdo con los resultados obtenidos, no existe estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) de la concentración de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en la biodegradabilidad de todos los recubrimientos comestibles desarrollados; alcanzando una degradabilidad total a los 12 días de ensayo.

**Figura 19.**

*Biodegradabilidad de los recubrimientos comestibles a base de extracto de mazorca de cacao CCN-51, adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*



**Nota:** **a0b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.5%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a0b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a1b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.1%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b0** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 0.5%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a2b1** (1.7% extracto de mazorca, AEO 0.15%; AA 1%; glicerol 2%; gelatina 3%; almidón de maíz 1%) **a**, **b**: indican diferencias significativas entre los recubrimientos comestible bicapa con aceite esencial de orégano y aceite de aguacate. **n**: Los resultados se reportan como la media de 2 réplicas medidas en duplicado.

**ELABORADO: AUTOR**

Los resultados presentados en este estudio fueron superiores a los tiempos de degradabilidad en suelo de películas de quitosano con extracto de romero y salvia que alcanzaron aproximadamente el 99% de la degradabilidad a los 5 días de ensayo. Según estos autores, las películas de quitosano con extracto de romero (99%) tendieron a degradarse más que con la adición de salvia (95%) (Nilay *et al.*, 2022).

En películas de carboximetilcelulosa, se demostró que el efecto del extracto de raíz de cebollino chino disminuye la pérdida de peso de la película activa, incrementando el tiempo de biodegradación a tres semanas. La película con la concentración más alta de extracto (5 % p/p) alcanzando un 58,14 % de biodegradabilidad (Riaz *et al.*, 2020).

Según Kola & Carvalho (2023), la adición de extractos de plantas en el desarrollo de recubrimientos comestibles permite retardar la biodegradación de las películas activas. Por lo que, la incorporación de extractos de mazorca de cacao y el aceite esencial de orégano, podría estar generando un efecto significativo ( $p>0.05$ ) en el tiempo de biodegradación; observándose un incremento de la biodegradación estadísticamente diferente entre los días de ensayo. Los días 0 y 4 no presentaron efecto significativo, por efecto del tiempo; sin embargo, en los días 8 y 12 la biodegradación fue estadísticamente significativa en todos los tratamientos (Kola & Carvalho, 2023).

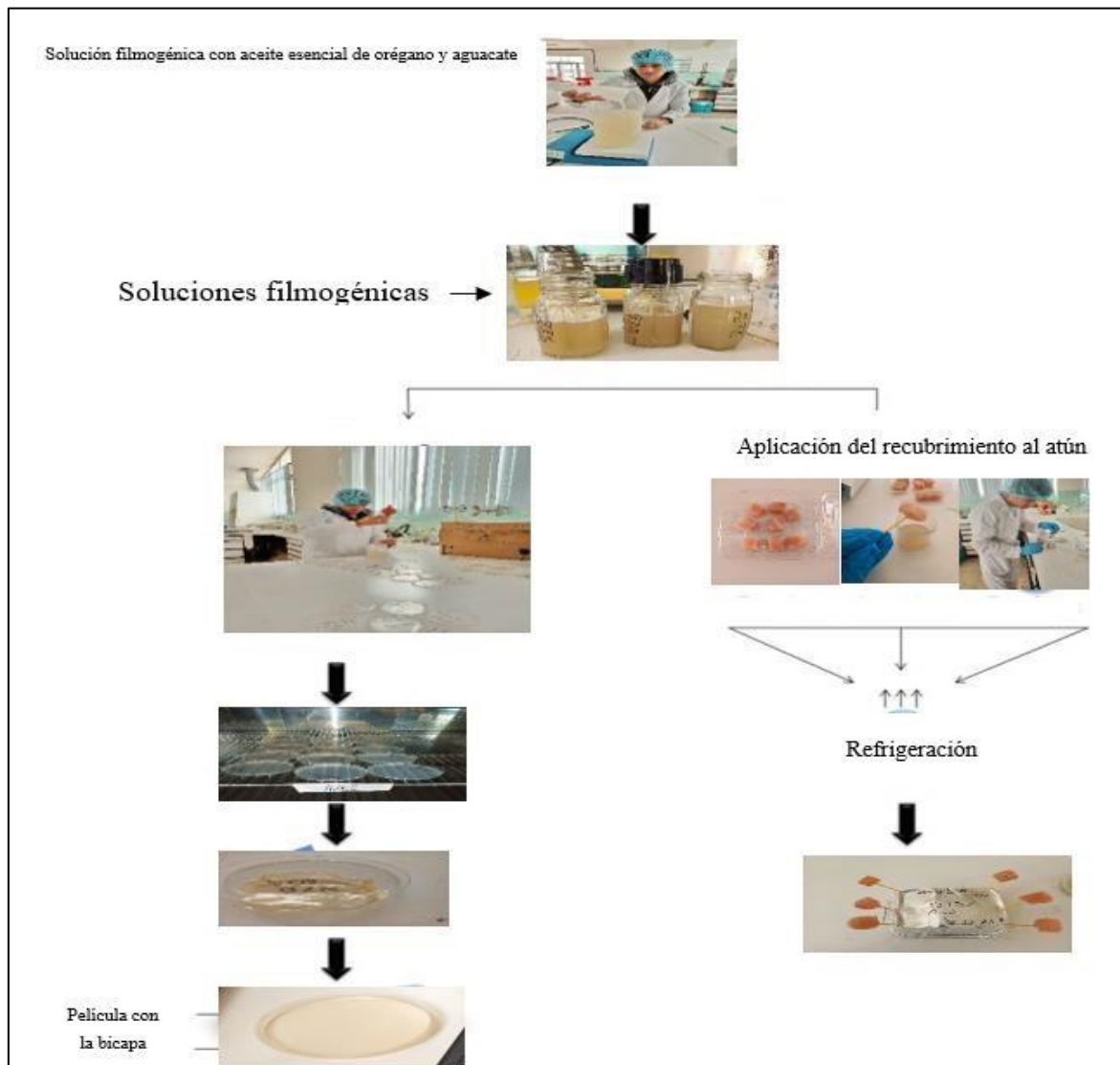
#### **4.4. Aplicación del recubrimiento comestibles**

Al finalizar la evaluación de las propiedades ópticas, activas y de barrera, se identificó el tratamiento que presenta las mejores características para la aplicación de las películas biodegradables como recubrimiento comestible. Debido a que la aplicación de algunos ingredientes funcionales utilizados en el diseño de los recubrimientos comestibles (aceite esencial de orégano, aceite de aguacate y extracto de mazorca de cacao) afectan en las propiedades de los recubrimientos se escogió el tratamiento que presentó propiedades ópticas con un tono (baja saturación de color) e índice de amarillez bajo y el mayor índice de blancura y transparencia. En cuanto a propiedades de barrera se escogió el tratamiento que presente la menor permeabilidad al agua y al vapor de agua. De igual manera, el tratamiento escogido debe presentar, las mejores propiedades activas con altos contenidos de polifenoles y flavonoides totales. Todas estas propiedades deben aportarle mejores características de conservación; presentando un menor porcentaje de biodegradabilidad en las condiciones ambientales probadas.

El tratamiento que presentó las mejores características para aplicación como recubrimiento comestible fue a1b0, elaborado con 0.1% de aceite esencial de orégano y 1% de aceite de aguacate. A pesar de presentar un valor de tono alto y mayor índice de amarillez que el resto de tratamiento; la combinación de factores planteada en este tratamiento permitió obtener una película con las mejores características para su uso en alimentos, como el atún.

**Figura 20.**

*Aplicación de recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en atún*



**ELABORADO: AUTOR**

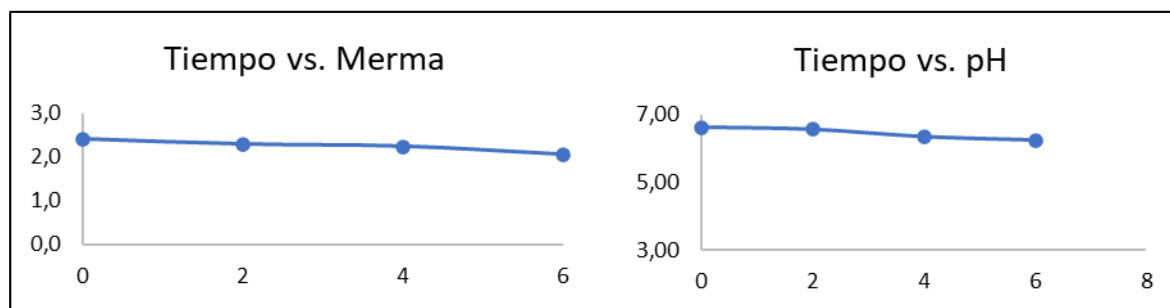
La matriz alimentaria escogida para la aplicación de este recubrimiento está asociada con el color del recubrimiento, que gracias al color rojizo que le aporta la mazorca de cacao puede enmascararse en el producto, sin modificar su color. Por el contrario, los pigmentos que presenta el recubrimiento en el atún podrían dar un aspecto más agradable al pescado seleccionado.

Con la finalidad de evaluar el efecto del recubrimiento en la conservación de atún, se aplicó una solución filmogénica del mejor tratamiento por el método de coating, en bicapa. La primera capa de recubrimiento tenía como finalidad prolongar la vida útil del producto mediante sus propiedades activas de liberación controlada. Tomando en cuenta que el aceite esencial de orégano es antimicrobiano, se incorporó en la primera capa del recubrimiento; manteniendo las características organolépticas del producto fresco en un periodo de 6 días. En lo que respecta a la segunda capa, esta se aplicó con la finalidad de incrementar las propiedades de barrera del recubrimiento, evitando la interacción del alimento con el ambiente de almacenamiento.

El uso de aceite de aguacate mostró una adecuada barrera al agua y a la permeabilidad al agua, manteniendo las características organolépticas del producto por un periodo de 6 días, sin presentar indicios de descomposición (descenso de pH por liberación de aminoácidos) o generación de malos olores (oxidación de grasas y proteínas), pérdida de peso (merma) y deshidratación. El efecto de la adición del recubrimiento comestible bicapa en atún fresco refrigerado, se muestra en la Figura 21.

**Figura 21.**

*Evaluación del efecto de la aplicación de recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate en la estabilidad fisicoquímica (pH) de atún fresco*



**ELABORADO:** AUTOR

De acuerdo con estas consideraciones, se pudo establecer que el recubrimiento comestible bicapa, aplicado mostró una alta resistencia, baja permeabilidad y solubilidad al agua, adecuada adsorción y buena adherencia. Demostrando que sus características son deseables cuando las películas se quieren utilizar en contacto con alimentos; especialmente productos frescos altamente perecederos, susceptibles a la oxidación. Al finalizar el periodo de evaluación (6 días) se evidenció que el producto mantiene el pH y las características dentro de los parámetros esperados para este tipo de producto.

**Tabla 7.**

*Especificaciones fisicoquímicas del atún fresco conservado con recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate*

| Especificaciones fisicoquímicas del producto |                |
|----------------------------------------------|----------------|
| pH:                                          | 5,5-7          |
| Olor:                                        | Característico |
| Color:                                       | Característico |
| Sabor:                                       | Característico |
| Textura:                                     | Característico |

**FUENTE:** Basado según Ficha técnica / Norma NTE INEN 183

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta prueba, se cumple con el objetivo de conservación del atún fresco, puesto que, se cumple con lo establecido en la norma técnica

**INEN 183** (Pescado fresco, refrigerado y congelado), que menciona que el pescado refrigerado ya sea entero, descabezado, eviscerado o fileteado puede permanecer en refrigeración, por un periodo máximo de 3 días, hasta su venta al público. Este deberá mantener sus características organolépticas, sin modificar su pH de 6.5 a 6.8.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 5.1. Conclusiones.

- El uso de recubrimiento comestible de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate presenta un buen perfil para aplicarse en productos frescos como el atún manteniendo sus propiedades fisicoquímico, disminuyendo la transferencia de humedad en el periodo de almacenamiento.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se puede combinar almidón de maíz (1%), gelatina (3%), glicerol (2%) y extracto de mazorca de cacao (1.7%) como base para el desarrollo de una película biodegradable bicapa. Tanto el aceite esencial de orégano (0.1%), como el aceite de aguacate (1%) emulsifican adecuadamente siendo el tratamiento **a1b0** el mejor para la formación de las dos capas de recubrimiento.
- El aceite esencial de orégano presenta un efecto significativo en el índice de amarillez (42,96), permeabilidad al vapor de agua (2,25 cm), y biodegradabilidad de la película (12 días) ; mientras que, el aceite de aguacate modifica el índice de blancura, permeabilidad al agua, permeabilidad al vapor de agua.
- En todos los parámetros, existe un efecto combinado del aceite esencial de orégano y el aceite de aguacate, sin embargo, en la permeabilidad al agua, no existe interacción entre estos factores que interfieran en la transferencia de humedad de las películas desarrolladas.
- La aplicación de recubrimientos comestibles de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate permite mantener las características del producto durante seis días, cumpliendo con los requisitos mencionados en la norma INEN 183 para pescado fresco, refrigerado y congelado.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Determinar la presencia de histaminas en atún conservado con recubrimientos biodegradables de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.
- Identificar el efecto del aceite esencial de orégano, el aceite de aguacate y el extracto de mazorca en la oxidación de atún
- Evaluar la cinética de degradación del aceite esencial de orégano y aceite de aguacate durante el almacenamiento de atún conservado con recubrimientos biodegradables de mazorca de cacao con adición de aceite esencial de orégano y aceite de aguacate.
- Realizar un estudio económico del producto desarrollado, para establecer el precio de venta al público.

## **CAPITULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

- Aguirre, C. J. (2022). “*Determinación del contenido de antioxidantes y actividad antioxidante de mazorca de cacao (Theobroma cacao L.), variedades clon CCN-51 y complejo nacional xtrinitario.*”. Mocache – Los Ríos –Ecuador: Quevedo, UTEQ, 2022.
- Ahumada, P. G. (2016). “*Diseño y caracterización de películas comestibles con actividad antioxidante utilizando materiales no convencionales*”. Ciudad de México.
- Akizu, G. O., Ulibarri, B., Iturrondobeitia, M., Minguez, R., & Lizundia, E. (2022). Ecodesign coupled with Life Cycle Assessment to reduce the environmental impacts of an industrial enzymatic cleaner. *Sustainable Production and Consumption*, 1-4.
- Ali, S. S., Elsamahy, T., Abdelkarim, E. A., Al, T. R., Kornaros, M., Ruiz, H. A., . . . Sun, J. (2022). Biowastes for biodegradable bioplastics production and end-of-life scenarios in circular bioeconomy and biorefinery concept. *Bioresource Technology*, 363, 127869.
- Alonso, S. R., Sylvain, G., Herrero, C., Berrueta, L. A., François, D. J., Gallo, B., & Vicente, F. (2015). Chemometric classification of Basque and French ciders based on their total polyphenol contents and CIELab parameters. *Food Chemistry*, 91(1), Pages 91-98.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena Nutricional*, 43(4), 394–399.
- Arriaga, P. J. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas de películas gliadinas con el uso de formaldehído como agente entrecruzante*. Bogotá: Bogotá D.C., Colombia.
- Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 51-62.
- Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 5162.

- Benavides, A. J., & Tobón, Z. G. (2014). Recubrimientos Comestibles para Alimentos a Base de Polímeros Biodegradables, Ácidos Grasos y Antioxidantes. *Rev.Fac. Nal.Agr. Medellín*, 1-3.
- Benitez, B. K. (2021). *Recetario*. Obtenido de academia.edu:  
<https://www.academia.edu/20387280/Recetario>
- Bernal, C. T. (2021). *Revalorización de residuos de la Industria de Chocolate para la obtención de biomoléculas de interés industrial a partir de la cascarilla de cacao*. Cuenca.
- Bernés, S. F. (2017). *Obtención y Caracterización de Recubrimientos Poliméricos Conductores en Aluminio Anodizado*.
- Biofed. (2021). *Bioplásticos*. Obtenido de <https://bio-fed.com/es/acerca-de-los-bioplasticos/>
- BioPack. (2019). *Bioplásticos vs Plásticos: ¿Qué es mejor para el medio ambiente?* Obtenido de <https://www.biopak.com/sg/resources/bioplastic-vs-regular-plastic>
- Borja, A. K., Vite, C. H., Garzón, M. V., & Carvajal, R. H. (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4, 147-155.
- Brambila, M. S., & Sakao, T. (2021). Effective ecodesign implementation with the support of a lifecycle engineer. *Journal of Cleaner Production*, 2.
- Burgos, N., Valdés, A., & Jiménez, A. (2016). Valorization of Agricultural Wastes for the Production of Protein-Based Biopolymers. *Analytical Chemistry*, 1-13.
- Celletti, S., Fedeli, R., Ghorbani, M., & Loppi, S. (2023). Impact of starch-based bioplastic on growth and biochemical parameters of basil plants. *Science of The Total Environment*., 856, 159163.

- Chuez, S. K. (2022). “*Identificación del perfil de polifenoles, flavonoides y metilxantinas en mazorca y placenta de cacao (Theobroma cacao, L.) de las variedades ccn-51 y nacional*”. Quevedo - Los Ríos - Ecuador: QUEVEDO, UTEQ, 2022.
- Coronel, Á. Z. (2021). “*Determinación de la actividad antioxidante de cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) provenientes de las variedades Ccn-51 y Nacional por distintos métodos*”. Mocache.
- Díaz, O. A., Ramón, V. B., & Moreno, C. G. (2021). Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. *Revista Investigación Desarrollo e Innovación*, 12(1), 97-106.
- Dowarah, K., Duarah, H., & Devipriya, S. P. (2022). A preliminary survey to assess the awareness, attitudes/behaviours, and opinions pertaining to plastic and microplastic pollution among students in India. *Marine Policy*, 144.
- Echeverría, I., & Ortega, A. J. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa Acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables*. Ambato - Ecuador.
- Firdous, N., Moradinezhad, F., Farooq, F., & Dorostkar, M. (2023). Advances in formulation, functionality, and application of edible coatings on fresh produce and fresh-cut products: A review. *Food Chemistry*, 407, 135186.
- Florin, C. M., Sedat, G., Markley, L. A., Olivelli, A., Khan, F. R., Gwinnett, C., . . . Meidian, C. (2022). Plastic Pollution, Waste Management Issues, and Circular Economy Opportunities in Rural Communities. *Sustainability*, 14-22.
- Gañán, P., Zuluaga, R., Castro, C., Restrepo, O. A., Velásquez, C. J., Montoya, Ú., . . . Molina, C. (2017). Celulosa: un polímero de siempre con mucho futuro. *Revista Colombiana de Materiales*, 01-04.

- García, B. A., Pico, P. B., & Jaimez, R. E. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia*, 4 (2), 152-172.
- Gimeno, C. E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Offarm*, 80-84.
- Goswami, P., & O'Haire, T. (2016). Developments in the use of green (biodegradable), recycled and biopolymer materials in technical nonwovens. *Advances in Technical Nonwovens*, 97-114.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., & Parra, P. (2022). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, venezuela. *Agronomía Tropical*, 343-362.
- Gupta, I., Cherwoo, L., Bhatia, R., & Setia, H. (2022). Biopolymers: Implications and application in the food industry. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 46.
- Hernández, H. C., Viera, A. I., Morales, S. A., Fernández, B. J., & Rodríguez, G. G. (2018). Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. *Food Chemistry*, 240, 831-839.
- Hernández, S. B., Sáenz, G. C., Diñeiro, R. J., & Alberdi, O. C. (2019). CIELAB color paths during meat shelf life. *Meat Science*, 157, 107889.
- Hurtado, J. J. (2019). *Estudio del almidón modificado de banano (M. sapientes l.) variedad cavendish obtenido por acetilación*. Machala.
- Iglesias, G. G. (2021). Estudio de la biodegradabilidad de membranas mixtas a partir de quitosano y PVA y rellenos inorgánicos con cobre.
- Irtiz, R. J., Sáenz, G. A., & Martínez, L. A. (2015). Recubrimientos poliméricos. *Ciencia cierta*, 1-29.

- Jirapan, D., Apichart, L., & Athipong, N. (2018). Spectroscopic property and color of bismuth silicate glasses with addition of 3d transition metals. *Materials Letters*, 229(15), 174-177.
- Jochum, B. (2020). *El Sistema CIELAB L\*a\*b\* – El Método para Cuantificar Colores de Recubrimientos*.
- Kola, V., & Carvalho, I. S. (2023). Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging. *Food Bioscience*, 102860.
- Laboratorioseyco. (2022). *¿Qué es el índice de blancura?* (Ensayos y Calibraciones Ópticas) Obtenido de <https://www.laboratorioseyco.com/que-es-el-indice-de-blancura-delpapel/#queesindiceblancura>
- Lema, V. E., Manzo, E. N., Baque, M. L., & Moreira, M. M. (2020). Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. *Revista Ingeniería e Innovación*.
- Lovibond. (2023). *Índice de blancura*. Obtenido de <https://www.lovibond.com/en/PW/Colour-Scales/Whiteness-Index>
- Lu, F., Rodriguez, G. J., Van, D. I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., . . . Charalampopoulos, D. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14, 5-8. Obtenido de [https://centaur.reading.ac.uk/79360/1/Valorisation%20strategies%20for%20Cocoa%20pod%20husk%20and%20its%20fractions\\_Revised.docx](https://centaur.reading.ac.uk/79360/1/Valorisation%20strategies%20for%20Cocoa%20pod%20husk%20and%20its%20fractions_Revised.docx)
- Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C., & Gutiérrez, E. (2021). Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*, 1-7.

- Martínez, R. J. (2020). *¿Qué es la pectina y cuál es su uso en la pastelería?* Obtenido de Gastrolab.
- McHugh, T., & Avena, B. R. (2021). Aplicaciones de películas y recubrimientos comestibles a alimentos procesados. *Alimentos procesados saludables*, 291-318.
- Mederos, T. Y., Bernabé, G. P., & Ramírez, A. M. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 41(3), 1-20.
- Mite, F., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en ecuador. *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Los Ríos.
- Mohammadalizadeh, A., Ameri, F. A., Moradian, S., Melgosa, M., & Mirjalili, F. (2019). Modelling the orange-peel texture for chromatic and achromatic samples. *Progress in Organic Coatings*, 135, 148-155.
- Moreno, T. G. (2015). *“Utilización de harina de plátano (Musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas”*. Ambato.
- Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. (2022). Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution? *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100273.
- Nesic, A. R., & Seslija, S. I. (2017). The influence of nanofillers on physical–chemical properties of polysaccharide-based film intended for food packaging. *Food Packaging*, 637-697.

- Nesic, A. R., & Seslija, S. I. (2017). The influence of nanofillers on physical–chemical properties of polysaccharide-based film intended for food packaging. *Food Packaging*, 637-697.
- Nilay, K., Sacide, M. K., Seray, Ö., Alara, Y., Emrah, T., & Zeynep, K. (2022). Antioxidant and antimicrobial chitosan films enriched with aqueous sage and rosemary extracts as food coating materials: Characterization of the films and detection of rosmarinic acid release. *International Journal of Biological Macromolecules*, 27, 470-480.
- Nivedita, S. S., & Malshe, V. C. (2004). Permeability of polymers in protective organic coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(1), 28-39.
- Nivedita, S. S., & V., C. M. (2004). Permeability of polymers in protective organic coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(1), 28-39.
- Nivedita, S. S., & V., C. M. (2004). Permeability of polymers in protective organic coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50(1), 28-39.
- Oregel, Z. E. (2013). *Aplicación de cubiertas comestibles formuladas con cera de candelilla para la conservación de fresa*. Michoacán - México.
- Orejuela, E. L., Landázuri, A. C., & Goodell, B. (2021). Second generation biorefining in Ecuador: Circular bioeconomy, zero waste technology, environment and sustainable development: The nexus. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6, 1.
- Orejuela, E. L., Landázuri, A. C., & Goodell, B. (2021). Second generation biorefining in Ecuador: Circular bioeconomy, zero waste technology, environment and sustainable development: The nexus. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6, 1.
- Otero, T. V. (2018). Combined effect of antimicrobial edible coatings with reduction of initial microbial load on the shelf-life of fresh hake (*Merluccius merluccius*) medallions. *International Journal of Food Science & Technology*.

- Ozlem et al, (2021). Cocoa and cocoa bean shells role in human health: An updated review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2-3.
- Peramune, D., Manatunga, D. C., Dassanayake, R. S., Premalal, V., Liyanage, R. N., Gunathilake, C., & Abidi, N. (2022). Recent advances in biopolymer-based advanced oxidation processes for dye removal applications: A review. *Environmental Research*, 215, 114242.
- Reyes, U. B. (2020). “*Contenido de vitamina C, polifenoles y flavonoides totales presentes en mucilago de cacao (Theobroma cacao l.) variedad CCN-51 y nacional*”. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5939/1/T-UTEQ-0082.pdf>
- Reyes, U. B. (2020). “*Contenido de vitamina C, polifenoles y flavonoides totales presentes en mucilago de cacao (Theobroma cacao l.) variedad CCN-51 y nacional*”. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5939/1/T-UTEQ-0082.pdf>
- Riaz, A., Lagnika, C., Luo, H., Dai, Z., Nie, M., Hashim, M. M., . . . Li, D. (2020). Chitosanbased biodegradable active food packaging film containing Chinese chive (*Allium tuberosum*) root extract for food application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 595-604.
- Rocha, F., de Paula, R. J., Maciel, d. S., Rodrigues, A. P., César, S. P., Clarissa dos Santos Pires, A., & Cristina Teixeira, R. V. (2023). Complexation of anthocyanins, betalains and carotenoids with biopolymers: An approach to complexation techniques and evaluation of binding parameters. *Food Research International*, 163, 112277.
- Rodriguez, F. (2022). *El plástico*. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/plastic>
- Rodríguez, J., Van Damme, I., Westwood, N., Shaw, L., & Robinson, J. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its. *Valorisation strategies for cocoa pod husk and its*, 80-89.

- Rodríguez, P. V. (2021). “*El uso indiscriminado del plástico contamina el medio ambiente y vulnera los derechos de la naturaleza*”. Loja.
- Rohasmizah, H., & Azizah, M. (2022). Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Applied Food Research*, 2(2), 100221.
- Romero, C. E., Fernández, R. M., Macias, O. J., & Zuñiga, G. K. (2016). Producción y comercialización del cacao y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del cantón Milagro / Production and marketing of cocoa and its impact in the socioeconomic development of Milagro canton. *CIENCIA UNEMI*, 9(17), 56-64.
- Ruiz, C., Díaz, C., & Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 31, 1-14.
- Sáez, M., Suárez, M., & Martínez, T. (2019). Effects of alginate coating enriched with tannins on shelf life of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *LWT- Food Science and Technology*, 1-8.
- Salinas, S. V., Trejo, M. M., & Lira, V. A. (2015). Propiedades físicas, mecánicas y de barrera de películas comestibles a base de mucílago de Nopal como alternativa para la aplicación en frutos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 193-198.
- Samaniego, I., Espín, S., Quiroz, J., Ortiz, B., Carrillo, W., García-Viguera, C., & Mena, P. (2020). Effect of the growing area on the methylxanthines and flavan-3-ols content in cocoa beans from Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis*, 88, 103448.
- Seyed, M. B., & Amin, M. K. (2017). Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil. *Progress in Organic Coatings*, 35-41.

- Shabir, A. M., Ali Abas, W., & Manzoor, A. S. (2018). Effect of plant extracts on the technofunctional properties of biodegradable packaging films. *Trends in Food Science & Technology*, 141-154.
- Shafqat, A., Tahir, A., Mahmood, A., Tabinda, A. B., Yasar, A., & Pugazhendhi, A. (2020). A review on environmental significance carbon foot prints of starch based bioplastic: A substitute of conventional plastics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101540.
- Solano, D. L., Alamilla, B. L., & Jiménez, M. C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias QuímicoBiológicas*, 1-13.
- Sulaiman, H., Taha, M. R., Abd, R. N., & Mohd, T. A. (2022). Performance of soil stabilized with biopolymer materials – xanthan gum and guar gum. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 128, 103276.
- Tito, V. G. (2022). “*Desarrollo y caracterización de recubrimientos comestibles a partir de residuos de la cadena de beneficio de cacao (Theobroma cacao L.): mazorca*”. Mocache – Los Ríos –Ecuador: Quevedo. UTEQ, 2022.
- Van, D. (2022). The role of ecodesign in the circular economy. *Circular Economy and Sustainability*, 1-2.
- Van, T. N., Anh, X. T., & Le, T. V. (2021). Microencapsulation of phenolic-enriched extract from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.). *Powder Technology*.
- Velis, C. A., Hardesty, B. D., Cottom, J. W., & Wilcox, C. (2022). Enabling the informal recycling sector to prevent plastic pollution and deliver an inclusive circular economy. *Environmental Science & Policy*, 138, 20-25.

- Villegas, R. J. (2022). “*Desarrollo y caracterización de recubrimientos comestibles a partir de residuos de la cadena de beneficio de cacao (Theobroma cacao L.): cascarilla*”. Mocache –Los Ríos-Ecuador: Quevedo.UTEQ,2022.
- Villegas, R. J. (2022). “*Desarrollo y caracterización de recubrimientos comestibles a partir de residuos de la cadena de beneficio de cacao (Theobroma cacao L.): cascarilla*”. Mocache –Los Ríos-Ecuador: Quevedo.UTEQ,2022.
- Villegas, R. J. (2022). “*Desarrollo y caracterización de recubrimientos comestibles a partir de residuos de la cadena de beneficio de cacao (Theobroma cacao L.): cascarilla*”. Mocache –Los Ríos-Ecuador: Quevedo.UTEQ,2022.
- Visco, A., Scolaro, C., Facchin, M., Brahimi, S., Belhamdi, H., Gatto, V., & Beghetto, V. (2022). Agri-Food Wastes for Bioplastics: European Prospective on Possible Applications in Their Second Life for a Circular Economy. *Polymers*, 14(13), 2752.
- Zhong, Y., Godwin, P., & Jin, Y. (2020). Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 27+35.

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

## 7.1. Anexos

### Anexo 1.

#### *Toma de muestras y liofilizado de mazorca cacao variedad CCN-51*



**Recolección de mazorca CCN-51**



**Adquisición de la muestra**



**Almacenamiento de muestra fresca**



**Secar la muestra en Liofilizador**



**Pesaje de la muestra seca**



**Triturado de la muestra**



**Pulverizador de muestra de cacao CCN-51**



**Muestra liofilizada**



**Muestra lista y almacenada**

**ELABORADO: AUTOR**

## Anexo 2.

### *Extracto o concentrado de mazorca de cacao variedad CCN-51*



**Pesar muestra pulverizada**



**Añadir solución extractora.**



**Licuar**



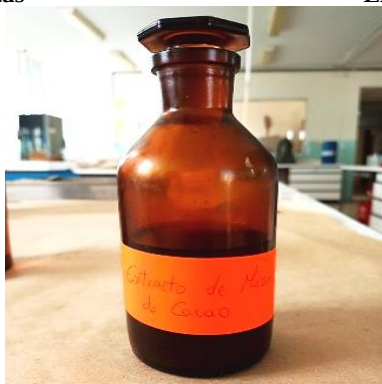
**Ultrasonido**



**Filtrar las impurezas**



**Extracción del etanol al 90%**



**Almacenar extracto**

**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 3.

*Desarrollo del recubrimiento comestible a partir de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate (Parte 1)*



**Aceite esencial de orégano**



**Aceite de aguacate**



**Grenetina (gelatina sin sabor)**



**Maicena**



**Glicerol**



**Peso de Maicena y gelatina**



**Colocar las muestras en el agitador magnético**



**Verter solución 3% en agua destilada 83°C**

**ELABORADO: AUTOR**

#### **Anexo 4.**

*Desarrollo del recubrimiento comestible a partir de mazorca de cacao CCN-51, aceite esencial de orégano y aceite de aguacate (Parte 2)*



**Añadir 2% de glicerol**



**Añadir extracto de mazorca 1,7%**



**Colocar solución de 0.5, 0.1 y 0.15% de Aceite esencial de orégano**



**Licuar solución**



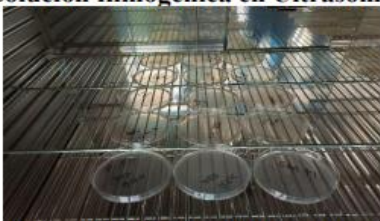
**Solución filmogénica**



**Solución filmogénica en Ultrasonido**



**Colocar las muestras en la caja de petri.**



**Llevar las muestras a la estufa 60°C x 4 horas**



**Colocar la solución de Aguacate**

**ELABORADO: AUTOR**

## Anexo 5.

*Propiedades Ópticas del recubrimiento, color*



**Colorímetro**



**Toma de color**

**ELABORADO: AUTOR**

## Anexo 6.

*Transmitancia de la película biodegradable*



**UV – 2201**

**ELABORADO: AUTOR**

## Anexo 7.

*Propiedades de barrera Elongación*



**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 8.

*Permeabilidad al vapor de agua*



**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 9.

*Espesor de la película biodegradable*



**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 10.

*Determinación de flavonoides totales*



**ELABORADO: AUTOR**

## **Anexo 11.**

### *Determinación de polifenoles totales*



**ELABORADO: AUTOR**

## **Anexo 12.**

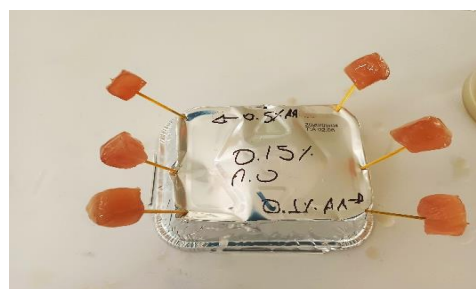
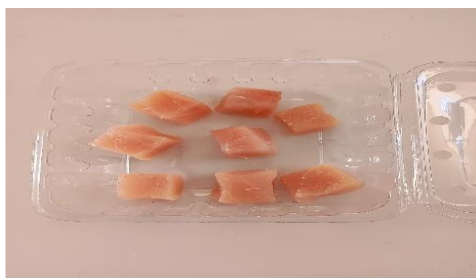
### *Biodegradabilidad de la película*



**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 13.

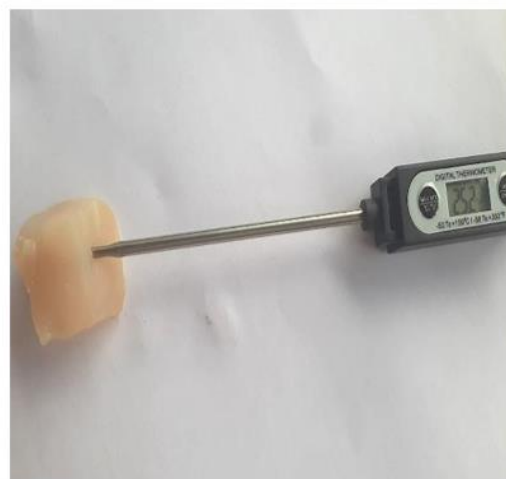
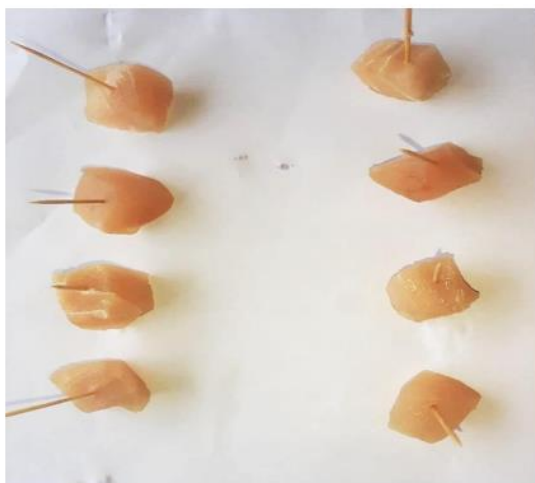
*Aplicación del recubrimiento en el atún*



**ELABORADO: AUTOR**

### Anexo 14.

*Vida útil del recubrimiento aplicado en el atún en refrigeración*



**ELABORADO: AUTOR**

**Anexo 15.***Análisis de Varianza para Tono (°h) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A: AE ORÉGANO</b>        | 6,66762                  | 2         | 3,33381               | 0,38           | 0,6988         |
| <b>B: A AGUACATE</b>        | 0,208033                 | 1         | 0,208033              | 0,02           | 0,8826         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 7,67072                  | 2         | 3,83536               | 0,44           | 0,6644         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 52,539                   | 6         | 8,7565                |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 67,0854                  | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR****Anexo 16.***Análisis de Varianza para Croma (C\*) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A: AE ORÉGANO</b>        | 0,12795                  | 2         | 0,063975              | 0,06           | 0,9399         |
| <b>B: A AGUACATE</b>        | 1,74803                  | 1         | 1,74803               | 1,71           | 0,2387         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 1,66032                  | 2         | 0,830158              | 0,81           | 0,04872        |
| <b>RESIDUOS</b>             | 6,1302                   | 6         | 1,0217                |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 9,6665                   | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR****Anexo 17.***Análisis de Varianza para Índice de Blancura - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A: AE ORÉGANO</b>        | 2,57292                  | 2         | 1,28646               | 2,80           | 0,1381         |
| <b>B: A AGUACATE</b>        | 5,13521                  | 1         | 5,13521               | 11,19          | 0,0155         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 2,68252                  | 2         | 1,34126               | 2,92           | 0,0129         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 2,75245                  | 6         | 0,458742              |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 13,1431                  | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR**

**Anexo 18.***Análisis de Varianza para Índice de amarillez - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A: AE ORÉGANO</b>        | 3,19072                  | 2         | 1,59536               | 0,08           | 0,9231         |
| <b>B: A AGUACATE</b>        | 53,1302                  | 1         | 53,1302               | 2,70           | 0,1513         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 42,6976                  | 2         | 21,3488               | 1,09           | 0,0395         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 117,995                  | 6         | 19,6658               |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 217,013                  | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR****Anexo 19.***Análisis de Varianza para Transmitancia - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A:AE. Orégano</b>        | 8,3618                   | 2         | 4,1809                | 0,40           | 0,6862         |
| <b>B: A Aguacate</b>        | 5,05701                  | 1         | 5,05701               | 0,49           | 0,5121         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 15,0873                  | 2         | 7,54363               | 0,72           | 0,0452         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 62,5292                  | 6         | 10,4215               |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 91,0352                  | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR****Anexo 20.***Análisis de Varianza para Elongación - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A:AE. Orégano</b>        | 0,035                    | 2         | 0,0175                | 0,37           | 0,7065         |
| <b>B: A Aguacate</b>        | 0,520833                 | 1         | 0,520833              | 10,96          | 0,0162         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 0,0216667                | 2         | 0,0108333             | 0,23           | 0,0027         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 0,285                    | 6         | 0,0475                |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 0,8625                   | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR**

**Anexo 21.**

*Análisis de Varianza para Permeabilidad vapor de agua (VPA) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos  | 352544,                  | 7         | 50363,5               | 15041,59       | 0,0000         |
| Intra grupos  | 26,7862                  | 8         | 3,34828               |                |                |
| Total (Corr.) | 352571,                  | 15        |                       |                |                |

ELABORADO: AUTOR

**Anexo 22.**

*Análisis de Varianza para Espesor - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| A:AE. Orégano               | 0,0000777778             | 2         | 0,0000388889          | 0,47           | 0,6380         |
| B:A. Aguacate               | 0,00000555556            | 1         | 0,00000555556         | 0,07           | 0,8006         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| AB                          | 0,000144444              | 2         | 0,0000722222          | 0,87           | 0,4451         |
| RESIDUOS                    | 0,001                    | 12        | 0,0000833333          |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)           | 0,00122778               | 17        |                       |                |                |

ELABORADO: AUTOR

**Anexo 23.**

*Análisis de Varianza para Flavonoides (mg•100g-1) - Suma de Cuadrados Tipo III*

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| A:AE Orégano                | 3263,3                   | 2         | 1631,65               | 1,77           | 0,2481         |
| B: A Aguacate               | 1,54083                  | 1         | 1,54083               | 0,00           | 0,9687         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| AB                          | 3115,64                  | 2         | 1557,82               | 1,69           | 0,0261         |
| RESIDUOS                    | 5518,13                  | 6         | 919,688               |                |                |
| TOTAL (CORREGIDO)           | 11898,6                  | 11        |                       |                |                |

ELABORADO: AUTOR

**Anexo 24.**

Análisis de Varianza para Polifenoles (mg•100g-1) - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>de Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |              |                       |                |                |
| <b>A:AE Orégano</b>         | 6602,84                  | 2            | 3301,42               | 0,66           | 0,5495         |
| <b>B: A Aguacate</b>        | 169,125                  | 1            | 169,125               | 0,03           | 0,8599         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |              |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 5789,64                  | 2            | 2894,82               | 0,58           | 0,0058         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 29889,1                  | 6            | 4981,52               |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 42450,7                  | 11           |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR**

**Anexo 25.**

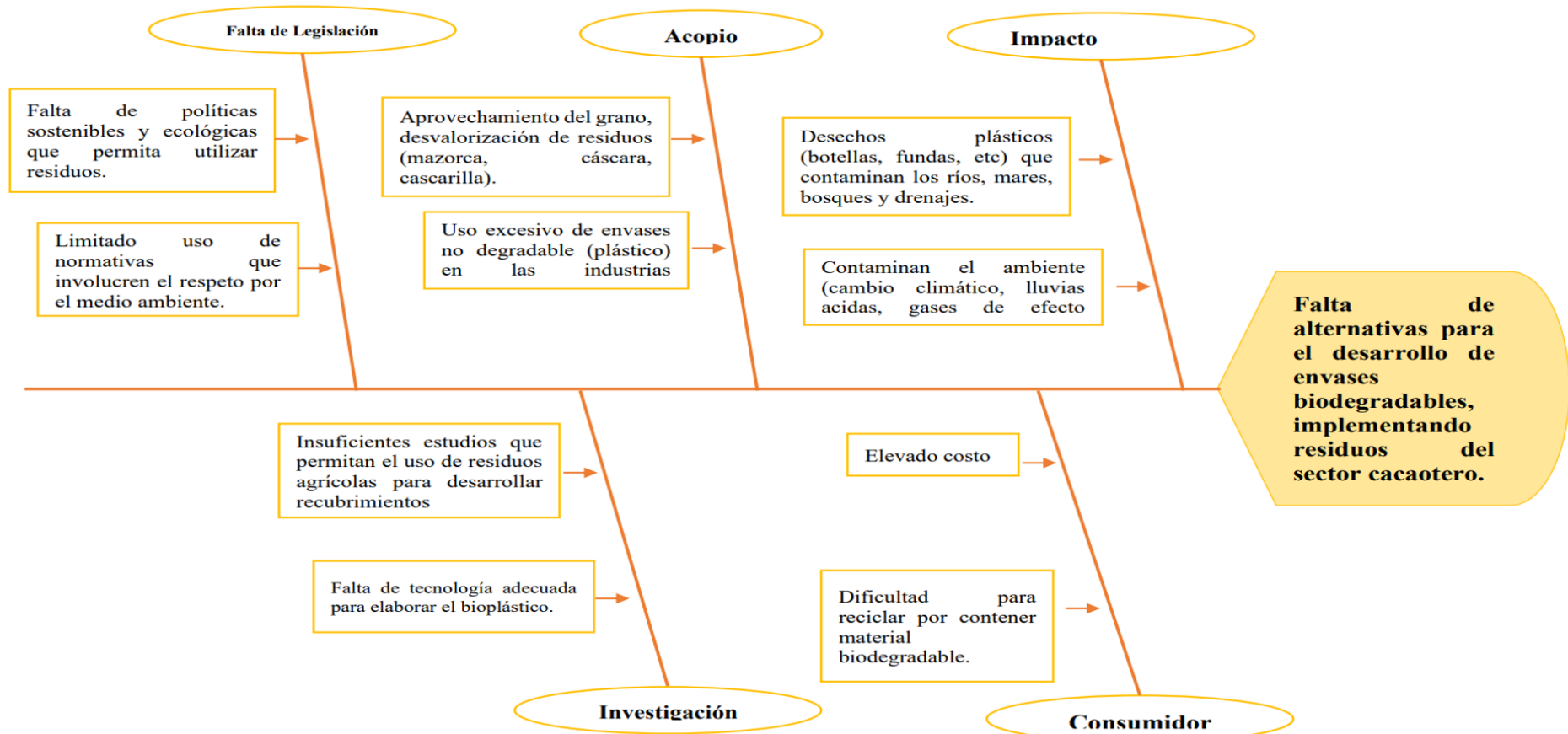
Análisis de Varianza para Biodegradabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III

| <i>Fuente</i>               | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| <b>EFFECTOS PRINCIPALES</b> |                          |           |                       |                |                |
| <b>A:AE. Orégano</b>        | 1267,01                  | 2         | 633,507               | 3,86           | 0,0836         |
| <b>B: A Aguacate</b>        | 448,841                  | 1         | 448,841               | 2,74           | 0,1492         |
| <b>INTERACCIONES</b>        |                          |           |                       |                |                |
| <b>AB</b>                   | 25,3191                  | 2         | 12,6596               | 0,08           | 0,9266         |
| <b>RESIDUOS</b>             | 984,132                  | 6         | 164,022               |                |                |
| <b>TOTAL (CORREGIDO)</b>    | 2725,31                  | 11        |                       |                |                |

**ELABORADO: AUTOR**

## Anexo 26.

Diagrama de Ishikawa elaborado por el análisis de causa y efecto del problema considerado en dicho estudio



ELABORADO: AUTOR