

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESARROLLO DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE
CACAO APLICADO A FILETES DE TILAPIA**

POR:

GLORIA XIOMARA ALMENDAREZ PINEDA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

**DESARROLLO DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE
CACAO APLICADO A FILETES DE TILAPIA**

POR:

GLORIA XIOMARA ALMENDAREZ PINEDA

ZOILA ESPERANZA FLORES HERNANDEZ M. Sc.

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

DEDICATORIA

A mi querido abuelo, **Maximiliano Pineda**, quien, aunque ya no está a mi lado, sigue siendo una de las mayores fuentes de inspiración en mi vida.

Con todo mi amor, dedico este trabajo a mis padres, **Ricardo Almendarez y Angélica Pineda**, por su apoyo incondicional, por esforzarse siempre para darme lo necesario y por motivarme a alcanzar esta meta, incluso en medio de las adversidades.

A los pilares de mi vida, mis hermanas **Ricarda y Mayra**, siendo ellas mi mayor motivación para culminar esta meta. Gracias por su apoyo constante y por ser mi fuerza en los momentos de incertidumbre.

Porque ningún camino se recorre solo, dedico esta tesis a mis amigas **Ana Irías y María Izaguirre; también a sus familias**, por su apoyo, cariño y por dejar una huella positiva en mi vida. Su amistad ha sido una de las fuerzas que me impulsaron a seguir adelante y mejorar como persona.

A mi querida amiga y maestra, **Licda. Fanny Guevara**, por creer en mí desde el principio, cuando yo aún no sabía lo lejos que podía llegar.

Por último, me dedico esta tesis a **mí misma**, por no rendirme cuando todo parecía cuesta arriba, por levantarme cada vez que caí y por seguir adelante aun con miedo y dudas.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, porque ciertamente la gracia de nuestro Señor se derramó sobre mí con abundancia.

A mi tío **Juan Almendárez**; a mis primos **Dilsia Martínez, Juan Carlos, Carmen y Yunior Pineda, y Elba Díaz**, por ser una red de apoyo constante en mi vida.

A mis asesores, **M.Sc. Zoila Flores, M.Sc. Arlin Lobo y M.Sc. Wilson Martínez** por su orientación en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis hermanos del Ministerio Amigos de Jesús, **Jazmín Mejía, Julio Mejía, Myriam Funes, Eduardo Zúniga y Karen Cerrato**; y a mis Pastores **Wilson Salgado y Johana Paz**, por su apoyo y guía espiritual.

A mis amigos, **Ana Irías, Edgar Cortés, Marvin Alvarado, Keydi Zúniga, Alejandra Palacios, Fernanda Galeas, Vivian Reyes, Ing. Natalya Gómez e Ing. Daniela Cálix**, por acompañarme en este proceso y por compartir conmigo su apoyo, tiempo, conocimiento y afecto.

A **Wendy Maradiaga, Alejandra Licon, Blanca Romero, Henry López, Lisbeth Espinoza, Dr. Carlos Andino, Licda. Mayra Jiménez y Licda. Carolina Fernan**, por acompañarme con empatía y cuidado en los momentos más difíciles. Su apoyo fue clave en este proceso.

A **mis clientes**, cuyo apoyo en cada uno de mis emprendimientos hizo posible que continuara mis estudios. Gracias por confiar en mi trabajo y ser parte de este logro.

CONTENIDO

	pág
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
3.1 Fundamentos científicos y conceptuales sobre los recubrimientos comestibles ..	12
3.1.1 Composición de las matrices estructurales de los recubrimientos comestibles	13
3.1.2 Condición legal de los recubrimientos comestibles.	13
3.1.3 Recubrimientos comestibles a base de mucílago	14
3.2 Propiedades y características del mucílago de cacao	14
3.2.1 Cacao	14
3.2.2 Mucilago de cacao	14
3.2.3 Propiedades y composición del mucílago de cacao.....	15
3.2.4 Condición legal del mucílago de cacao para elaborar recubrimientos comestibles	16
3.3 Actividades antimicrobianas y antioxidantes del aceite esencial de orégano	16
3.3.1 Características y propiedades de los aceites esenciales.....	16
3.3.2 <i>Plectranthus amboinicus</i> como fuente de aceites esenciales.....	17
3.3.3 Propiedades antimicrobianas del <i>Plectranthus amboinicus</i>	17
3.4 Filete de tilapia como sustrato para recubrimientos comestibles	17

3.4.1	Filete de tilapia como producto pesquero en Honduras	18
3.4.2	Parámetros fisicoquímicos de calidad en filetes de tilapia	18
3.4.3	Desafíos en la conservación de la calidad del filete de tilapia	20
IV.	MATERIALES Y MÉTODO.....	21
4.1	Descripción del lugar donde se desarrolló la investigación	21
4.2	Materiales y equipo	21
4.3	Método.....	22
4.3.1	Metodología.....	22
4.3.2	Mediciones analíticas en filetes de tilapia para evaluar la efectividad del recubrimiento comestible	26
4.3.2.1	Parámetros físicos.....	26
4.3.2.2	Parámetros químicos	28
4.4	Diseño experimental	28
4.5	Análisis estadístico	29
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1	Análisis de parámetros físicos	30
5.1.1	Pérdida de peso	30
5.1.2	Color	32
5.2	Análisis de parámetros químicos.....	36
5.2.1	pH	36
VI.	CONCLUSIONES.....	39
VII.	RECOMENDACIONES.....	40
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	41
IX.	ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del mucílago de cacao	15
Tabla 2. Tabla de almacenamiento en refrigerador y congelador	20
Tabla 3. Materia prima a utilizada durante la investigación.....	22
Tabla 4. Porcentajes para la formulación del recubrimiento comestible.....	24
Tabla 5. Pérdida de peso en filetes de tilapia con y sin recubrimiento comestible durante el almacenamiento en refrigeración.....	30
Tabla 6. Variación de los parámetros de color (L, a*, b*, C* Hab y ΔE) en filetes de tilapia con y sin recubrimiento durante el almacenamiento en refrigeración.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Campus central de la Universidad Nacional de Agricultura.....	21
Figura 2. Variación del pH en filetes de tilapia durante el almacenamiento en refrigeración.	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Materia prima utilizada en la investigación.....	50
Anexo 2. Extracción del mucílago de cacao.	50
Anexo 3. Formulación de la emulsión del recubrimiento comestible.....	51
Anexo 4. Preparación de los filetes de tilapia como sustrato para la aplicación del recubrimiento comestible.	51
Anexo 5. Aplicación del recubrimiento comestible a los filetes de tilapia.	51
Anexo 6. Almacenamiento en refrigeración.	52
Anexo 7. Análisis fisicoquímicos.....	52

Almendarez Pineda, G.X. 2025. Desarrollo de recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao aplicado a filetes de tilapia. Tesis. Inga. en Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. Pág 52.

RESUMEN

Las alternativas sostenibles para la conservación de alimentos han impulsado el desarrollo de recubrimientos comestibles a base de biopolímeros naturales. En este contexto, el mucílago de cacao, rico en pectina, y el aceite esencial de orégano, con propiedades antimicrobianas, se perfilan como ingredientes prometedores para prolongar la vida útil y preservar la calidad de alimentos perecederos como los filetes de tilapia. Esta investigación tuvo como objetivo formular un recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao para conservar la calidad de filetes de tilapia durante su almacenamiento en refrigeración. Se prepararon dos emulsiones con concentraciones de mucílago al 25% y 30%, complementadas con aceite esencial de orégano (2%), glicerol (20%) y agua destilada. El mucílago fue extraído manualmente, filtrado y pasteurizado, y los filetes fueron recubiertos por inmersión durante 8 segundos. El experimento se diseñó completamente al azar, incluyendo un grupo control sin recubrimiento, y se evaluaron los efectos a lo largo de tres tiempos de almacenamiento (días 1, 3 y 7). Se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar la calidad de los filetes, considerando parámetros como pH, color y pérdida de peso. Los recubrimientos mostraron un efecto protector significativo: las muestras recubiertas presentaron una menor pérdida de peso (2.64% para 25% y 3.05% para 30%) en comparación con el control (8.65%). En cuanto al color, el tratamiento con 30% de mucílago mantuvo una mayor luminosidad ($L^* = 63.63$) y menor alteración de color ($\Delta E = 5.85$) frente al control ($L^* = 58.02$, $\Delta E = 10.54$). Además, el valor b^* se mantuvo estable en los tratamientos, mientras que en el control aumentó a 28.73 ± 1.40 , lo que indica un mayor amarillamiento. En términos de pH, el tratamiento con 25% de mucílago se mantuvo dentro del rango óptimo (6.36 ± 0.01), mientras que el control mostró un valor más elevado (6.71 ± 0.09), asociado al deterioro. Estos resultados evidencian el potencial del mucílago de cacao como ingrediente funcional en recubrimientos comestibles, donde la concentración del 25% es más efectiva para mantener la estabilidad fisicoquímica, y la del 30% para preservar el color, lo que permite una aplicación estratégica en la conservación de productos pesqueros refrigerados.

Palabras claves: Biopolímeros naturales, vida útil, calidad, emulsiones y tiempo de almacenamiento.

I. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para la conservación de alimentos ha impulsado a la ciencia de alimentos a investigar el uso de recubrimientos comestibles (Díaz y Castro 2021, López Díaz y Méndez Lagunas 2023). Estas tecnologías, formuladas a partir de biopolímeros naturales, representan una estrategia prometedora para mejorar la vida útil y la calidad de productos alimenticios perecederos como los filetes de tilapia (Chaparro *et al.* 2015, Olawuyi *et al.* 2021).

El mucílago de cacao es un subproducto de la industria del cacao que posee una composición rica en azúcares, pectina y ácido cítrico, lo que lo convierte en un componente ideal para la elaboración de matrices estructurales en recubrimientos comestibles (Vallejo *et al.* 2016, Moreira 2020, Bastidas *et al.* 2022). La pectina, en particular, ha demostrado ser un agente gelificante eficaz que contribuye a la integridad y funcionalidad del recubrimiento (Kumar *et al.* 2022, Kang *et al.* 2007).

Por su parte, el aceite esencial de orégano, obtenido del *Plectranthus amboinicus*, es conocido por sus propiedades antimicrobianas, atribuidas principalmente a la presencia de carvacrol y timol (Burt 2004, Vasconcelos *et al.* 2017). Estos compuestos fenólicos actúan sobre la membrana celular de microorganismos patógenos, inhibiendo su crecimiento y previniendo el deterioro de los alimentos (Leyva *et al.* 2017).

Este estudio tiene como objetivo desarrollar un recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao y complementado aceite esencial de orégano, destinado a mejorar la conservación de filetes de tilapia y mantener los parámetros fisicoquímicos de calidad.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar un recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao con el propósito de conservar la calidad de filetes de tilapia durante su almacenamiento en refrigeración.

2.2 Objetivos específicos

Formular emulsiones a base de mucílago de cacao, incorporando aceite esencial de orégano como componente funcional.

Evaluar el efecto del recubrimiento en parámetros fisicoquímicos (pérdida de peso, color y pH) durante 7 días de almacenamiento en refrigeración.

Comparar la eficacia de distintas concentraciones de mucílago con un tratamiento control sin recubrimiento.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Fundamentos científicos y conceptuales sobre los recubrimientos comestibles

Un recubrimiento comestible se define como una capa delgada de material polimérico natural y comestible que se aplica directamente sobre un producto alimenticio, formando un revestimiento que lo protege (Solano Doblado *et al.* 2020, De Ancos *et al.* 2015).

Aunque el concepto de recubrimiento comestible puede confundirse con el de película comestible, es importante destacar sus diferencias. Ambas estructuras están compuestas por materiales poliméricos comestibles, pero difieren principalmente en su método de aplicación: mientras que los recubrimientos se aplican en estado líquido, mediante técnicas como inmersión o pulverización, y se solidifican directamente sobre el alimento, las películas comestibles se elaboran previamente como láminas sólidas independientes y luego se colocan sobre la superficie o entre los componentes del alimento (Valencia *et al.* 2011, Galus *et al.* 2020).

Actualmente, los recubrimientos comestibles representan una tecnología innovadora y ecológica que reduce el uso de envases plásticos tradicionales (Olawuyi *et al.* 2021, Muñoz *et al.* 2012). Elaborados a partir de biopolímeros naturales y biodegradables, pueden provenir de recursos renovables o subproductos agroindustriales (Elsabee y Abdou 2013). Además, al incorporar aditivos naturales, adquieren propiedades antimicrobianas y antioxidantes (De Ancos *et al.* 2015, López Díaz y Méndez Lagunas 2023). Estos recubrimientos se formulan con polisacáridos, proteínas y lípidos, junto con plastificantes y emulsificantes, para optimizar sus propiedades finales (Fernández y Bautista 2015, Donhowe y Fennema 1993).

3.1.1 Composición de las matrices estructurales de los recubrimientos comestibles

Según Dhall (2013), los recubrimientos comestibles son biopolímeros que dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación se pueden agrupar en tres categorías:

- **Hidrocoloides:** Estos recubrimientos, compuestos por polisacáridos (como celulosa, almidón, quitosano, alginatos, carragenanos, gelanos y pectinas) y proteínas de origen animal (gelatinas, caseínas, albúminas) o vegetal (soja, zeína de maíz), presentan buenas propiedades mecánicas y actúan como barrera para gases como oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), aunque son menos efectivos contra el vapor de agua.
- **Lípidos:** Están compuestos por compuestos hidrofóbicos no poliméricos con buenas propiedades de barrera para la humedad. Reducen la transpiración, la deshidratación y la abrasión durante la manipulación posterior, y pueden mejorar el brillo y el sabor. Generalmente son ceras (carnauba, abeja), ácidos grasos y monoglicéridos (glicerol).
- **Compuestos:** Son formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua, mientras que los hidrocoloides proporcionan permeabilidad selectiva al O₂ y CO₂, así como una buena cohesión estructural, integridad y durabilidad.

3.1.2 Condición legal de los recubrimientos comestibles.

De acuerdo con el Código de Regulaciones Federales – FDA, los recubrimientos comestibles deben cumplir los requerimientos exigidos a los alimentos, ingredientes y aditivos alimentarios, a los materiales en contacto con los alimentos y a los materiales de envasado. Además, al ser un elemento comestible, todos los materiales, elementos formadores del recubrimiento e ingredientes funcionales, deben ser aptos para el consumo humano o denominarse de grado comestible.

3.1.3 Recubrimientos comestibles a base de mucílago

En los últimos años, el uso de mucílagos vegetales como base para recubrimientos comestibles ha aumentado debido a sus propiedades estructurales y funcionales (Embuscado y Huber 2009). Estos recubrimientos pueden actuar como barrera frente al ambiente, mejorar el sabor y servir como vehículos de compuestos bioactivos, siendo aplicados en frutas, carnes, mariscos y otros productos para prolongar su vida útil (López Díaz y Méndez Lagunas 2023).

3.2 Propiedades y características del mucílago de cacao

La Organización Internacional del Cacao (ICCO), indica que Honduras es el quinto productor de cacao a nivel mundial, con una producción anual de alrededor de 150,000 toneladas métricas. El proceso de producción de cacao en Honduras involucra desde el cultivo y cosecha de las mazorcas hasta el beneficiado de las semillas, pasando por la fermentación y el secado.

3.2.1 Cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.), árbol tropical de la familia *Malvaceae*, se utiliza principalmente para la producción de subproductos como polvo y manteca de cacao. Sin embargo, solo se aprovecha el 10 % de la masa fresca del fruto, mientras que el resto se desecha, generando problemas ambientales por el desconocimiento de sus propiedades (Castillo *et al.* 2018).

3.2.2 Mucilago de cacao

El mucílago de cacao o pulpa es un tejido blanco que recubre el grano dentro del fruto, compuesto por células esponjosas parenquimatosas que tienen origen en el tegumento de la semilla (Jayeola *et al.* 2018).

El mucílago del cacao actúa como sustrato para microorganismos durante la fermentación, pero debido a su impacto en el perfil sensorial del grano, solo se utiliza parcialmente. Entre el 20 % y el 60 % del mucílago se elimina antes de la fermentación, generando un subproducto importante cuya gestión adecuada requiere mejoras tecnológicas para reducir el impacto ambiental.

3.2.3 Propiedades y composición del mucílago de cacao

Según Vallejo *et al.* (201) el mucílago de cacao, compuesto principalmente por agua, proteínas, azúcares (10–15 %), glucosa, pectinas (1 %), ácidos orgánicos (incluido 1,5 % de ácido cítrico) y cenizas, es rico en compuestos bioactivos como polifenoles, fibra dietética, minerales y vitaminas. Una parte de este mucílago es esencial para la producción de alcohol y ácido acético durante la fermentación de las almendras, aunque entre el 5 % y 7 % se pierde como exudado.

Tabla 1. Composición química del mucílago de cacao

Componentes	Porcentaje* (%)
Agua	79,2 – 84,2
Proteína	0,09 – 0,11
Azúcares	12,50 – 15,9
Glucosa	11,6 – 15,32
Pectinas	0,9 – 1,19
Ácido cítrico	0,77 – 1,52
Cenizas	0,40 – 0,50

*Los resultados se reportan en base húmeda

Fuente: (Ortiz y Álvarez 2015)

3.2.4 Condición legal del mucílago de cacao para elaborar recubrimientos comestibles

El mucílago de cacao, conocido también como pulpa de cacao, ha sido considerado como un ingrediente GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro, por sus siglas en inglés) por organismos competentes como la Food and Drug Administration (FDA), lo que le otorga una validación para su uso en aplicaciones alimentarias, incluyendo la elaboración de recubrimientos comestibles. Según la GRAS Notice (GRN) 947, el mucílago de cacao se considera seguro para su uso en diversas categorías de alimentos, lo que respalda su aplicación en la industria alimentaria, especialmente en productos destinados a mejorar la conservación y calidad de los alimentos (FDA 2020).

3.3 Actividades antimicrobianas y antioxidantes del aceite esencial de orégano

En los últimos años, la industria alimentaria ha explorado el empleo de compuestos naturales como sustitutos de los conservantes químicos convencionales. El propósito de estos estudios es encontrar soluciones más sostenibles que puedan mantener la inocuidad de los alimentos sin depender de aditivos artificiales (Pandey *et al.* 2017, Delaquis 2002). En este sentido, ha surgido un notable interés en las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales, ya que su aplicación como aditivos naturales parece ser eficaz para reemplazar a los conservantes sintéticos (Basavegowda y Baek 2021, Sharma *et al.* 2021, Tepe *et al.* 2004).

3.3.1 Características y propiedades de los aceites esenciales

Los aceites esenciales (AE) son un grupo interesante de sustancias obtenidas a partir de material vegetal; casi exclusivamente de flores, hojas, cortezas, maderas, raíces, rizomas, frutos y semillas (Burt 2004). Se caracterizan por ser líquidos y presentar una consistencia

aceitosa con características aromáticas pronunciadas y agradables (Bassolé y Juliani 2012). Tienen una composición química compleja; los principales componentes de los AE son los terpenos y compuestos alifáticos, los cuales confieren propiedades antibacterianas y antifúngicas (Santos *et al.* 2008).

3.3.2 *Plectranthus amboinicus* como fuente de aceites esenciales

El orégano, comprende diversas especies de plantas que son utilizadas con fines alimenticios y es una fuente importante de aceites esenciales. El *Plectranthus amboinicus*, también conocido como oreganón, es una planta perenne perteneciente a la familia Lamiaceae. Posee propiedades de conservación de alimentos, anticancerígenas, plaguicidas y antimicrobianas (Morales *et al.* 2021). Esta planta es cultivada comúnmente en Honduras, especialmente a escala doméstica en poblaciones rurales y urbanas.

3.3.3 Propiedades antimicrobianas del *Plectranthus amboinicus*

Estudios realizados por Cardona y Díaz (2022), han identificado el carvacrol y el timol como los principales compuestos del *Plectranthus amboinicus*, a los cuales se les atribuye propiedades antisépticas, bactericidas y antioxidantes, además, contienen flavonoides y terpenos que son inhibidores de bacterias Gram positivas y negativas. Su extracto tiene actividad bactericida contra patógenos, alterando la permeabilidad de la membrana celular (Goyena y Fallis 2019). Las hojas del orégano también contienen monoterpenoides, diterpenoides, triterpenoides, sesquiterpenoides, fenoles, flavonoides y ésteres (García *et al.* 2019).

3.4 Filete de tilapia como sustrato para recubrimientos comestibles

La tilapia es uno de los principales productos pesqueros de Honduras, es una fuente importante de ingresos para los acuicultores y las comunidades rurales, con una producción anual de alrededor de 50,000 toneladas (FAO 2022). Siendo cultivado principalmente en estanques y jaulas de tierra, en gran parte del territorio hondureño, principalmente en los departamentos de Cortés, Atlántida, Copán, Comayagua y Olancho; este se consume tanto en el mercado nacional como internacional. Este rubro genera empleo en la producción, procesamiento, distribución y comercialización del producto (SAG 2021). El cultivo intensivo y relativamente sencillo de tilapia, junto con su sabor agradable y alto valor nutricional, la han convertido en una fuente de proteína accesible para la población hondureña (Green 2000).

3.4.1 Filete de tilapia como producto pesquero en Honduras

Los filetes son las masas musculares de pescado (tilapia) de la misma especie, aptas para el consumo humano; de tamaño y forma irregulares que se separan del cuerpo del pescado mediante cortes netos, paralelos a la columna vertebral, así como los trozos en que se cortan dichas lonjas para facilitar el envasado, elaborados en conformidad con las definiciones contenidas en la presente norma (CFC *et al.* 2001). El filete de tilapia hondureño es apreciado por su sabor suave, textura firme y bajo contenido de grasa (FAO 2022).

Desde el punto de vista nutricional, la tilapia es una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos omega-3, vitaminas y minerales esenciales (FAO 2013). Su consumo regular se ha asociado con diversos beneficios para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, la mejora de la función cognitiva y el fortalecimiento del sistema inmunológico (Jayedi y Shab-Bidar 2020).

3.4.2 Parámetros fisicoquímicos de calidad en filetes de tilapia

Generalmente el término "calidad" se refiere a la apariencia estética y fresca, o al grado de deterioro que ha sufrido el pescado. Es importante recordar que "calidad" implica algo diferente para cada persona y es un término que debe ser definido en asociación con un único tipo de producto (Huss 1998).

La calidad del filete de tilapia puede evaluarse mediante diversos parámetros fisicoquímicos, los cuales permiten determinar su frescura, estabilidad y aceptabilidad a lo largo del almacenamiento. La comprensión profunda de estos parámetros es fundamental para el desarrollo de técnicas de biopreservación, que buscan mejorar la vida útil y garantizar la seguridad alimentaria (Huss 1998).

Entre los parámetros fisicoquímicos más utilizados para evaluar la calidad de los filetes de tilapia se encuentran:

- El pH: este parámetro tiende a aumentar conforme avanza la degradación del tejido muscular. El pH de la carne de pescado proporciona información valiosa sobre su condición, ya que mide la acidez o alcalinidad del tejido (Huss 1998). El pH de la tilapia fresca suele estar entre 6.0 y 6.5, y un valor superior a 7.0 indica pérdida de calidad, degradación de proteínas y la acumulación de productos metabólicos (Gram y Dalgaard 2002, Salamanca Grosso y Tangarife 2007).
- Capacidad de retención de agua (CRA): es un parámetro crucial que evalúa la habilidad del músculo para mantener el agua libre mediante procesos de capilaridad y las fuerzas de tensión entre las fibras musculares. Este parámetro está directamente relacionado con la jugosidad del producto (Huss 1998). La CRA adquiere particular relevancia en la evaluación del deterioro de carnes y pescados, ya que, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, las proteínas musculares sufren procesos de desnaturalización y degradación. Estos cambios estructurales contribuyen al ablandamiento de la textura y, en consecuencia, a una menor retención de agua, lo que impacta negativamente en la calidad sensorial del producto (Fuentes Lopez *et al.*

2012). En filetes de tilapia la CRA oscila entre el 90-95% (Suárez Mahecha *et al.* 2009).

- **Color:** es un parámetro fisicoquímico clave para evaluar la calidad de los filetes de tilapia, ya que refleja los cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante su almacenamiento y deterioro (Cropotova *et al.* 2021). Los parámetros L*, a* y b* proporcionan información cuantificable sobre la luminosidad, tonalidad roja-verde y amarilla-azul del producto, respectivamente. La alteración en estos valores se debe principalmente a la oxidación de la mioglobina y la desnaturalización de proteínas. Estos cambios indican la pérdida de frescura y la disminución de la calidad del pescado (Cheng *et al.* 2023, Jung *et al.* 2003, Dehghani *et al.* 2018).

3.4.3 Desafíos en la conservación de la calidad del filete de tilapia

A pesar de sus múltiples beneficios, la conservación y calidad del filete de tilapia durante su almacenamiento y distribución representan un desafío importante. La tilapia es un producto altamente perecedero, susceptible a la descomposición microbiológica y a la pérdida de textura y sabor (Khalafalla *et al.* 2015). Estos factores limitan la vida útil del producto y generan pérdidas económicas significativas para los productores y comercializadores.

Tabla 2. Tabla de almacenamiento en refrigerador y congelador

Tipo de Pescado	Refrigerador (4° C)	Congelador (-18° C)
Pescados magros	1 – 2 días	6 – 8 meses
Pescados grasos	1 – 2 días	2 – 3 meses
Pescado cocido	3 – 4 días	4 – 6 meses
Pescado ahumado	14 días	2 meses

Fuente: (FDA 2018)

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del lugar donde se desarrolló la investigación

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), campus central, ubicado en Catacamas, Olancho, Honduras. La mayor parte del estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Procesamiento Acuícola de dicha institución.

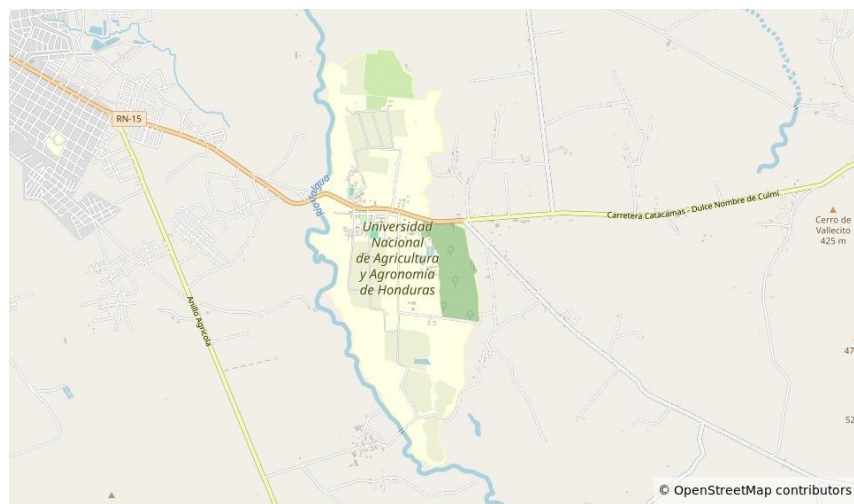


Figura 1. Campus central de la Universidad Nacional de Agricultura.

Fuente: Open street map (2025).

4.2 Materiales y equipo

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversos materiales y equipos, los cuales se describen en la Tabla 3, Anexo 1 y a lo largo de la metodología expuesta.

Tabla 3. Materia prima a utilizada durante la investigación

Materia prima	Descripción
Mazorcas de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	Las mazorcas de cacao fueron recolectadas en la finca San José, ubicada en Santa Cruz de Yojoa, Cortés, Honduras.
Aceite esencial de orégano (<i>Plectranthus amboinicus</i> L.)	Se utilizó aceite esencial comercial de la marca Andrea's, procesado por la empresa Andrea's Natural.
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Los peces fueron obtenidos del Centro Integral de Aprendizaje Acuícola de la Universidad Nacional de Agricultura.

4.3 Método

En la investigación se empleó el método experimental con el propósito de evaluar el efecto de la proporción de mucílago de cacao en la formulación de emulsiones destinadas a recubrimientos comestibles, aplicadas sobre filetes de tilapia para la conservación de sus parámetros de calidad. El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero a abril del año 2025.

4.3.1 Metodología

Para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación, se llevaron a cabo seis fases experimentales, las cuales se describen a continuación.

Fase 1. Obtención del mucílago de cacao

Para esta fase se utilizó la metodología propuesta por Santana *et al.* (2018) con ligeras modificaciones. Mediante este proceso meticuloso, se obtuvo un mucílago puro, seguro y de calidad (ver anexo 2).

Descripción de operaciones

1. **Recepción de las mazorcas de cacao:** Se recolectaron frutos de cacao como materia prima para la extracción del mucílago.
2. **Clasificación:** Se seleccionaron únicamente aquellas mazorcas libres de enfermedades y sin daños físicos.
3. **Lavado y desinfección:** Los frutos fueron lavados y desinfectados mediante enjuague con agua clorada a una concentración de 100 ppm de cloro libre. Para la preparación de esta solución se utilizó hipoclorito de sodio al 0.01%, siguiendo la relación:

$$\frac{g \text{ de solución} * ppm}{1,000,000} = g \text{ de soluto}$$

Donde;

- ***g de solución*** = litros de agua a utilizar
 - ***ppm*** = concentración de partes por millón
 - ***g de soluto*** = gramos de hipoclorito de sodio a utilizar
4. **Troceado:** Las mazorcas fueron cortadas de forma transversal para facilitar la extracción de las semillas mucilaginosas.
 5. **Extracción del mucílago de cacao:** Las almendras de cacao fueron colocadas sobre un lienzo de manta, y mediante presión manual se extrajo el líquido mucilaginoso, el cual fue recolectado en un recipiente plástico.
 6. **Filtración:** El mucílago extraído fue filtrado nuevamente utilizando una tela de lienzo, con el fin de eliminar partículas en suspensión.
 7. **Pasteurización:** Finalmente, el mucílago fue sometido a un proceso de pasteurización rápida en un recipiente de acero inoxidable, a una temperatura de 75 ± 1.5 °C durante 15 minutos, con el objetivo de inactivar enzimas responsables del pardeamiento enzimático y eliminar posibles microorganismos patógenos.

Fase 2. Formulación y elaboración de la emulsión para el recubrimiento comestible

Para la elaboración del recubrimiento comestible, se emplearon diferentes proporciones de los componentes que conformaron la matriz. El mucílago de cacao se utilizó como polímero base en dos concentraciones (25% y 30%). El plastificante fue glicerol al 1%, incorporado en una proporción del 20%. Como compuesto funcional, se adicionó aceite esencial de orégano al 2%. Finalmente, el agua destilada actuó como disolvente, completando el 100% de la formulación total. Las dos formulaciones obtenidas se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes para la formulación del recubrimiento comestible

Componente	Materia Prima	Concentración	
Polímero	Mucílago de cacao	25%	30%
Compuesto funcional	Aceite esencial de orégano	2%	2%
Plastificante	Glicerol al 1%	20%	20%
Disolvente	Agua destilada	53%	48%
Total		100%	100%

Fuente: propia

La preparación del recubrimiento comestible se realizó siguiendo la metodología propuesta por Acurio y Balseca (2021), con modificaciones en los tiempos y temperaturas, respetando los principios fundamentales del procedimiento original.

Descripción de operaciones

1. **Mezcla:** En un vaso de precipitación se incorporó el mucílago de cacao y el aceite esencial de orégano según la proporción indicada en cada formulación.
2. **Agitación:** La mezcla fue homogeneizada manualmente utilizando una varilla de agitación.
3. **Calentamiento:** La mezcla se calentó hasta alcanzar una temperatura de 60 °C.
4. **Adición del plastificante:** A 60 °C se añadió el glicerol al 1% como plastificante.

5. **Homogeneización:** Se continuó con la agitación constante para asegurar una emulsión homogénea.
6. **Enfriamiento:** La mezcla fue retirada del calor y dejada en reposo hasta alcanzar temperatura ambiente (ver anexo 3).

Fase 3. Preparación de filetes de tilapia

La preparación de los filetes de tilapia se realizó conforme al procedimiento establecido en el *Manual para Empresas Elaboradoras de Filetes de Tilapia Frescos*, desarrollado por el Proyecto CFC/FAO/INFOPESCA. Este protocolo garantiza buenas prácticas de manipulación e higiene, asegurando la calidad del producto final (ver anexo 4). Las etapas llevadas a cabo fueron las siguientes:

1. **Recepción de la materia prima:** Las tilapias enteras fueron recibidas en el área de procesamiento, asegurando la cadena de frío y condiciones higiénicas adecuadas.
2. **Inspección y selección:** Se realizó una inspección visual para descartar ejemplares que no cumplieran con los estándares de tamaño y apariencia.
3. **Sacrificio:** Los peces fueron sacrificados mediante golpe en la cabeza, técnica recomendada por su eficacia y por cumplir con criterios de bienestar animal.
4. **Fileteado:** Se procedió al corte de los filetes, separándolos cuidadosamente del esqueleto.
5. **Lavado:** Los filetes fueron lavados con agua para remover restos de sangre y tejidos, luego escurridos y secados suavemente con papel absorbente, dejándolos listos para la aplicación del recubrimiento comestible.

Fase 4. Aplicación del recubrimiento comestible

La aplicación del recubrimiento comestible sobre los filetes de tilapia se llevó a cabo mediante la técnica de inmersión, seleccionada por su eficacia para lograr una cobertura uniforme sobre superficies irregulares. Este procedimiento se fundamentó en la metodología

propuesta por Acurio y Balseca (2021), con adecuaciones en los tiempos y condiciones, sin alterar los principios técnicos del protocolo original.

Descripción de operaciones

1. **Recepción:** Los filetes previamente acondicionados fueron inspeccionados para garantizar que estuvieran libres de residuos o partículas extrañas.
2. **Inmersión:** Cada filete fue sumergido completamente en la emulsión durante un tiempo de 8 segundos, asegurando una cobertura homogénea. Posteriormente, se colocaron sobre una malla metálica para permitir el escurrido del exceso de recubrimiento (ver anexo 5).
3. **Secado:** Los filetes recubiertos fueron colocados en un área limpia y ventilada, permitiendo el secado del recubrimiento a temperatura ambiente por un periodo de 30 minutos.
4. **Almacenamiento:** Finalmente, los filetes tratados fueron organizados en lotes y almacenados bajo condiciones de refrigeración, quedando listos para su análisis durante el periodo experimental (ver anexo 6).

4.3.2 Mediciones analíticas en filetes de tilapia para evaluar la efectividad del recubrimiento comestible

El estudio se llevó a cabo durante un período de 7 días de almacenamiento en refrigeración (4 ± 1 °C), ya que a partir del día 8 las muestras presentaban signos evidentes de deterioro, imposibilitando su evaluación objetiva. Esta duración permitió asegurar la validez de los datos recolectados y garantizar que las condiciones de los filetes fueran adecuadas para su análisis (ver anexo 7).

4.3.2.1 Parámetros físicos

- Pérdida de peso

Los filetes de tilapia, tanto recubiertos como control, fueron pesados en distintos tiempos de almacenamiento, registrando el peso inicial (día 0) y el peso final en intervalos regulares (días 1, 3 y 7). La pérdida de peso se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$Pérdida\ de\ peso\ (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

P_i es el peso inicial del filete (g)

P_f es el peso final del filete (g)

Este análisis permitió evaluar la eficacia del recubrimiento comestible en la retención de agua durante el almacenamiento refrigerado, comparando el comportamiento de los filetes recubiertos frente a los no recubiertos.

- Color

La evaluación del color superficial de los filetes de tilapia se realizó utilizando la aplicación *Análise de cor em tempo real*, desarrollada por *Lab Tools*, instalada en un teléfono inteligente Samsung A13. Esta herramienta permite obtener valores aproximados del espacio de color CIELab (L^* , a^* , b^*) en tiempo real, proporcionando una alternativa accesible a los colorímetros convencionales.

Se tomaron lecturas en tres puntos distintos de cada filete para obtener un promedio representativo de los valores de luminosidad (L^*), componente rojo-verde (a^*) y componente amarillo-azul (b^*). Asimismo, utilizando las ecuaciones correspondientes, se calcularon los parámetros de ángulo de tono (Hab), pureza de color o croma (C^*) y diferencia total de color (ΔE).

Ecuaciones para determinación de parámetros de color:

Ángulo de tono (Hab):

$$Hab = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \times \frac{180}{\pi}$$

Croma o pureza de color (C*):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Diferencia total de color (ΔE):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

4.3.2.2 Parámetros químicos

- pH

La medición del pH se realizó utilizando un pHmetro portátil modelo HI99121. Para cada análisis, se pesaron 10 gramos de filete de tilapia, a los cuales se añadieron 100 mL de agua destilada. La mezcla fue homogeneizada en una licuadora durante un minuto y posteriormente se filtró utilizando tela manta, con el fin de eliminar el tejido conectivo. Del extracto obtenido, se tomaron 30 mL por muestra, y en cada uno se introdujo el electrodo del equipo para efectuar la lectura del pH. Esta medición se llevó a cabo en los días establecidos de almacenamiento, con el objetivo de evaluar la variación del pH como indicador de frescura y/o deterioro en los filetes de tilapia recubiertos y sin recubrir.

4.4 Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar para evaluar el efecto de dos concentraciones de mucílago de cacao (25% y 30%) durante el almacenamiento de los filetes de tilapia en tres

tiempos: día 1, 3 y 7. Además, se incluyó un grupo control sin recubrimiento para establecer comparaciones con los tratamientos aplicados.

Los tratamientos, incluyendo el control, se distribuyeron aleatoriamente, obteniéndose un total de tres tratamientos experimentales. Cada tratamiento se replicó por triplicado con el fin de asegurar la consistencia, precisión y confiabilidad de los resultados.

4.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico mediante ANOVA (Análisis de Varianza), utilizando el software estadístico InfoStat versión 2017, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En la identificación de diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar específicamente qué tratamientos mostraron un mejor desempeño respecto a las variables de respuesta analizadas.

Se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, considerando como estadísticamente significativos aquellos resultados cuyo valor-p fue menor o igual a 0.05.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de parámetros físicos

El análisis de parámetros físicos, como la pérdida de peso y el color, es clave para evaluar la calidad de los filetes de tilapia durante el almacenamiento. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para estos parámetros y su comparación entre tratamientos.

5.1.1 Pérdida de peso

Tabla 5. Pérdida de peso en filetes de tilapia con y sin recubrimiento comestible durante el almacenamiento en refrigeración

Tiempo de almacenamiento (Días)	Muestra	%Pérdida de peso
1	MC 25%	0 ± 0^a
	MC 30%	0 ± 0^a
	Control	1.81 ± 0.20^{ab}
3	MC 25%	0 ± 0^a
	MC 30%	0.85 ± 1.48^{ab}
	Control	4.41 ± 1.33^c
7	MC 25%	2.64 ± 1.04^{bc}
	MC 30%	3.05 ± 1.01^{bc}
	Control	8.65 ± 0.87^d

Valores en la misma columna por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Tabla 5, se muestran los resultados de la pérdida de peso porcentual en filetes de tilapia durante periodos de almacenamiento de 1, 3 y 7 días a temperatura de refrigeración. La primera medición del porcentaje de pérdida de peso se realizó a las 24 horas posteriores de la aplicación del recubrimiento comestible. Los filetes recubiertos que contenían 25% y 30% de mucílago de cacao (MC) no presentaron pérdida de peso, ambos con un valor de $0 \pm 0 \%$, mientras que la muestra control, sin recubrimiento, mostró una pérdida significativa del 1.81%.

Esta tendencia se mantiene en los días posteriores, destacando que, al tercer día, la muestra control alcanza un 4.41% de pérdida de peso, mientras que las muestras tratadas muestran valores significativamente menores (0% para MC 25% y 0.85% para MC 30%). Para el día 7, las diferencias se hicieron más evidentes. Las muestras con recubrimiento presentaron valores similares (2.64% y 3.05%), sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas. El grupo control, por su parte, mostró una reducción de peso pronunciada del 8.65%.

Los resultados evidencian un incremento progresivo en la pérdida de peso a lo largo del tiempo en todas las muestras. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre los filetes tratados con recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao al 25% y 30% (MC 25% y MC 30%), en comparación con el grupo control sin recubrimiento.

La eficacia de estos recubrimientos puede atribuirse a la interacción sinérgica entre los polímeros del mucílago, que forman una matriz hidrocoloidal densa, y la glicerina, la cual actúa como plastificante mejorando la cohesión de la película. Estudios como los de Villarroel Bastidas *et al.* (2024) y Costa *et al.* (2018) respaldan este mecanismo, destacando cómo tales estructuras limitan la migración de humedad en filetes de tilapia provocada por deshidratación (Xie *et al.* 2023) y disminución de la capacidad de retención de agua por degradación de proteínas que se ve afectada por la temperatura, el tiempo de almacenamiento, manejo y otros factores como el rigor mortis y el deterioro microbiano (Huss 1998).

Es relevante señalar que, pese a la diferencia en concentraciones, no hubo variación significativa ($p > 0.05$) entre el MC al 25% y 30%, lo que implica que la menor concentración es suficiente para lograr el efecto deseado. Esto coincide con observaciones de Tarangini

et al. (2022), quienes reportaron que bajas proporciones de mucílago pueden ofrecer protección comparable en sistemas similares.

5.1.2 Color

En la Tabla 6 se muestra la luminosidad (L), los índices rojo-verde (a) y amarillo-azul (b) de la superficie de los filetes de tilapia para diferentes días de almacenamiento. Asimismo, se calcularon los parámetros de ángulo de tono (Hab), pureza de color o croma (C*) y diferencia total de color (ΔE).

Tabla 6. Variación de los parámetros de color (L, a*, b*, C* Hab y ΔE) en filetes de tilapia con y sin recubrimiento durante el almacenamiento en refrigeración

		Espacio CIELAB					
Tiempo de almacenamiento (Días)	Muestra	L*	a*	b*	C*	Hab	ΔE
1	MC 25%	73.93±2.41 ^a	9.23±0.72 ^{ab}	17.27±1.30 ^{cd}	19.61±0.85 ^b	61.77±3.55 ^c	00.00±00.00 ^a
	MC 30%	67.60±1.21 ^{ab}	9.77±0.45 ^{ab}	16.20±1.64 ^{cd}	18.92±1.58 ^b	58.82±1.90 ^c	00.00±00.00 ^a
	Control	55.67±3.60 ^c	4.03±0.81 ^{cd}	19.03±2.80 ^{bc}	19.47±2.81 ^b	77.95±2.32 ^{ab}	00.00±00.00 ^a
3	MC 25%	74.90±2.26 ^a	1.6±0.90 ^d	15.37±1.25 ^{cde}	15.47±1.17 ^{bc}	83.89±3.70 ^a	8.64±0.35 ^{bc}
	MC 30%	67.23±1.53 ^{ab}	7.53±0.65 ^{bc}	12.63±2.42 ^{de}	14.77±1.94 ^{bc}	58.70±6.06 ^c	4.97±2.19 ^b
	Control	50.90±3.14 ^c	9±1.67 ^{ab}	24.4±1.23 ^{ab}	26.05±0.92 ^a	69.72±4.05 ^{bc}	9.30±1.62 ^{bcd}
7	MC 25%	68.83±3.95 ^{ab}	4.53±1.21 ^{cd}	9.93±0.59 ^e	10.97±0.54 ^c	65.53±6.35 ^{bc}	11.31±1.92 ^{cd}
	MC 30%	63.63±2.93 ^b	9.13±1.25 ^{ab}	16.70±3.02 ^{cd}	19.10±2.66 ^b	60.97±5.96 ^c	5.85±2.40 ^b
	Control	52.07±2.63 ^c	12.2±3.12 ^a	28.73±1.40 ^a	31.28±2.47 ^a	67.20±4.25 ^{bc}	13.54±2.90 ^d

Valores en la misma columna seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

- **Luminocidad (L*):** Los resultados mostraron que los recubrimientos (MC 25% y MC 30%) mantuvieron una mayor luminosidad (L*) en los filetes de tilapia en comparación con el control, el cual presentó valores significativamente más bajos

desde el primer día. Esto sugiere que los recubrimientos protegen contra la degradación del color, posiblemente al reducir la oxidación y la pérdida de humedad (Cropotova *et al.* 2021, Cardoso *et al.* 2016). El MC 25% tuvo la mayor luminosidad inicial (73.93 ± 2.41), pero su valor disminuyó notablemente al día 7 (68.83 ± 3.9), mientras que el MC 30% mostró una reducción más gradual, siendo más estable durante el tiempo de almacenamiento (67.60 ± 1.21 al día 1 y 63.63 ± 2.93 al día 7). Las muestras control, sin recubrimiento, reflejaron valores bajos y a su vez estables durante los 7 días de almacenamiento; mostrando un ligero descenso y confirmando su degradación.

- *Rojo-verde (a^*)*: En el día 1, tanto MC 25% (9.23 ± 0.72) como MC 30% (9.77 ± 0.45) mostraron valores significativamente más altos que el control (4.03 ± 0.81), lo que sugiere un efecto inicial del recubrimiento sobre la intensidad del color rojizo. Al día 3, MC 25% presentó una disminución marcada (1.6 ± 0.90), posiblemente influenciada por factores técnicos asociados al dispositivo de medición, ya que se utilizó una aplicación móvil con un margen de error considerable. En contraste, MC 30% mantuvo una mayor estabilidad (7.53 ± 0.65), mientras que el control incrementó su valor a 9 ± 1.67 . Estas variaciones podrían atribuirse a diferencias en la capacidad antioxidante de cada tratamiento y a las interacciones fisicoquímicas entre el recubrimiento y la superficie del filete (Xie *et al.* 2023, Villarroel Bastidas *et al.* 2024).

Al día 7, el control alcanzó el valor más alto de a^* (12.2 ± 3.12). Este comportamiento podría explicarse por la interacción del mucílago con los pigmentos hemáticos de la tilapia, inhibiendo la formación de derivados oxidados como la metamioglobina, mecanismo previamente descrito por Dehghani *et al.* (2018); mientras que MC 30% conservó un nivel similar al inicial, demostrando mayor estabilidad. En cambio, MC 25% solo se recuperó parcialmente.

- *Amarillo-azul (b^*)*: Los resultados muestran que el grupo control presentó un aumento progresivo en b^* , alcanzando su valor máximo al día 7 (28.73 ± 1.40), lo que refleja una tendencia en aumento de tonalidades amarillas por deterioro oxidativo

o microbiano típico en filetes sin protección (Jiang *et al.* 2021). En cambio, los recubrimientos MC 25% y MC 30% redujeron significativamente este efecto, manteniendo valores más bajos de b^* . Esto sugiere que las concentraciones de mucílago de cacao optimizan la protección del color, posiblemente por una mejor distribución y actividad antioxidante, respaldando el uso de recubrimientos comestibles para preservar la calidad visual en filetes de tilapia refrigerados (Villaruel Bastidas *et al.* 2024).

- *Pureza de color o croma (C^*):* Durante el almacenamiento refrigerado, se observaron diferencias significativas en la pureza de color (C^*) entre las muestras. Al día 1, los tres tratamientos (MC 25%, MC 30% y control) presentaron valores similares y relativamente altos (alrededor de 19), sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Sin embargo, a partir del día 3, se evidenció una evolución diferente entre muestras, la muestra control mostró un aumento marcado en C^* (26.05 ± 0.92), indicando una intensificación anormal de color posiblemente asociada a procesos de deterioro acompañada de mucosidad amarillenta observada en esta etapa de almacenamiento (Jiang *et al.* 2021, Campillo 2023), mientras que las muestras con recubrimiento disminuyeron ligeramente (MC 25%: 15.47 ± 1.17 ; MC 30%: 14.77 ± 1.94), manteniéndose más estables.

Para el día 7, las diferencias fueron aún más notorias: el control alcanzó el valor más alto registrado (31.28 ± 2.47), lo cual refuerza la hipótesis de deterioro avanzado, posiblemente por acumulación de pigmentos o cambios en la superficie del filete. En contraste, MC 25% disminuyó a 10.97 ± 0.54 , evidenciando pérdida de saturación, mientras que MC 30% mostró mayor estabilidad con 19.10 ± 2.66 , siendo esta la muestra que conservó mejor la pureza del color a lo largo del tiempo. El efecto del recubrimiento sobre los valores de C^* para los filetes tratado puede atribuirse al efecto barrera y antioxidante del mucílago (Suárez Mahecha *et al.* 2008).o bien a deterioro.

- *Ángulo de tono (Hab):* Al analizar la variación del ángulo de tono (Hab) en filetes de tilapia con y sin recubrimiento durante el almacenamiento refrigerado, se observan diferencias relevantes entre las muestras. Al día 1, el grupo control presentó el valor

más alto de Hab (77.95 ± 2.32), significativamente superior al de las muestras recubiertas (MC 25% con 61.77 ± 3.55 y MC 30% con 58.82 ± 1.90). Esto indica un tono más amarillento en el control, mientras que los recubiertos parecen haber modificado ligeramente el matiz del color. Al tercer día se observó un aumento notable en el ángulo de tono para MC 25% (83.89 ± 3.70). En contraste, MC 30% se mantuvo bajo (58.70 ± 6.06), y el control tuvo un valor intermedio (69.72 ± 4.05).

En las mediciones del día 7, las tres muestras mostraron una leve disminución respecto al día 3. MC 25% mantuvo un valor relativamente alto (65.53 ± 6.35), mientras que MC 30% (60.97 ± 5.96) y el control (67.20 ± 4.25) presentaron valores similares, sin diferencias significativas entre sí.

- *Diferencia total de color (ΔE)*: Los datos obtenidos revelan un patrón de protección del color en los filetes de tilapia mediante el uso de recubrimientos comestibles. Al inicio del almacenamiento (día 1), todas las muestras presentaron valores de ΔE de 0.00 ± 0.00 , lo que indica una homogeneidad inicial en la coloración. Sin embargo, esta condición se modificó progresivamente con el tiempo de refrigeración.

Para el tercer día, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El grupo control, sin recubrimiento, mostró el mayor cambio de color (9.30 ± 1.62), seguido por el recubrimiento con 25% de mucílago (8.64 ± 0.35), mientras que el recubrimiento con 30% presentó la menor variación (4.97 ± 2.19). Esta tendencia se acentuó al séptimo día, cuando el control alcanzó un ΔE de 13.54 ± 2.90 , significativamente mayor que los valores registrados para los filetes recubiertos (11.31 ± 1.92 para MC 25% y 5.85 ± 2.40 para MC 30%).

Los resultados confirman que el recubrimiento con 30% de mucílago fue el más efectivo para mantener la estabilidad del color, mostrando un incremento acumulado de solo 5.85 unidades ΔE al final del periodo de estudio. Esta diferencia puede atribuirse a las mejores propiedades de barrera del recubrimiento más concentrado, que probablemente limitó con mayor eficacia los procesos de oxidación y la degradación de pigmentos.

5.2 Análisis de parámetros químicos

El análisis de parámetros químicos permite evaluar los cambios en la calidad del producto durante el almacenamiento. En este estudio, se determinó el pH como indicador del grado de frescura y estabilidad de los filetes de tilapia. A continuación, se presentan los resultados obtenidos y la comparación entre los distintos tratamientos.

5.2.1 pH

Los valores de pH en filetes de tilapia fresca tienen un valor de referencia entre 6.0 y 6.5, el cual sirve como punto de comparación para evaluar su frescura y calidad durante el almacenamiento (Salamanca Grosso y Tangarife 2007). En la Figura 2 se observa cómo el pH varió en filetes tratados con recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao (MC al 25% y 30%), así como en un grupo control sin tratamiento, a lo largo de 1, 3 y 7 días de almacenamiento en refrigeración.

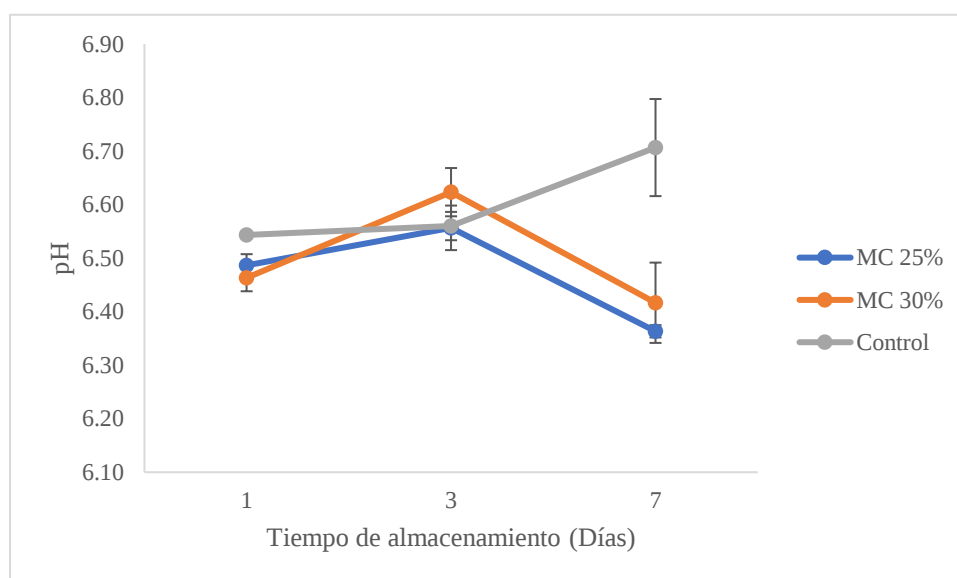


Figura 2. Variación del pH en filetes de tilapia durante el almacenamiento en refrigeración.

La primera medición, realizada a las 24 horas post-aplicación, mostró que todos los grupos mantuvieron valores dentro del rango de frescura ideal (pH 6.0-6.5), con 6.49 ± 0.2 para MC 25%, 6.46 ± 0.03 para MC 30% y 6.54 ± 0.01 para el control, indicando que inicialmente todos los filetes conservaban características óptimas de frescura.

Al tercer día, mientras el grupo control (6.56 ± 0.03) y MC 25% (6.56 ± 0.04) se mantuvieron próximos al límite superior del rango de frescura, las muestras con MC 30% mostró un aumento a 6.62 ± 0.05 , superando el rango característico del producto fresco por posible liberación inicial de compuestos bioactivos del mucílago de cacao (Villarroel Bastidas *et al.* 2024). Así mismo, estos cambios podrían atribuirse a una aplicación inadecuada del recubrimiento, a una posible contaminación microbiológica o a una concentración de mucílago de cacao insuficiente para ejercer un efecto protector eficaz, como lo indica (Tarangini *et al.* 2022).

Al séptimo día de almacenamiento, se observaron diferencias significativas en la evolución del pH entre los distintos grupos. El grupo control presentó un pH de 6.71 ± 0.09 , valor que claramente excede el rango óptimo de frescura (6.0-6.5) para filetes de tilapia. Este incremento es característico del deterioro avanzado (Gram y Dalgaard 2002, Salamanca Grosso y Tangarife 2007). Farías Vera *et al.* (2013), Afrin *et al.* (2023), señalan que los valores de pH cercanos a la neutralidad pueden ser resultado de reacciones químicas que generan compuestos nitrogenados básicos volátiles (BVB), como la trimetilamina y el amoníaco, así como de procesos bioquímicos relacionados con la degradación de proteínas.

Los filetes tratados con mucílago de cacao mostraron un comportamiento notablemente diferente. El tratamiento con MC 25% evidenció una notable eficacia, al mantener un pH de 6.36 ± 0.01 dentro del rango óptimo de frescura al séptimo día y durante todo el periodo de almacenamiento. Este comportamiento sugiere que dicha concentración proporciona una protección inmediata y sostenida frente a los procesos de deterioro. Estos resultados coinciden con investigaciones previas en matrices similares, donde recubrimientos polisacáridicos formulados con agentes activos contribuyeron a preservar la estabilidad del pH durante el almacenamiento en refrigeración (Lan *et al.* 2022, Acurio y Balseca 2021).

El MC 30% mostró un comportamiento bifásico, con un aumento inicial del pH seguido de una disminución del 6.42 ± 0.08 al día 7, lo que sugiere un efecto conservante retardado. Esta dinámica indica que la eficacia del mucílago de cacao puede depender de su concentración.

VI. CONCLUSIONES

Se desarrolló con éxito un recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao (25% y 30%), enriquecido con glicerol y aceite esencial de orégano, logrando conservar la calidad de los filetes de tilapia durante el almacenamiento en refrigeración. La formulación mostró propiedades antioxidantes, antimicrobianas y de barrera, destacando el potencial del mucílago de cacao como alternativa natural y sostenible para la conservación de productos pesqueros.

El recubrimiento a base de mucílago de cacao redujo significativamente la pérdida de peso y preservó el color de los filetes de tilapia durante el almacenamiento refrigerado. Las formulaciones al 25% y 30% mostraron menor deshidratación (0–3.05%) frente al 8.65% del control, y conservaron los parámetros cromáticos y el pH dentro del rango de fresca (6.0–6.5), destacando su eficacia en mantener la integridad física y visual del producto.

Ambas concentraciones de MC (25% y 30%) fueron significativamente más efectivas que el control sin recubrimiento en todos los parámetros evaluados. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0.05$), sugiriendo que el MC al 25% es suficiente para lograr una protección óptima.

VII. RECOMENDACIONES

Explorar el efecto de diferentes concentraciones de plastificante (glicerol) y otros aditivos funcionales para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera del recubrimiento.

Incorporar análisis microbiológicos para cuantificar el efecto antimicrobiano del recubrimiento, especialmente en relación con el aceite esencial de orégano. Esto permitirá validar su capacidad para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes en los filetes de tilapia.

Realizar pruebas sensoriales (olor, sabor, textura) con panel de jueces para evaluar la aceptabilidad del recubrimiento comestible en los filetes de tilapia. Para asegurar que el recubrimiento no afecte negativamente las características organolépticas del producto.

Utilizar un colorímetro profesional, como Minolta o HunterLab, para obtener datos más precisos y reproducibles sobre los parámetros de color o espacio CIELab. Esto permitirá una caracterización más detallada del efecto del recubrimiento en la apariencia del filete.

Extender el período de almacenamiento evaluado más allá de los 7 días para determinar la durabilidad del recubrimiento en condiciones de refrigeración y su impacto en la calidad del filete a largo plazo.

Ampliar el estudio evaluando el recubrimiento en almacenamiento congelado ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), además del refrigerado, para determinar su eficacia en condiciones reales de la industria pesquera.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G; Balseca, R. (2021). Estudio de aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), y aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* L.), para prolongar el tiempo de conservación de la carne de pollo.
- Afrin, F; Islam, MM; Rasul, MG; Sarkar, MSI; Yuan, C; Shah, AKMA. 2023. Effects of seaweed extracts on the quality and shelf life of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets during frozen storage. Food Chemistry Advances 3:100388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100388>.
- De Ancos, B; González, D; Colina, C; Sánchez, C. 2015. Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de iv y v gama. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 16(1). DOI: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Basavegowda, N; Baek, KH. 2021. Synergistic antioxidant and antibacterial advantages of essential oils for food packaging applications., vol.11. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11091267>.
- Bassolé, IHN; Juliani, HR. 2012. Essential oils in combination and their antimicrobial properties., vol.17. p. 3989-4006 DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules17043989>.
- Bastidas, JV; Melo, WAB; Briones-Bitar, J. 2022. Sustainability of the Cocoa Industry: Cocoa Waste Mucilage Use to Produce Fermented Beverages. Case Study in Los Ríos Province. International Journal of Sustainable Development and Planning 17(4). DOI: <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170412>.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods, a review. International Journal of Food Microbiology 94(3):223-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2004.03.022>.
- Campillo, S. 2023. Cómo saber si el pescado es fresco.

- Cardoso, GP; Dutra, MP; Fontes, PR; Ramos, A de LS; Gomide, LA de M; Ramos, EM. 2016. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science* 114:85-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012>.
- Castillo, E; Alvarez, C; Contreras, Y. 2018. Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechados en Caucagua estado Miranda, Venezuela. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247008>.
- CFC (Common Fund for Commodities); FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); INFOPECSA (Información Pesquera Internacional). 2001. Manual para empresas elaboradoras de filete de tilapia frescos. Desarrollo del Procesamiento y la Comercialización de los Productos Pesqueros Acuícolas de los Grandes Valles Hidrográficos de América Latina.
- Chaparro, S; Ruíz, S; Márquez, E; Ocaño, VM; Valenzuela, CC; Ornelas, J de J; Del Toro, CL. 2015. Effect of chitosan-carvacrol edible coatings on the quality and shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored in ice. *Food Science and Technology (Brazil)* 35(4). DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6841>.
- Cheng, H; Mei, J; Xie, J. 2023. Analysis of key volatile compounds and quality properties of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) fillets during cold storage: Based on thermal desorption coupled with gas chromatography-mass spectrometry (TD-GC-MS). *LWT* 184:115051. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115051>.
- Costa, MJ; Maciel, LC; Teixeira, JA; Vicente, AA; Cerqueira, MA. 2018. Use of edible films and coatings in cheese preservation : Opportunities and challenges., vol.107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.013>.
- Cropotova, J; Tappi, S; Genovese, J; Rocculi, P; Dalla Rosa, M; Rustad, T. 2021. The combined effect of pulsed electric field treatment and brine salting on changes in the oxidative stability of lipids and proteins and color characteristics of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Heliyon* 7(1):e05947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05947>.

- Dehghani, P; Hosseini, SMH; Golmakani, M-T; Majdinasab, M; Esteghlal, S. 2018. Shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets using total Farsi gum-based coatings containing clove and thyme essential oils emulsions. *Food Hydrocolloids* 77:677-688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.009>.
- Delaquis, P. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology* 74(1-2):101-109. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00734-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00734-6).
- Dhall, RK. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review., vol.53. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>.
- Díaz, E; Castro, R. 2021. Edible films and coatings as food-quality preservers: an overview., vol.10. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10020249>.
- Donhowe, G; Fennema, O. 1993. Water vapor and oxygen permeability of wax films. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 70(9):867-873. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02545345>.
- Elsabee, M; Abdou, E. 2013. Chitosan based edible films and coatings: a review. *Materials Science and Engineering: C* 33(4):1819-1841. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.MSEC.2013.01.010>.
- Embuscado, M; Huber, KC. 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Huber, KC; Embuscado, ME (eds.). New York, NY, Springer New York, vol.9. 169-208 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. The State of world fisheries and aquaculture, 2012. 50(10). DOI: <https://doi.org/10.5860/choice.50-5350>.
- _____. 2022. Fishery and aquaculture country profiles: Honduras.
- Farías Vera, CM; Núñez, A; Méndez, J. (2013). Efecto del envasado en atmósfera modificada sobre las características físico-químicas de filetes de bagre lau lau (*Brachyplatystoma vaillanti*) durante almacenamiento.

- FDA, A de A y M. (2020). GRAS Notification for the Use of Cacao Pulp, Juice and Concentrate in Select Foods. Washington, DC. Disponible en <https://www.fda.gov/media/147707/download>.
- FDA (Food and Drug Administration). (2018). Tabla de almacenamiento en refrigerador y congelador.
- _____. 2023. CFR - Código de Regulaciones Federales Título 21. Disponible en <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm>.
- Fernández, D; Bautista, S. 2015. Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 24(3).
- Fuentes Lopez, A; García Martínez, E; Fernández Segovia, I. 2012. Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA). Método de prensado.
- Galus, S; Arik Kibar, EA; Gniewosz, M; Kraśniewska, K. 2020. Novel Materials in the Preparation of Edible Films and Coatings: A Review. Coatings 10(7):674. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings10070674>.
- García, A; Varens, M; Rodríguez, J; Díaz, N. (2019). Control de la calidad de la materia prima obtenida a partir de las hojas de orégano francés, en Centros de Producción Local de la provincia de Villa Clara. Santa Clara, Cuba.
- Goyena, R; Fallis, A. 2019. Evaluación de la infusión de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) y oreganón (*Plectranthus amboinicus*) como prebiótico en patos Broiler.
- Gram, L; Dalgaard, P. 2002. Fish spoilage bacteria – problems and solutions. Current Opinion in Biotechnology 13(3):262-266. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(02\)00309-9](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(02)00309-9).
- Green, BW. (2000). Tilapia farming in Honduras: Global Aquaculture Advocate. Disponible en <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/tilapia-farming-in-honduras-2/?headlessPrint=AAAAPIA9c8r7gs82oWZBA>.

- Huss, HH. 1998. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. FAO Documento Técnico de Pesca. Ministerio de Pesca 348.
- ICCO (International Cocoa Organization). International Cocoa Organization. Disponible en <https://www.icco.org/statistics/>.
- Jayedí, A; Shab-Bidar, S. 2020. Fish consumption and the risk of chronic disease: an umbrella review of meta-analyses of prospective cohort studies. *Advances in Nutrition* 11(5):1123-1133. DOI: <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA029>.
- Jayeola, CO; Adebawale, BA; Yahaya, LE; Ogunwolu, SO; Olubamiwa, O. 2018. Production of bioactive compounds from waste. *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods* :317-340. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814625-5.00017-0>.
- Jiang, J; Wang, H; Guo, X; Wang, X. 2021. Effect of radio frequency tempering on the color of frozen tilapia fillets. *LWT* 142:110897. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110897>.
- Jung, S; Ghoul, M; de Lamballerie-Anton, M. 2003. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *LWT - Food Science and Technology* 36(6):625-631. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00082-3).
- Kang, HJ; Jo, C; Kwon, JH; Kim, JH; Chung, HJ; Byun, MW. 2007. Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. *Food Control* 18(5):430-435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.010>.
- Khalafalla, FA; Ali, FHM; Hassan, A-RHA. 2015. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 4(1):33-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.BJBAS.2015.02.005>.
- Kumar, L; Ramakanth, D; Akhila, K; Gaikwad, KK. 2022. Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters* 20(1):875-900. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01339-z>.
- Lan, W; Yang, X; Chen, M; Xie, J. 2022. Oregano Essential Oil-Pectin Edible Films on Shelf-Life Extension of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena crocea*) Fillet during Iced

- Storage. Journal of Aquatic Food Product Technology 31(4):321-331. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2048157>.
- Leyva, N; Gutiérrez, EP; Vazquez, G; Heredia, JB. 2017. Essential oils of oregano: biological activity beyond their antimicrobial properties. Sinaloa, México., vol.22. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>.
- López Díaz, AS; Méndez Lagunas, LL. 2023. Mucilage-Based Films for Food Applications. Food Reviews International 39(9):6677-6706. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2123501>.
- _____. 2023. Mucilage-Based Films for Food Applications. Food Reviews International 39(9):6677-6706. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2123501>.
- Morales, GA; Aguilar, A; Reyes, MA; Sarracino, O; Castillo, M; Almenares, D. 2021. Evaluación de tecnologías solares para el deshidratado de oreganón (*Plectranthus amboinicus*) y contenido de fenoles totales. Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability 5(1):51-62. DOI: <https://doi.org/10.19136/JEEOS.A5N1.3474>.
- Moreira, S. 2020. Caracterización del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y trinitario en el cantón Quevedo. Universidad Técnica Estatal De Quevedo.
- Muñoz, LA; Aguilera, JM; Rodriguez Turienzo, L; Cobos, A; Diaz, O. 2012. Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. Journal of Food Engineering 111(3):511-518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.031>.
- Olawuyi, IF; Kim, SR; Lee, WY. 2021. Application of plant mucilage polysaccharides and their techno-functional properties' modification for fresh produce preservation. Carbohydrate Polymers 272:118371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118371>.
- Ortiz, K; Álvarez, R. 2015. Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de Yaguará (Huila, Colombia). Boletín Científico del Centro de Museos 19(1):65-84. DOI: <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.5>.

- Pandey, AK; Kumar, P; Singh, P; Tripathi, NN; Bajpai, VK. 2017. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives., vol.7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, H. (2021). Análisis de coyuntura: acuícola y pesquero. Tegucigalpa, Francisco Morazán.
- Salamanca Grosso, G; Tangarife, O. 2007. Estado fisicoquímico y microbiológicos del pescado seco distribuido en periodos de temporada.
- Santana, P; Vera, J; Vallejo, C; Alvarez, A. 2018. Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante. Universidad, Ciencia y Tecnología.
- Santos, E; de Oliveira, E; Leite, E. 2008. The potential of *Origanum vulgare* L. (*lamiaceae*) essential oil in inhibiting the growth of some food-related *Aspergillus* species. Brazilian Journal of Microbiology 39:362-367.
- Sharma, S; Barkauskaite, S; Jaiswal, AK; Jaiswal, S. 2021. Essential oils as additives in active food packaging., vol.343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128403>.
- Solano Doblado, LG; Heredia, FJ; Gordillo, B; Dávila-Ortiz, G; Alamilla Beltrán, L; Maciel Cerda, A; Jiménez Martínez, C. 2020. pH-indicating properties and storage stability of a smart edible film based on nopal-mucilage/gellan gum and red cabbage anthocyanins. Revista Mexicana de Ingeniería Química 19(s1):363-374. DOI: <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim1583>.
- Suárez Mahecha, H; Pardo Carrasco, SC; Cortés Rodríguez, M. 2008. Calidad fisicoquímica y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración. Revista colombiana de ciencias pecuarias.
- Suárez Mahecha, H; Pardo Carrasco, SC; Cortés Rodríguez, M. 2009. Calidad fisicoquímica y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21(3). DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324304>.

- Tarangini, K; Kavi, P; Jagajjanani Rao, K. 2022. Application of sericin-based edible coating material for postharvest shelf-life extension and preservation of tomatoes. *eFood* 3(5). DOI: <https://doi.org/10.1002/efd2.36>.
- Tepe, B; Donmez, E; Unlu, M; Candan, F; Daferera, D; Vardar-Unlu, G; Polissiou, M; Sokmen, A. 2004. Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food Chemistry* 84(4):519-525. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00267-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00267-X).
- Valencia, LF; Quintero, JC. 2022. Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 5(1):550-563. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-043>.
- Valencia, S; Palou, L; Delfrio, M; Pérez, M. 2011. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(9). DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.485705>.
- Vallejo, C; Díaz, R; Morales, W; Soria, R; Fabian, V; Chang, J; Baren, C. 2016. Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *Revista ESPAMCIENCIA* 7(1).
- Vasconcelos, SECB; Melo, HM; Cavalcante, TTA; Júnior, FEAC; de Carvalho, MG; Menezes, FGR; de Sousa, OV; Costa, RA. 2017. *Plectranthus amboinicus* essential oil and carvacrol bioactive against planktonic and biofilm of oxacillin- and vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 17(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1968-9>.
- Villarroel Bastidas, J; Argüello Rivadeneira, JG; Mendoza Zambrano, JL; Córdoba, MG; Rodríguez, A; Hernández, A. 2024. Efecto del mucílago de cacao en la bioconservación de carnes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* :269-287.
- Xie, X; Zhai, X; Chen, M; Li, Q; Huang, Y; Zhao, L; Wang, Q; Lin, L. 2023. Effects of frozen storage on texture, chemical quality indices and sensory properties of crisp Nile

tilapia fillets. Aquaculture and Fisheries 8(6):626-633. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.11.007>.

IX. ANEXOS

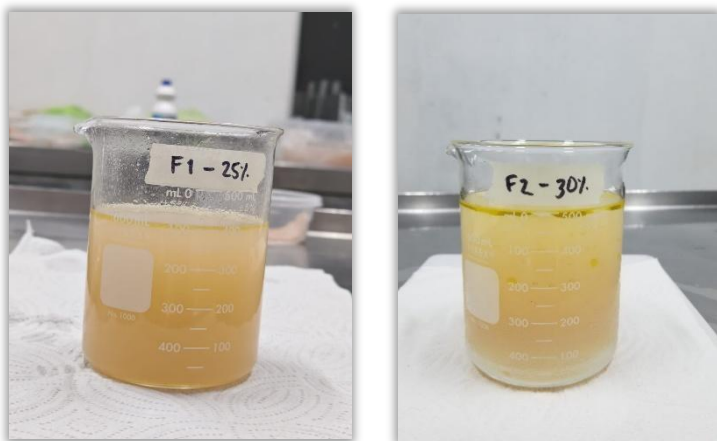
Anexo 1. Materia prima utilizada en la investigación.



Anexo 2. Extracción del mucílago de cacao.



Anexo 3. Formulación de la emulsión del recubrimiento comestible.



Anexo 4. Preparación de los filetes de tilapia como sustrato para la aplicación del recubrimiento comestible.



Anexo 5. Aplicación del recubrimiento comestible a los filetes de tilapia.



Anexo 6. Almacenamiento en refrigeración.



Anexo 7. Análisis fisicoquímicos.

