

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE RECUBRIMIENTOS CON EXTRACTOS
DE ESPECIES DE LA FAMILIA ANNONACEAE EN LA CONSERVACIÓN DE
PAPAYA (*Carica papaya*)**

POR:

ANGELA DARIELA LARA RAMIREZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE RECUBRIMIENTOS CON EXTRACTOS DE
ESPECIES DE LA FAMILIA ANNONACEAE EN LA CONSERVACIÓN DE PAPAYA
(*Carica papaya*)

POR:

ANGELA DARIELA LARA RAMIREZ

HÉCTOR ALONZO GÓMEZ GÓMEZ PhD.

Asesor principal

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

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a **Dios** por todas las bendiciones, sabiduría y fortaleza para poder culminar esta etapa profesional. A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, sus sacrificios y por creer en mí siempre

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme llegar hasta aquí y darme la fortaleza para superar los retos de este camino, guiándome siempre a cumplir mis sueños.

A mis padres Aracely Ramirez y Martin Lara quienes con su esfuerzo y ejemplo me enseñaron a luchar por mis sueños, a mis hermanos Luis Lara, Nahomy Lara y mi sobrina Emma Lara, gracias por su apoyo y cariño.

A mis amigas y compañeros, por hacer el camino más ligero, gracias porque formaron parte de este proceso. En especial a Renan Diaz por todo el apoyo constante en mi formación profesional y personal, por celebrar conmigo cada pequeño logro de esta etapa.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	OBJETIVOS	2
III	REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1	Perdidas y desperdicios alimenticios a nivel mundial	3
3.2	Control poscosecha de frutas y hortalizas.....	4
3.3	Conservación y control en la poscosecha	5
3.4	1.1 Conservantes en la industria alimentaria.....	6
3.5	1.2 Recubrimientos comestibles.....	6
3.5.1	Efectos fisiológicos de los recubrimientos en los vegetales	7
3.6	Especies vegetales como antimicrobiano.....	9
3.7	Extractos vegetales en la industria alimentaria	10
3.7.1	Propiedades antioxidantes de compuestos naturales en alimentos.....	10
3.7.2	Inhibición de agentes microbianos	11
IV	MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1	Ubicación de la investigación	12
4.2	Etapa I: Recolección de la materia prima	13
4.3	Etapa II: Secado del material vegetal	13
4.4	Etapa III: Preparación del extracto	13
4.5	Etapa IV: Recolección de papaya	14
4.6	Etapa V: Elaboración del recubrimiento	14

4.7	Etapa VI: Aplicación del recubrimiento	14
4.8	Etapa VII: Medición de los parámetros fisicoquímicos.....	15
4.9	Etapa VIII: Análisis microbiológicos	16
4.10	Etapa IX: Análisis estadístico.....	16
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1	Parámetros fisicoquímicos	18
5.2	Análisis microbiológicos.....	22
5.2.1	Hongos y levaduras	22
VI	CONCLUSIONES	25
VII	RECOMENDACIONES.....	26
VIII	BIBLIOGRAFÍA.....	27
IX	ANEXOS	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los tratamientos.....	17
Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos de papayas recubiertas con extractos.	19
Tabla 3: Relación °Brix/acidez entre los tratamientos	20
Tabla 4: Efecto de la especie utilizada en el extracto sobre parámetros fisicoquímicos de las papayas.	20
Tabla 5: Relación °Brix/acidez entre las especies.....	20
Tabla 6: Efecto de la concentración de extracto en el recubrimiento sobre parámetros fisicoquímicos.....	20
Tabla 7: Relación °Brix/acidez entre concentraciones.....	20
Tabla 8: Recuento de hongos y levaduras en papayas recubiertas.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma de proceso.	12
Figura 2: Presencia de hongos en las especie entre concentraciones.	23

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: % Pérdida de peso.....	15
Ecuación 2: % de acidez.....	15

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Recolección de las hojas	36
Anexo 2: Secado y triturado de las hojas	36
Anexo 3: Preparación del extracto.....	36
Anexo 4: Recolección de papaya	37
Anexo 5: Elaboración de recubrimiento	37
Anexo 6: Aplicación de recubrimiento	37
Anexo 7: Días de almacenamiento.	37
Anexo 8: Análisis físicoquímicos	37
Anexo 9: Análisis microbiológicos	37
Anexo 10: ANOVA para pérdida de peso	38
Anexo 11: ANOVA para pH	38
Anexo 12: ANOVA para solidos solubles	40
Anexo 13: ANOVA para acidez	41

Lara Ramirez, Angela Lara (2025). Actividad antimicrobiana de recubrimientos con extractos de especies de la familia Annonaceae en la conservación de papaya (*Carica papaya*). Trabajo profesional supervisado por tesis de grado ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras.

RESUMEN

La pérdida de alimentos es un problema global, siendo la pérdida poscosecha una de las mayores contribuyentes, frutas y hortalizas es muy afectadas por este problema. Las estrategias convencionales enfrentan el desafío creciente de la resistencia microbiana, por ello el uso de productos naturales emerge como una alternativa sostenible. La aplicación de extractos naturales representa un enfoque innovador para el control de la pérdida poscosecha, ya que estos extractos poseen valiosas propiedades bioactivas antioxidantes, antifúngicas y antibacterianas. Esta investigación tuvo como objetivo estudiar la actividad antimicrobiana de recubrimientos con extractos de hojas de cuatro especies *Annona muricata* L., *Annona purpurea* Moc & Sessé ex Dunal, *Annona diversifolia* Saff y *Annona squamosa* L. Se aplicaron diferentes concentraciones (1%, 2% y 4%), se midió el impacto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas durante nueve días de poscosecha a temperatura ambiente (30°C). Los resultados indican que existe interacción entre los factores especie y concentración. Los análisis fisicoquímicos, con el recubrimiento con 4% de extracto de la especie *Annona diversifolia* Saff. fue el mejor, disminuyó significativamente la pérdida de peso, prolongó la vida útil y presentó mejores resultados en las variables de acidez titulable, pH y sólidos solubles. En los análisis microbiológicos los extractos si tuvieron efecto inhibitorio contra hongos, reduciendo la carga, encontrando que a mayor concentración de extracto menos crecimiento de hongos. Todas las especies presentaron inhibición contra hongos, destacando *Annona diversifolia* Saff. especie que obtuvo la mayor inhibición. Estos resultados sugieren que la aplicación del extracto de hojas de Annonaceae es una estrategia útil para mantener la calidad de la papaya y extender su vida útil.

Palabras clave: Productos naturales, acetogeninas, extractos botánicos, antifúngicos.

I INTRODUCCIÓN

La conservación poscosecha es un desafío significativo en la industria alimentaria, debido a pérdidas económicas y desperdicio del 13% de los alimentos. Tradicionalmente, se han empleado métodos físicos y químicos para prolongar la vida útil de los alimentos, sin embargo, algunos de estos pueden generar impactos negativos en la salud y en el ambiente (Valenzuela 2023). Es por ello que el uso de productos naturales que contienen propiedades bioactivas ayudan a la conservación y viene a ser una alternativa en la conservación de los alimentos (Pandey *et al.* 2022).

Los compuestos derivados de plantas tienen diferentes aplicaciones, una de ellas es en el desarrollo de conservantes en los alimentos, ayudan en la mejora de las propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Sharma *et al.* 2024). Las plantas de la familia Annonaceae han sido ampliamente estudiadas por su potencial bioactivo, destacándose no solo por su valor nutricional, también por su actividad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatorias y anticancerígenos convirtiéndolas en una opción prometedora para la formulación de conservantes naturales (Rangel *et al.* 2024). No obstante, la efectividad de estos extractos puede variar según la especie utilizada, lo que hace necesario estudiar su impacto en la conservación de frutas u hortalizas, susceptibles contra ataque de microorganismos (Tan *et al.* 2022).

En este contexto la aplicación de estos extractos podría contribuir al desarrollo de estrategias más seguras y naturales para la industria alimentaria, ofreciendo una alternativa viable a los conservantes sintéticos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad del extracto de hojas de la especie de la familia Annonaceae aplicado en un recubrimiento para la conservación poscosecha de papaya (*Carica papaya*).

II OBJETIVOS

General

- Evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de hojas de especies de la familia Annonaceae aplicado en un recubrimiento para la conservación poscosecha de papaya.

Específicos

- Elaborar recubrimientos adicionados con extractos de hojas de especies de la familia Annonaceae.
- Medir las propiedades físicas y químicas de las papayas recubiertas con extractos en su periodo de poscosecha.
- Evaluar la carga microbiana de papayas en poscosecha recubiertas con extractos de la familia Annonaceae.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Pérdidas y desperdicios alimenticios a nivel mundial

Existe una alta cantidad de alimentos que se pierde en distintas fases de la cadena alimentaria, desde la cosecha hasta su consumo. Mientras un tercio de la humanidad se enfrenta a la inseguridad alimentaria, una quinta parte de los alimentos se tira a la basura (ONU 2024). Alrededor del 19% de los alimentos disponibles para los consumidores se pierden en el comercio minorista, los servicios alimentarios y los hogares. A esto hay que añadir alrededor del 13% de los alimentos perdidos en la cadena de suministro (FAO 2024). Las pérdidas poscosecha pueden tener un efecto perjudicial en la seguridad alimentaria, ya que la demanda de alimentos seguirá aumentando durante los próximos 40 años, basándose en el incremento actual de la población (FAO 2020).

Mientras toneladas de alimentos son desperdiciados cada día, millones de personas en el mundo no tienen acceso a una alimentación adecuada. Según el informe de la Clasificación Integrada de la Seguridad Alimentaria en fase (CIF) la situación de crisis alimentaria en Honduras involucra a la mayoría de los departamentos del país. Las personas en condiciones de crisis alimentaria son alrededor de 1.9 millones, equivalente al 20 % de la población y en el caso de las pérdidas de frutas, hortalizas y oleaginosas podrían ser entre el 22 y 25 %. Los factores determinantes de la inseguridad alimentaria son el bajo poder adquisitivo que actualmente tiene la mayor parte de la población producto de los bajos ingresos e incremento del precio de los alimentos; la reducción de las áreas de siembra de granos básicos por el alto costo de los insumos agrícola y por el desperdicio de alimentos (CIF 2023).

3.2 Control poscosecha de frutas y hortalizas

Los tratamientos poscosecha juegan un papel importante en el mantenimiento de la calidad de las frutas cosechadas durante el almacenamiento y la comercialización. Esto ralentiza los procesos fisiológicos que afectan la vida útil de las frutas, como la respiración, la senescencia y la maduración (Barthwal *et al.* 2025). La aplicación de fungicidas sintéticos es la forma más común adoptada para prevenir la aparición de enfermedades y aumentar la vida útil de las frutas. El mayor desafío que enfrenta el sector frutícola son las pérdidas poscosecha, lo que pone en riesgo la disponibilidad de las frutas en comparación con el volumen de producción, una gestión poscosecha adecuada puede ayudar a reducir tanto las pérdidas como el desperdicio de alimentos (Sneha *et al.* 2024).

Los factores del deterioro de las frutas varían, pueden ser por daños en la superficie, la humedad o temperatura en la que sean almacenadas y otros tipos de factores que conduzcan a la invasión de microorganismos patógenos (Wu *et al.* 2024). También pueden ser debido al ambiente de almacenamiento excesivamente seco o mal ventilado, ciertas frutas pueden perder agua, secarse y arrugarse durante el almacenamiento. Esto causado por reacciones enzimáticas en la fruta, entre esas enzimas se encuentran la peroxidasa (POD), polifenol oxidasa (PPO), catalasa y lipoxigenasa, entre otras (Wang *et al.* 2024, Motta *et al.* 2023).

Tanto la calidad como la inocuidad de los vegetales son importantes, ya que estas son vulnerables al deterioro microbiano debido a su composición nutricional. Los microorganismos causantes de deterioro invaden las frutas durante el crecimiento, principalmente, durante la manipulación poscosecha. El daño físico al tejido de la fruta puede provocar contaminación microbiana (Zhao *et al.* 2020). Los microorganismos causantes del deterioro varían según el tipo de producto, la técnica de cultivo, las condiciones de cosecha y la ubicación geográfica, por lo que esto requiere la aplicación de un tratamiento eficaz evitar la contaminación de los vegetales y la prevención del crecimiento microbiano (Barthwal *et al.* 2025).

3.3 Conservación y control en la poscosecha

La conservación poscosecha es una parte crucial cuyo objetivo es maximizar la calidad y la vida útil de los productos agrícolas en general, ya que si los productos no se manipulan correctamente pueden perder calidad, sabor, aroma, textura y nutrientes (Valenzuela 2023). Hasta ahora, se han desarrollado diversas estrategias para la conservación de frutas, se puede retrasar el deterioro modificando la atmósfera y la temperatura durante la conservación, así mismo, se han utilizado agentes sintéticos o naturales (Zhang *et al.* 2025). También existen los recubrimientos superficiales estos desempeñan un papel fundamental para mantener la frescura, prolongar la vida útil y proteger contra contaminantes externos (Felicia *et al.* 2024).

Además, los procesos y tecnologías poscosecha pueden preservar la calidad y limitar la descomposición microbiana en frutas y hortalizas frescas. Por lo tanto, optimizar los enfoques de conservación de alimentos no solo puede reducir la pérdida de alimentos, sino también prevenir eficazmente las enfermedades causadas por los alimentos (Pace y Cefola 2021). Las plantas son fuentes potenciales de compuestos biológicos que desempeñan diversas funciones beneficiosas para nuestro organismo, incluyendo la actividad antimicrobiana, dentro de estas plantas se destacan las especies de la familia Annonaceae (Kaboré *et al.* 2024).

Los cultivos hortícolas son altamente perecederos y experimentan varios cambios fisiológicos y bioquímicos que conducen al desarrollo de trastornos fisiológicos indeseables y se ha demostrado que la flora natural puede ser una de las alternativas para ser utilizadas en la protección y conservación de cultivos. Varias partes de plantas tienen diferentes fitoquímicos y antioxidantes que pueden ser utilizados en la protección y conservación de cultivos (Nxumalo *et al.* 2021). Además, la extracción con solventes puede disolver una gama más amplia de compuestos bioactivos, incluyendo compuestos menos volátiles o más polares como fenólicos y flavonoides (Felicia *et al.* 2024).

3.4 1.1 Conservantes en la industria alimentaria

Las técnicas de conservación de alimentos tienen como objetivo prolongar la vida útil de los alimentos, así como proporcionar una mayor garantía de que los productos alimenticios estén libres de organismos patógenos. Existen las tecnologías de conservación de alimentos disponibles en la actualidad, como las técnicas de conservación física (procesos de enfriamiento y térmico, aireación, secado al aire) y los enfoques de conservación química (Nxumalo et al. 2021). Aun así, hay una creciente demanda de conservantes naturales de alimentos en la industria alimentaria, ya que es la clave para satisfacer las preferencias de los consumidores hacia una elección de alimentos más saludables (Wong et al. 2023).

Los conservantes naturales son aditivos utilizados para preservar y minimizar el crecimiento microbiano en los alimentos, mantenerlos aptos para el consumo y conservar su sabor, textura y aroma (São y Silva 2025). La planta es una de las principales fuentes de compuestos bioactivos para ser utilizados como conservantes naturales de alimentos, la adición de estos compuestos bioactivos, a los productos alimenticios podría prolongar las funciones fisiológicas de los organismos vivos y al mismo tiempo, aportar beneficios para la salud de los consumidores (Wong et al. 2023).

3.5 1.2 Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos se describen como capas delgadas compuestas por una formulación de biopolímero que se colocan entre los alimentos, ya sea mediante pulverización o inmersión, Es fundamental asegurar que los recubrimientos se adhieran a los poros y perforaciones de la membrana de las frutas para minimizar la difusión de gases y la pérdida de agua (Olunusi et al. 2024). El alimento tratado permanece seguro para el consumo sin representar ningún

riesgo para la salud ya que estas actúan como barreras para prevenir la pérdida de humedad, sólidos disueltos o grasas, sustancias químicas volátiles y algunos gases (Olunusi et al. 2024).

Los materiales utilizados para el recubrimiento comestible son biodegradables y no tóxicos que se desarrollan a partir de diversos tipos de matrices de biopolímeros, como polisacáridos, proteínas, lípidos y materiales compuestos (Yousuf y Qadri 2020). Estos recubrimientos pueden ser hechos a base de pectina ya que es uno de los polisacáridos más abundantes, polímero comestible que ofrece beneficios adicionales como material de recubrimiento gracias a sus propiedades nutraceuticas y prebióticas (Kalita et al. 2025). la pectina ha tenido una aplicación significativa en alimentos frescos y procesados gracias a su función como barrera contra la humedad y los gases, lo que ayudando a prolongar la vida útil de los productos alimenticios sin sacrificar su aceptabilidad sensorial (Syarifuddin et al. 2025).

Los extractos de plantas han demostrado un gran potencial para mejorar la calidad y extender la vida útil de los productos alimenticios, contienen una variedad diversa de compuestos bioactivos con diversas propiedades funcionales, así mismo pueden prevenir eficazmente el crecimiento de moho y levadura (Evangelho et al. 2019). La incorporación de agentes antimicrobianos puede mejorar la funcionalidad de los recubrimientos comestibles potenciar sus efectos conservantes en los sistemas alimentarios. Estudios previos han demostrado que la formulación de recubrimientos comestibles con agentes antimicrobianos podría favorecer las propiedades antioxidantes y de resistencia al agua del recubrimiento compuesto (Zhao et al. 2022).

3.5.1 Efectos fisiológicos de los recubrimientos en los vegetales

Los recubrimientos comestibles pueden ayudar a prolongar la vida útil de las frutas recién cortadas mediante diversos mecanismos, ya que una barrera puede reducir la humedad y la migración de solutos, el intercambio de gases, la respiración y las tasas de reacción oxidativa.

Por su propiedad protectora, los biopolímeros pueden evitar daños mecánicos, la exposición a la luz y la presencia de contaminantes (Benítez et al. 2022). Se ha informado ampliamente que los recubrimientos retrasan la tasa de respiración en productos frescos, así mismo reduce la producción de etileno por lo que retrasa los procesos de senescencia (Riva et al. 2020). También se ha reportado que los recubrimientos ayudan a mantener la firmeza y el color de las frutas, siendo factores esenciales en la aceptación del consumidor (Tahir et al. 2020).

En el caso de la papaya esta fruta climatérica puede deteriorarse a un ritmo mayor debido a infecciones graves causadas por diversos patógenos que crecen en la fruta durante la manipulación poscosecha (Tan et al. 2022). La papaya madura se ablanda rápidamente, se infecta fácilmente con enfermedades y es vulnerable a pérdidas poscosecha adicionales, como lesiones por frío debido a la exposición a bajas temperatura. También es susceptible a numerosas enfermedades provocadas por hongos, bacterias, nematodos y virus, lo que reduce significativamente su productividad, debido a esta razón, tiene una vida útil poscosecha muy corta de aproximadamente 7 a 10 días (Dotto y Abihudi 2021).

Estos factores pueden conducir a cambios significativos en la calidad y el valor nutricional de la fruta, así como en su apariencia, textura, firmeza y sabor, lo que puede afectar aún más negativamente la comercialización de la fruta y reducir su valor económico (Singh et al. 2024). Se encontró que durante la maduración la antracnosis es considerada como la principal causa de pérdida poscosecha de papaya provocada causada por el hongo *colletotrichum* spp y la pudrición del fruto causada por *alternaria* spp y *aspergillus* spp , que son dos de las principales enfermedades poscosecha que pueden generar pérdida de calidad, haciéndolos no aptos para la venta y el consumo (Esguerra et al. 2020).

Estos patógenos muestran una patogenicidad significativa en el fruto de papaya, por lo que es importante detectar y cuantificar los patógenos para comprender las enfermedades. Entre

ellos también están las levaduras, microorganismos que pueden causar fermentación indeseada, manchas acuosas y mal olor, afectando negativamente la calidad organoléptica y la apariencia del fruto, entre las más comunes están *Candida* spp. y *Pichia* spp. que pueden ser significativas, especialmente en condiciones de almacenamiento inadecuadas o durante el transporte, donde la humedad y temperatura favorecen su proliferación (Tan et al. 2023).

3.6 Especies vegetales como antimicrobiano

En el reino vegetal se encuentran una gran diversidad de plantas con potencial antimicrobiano. Dentro de ellas se encuentra la familia de las especies Annonaceae se encuentran en regiones tropicales y subtropicales de todos los continentes y comprende 122 géneros y aproximadamente 2440 especies (Erkens *et al.* 2023). Se ha estudiado la distribución de esta familia y se ha demostrado que está presente en cuatro de los seis principales biomas terrestres, teniendo como predominante el bioma bosque tropical húmedo. Proporcionando frutos comestibles y permitiendo la extracción de aceites de las semillas, hojas y frutos de diferentes especies, capaces de ser utilizados como medicinas, cosméticos, perfumes y varios otros productos (Handayani y Yuzammi 2021).

Las especies que conforman esta familia Annonaceae poseen un valioso perfil nutricional, y son además buena fuentes de una amplia gama de compuestos bioactivos de gran relevancia biológica jugando así un papel importante en la seguridad alimentaria (Rangel *et al.* 2024). Diferentes investigaciones han demostrado diversidad de fitoquímicos presentes en los extractos de semillas y hojas de estas especies, representan un porcentaje significativo en su composición química (Kazman *et al.* 2022). Entre ellos incluyen alcaloides, triterpenoides, compuestos fenólicos, péptidos, acetogeninas, aceites esenciales y aceites fijos. Siendo así una fruta que posee un gran valor tecnológico no solo por su sabor y propiedades sensoriales,

sino también por sus componentes bioactivos en el desarrollo de alimentos funcionales (Moussa *et al.* 2024).

3.7 Extractos vegetales en la industria alimentaria

Los agentes naturales extraídos de plantas se utilizan para desarrollar materiales activos para el envasado de alimentos que mejoran la vida útil del producto alimenticio. Estos extractos naturales se utilizan para el desarrollo de materiales activos para el recubrimiento de alimentos que mejoran sus propiedades y características (Sharma *et al.* 2024). La aplicación de extractos como aditivos alimentarios es de interés debido a sus altas actividades antimicrobianas y antioxidantes, los extractos y sus compuestos exhiben propiedades conservantes y antimicrobianas de alimentos contra varios patógenos en materiales alimenticios (Pandey *et al.* 2022).

3.7.1 Propiedades antioxidantes de compuestos naturales en alimentos

Los antioxidantes se han utilizado ampliamente como aditivos alimentarios para proporcionar protección contra la degradación oxidativa de los alimentos por radicales libres. Los sintéticos se utilizan para el procesamiento industrial, con el fin de prolongar la estabilidad de almacenamiento de los alimentos. Pero según los toxicólogos y nutricionistas, tienen efectos secundarios negativos. Por lo tanto, los esfuerzos para obtener un conocimiento extenso sobre el poder de los antioxidantes de las plantas y aprovechar su potencial están en aumento (Prado *et al.* 2020).

Los antioxidantes naturales pueden proteger al cuerpo humano de los radicales libres que pueden causar algunas enfermedades crónicas. Las propiedades antioxidantes de la composición de las plantas pueden ser esenciales para preservar la calidad, retrasar la senescencia y mantener la calidad de los cultivos (Nxumalo *et al.* 2021). Las acetogeninas

que están presentes en la familia Annonaceae han mostrado varias actividades biológicas, como propiedades larvicidas, antioxidantes, antimicrobiana y fungicidas (Lima *et al.* 2024).

3.7.2 Inhibición de agentes microbianos

Las plantas producen metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas. Por lo tanto, la aplicación de estos extractos de plantas para controlar patógenos poscosecha de cultivos proporcionan una fuente potencial de sustancias químicas inhibidoras producidas naturalmente. El producto natural de los extractos de plantas, como sustancias químicas volátiles, aceites esenciales y compuestos fenólicos, se ha aplicado con éxito para controlar enfermedades poscosecha de frutas y verduras durante su almacenamiento (Nxumalo *et al.* 2021).

Existe una nueva preocupación por la seguridad alimentaria en consecuencia, los antimicrobianos naturales están recibiendo mucha atención para diversas cuestiones relacionadas con el control de microorganismos debido a su potencial para controlar eficazmente el crecimiento de microorganismos (Prado *et al.* 2020). Agentes antimicrobianos como aceites esenciales y otros extractos de plantas, incorporados a los recubrimientos comestibles, han mejorado aún más su funcionalidad (Oyom *et al.* 2022).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación de la investigación

Este trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en Barrio El Espino Catacamas, Olancho, Honduras.

La metodología se dividió en IX etapas (figura 1), como se describen a continuación:

Figura 1: Flujograma de proceso.



4.2 Etapa I: Recolección de la materia prima

Se recolectaron hojas frescas y sanas de cuatro especies de la familia Annonaceae: *Annona muricata* L., *Annona purpurea* Moc & Sessé ex Dunal, *Annona squamosa* L. y *Annona diversifolia* Saff en la región del corredor seco de Honduras. El material vegetal se recolectó en buen estado sin presentar ningún daño visible, luego se separaron según la especie correspondiente. Se recolectó 1 kg de hojas por especie, luego fueron trasladadas al laboratorio (anexo 1).

4.3 Etapa II: Secado del material vegetal

Las hojas fueron lavadas con agua destilada para eliminar impurezas de la superficie luego se colocaron sobre papel absorbente. Posteriormente se realizó el secado en un deshidratador de marca Oster a una temperatura de 45°C durante 2 horas, siguiendo la metodología de Ali *et al.* (2014). Posteriormente se trituraron en un molino manual marca corona hasta obtener una partícula fina para facilitar el proceso de extracción de los compuestos bioactivos (anexo 2).

4.4 Etapa III: Preparación del extracto

El extracto se obtuvo mediante el método sólido-líquido, utilizando la maceración con etanol al 95% como solvente. En cada proceso se utilizó 40g de hojas secas, 400 mL de solvente, (1:10 p/v), luego se mantuvo en maceración por 48 horas. Posteriormente la muestra fue sometida a un proceso de evaporación a una temperatura de 70 °C hasta concentrar el extracto, hasta que todo el alcohol se evaporara (anexo 3).

4.5 Etapa IV: Recolección de papaya

Las papayas de la variedad Maradol, se recolectaron de la sección de fruticultura de la Universidad Nacional de Agricultura en Catacamas, sin presentar daños físicos, químicos o biológicos visibles. Posteriormente se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm durante 5 minutos, siguiendo la metodología de Jahan *et al.* (2025) (anexo 4).

4.6 Etapa V: Elaboración del recubrimiento

Para la elaboración del recubrimiento se preparó una solución por separado para cada tratamiento utilizando pectina como agente filmógeno. La pectina se disolvió al 2% p/v en agua destilada. Para disolver, se llevó a 70 °C bajo agitación constante hasta su completa dilución. Luego se añadió el extracto de las diferentes especies, en cada uno de ellos en diferentes porcentajes de extracto (1%, 2% y 4%), de cada especie. Cada mezcla se agitó cuidadosamente, hasta lograr una solución homogénea, luego la solución se dejó en reposo para realizar el recubrimiento de la papaya siguiendo la metodología de Zebua *et al.* (2025) (anexo 5).

4.7 Etapa VI: Aplicación del recubrimiento

La papaya fue recubierta con una brocha para asegurarse que toda la superficie quedara cubierta, posteriormente las papayas se dejaron secar, siguiendo la metodología de Jahan *et al.* (2025). Todas las muestras de papaya se almacenaron durante 9 días a temperatura ambiente 29°C, midiendo los parámetros fisicoquímicos en intervalo de tres días (0, 3, 6 y 9 días poscosecha) (anexo 6).

4.8 Etapa VII: Medición de los parámetros fisicoquímicos

Pérdida de peso: Utilizando una balanza electrónica (OHAUS Ranger 4000) se midió el peso de las papayas en cada tratamiento desde el inicio del experimento con un intervalo de 3 días. Luego se comparó con el peso inicial de la papaya para estimar su porcentaje de pérdida de peso por periodo de tiempo y se determinó empleando a la siguiente ecuación 1.

Ecuación 1: % Pérdida de peso

$$\%Perdida\ de\ peso = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial} * 100$$

Solidos solubles: Utilizando un refractómetro (Arcano Green) se midió los grados Brix, de la pulpa de la papaya, primero se trituro en un procesador de alimentos marca (Oster) y luego se colocó una gota de jugo en el prisma del refractómetro (anexo 8).

pH: Se determinó utilizando un peachímetro digital, para esto la papaya se trituró para formar 5 ml de jugo, en el cual se introdujo el bulbo del peachímetro.

Acidez: Se preparó una mezcla de 5g de jugo de papaya y 20 mL de agua destilada, junto con el indicador fenolftaleína (0.05 ml) en la solución. Posteriormente se tituló agregando hidróxido de sodio NaOH 0,1 N hasta obtener un color rosado. Se expresaron los valores como porcentaje de ácido cítrico utilizando la ecuación 2 (Li *et al.* 2023).

Ecuación 2: % de acidez

$$Acidez(\% \text{ ácido cítrico}) = \frac{(V \times N \times meq_factor)}{m} \times 100$$

Donde:

V = Volumen de NaOH gastado en la titulación (en mL)

N = Normalidad del NaOH (0.1N)

meq_factor = Equivalente en miliequivalentes del ácido predominante (en este caso 0.064 para ácido cítrico)

m = Masa de la muestra analizada

4.9 Etapa VIII: Análisis microbiológicos

Se realizó un recuento en placa de hongos y levaduras, empleando el método de vaciado en placa. Para ello se tomaron 10 gramos de muestra de la superficie de la cáscara de la papaya y luego se homogenizaron en 90 mL de solución salina al 0.1%, para obtener una dilución 10^{-1} . A partir de esta dilución inicial se realizaron las siguientes diluciones seriadas 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} . Luego se tomaron 1 mL de cada dilución y fueron inoculadas con el medio Agar Papa Dextrosa (PDA). Las placas se incubaron a 25°C durante 3 días, realizando el recuento de levaduras en el día 1 y los hongos en el día 3. Los análisis se realizaron por duplicado al finalizar del periodo se realizó un conteo de colonias de hongos y levaduras reportando los resultados en Unidades Formadoras de Colonias por gramos (UFC/g), siguiendo la norma ISO 21527-1:2008 (anexo 9).

4.10 Etapa IX: Análisis estadístico

Se analizó el efecto de dos factores sobre la actividad antimicrobiana del recubrimiento de la papaya, la especie y la concentración del extracto utilizado en el recubrimiento. Como variables dependientes los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. La investigación tuvo 12 tratamientos, cada tratamiento se realizó por duplicado. Para identificar diferencias significativas se realizó análisis de varianza ANOVA de dos vías, seguido de pruebas de

comparación múltiple (Tukey) con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$), utilizando el programa InfoStat.

Tabla 1: Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Extracto	Especie
T1	1%	<i>Annona muricata</i> L
T2	2%	<i>Annona muricata</i> L
T3	4%	<i>Annona muricata</i> L
T4	1%	<i>Annona squamosa</i> L
T5	2%	<i>Annona squamosa</i> L
T6	4%	<i>Annona squamosa</i> L
T7	1%	<i>Annona diversifolia</i> Saff
T8	2%	<i>Annona diversifolia</i> Saff
T9	4%	<i>Annona diversifolia</i> Saff
T10	1%	<i>Annona purpurea</i> Moc & Sessé ex Dunal
T11	2%	<i>Annona purpurea</i> Moc & Sessé ex Dunal
T12	4%	<i>Annona purpurea</i> Moc & Sessé ex Dunal

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Parámetros fisicoquímicos

La tabla 2 presenta los parámetros fisicoquímicos de las papayas con la aplicación del recubrimiento. Los resultados muestran que hubo efecto de la interacción entre ambos factores (especie y concentración de extracto). En los cuales se observó que hubo una interacción entre factores, lo que resulta que el efecto de la especie depende de la concentración y viceversa. En general, los tratamientos aplicados demostraron tener un efecto activo sobre los parámetros fisicoquímicos en el almacenamiento postcosecha.

La tabla 4 muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos mostrando solamente el efecto del factor especie. La tabla 6 presenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos mostrando el efecto de la concentración de extracto determinando si existe diferencia entre los valores de concentración.

Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos de papayas recubiertas con extractos.

Tratamientos	% perdida de humedad				Solidos solubles			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
T1	0.00±0.00 ^{aA}	4.45±0.20 ^{aB}	7.74±0.77 ^{aC}	12.20±0.57 ^{aD}	5.50±1.50 ^{aA}	5.65±0.15 ^{abcA}	6.00±1.00 ^{abA}	7.00±1.90 ^{aA}
T2	0.00±0.00 ^{aA}	2.36±0.09 ^{aB}	7.49±0.77 ^{abC}	10.37±0.86 ^{abD}	5.00±1.00 ^{aA}	3.83±0.15 ^{cA}	5.40±1.40 ^{abA}	6.23±1.75 ^{aA}
T3	0.00±0.00 ^{aA}	2.58±0.36 ^{aB}	5.16±0.72 ^{bcC}	9.23±0.64 ^{abcD}	6.50±2.5 ^{aA}	6.50±0.50 ^{aA}	5.00±1.00 ^{abA}	5.80±1.20 ^{abA}
T4	0.00±0.00 ^{aA}	4.43±0.98 ^{aB}	7.50±0.61 ^{abC}	10.58±0.24 ^{abD}	4.27±0.25 ^{aA}	5.77±1.75 ^{abA}	4.40±0.20 ^{abA}	5.50±0.50 ^{abA}
T5	0.00±0.00 ^{aA}	3.07±0.63 ^{aB}	5.54±1.76 ^{abcBC}	7.66±1.10 ^{bcdC}	5.70±1.10 ^{aA}	4.50±0.50 ^{bcA}	5.50±0.50 ^{abA}	4.50±0.50 ^{aA}
T6	0.00±0.00 ^{aA}	3.26±0.74 ^{aB}	5.61±1.06 ^{abcBC}	8.67±1.93 ^{bcC}	5.00±1.00 ^{aA}	4.77±0.25 ^{abcA}	5.50±0.50 ^{abA}	4.50±0.50 ^{aA}
T7	0.00±0.00 ^{aA}	3.1±0.03 ^{aB}	5.43±0.82 ^{abcBC}	7.76±1.62 ^{bcdC}	4.50±0.50 ^{aA}	4.90±0.10 ^{abcA}	5.13±0.85 ^{abA}	4.50±0.50 ^{aA}
T8	0.00±0.00 ^{aA}	2.63±0.55 ^{aB}	5.32±0.56 ^{bcC}	7.06±0.37 ^{cdD}	4.10±0.10 ^{aAB}	5.10±0.10 ^{abcBC}	3.67±0.58 ^{bA}	5.50±0.50 ^{abC}
T9	0.00±0.00 ^{aA}	3.07±0.85 ^{aB}	3.62±0.30 ^{cB}	5.14±0.72 ^{dC}	5.00±1.00 ^{aA}	5.50±0.50 ^{abcA}	4.90±0.10 ^{abA}	4.47±0.58 ^{aA}
T10	0.00±0.00 ^{aA}	3.27±0.29 ^{aB}	5.27±0.46 ^{bcC}	8.69±0.12 ^{bcD}	4.90±0.10 ^{aA}	4.75±0.75 ^{abcA}	6.10±0.10 ^{aA}	6.20±1.20 ^{aB}
T11	0.00±0.00 ^{aA}	2.47±0.12 ^{aB}	5.08±0.33 ^{cC}	8.51±1.01 ^{bcD}	4.30±0.50 ^{aA}	4.23±0.25 ^{bcA}	5.50±1.50 ^{abA}	5.5±0.50 ^{abB}
T12	0.00±0.00 ^{aA}	3.15±0.86 ^{aB}	5.62±0.08 ^{abcC}	8.43±0.12 ^{bcD}	5.50±0.50 ^{aA}	4.33±0.58 ^{bcAB}	4.50±0.50 ^{abAB}	5.10±0.10 ^{aA}

Tratamientos	pH				% Acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
T1	5.76±0.07 ^{aA}	5.95±0.11 ^{aA}	5.89±0.08 ^{aA}	5.89±0.19 ^{abA}	0.07±0.006 ^{aA}	0.08±0.01 ^{aA}	0.07±0.003 ^{abA}	0.06±0.006 ^{aA}
T2	5.77±0.05 ^{aA}	6.37±0.52 ^{aA}	5.95±0.05 ^{aA}	5.89±0.22 ^{abA}	0.08±0.006 ^{aA}	0.07±0.006 ^{abcAB}	0.08±0.01 ^{abAB}	0.06±0.006 ^{abB}
T3	5.95±0.09 ^{abcdA}	6.07±0.06 ^{aA}	6.06±0.06 ^{aA}	6.06±0.03 ^{acA}	0.08±0.006 ^{aA}	0.06±0.006 ^{bcdB}	0.06±0.006 ^{abB}	0.05±0.004 ^{abB}
T4	5.88±0.03 ^{acA}	5.94±0.12 ^{aAB}	5.87±0.09 ^{aA}	6.13±0.05 ^{acB}	0.08±0.006 ^{aA}	0.05±0.01 ^{cdB}	0.06±0.006 ^{abB}	0.06±0.006 ^{abB}
T5	5.94±0.04 ^{abcdA}	5.95±0.05 ^{aA}	6.07±0.09 ^{aAB}	6.14±0.02 ^{acB}	0.08±0.01 ^{aA}	0.04±0.006 ^{dB}	0.07±0.006 ^{abAB}	0.06±0.01 ^{aAB}
T6	5.91±0.24 ^{abcA}	5.92±0.12 ^{aA}	6.06±0.09 ^{aA}	6.01±0.23 ^{abcA}	0.07±0.006 ^{aA}	0.06±0.006 ^{bcdA}	0.06±0.006 ^{abA}	0.07±0.006 ^{aA}
T7	5.78±0.02 ^{acA}	5.99±0.01 ^{aB}	6.02±0.14 ^{aB}	5.91±0.04 ^{abcAB}	0.07±0.006 ^{aAB}	0.08±0.006 ^{aB}	0.06±0.01 ^{abAB}	0.05±0.01 ^{abA}
T8	6.20±0.02 ^{dA}	6.04±0.05 ^{aA}	6.05±0.14 ^{aA}	5.71±0.01 ^{bB}	0.06±0.01 ^{aAB}	0.07±0.006 ^{abcB}	0.07±0.006 ^{abB}	0.04±0.006 ^{bA}
T9	6.04±0.1 ^{bcdA}	6.11±0.22 ^{aA}	6.06±0.07 ^{aA}	5.24±0.05 ^{bA}	0.06±0.01 ^{aA}	0.07±0.006 ^{abcA}	0.08±0.01 ^{abA}	0.05±0.006 ^{aA}
T10	6.15±0.07 ^{bdA}	6.18±0.03 ^{aA}	5.94±0.16 ^{aA}	6.19±0.14 ^{acB}	0.08±0.002 ^{aA}	0.08±0.006 ^{aA}	0.05±0.01 ^{bA}	0.06±0.01 ^{abB}
T11	6.20±0.03 ^{dA}	6.14±0.04 ^{aA}	6.03±0.08 ^{aA}	6.22±0.12 ^{acB}	0.08±0.006 ^{aA}	0.08±0.001 ^{abA}	0.06±0.01 ^{abA}	0.06±0.006 ^{abB}
T12	6.18±0.08 ^{dA}	6.26±0.03 ^{aA}	5.99±0.08 ^{aB}	6.26±0.02 ^{cA}	0.07±0.006 ^{aAB}	0.09±0.005 ^{aA}	0.08±0.006 ^{aB}	0.07±0.006 ^{aA}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre tratamiento ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

Tabla 3: Relación °Brix/acidez entre los tratamientos

Tratamientos	°Brix/acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
T1	78.57 ± 22.44 ^{aA}	70.63 ± 9.01 ^{aA}	85.71 ± 14.60 ^{aB}	116.67 ± 33.72 ^{aC}
T2	62.50 ± 13.31 ^{bA}	54.71 ± 5.14 ^{bB}	67.50 ± 19.30 ^{bA}	103.83 ± 30.50 ^{aC}
T3	81.25 ± 31.87 ^{aA}	108.33 ± 13.66 ^{cB}	83.33 ± 18.60 ^{aA}	116.00 ± 25.40 ^{aB}
T4	53.38 ± 5.25 ^{cA}	115.40 ± 41.61 ^{cB}	73.33 ± 8.00 ^{abC}	91.67 ± 12.40 ^{bD}
T5	71.25 ± 16.48 ^{aA}	112.50 ± 20.90 ^{cB}	78.57 ± 9.77 ^{abA}	91.00 ± 14.90 ^{bC}
T6	71.43 ± 15.48 ^{aA}	79.50 ± 8.96 ^{aA}	91.67 ± 12.30 ^{aB}	90.29 ± 9.00 ^{bB}
T7	64.29 ± 8.80 ^{bA}	61.25 ± 4.74 ^{aA}	85.50 ± 19.90 ^{aB}	92.00 ± 10.60 ^{bC}
T8	68.33 ± 11.53 ^{bA}	72.86 ± 6.40 ^{aB}	90 ± 14.01 ^{bC}	52.43 ± 9.40 ^{cD}
T9	83.33 ± 21.65 ^{aA}	78.57 ± 9.77 ^{aC}	61.25 ± 7.70 ^{bB}	75 ± 11.80 ^{cC}
T10	61.25 ± 1.95 ^{bA}	59.38 ± 10.38 ^{abB}	122.00 ± 24.40 ^{dC}	103.33 ± 26.30 ^{aD}
T11	53.75 ± 7.42 ^{bA}	52.88 ± 3.20 ^{bA}	91.67 ± 29.10 ^{adB}	91.67 ± 12.40 ^{bB}
T12	78.57 ± 9.85 ^{aA}	48.11 ± 6.97 ^{bB}	56.25 ± 7.50 ^{cB}	72.86 ± 6.40 ^{cC}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre especies ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

Tabla 4: Efecto de la especie utilizada en el extracto sobre parámetros fisicoquímicos de las papayas.

Especie	% pérdida de humedad				Solidos solubles			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
<i>A. muricata</i> L.	0.00±00 ^{aA}	3.13±1.02 ^{aB}	6.8±1.40 ^{aC}	10.60±1.43 ^{aD}	5.67±1.68 ^{aA}	5.33±1.21 ^{aA}	5.47±1.09 ^{aA}	6.34±1.55 ^{aA}
<i>A. squamosa</i> L.	0.00±00 ^{aA}	3.59±1.23 ^{aB}	6.22±1.44 ^{abC}	8.97±1.92 ^{bD}	4.99±0.98 ^{aA}	5.01±1.09 ^{abA}	5.13±0.66 ^{aA}	4.89±0.66 ^{bA}
<i>A. diversifolia</i> .	0.00±00 ^{aA}	2.93±0.56 ^{aB}	3.79±1.02 ^{cC}	6.65±1.48 ^{cD}	4.53±0.68 ^{aA}	5.17±0.37 ^{abA}	4.57±0.86 ^{bA}	4.83±0.65 ^{bA}
<i>A. purpurea</i>	0.00±00 ^{aA}	3.96±0.59 ^{aB}	5.33±0.37 ^{bcC}	8.54±0.52 ^{bD}	4.90±0.63 ^{aAB}	4.44±0.54 ^{bA}	5.37±1.06 ^{aAB}	5.60±0.81 ^{abB}

Especie	pH				% Acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
<i>A. muricata</i> L.	5.83±0.11 ^{aA}	6.13±0.32 ^{abB}	5.97±0.09 ^{aAB}	5.97±0.17 ^{aAB}	0.08±0.01 ^{aA}	0.07±0.02 ^{aA}	0.07±0.01 ^{aAB}	0.06±0.01 ^{abB}
<i>A. squamosa</i> L.	5.91±0.13 ^{abA}	5.93±0.09 ^{bA}	6.00±0.13 ^{aAB}	6.09±0.13 ^{abB}	0.08±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{bB}	0.06±0.01 ^{aB}	0.06±0.01 ^{abB}
<i>A. diversifolia</i> .	6.01±0.19 ^{bA}	6.05±0.12 ^{abA}	6.04±0.11 ^{aA}	5.95±0.24 ^{aA}	0.07±0.01 ^{abA}	0.07±0.01 ^{acA}	0.07±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{bB}
<i>A. purpurea</i>	6.17±0.06 ^{cA}	6.19±0.06 ^{aA}	5.99±0.10 ^{aB}	6.22±0.10 ^{bA}	0.08±0.01 ^{bAB}	0.08±0.01 ^{cB}	0.06±0.02 ^{aB}	0.06±0.01 ^{aB}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre especies ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

Tabla 5: Relación °Brix/acidez entre las especies.

Especie	°Brix/acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
<i>A. muricata</i> L.	70.88 ± 22.70 ^{aA}	76.14 ± 27.66 ^{aA}	78.14 ± 19.06 ^{aA}	105.67 ± 31.08 ^{aB}
<i>A. squamosa</i> L.	62.38 ± 14.36 ^{bA}	100.20 ± 29.56 ^{bB}	85.50 ± 17.70 ^{bC}	80.50 ± 17.06 ^{bC}
<i>A. diversifolia</i> .	64.71 ± 13.26 ^{bA}	73.86 ± 11.67 ^{aB}	65.29 ± 15.28 ^{cA}	97.80 ± 23.27 ^{cC}
<i>A. purpurea</i>	61.25 ± 10.78 ^{bA}	55.50 ± 9.43 ^{cB}	89.50 ± 34.54 ^{bC}	93.33 ± 20.16 ^{cD}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre especies ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

Tabla 6: Efecto de la concentración de extracto en el recubrimiento sobre parámetros fisicoquímicos.

Concentración	% pérdida de humedad				Solidos solubles			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
1%	0.00±00 ^{aA}	3.82 ± 0.8 ^{aB}	6.49±1.73 ^{aC}	9.81±2.54 ^{aD}	4.79±1.65 ^{aA}	5.27±1.25 ^{aA}	5.41±0.45 ^{aA}	5.80±2.36 ^{aA}
2%	0.00±00 ^{aA}	2.63 ± 0.72 ^{aB}	5.86±1.27 ^{aC}	8.40±2.17 ^{bD}	4.78±0.50 ^{aA}	4.42±0.31 ^{bA}	5.02±2.91 ^{abA}	5.43±2.25 ^{aA}
4%	0.00±00 ^{aA}	3.02 ± 1.7 ^{bB}	5.00±1.56 ^{bC}	7.87±2.62 ^{bD}	5.50±1.35 ^{aA}	5.28±0.96 ^{aA}	4.98±2.10 ^{bA}	5.02±0.42 ^{aA}

Concentración	pH				% Acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
1%	5.89±0.01 ^{aA}	6.01±0.2 ^{aA}	5.93±0.13 ^{aA}	6.30±0.06 ^{abA}	0.07±0 ^{aA}	0.08±0.02 ^{aA}	0.06±0.02 ^{aB}	0.06±0.04 ^{aB}
2%	6.03±0.04 ^{bA}	6.12±0.49 ^{aA}	6.03±0.08 ^{abA}	5.99±0.32 ^{bA}	0.08±0.02 ^{aA}	0.07±0.01 ^{bAB}	0.07±0.01 ^{bA}	0.05±0.03 ^{bB}
4%	6.02±0.32 ^{bA}	6.09±0.42 ^{aA}	6.04±0.1 ^{bA}	6.14±0.25 ^{aA}	0.07±0.01 ^{aA}	0.07±0.02 ^{abA}	0.07±0.02 ^{bA}	0.06±0.01 ^{aA}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre concentraciones ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

Tabla 7: Relación °Brix/acidez entre concentraciones.

Concentración	°Brix/acidez			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
1%	68.43 ± 23.57 ^{aA}	65.88 ± 22.66 ^{aA}	90.17 ± 30.93 ^{aB}	96.67 ± 75.40 ^{aB}
2%	59.75 ± 16.13 ^{bA}	63.14 ± 10.04 ^{aB}	71.71 ± 42.81 ^{bC}	108.60 ± 79.06 ^{bD}
4%	78.57 ± 22.23 ^{cA}	75.43 ± 25.49 ^{bA}	71.14 ± 36.14 ^{bA}	83.67 ± 15.56 ^{cB}

Los valores con letras minúsculas iguales entre columnas no existen diferencia significativa entre concentraciones ($p < 0.05$). Los valores con letras mayúsculas iguales entre filas no existen diferencia significativa entre días ($p < 0.05$).

La pérdida de humedad mostró una diferencia significativa entre factores (anexo 10), en este caso el T9 (*Annona diversifolia* Saff x 4%) fue estadísticamente superior a todos los demás tratamientos, logrando la menor pérdida de peso hasta el Día 9 (tabla 2). Los resultados individuales de los factores igual mostraron diferencias estadísticas, el factor especie tuvo diferencias hasta el día 6 (tabla 3) y el factor concentración mostró diferencias desde el día 3 (tabla 4). En el caso de esta variable, el valor más bajo menor pérdida de humedad. Los resultados son similares con los hallazgos de Kasilingam et al. (2025) donde evaluó la aplicación de recubrimientos a base de quitosano con tratamiento de ácido salicílico en distintas concentraciones y se observó que a mayor concentración de ácido menor la pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de la papaya.

Todas las papayas de los tratamientos iniciaron con el mismo nivel de maduración, no hubo diferencias significativas en los ° Brix (anexo 11). El T9 (*Annona diversifolia* Saff x 4%) fue el que obtuvo el valor más bajo después de 9 días de poscosecha lo que indica un retardo en el proceso de maduración (tabla 2). Se encontraron resultados similares en el trabajo de Dharini et al. (2023), donde aplicaron un recubrimiento en papaya con aceite esencial de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) observando un lento aumento de sólidos solubles totales en el transcurso de los días poscosecha.

El pH evolucionó con el transcurso de los días en el día 0 y 3 el factor especie fue significativo (tabla 3) indicando que los extractos de las diferentes especies afectaron el pH de las frutas inmediatamente, luego al finalizar en el día 9 si mostró una interacción entre factores (anexo 12). Resultados interesantes reportaron en el T9 (*Annona diversifolia* Saff x 4%) ya que fue el que logró mantener el valor más bajo del pH, significando un proceso de maduración más lento que los demás tratamientos (tabla 2). Córdova et al. (2023) estudió la aplicación de recubrimientos con quitosano y aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) y reportó que el pH del extracto interfiere en los resultados según la especie.

En el parámetro de acidez hubo una interacción estadística significativa entre ambos factores desde el día 3, esto demuestra que, durante la maduración, la eficacia de la especie se vuelve

dependiente de la concentración y viceversa (anexo 13). La disminución de la acidez, es indicador clave de la maduración de la papaya siendo el tratamiento T8 (*Annona diversifolia* Saff. x 2 %) el que tuvo el valor más bajo de acidez durante el almacenamiento (tabla 2).

En general, los resultados de los análisis fisicoquímicos indican que el recubrimiento actuó como una barrera efectiva retrasando los procesos fisiológicos de la frutas durante el almacenamiento poscosecha, alargando su vida útil y evitando el rápido deterioro de la papaya.

5.2 Análisis microbiológicos

5.2.1 Hongos y levaduras

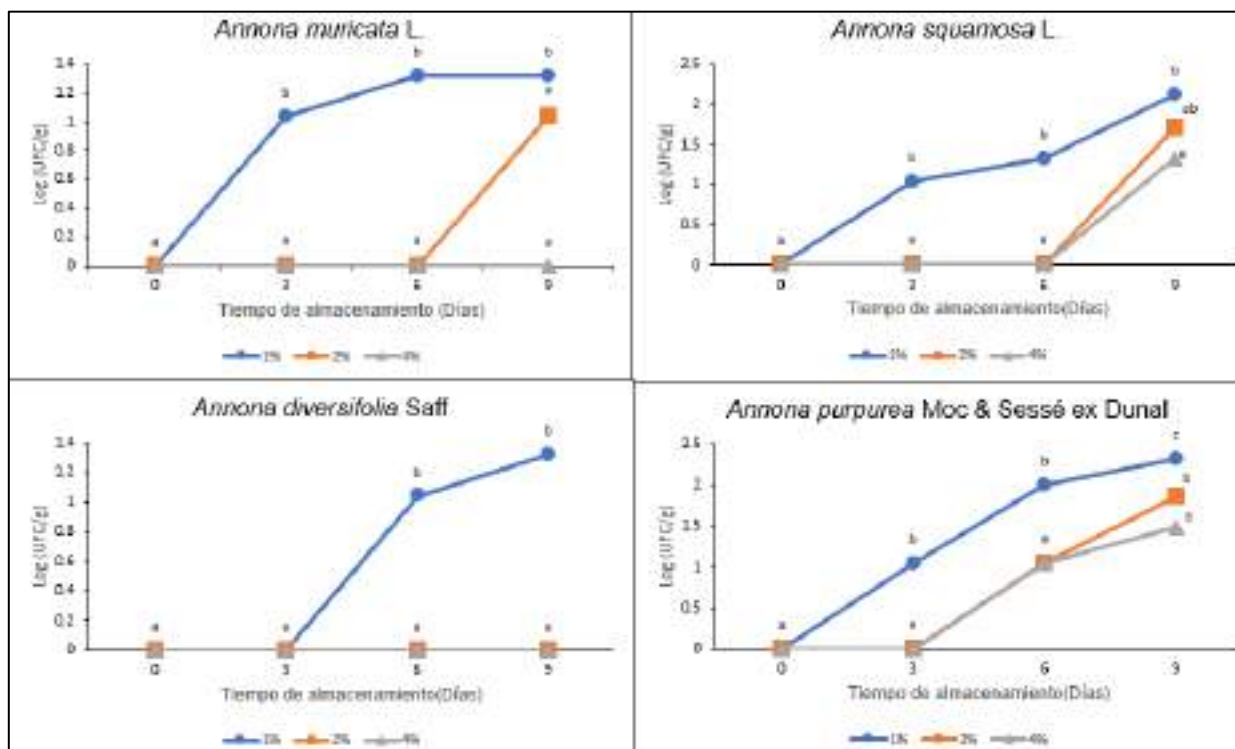
En la **tabla 5** se muestran los datos obtenidos en el recuento de análisis microbiológicos de hongos y levaduras a lo largo del almacenamiento poscosecha de la papaya. Se encontró diferencias estadística en la interacción entre los factores, así mismo al evaluar los factores de forma independiente, también hubo diferencia estadística (figura 2).

Tabla 8: Recuento de hongos y levaduras en papayas recubiertas.

Tratamientos	Levaduras Log (UFC/g)				Hongos Log (UFC/g)			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
T1	2.44	2.02	>300	1.95	<30	1.04	1.32	1.32
T2	1.60	>300	>300	2.15	<30	<30	<30	1.04
T3	>300	2.35	>300	>300	<30	<30	<30	<30
T4	2.35	2.35	>300	>300	<30	1.04	1.32	2.12
T5	2.32	>300	2.13	>300	<30	<30	<30	1.71
T6	1.40	2.34	>300	2.13	<30	<30	<30	1.32
T7	>300	1.74	>300	>300	<30	<30	1.04	1.32
T8	>300	2.45	>300	>300	<30	<30	<30	<30
T9	>300	2.02	2.22	>300	<30	<30	<30	<30
T10	2.37	2.36	>300	>300	<30	1.04	2	2.32
T11	2.20	2.27	1.54	2.44	<30	<30	1.04	1.85
T12	>300	>300	>300	>300	<30	<30	1.04	1.49

(>300) Demasiado numeroso para contar. (<30) Ausencia de crecimiento microbiano.

Figura 2: Presencia de hongos en las especie entre concentraciones.



Los valores con letras iguales no existen diferencia significativa entre concentraciones ($p < 0.05$).

Se observó crecimiento de levaduras y hongos a lo largo del tiempo de almacenamiento de las papayas recubiertas. De forma general, las levaduras presentaron una mayor proliferación que los hongos, lo que sugiere que las condiciones del medio favorecieron su desarrollo. El crecimiento de levaduras significa deterioro y fermentación, y es el principal indicador de que la papaya se está descomponiendo, las levaduras descomponen la fruta consumiéndose los azúcares (Reyes et al. 2023). Asimismo, las levaduras están perfectamente adaptadas para crecer en ambientes ácidos donde muchas bacterias no pueden y son anaerobias facultativas (Chand, 2020).

En el caso de los hongos, la mayoría de los tratamientos mostraron ausencia o valores inferiores a <30 UFC/g durante todo el periodo de almacenamiento, indicando una efectiva inhibición fúngica. Según la investigación de Mazucato et al (2025) la cual evaluó a eficiencia antifúngica de aceite esencia de menta (*Mentha piperita*) atribuye que esta

inhibición se debe a los compuesto bioactivos presentes en los extractos. Todas las concentraciones y especies contribuyeron a retardar el deterioro y disminuir la presencia de hongos presente en la papaya, sin embargo, la especie *Annona diversifolia* Saff fue la que presentó mejores resultados en la conservación de la calidad del fruto. En el caso de la especie con menor inhibición fue la especie *Annona purpurea* Moc & Sessé ex Dunal teniendo una mayor presencia de hongos, pero siempre presentó inhibición.

Los resultados de esta investigación demuestran la viabilidad y la eficacia sostenible para disminuir la pérdida poscosecha en la papaya. La aplicación de recubrimientos con extractos de hojas de especies de la familia Annonaceae, demostraron su potencial como una alternativa a los conservantes sintéticos. La evaluación de la actividad antimicrobiana y de las propiedades fisicoquímicas demostró que los recubrimientos no solo prolongaron la vida útil poscosecha de la papaya, sino que también inhibió la carga microbiana, manteniendo la calidad y frescura de la fruta durante el periodo poscosecha.

VI CONCLUSIONES

La incorporación de extractos de hojas de la familia Annonaceae en la formulación del recubrimiento resultó ser eficaz, demostrando ser una alternativa viable en la conservación poscosecha.

Se determinó que la concentración de extracto fue factor clave para mejorar los resultados en los análisis fisicoquímicos, demostrando que a mayor concentración mejor conservación de la calidad del fruto.

Los recubrimientos evidenciaron una actividad inhibitoria contra hongos que aumenta proporcionalmente con la concentración, manteniendo una carga fúngica reducida durante el almacenamiento.

Los resultados permiten confirmar que el uso de extractos de la familia Annonaceae es una estrategia efectiva para mejorar la conservación postcosecha de papaya.

VII RECOMENDACIONES

Realizar un estudio comparativo que incluya un control sin recubrimiento, para cuantificar con exactitud la extensión de la vida útil de la fruta.

Analizar el grado de toxicidad del extracto para determinar los límites de seguridad para su posible aplicación en la industria alimentaria como recubrimiento comestible.

Se sugiere extender el tiempo de almacenamiento, esto permitiría identificar exactamente cuál es el límite de deterioro permitiendo así crear la cinética completa de maduración.

VIII BIBLIOGRAFÍA

A Kazman, B; Harnett, J; Hanrahan, J. 2022. Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacological Activities of Annonaceae (en línea). *Molecules* 27(11):3462. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27113462>.

Ali, A; Yusof, Y; Ling, N; Ibrahim, M; Basora, S. 2014. Drying Kinetics and Colour Analysis of *Moringa Oleifera* Leaves (en línea). *ResearchGate*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.055>.

Barthwal, R; Negi, A; Kathuria, D; Singh, N. 2025. Ozonation: Post-harvest processing of different fruits and vegetables enhancing and preserving the quality (en línea). *Food Chemistry* 463:141489. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141489>.

Blancas-Benitez, F; Montaña-Leyva, B; Aguirre-Güitrón, L; Moreno-Hernández, C; Fonseca-Cantabrana, Á; Romero-Islas, L del C; González-Estrada, R. 2022. Impact of edible coatings on quality of fruits: A review (en línea). *Food Control* 139:109063. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109063>.

Chávez Hernández, E. 2020. Inhibición del crecimiento de bacterias patógenas mediante el uso de extractos de origen vegetal (en línea). Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12371/9819>.

CIF. 2023. Honduras: Análisis de Inseguridad Alimentaria Aguda de la CIF. (en línea, sitio web). Consultado 20 abr. 2025. Disponible en <https://reliefweb.int/report/honduras/honduras-analisis-de-inseguridad-alimentaria-aguda-de-la-cif-diciembre-2022-agosto-2023-publicado-el-26-mayo-de-2023>.

Córdova, E; Figueroa, M; Cruz, elia V; Tarazona, J; Jara, M; Cotos, M; Llica, E; Aguilar, T; Gutiérrez, A; Espichán, F. 2023. Caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante del extracto de *vaccinium floribundum kunth* “pushgay”. Revista de la Sociedad Química del Perú 89(3). DOI: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v89i3.437>.

Dharini, V; Sadiku, R 2023. Effect of functionalized hybrid chitosan/gum Arabic bilayer coatings with lemongrass essential oil on the postharvest disease control and the physicochemical properties of papaya (*Carica papaya*) fruits. South African Journal of Botany 160:602-612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.053>.

Dotto, J; Abihudi, S. 2021. Nutraceutical value of *Carica papaya*: A review (en línea). Scientific African 13:e00933. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00933>.

Erkens, R; Blanpain, L; Carrascosa Jara, I; Runge, K; Verspagen, N; Cosiaux, A; Couvreur, T. 2023. Spatial distribution of Annonaceae across biomes and anthromes: Knowledge gaps in spatial and ecological data (en línea). PLANTS, PEOPLE, PLANET 5(4):520-535. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ppp3.10321>.

Esguerra, E; Rapusas, R; Rolle, R. 2020. Post-harvest management of papaya to ensure quality and safety (en línea). FAO :24 p. Consultado 17 abr. 2025. Disponible en <https://openknowledge.fao.org/items/2eb6806b-ddba-4c51-9853-28962fe94f1a>.

FAO. 2020. Hambre e inseguridad alimentaria (en línea, sitio web) Transformación de los sistemas alimentarios para que las dietas saludables sean asequibles. Consultado 15 mar. 2025. Disponible en <https://www.fao.org/hunger/es>.

FAO. 2024. Alimentos sin desperdicio. (en línea, sitio web). Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos Disponible en <https://alimentosindesperdicio.blog/tag/fao/>.

Felicia, W; Rovina, K; Mamat, H; Aziz, A; Lim, L; Jaziri, A; Nurdiani, R. 2024. Advancements in fruit preservation technologies: Harnessing chitosan, aloe vera gel, and plant-based essential oils for coating applications (en línea). *Applied Food Research* 4(2):100439. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100439>.

Handayani, T; Yuzammi. 2021. The family of Annonaceae: the important role in forest ecosystems and human being life (en línea). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 914(1):012062. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/914/1/012062>.

ISO 21527-1:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds (en línea, sitio web). Consultado 27 may 2025. Disponible en <https://www.iso.org/standard/38275.html>.

Jahan, S; Gomasta, J; Hassan, J; Rahman, M; Kader, M; Kayesh, E. 2025. Fruit quality retention and shelf-life extension of papaya through organic coating (en línea). *Heliyon* 11(1):e41293. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41293>.

Kaboré, K; Dibala, C; Sama, H; Diao, M; Somda, M; Dicko, M. 2024. Phenolic Content, Antioxidant Potential, and Antimicrobial Activity of *Uvaria chamae* (Annonaceae), a Food Plant from Burkina Faso (en línea). *Biochemistry Research International* 2024:1289859. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2024/1289859>.

Kalita, P; Bhattacharjee, B; Pachau, L; Roy, S. 2025. Recent trends in pectin sources, extraction, and active-edible coating applications (en línea). *Food Control* 171:111105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.111105>.

Kasilingam, P; Shanmugavel, C; Athikesavan, R; Ramakrishnan, R. 2025. Innovative Post-harvest Treatments to Enhance the Shelf-life and Quality of *Carica papaya*. *Agricultural Science Digest* . Consultado 7 nov. 2025. Disponible en <https://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/D-6371>.

L; Azam, M; Noreen, A; Umer, M; Ilahy, R; Akram, M; Qadri, R; Khan, M; Rehman, S ur; Hussain, I; Q; Liu, H. 2023. Application of Methyl Jasmonate to Papaya Fruit Stored at Lower Temperature Attenuates Chilling Injury and Enhances the Antioxidant System to Maintain Quality (en línea). *Foods* 12(14):2743. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods12142743>.

Lima, L, S; Azevedo, L; Boaventura, M; Pimenta, L. 2024. Chemical characterization, antioxidant activity and toxicity of sugars present in *Annona cornifolia* (Annonaceae) seeds (en línea). *Chemical Data Collections* 54:101166. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2024.101166>.

Mazucato, V de S; Tonani, L; von Zeska Kress, M; Andricopulo, A; Barbosa, G; Krogh, R; Ferreira, L; Cassani, N; Sandim, B; Jardim, A; Vieira, P. 2025. Exploring the bioactivity

potential of fruit-associated fungi: Antifungal, antiparasitic, and antiviral activities of natural extracts (en línea). *Fitoterapia* 187:106917. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2025.106917>.

Motta, J; Freitas, B de; Almeida, A de; Martins, G de S; Borges, S. 2023. Use of enzymes in the food industry: a review (en línea). *Food Science and Technology* 43:e106222. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/fst.106222>.

Moussa, A; Siddiqui, S; Elhawary, E; Guo, K; Anwar, S; X, B. 2024. Phytochemical constituents, bioactivities, and applications of custard apple (*Annona squamosa* L.): A narrative review (en línea). *Food Chemistry* 459:140363. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140363>.

Nieto Inca, R. 2021. Efecto analgésico del extracto etanólico de las hojas de *annona muricata* (guanábana) en ratones albinos. (en línea). . Consultado 28 may 2025. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.13053/4863>.

Nxumalo, K; Aremu, A; Fawole, O. 2021. Potentials of Medicinal Plant Extracts as an Alternative to Synthetic Chemicals in Postharvest Protection and Preservation of Horticultural Crops: A Review (en línea). *Sustainability* 13(11):5897. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13115897>.

Olunusi, S; Ramli, N; Fatmawati, A; Ismail, A; Okwuwa, C. 2024. Revolutionizing tropical fruits preservation: Emerging edible coating technologies (en línea). *International Journal of Biological Macromolecules* 264:130682. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130682>.

ONU. 2024. Con 783 millones de personas hambrientas, una quinta parte de los alimentos en todo el mundo van a la basura (en línea, sitio web). Consultado 15 mar. 2025. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2024/03/1528666>.

Oyom, W; Zhang, Z; B, Y; Tahergorabi, R. 2022. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review (en línea). *Progress in Organic Coatings* 166:106800. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>.

Pace, B; Cefola, M. 2021. Innovative Preservation Technology for the Fresh Fruit and Vegetables (en línea). *Foods* 10(4):719. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10040719>.

Pandey, V; Islam, R; Shams, R; Dar, A. 2022. A comprehensive review on the application of essential oils as bioactive compounds in Nano-emulsion based edible coatings of fruits and vegetables (en línea). *Applied Food Research* 2(1):100042. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100042>.

Prado, L; Arruda, H; Peixoto Araujo, N; de Oliveira Braga, L; Banzato, T; Pereira, G; Figueiredo, M; Ruiz, A; Eberlin, M; de Carvalho, J; Vendramini-Costa, D; Pastore, G. 2020. Antioxidant, antiproliferative and healing properties of araticum (*Annona crassiflora* Mart.) peel and seed (en línea). *Food Research International* 133:109168. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109168>.

Rangel, J; Liberal, Â; Catarino, S; Costa, J; Romeiras, M; Fernandes, Â. 2024. Phytochemical and bioactive potentials of African Annonaceae species (en línea). *Food Chemistry* 448:139048. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139048>.

Reyes, A; Valero, F; Sandoval, G. 2023. Cloning, protein expression and biochemical characterization of *Carica papaya* esterase (en línea). Electronic Journal of Biotechnology 61:61-68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2022.11.004>.

Riva, S; Opara, U; Fawole, O. 2020. Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review (en línea). Scientia Horticulturae 262:109074. v <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109074>.

São José, J; Faria-Silva, L. 2025. Chapter ten - Natural preservatives for fruits and vegetables (en línea). In *Shah, MA; Mir, SA (eds.)*. s.l., Academic Press. p. 251-273 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95614-7.00005-3>.

Sharma, S; Perera, K; Jaiswal, A; Jaiswal, S. 2024. Chapter 8 - Natural antimicrobials from fruits and plant extract for food packaging and preservation (en línea). In *Jaiswal, AK; Shankar, S (eds.)*. s.l., Academic Press. p. 133-152 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90044-7.00008-2>.

Singh, H; Bhasin, J; Dash, K; Shams, R; shaikh, A; Béla, K. 2024. Effect of chitosan based edible coating in management of post harvest losses in Papaya: A comprehensive review (en línea). Applied Food Research 4(2):100456. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100456>.

Sneha, K; Indra, N; Vanitha, S; Saranya, S; Ramalakshmi, A. 2024. Exploring the non-chemical alternatives for the management of post-harvest fungal diseases of major tropical fruits- mango, banana and papaya (en línea). Physiological and Molecular Plant Pathology 134:102460. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102460>.

Suhag, R; Kumar, N; Petkoska, A; Upadhyay, A. 2020. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review (en línea). *Food Research International* 136:109582. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.

Syarifuddin, A; Muflih, M; Izzah, N; Fadillah, U; Ainani, A; Dirpan, A. 2025. Pectin-based edible films and coatings: From extraction to application on food packaging towards circular economy- A review (en línea). *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 9:100680. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2025.100680>.

T. Chand, G. 2007. Selection and testing of epiphytic yeasts to control anthracnose in post-harvest of papaya fruit (en línea). *Scientia Horticulturae* 111(2):179-185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.003>.

Tahir, H; Zhihua, L; Mahunu, G; Xiaobo, Z; Arslan, M; Xiaowei, H; Yang, Z; Mariod, A. 2020. Effect of gum arabic edible coating incorporated with African baobab pulp extract on postharvest quality of cold stored blueberries (en línea). *Food Science and Biotechnology* 29(2):217-226. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00659-9>.

Tan, G; Ali, A; Siddiqui, Y. 2022. Current strategies, perspectives and challenges in management and control of postharvest diseases of papaya (en línea). *Scientia Horticulturae* 301:111139. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111139>.

Tijjani Usman, I; Lee, F-W; Ho, Y-C; Khaw, H-P; Chong, Q-W; Kee, Y-M; Lim, J-W; Show, P-L. 2023. Evaluation of *Annona diversifolia* Seed Extract as A Natural Coagulant for Water Treatment (en línea). *Sustainability* 15(7):6324. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15076324>.

Valenzuela, J. 2023. Advances in Postharvest Preservation and Quality of Fruits and Vegetables (en línea). Foods 12(9):1830. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods12091830>.

Wang, J; Yuan, Y; Liu, Y; Li, X; Wu, S. 2024. Application of chitosan in fruit preservation: A review (en línea). Food Chemistry: X 23:101589. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101589>.

Wong, S; Kiew, S; Lau, S; Pottas, P. 2023. Procedures to investigate potential of plants as natural food preservatives: Extraction technology, phytochemical characterisation, and antimicrobial bioassays (en línea). Food Chemistry Advances 3:100435. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100435>.

Wu, J; Tang, R; Fan, K. 2024. Recent advances in postharvest technologies for reducing chilling injury symptoms of fruits and vegetables: A review (en línea). Food Chemistry: X 21:101080. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101080>.

Zebua, D; Prima, E; Yelliantty; Garnida, Y. 2025. Effect of a pectin edible coating with lemon peel extract to maintain strawberry fruit's quality during cold storage (en línea). Food and Humanity 4:100541. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100541>.

Zhang, B; Nie, S; Chen, Y; Zhang, S; Wei, L; Ren, Y; Zou, T; Yu, P; Chai, Z; Ma, H; Liu, X; Li, W; Chen, R; Cheng, Y. 2025. Okra Juice driven edible coating for fruit preservation (en línea). Future Foods 11:100583. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100583>.

IX ANEXOS

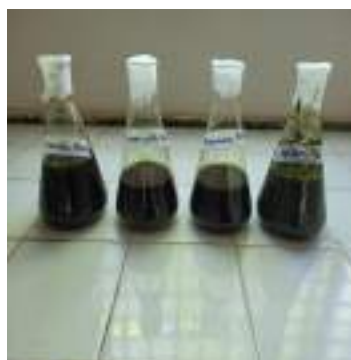
Anexo 1: Recolección de las hojas



Anexo 2: Secado y triturado de las hojas



Anexo 3: Preparación del extracto



Anexo 4: Recolección de papaya



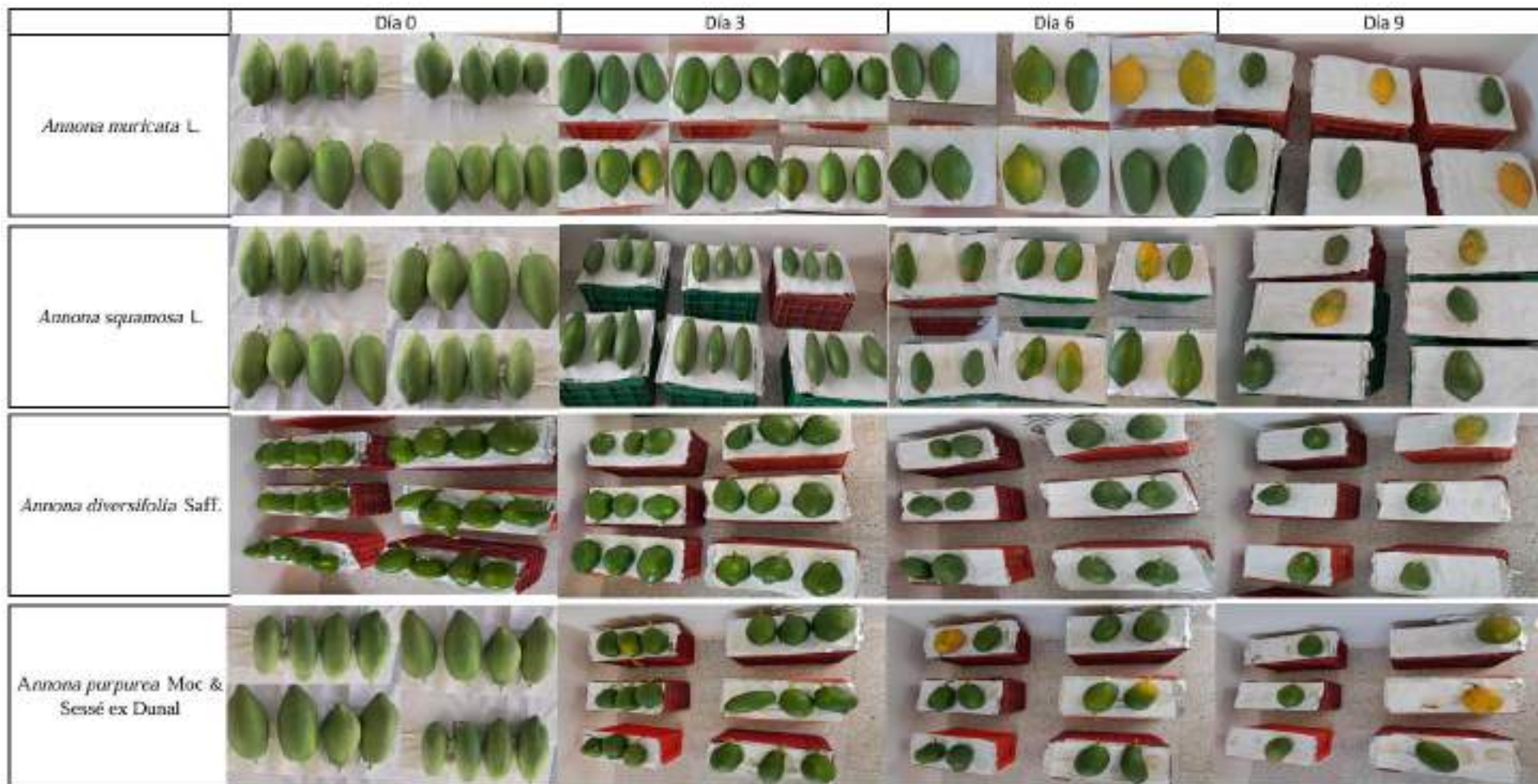
Anexo 5: Elaboración de recubrimiento



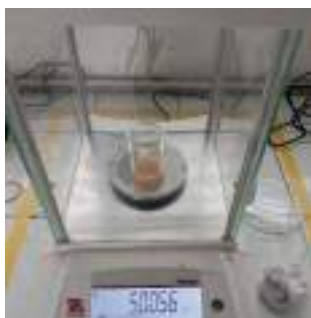
Anexo 6: Aplicación de recubrimiento



Anexo 7: Días de almacenamiento.



Anexo 8: Análisis fisicoquímicos



Anexo 9: Análisis microbiológicos



Anexo 10: ANOVA para pérdida de peso

Día 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 3	36	0.54	0.33	23.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.19	11	1.38	2.58	0.0251
Especie	2.45	3	0.82	1.53	0.2321
Concentración	8.72	2	4.36	8.16	0.0020
Especie*Concentración	4.02	6	0.67	1.25	0.3157
Error	12.83	24	0.53		
Total	28.02	35			

Día 6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 6	36	0.76	0.65	13.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48.02	11	4.37	6.82	<0.0001
Especie	21.74	3	7.25	11.33	0.0001
Concentración	13.34	2	6.67	10.43	0.0006
Especie*Concentración	12.95	6	2.16	3.37	0.0148
Error	15.35	24	0.64		
Total	63.38	35			

Día 9

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 9	36	0.80	0.70	12.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	108.86	11	9.90	8.49	<0.0001
Especie	71.06	3	23.69	20.32	<0.0001
Concentración	24.06	2	12.03	10.32	0.0006
Especie*Concentración	13.73	6	2.29	1.96	0.0251
Error	27.98	24	1.17		
Total	136.83	35			

Día 0

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 0	36	0.69	0.55	4.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		3.16	11	0.29	4.94	0.0005
Especie		2.34	3	0.78	13.43	<0.0001
Concentración		0.30	2	0.15	2.61	0.0941
Especie*Concentración		0.52	6	0.09	1.48	0.2272
Error		1.40	24	0.06		
Total		4.56	35			

Día 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 3	36	0.48	0.24	2.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		0.66	11	0.06	1.98	0.0787
Especie		0.33	3	0.11	3.69	0.0259
Concentración		0.08	2	0.04	1.25	0.3047
Especie*Concentración		0.25	6	0.04	1.37	0.2675
Error		0.73	24	0.03		
Total		1.38	35			

Día 6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 6	36	0.42	0.15	1.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		0.17	11	0.02	1.56	0.1748
Especie		0.03	3	0.01	1.04	0.3915
Concentración		0.09	2	0.04	4.44	0.0229
Especie*Concentración		0.05	6	0.01	0.86	0.5390
Error		0.23	24	0.01		
Total		0.40	35			

Día 9

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 9	36	0.75	0.63	1.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.00	11	0.09	6.38	0.0001
Especie	0.47	3	0.16	10.86	0.0001
Concentración	0.15	2	0.08	5.39	0.0117
Especie*Concentración	0.38	6	0.06	4.47	0.0036
Error	0.34	24	0.01		
Total	1.35	35			

Anexo 12: ANOVA para solidos solubles

Día 0

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 0	36	0.37	0.08	21.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.00	11	1.45	1.29	0.2891
Concentración	4.11	2	2.06	1.82	0.1835
Especie	6.03	3	2.01	1.78	0.1775
Concentración*Especie	5.85	6	0.98	0.86	0.5350
Error	27.09	24	1.13		
Total	43.08	35			

Día 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 3	36	0.66	0.50	12.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.86	11	1.71	4.20	0.0016
Concentración	5.84	2	2.92	7.15	0.0037
Especie	4.04	3	1.35	3.30	0.0375
Concentración*Especie	8.98	6	1.50	3.67	0.0100
Error	9.80	24	0.41		
Total	28.67	35			

Día 6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 6	36	0.50	0.27	15.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.97	11	1.45	2.16	0.0560
Concentración	1.37	2	0.69	1.02	0.3761
Especie	4.38	3	1.46	2.17	0.1179
Concentración*Especie	10.22	6	1.70	2.53	0.0485
Error	16.15	24	0.67		
Total	32.12	35			

Día 9

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 9	36	0.48	0.24	18.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.42	11	1.95	1.98	0.0781
Concentración	3.69	2	1.84	1.88	0.1749
Especie	13.62	3	4.54	4.62	0.0109
Concentración*Especie	4.11	6	0.69	0.70	0.0259
Error	23.57	24	0.98		
Total	44.99	35			

Anexo 13: ANOVA para acidez

Día 0

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 0	36	0.49	0.26	12.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.0E-03	11	1.8E-04	2.11	0.0617
Concentración	2.5E-04	2	1.2E-04	1.43	0.2601
Especie	1.0E-03	3	3.4E-04	3.87	0.0217
Concentración*Especie	7.6E-04	6	1.3E-04	1.45	0.2373
Error	2.1E-03	24	8.7E-05		
Total	4.1E-03	35			

Día 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 3	36	0.81	0.73	11.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	11	5.8E-04	9.54	<0.0001
Concentración	6.2E-04	2	3.1E-04	5.04	0.0149
Especie	4.7E-03	3	1.6E-03	25.57	<0.0001
Concentración*Especie	1.1E-03	6	1.9E-04	3.02	0.0240
Error	1.5E-03	24	6.1E-05		
Total	0.01	35			

Día 6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 6	36	0.55	0.35	15.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.3E-03	11	3.0E-04	2.69	0.0207
Concentración	6.8E-04	2	3.4E-04	3.07	0.0650
Especie	3.7E-04	3	1.2E-04	1.12	0.3604
Concentración*Especie	2.2E-03	6	3.7E-04	3.35	0.0154
Error	2.6E-03	24	1.1E-04		
Total	0.01	35			

Día 9

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 9	36	0.46	0.22	16.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.8E-03	11	1.7E-04	1.89	0.0925
Concentración	3.9E-04	2	1.9E-04	2.21	0.1315
Especie	9.4E-04	3	3.1E-04	3.56	0.0292
Concentración*Especie	5.1E-04	6	8.4E-05	0.96	0.4746
Error	2.1E-03	24	8.8E-05		
Total	4.0E-03	35			