

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



MAESTRIA EN MICROBIOLOGIA E INOCUIDAD DE ALIMENTOS

CONSERVACIÓN DE BOTONES FLORALES DE *Echites panduratus* A.DC. MEDIANTE EL USO
DE PROPÓLEOS EN COMBINACIÓN CON MATERIALES POLIMÉRICOS

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRIA EN MICROBIOLOGIA E
INOCUIDAD DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

LIC. LUIS JAVIER GÓMEZ GARCÍA
ING. REBECA MARÍA ZAVALA LEMUS

NOVIEMBRE 2025
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

Ing. M.Sc Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

Maestra Nancy Zuleyma González Sosa

SECRETARIA DE FACULTAD

Licda. Eugenia Sorto Lemus

HOJA DE APROBACION DE TESIS

Conservación de botones florales de *Echites panduratus* A. DC. mediante el uso de propóleos en combinación con materiales poliméricos

COMITÉ DE TESIS

Lic. Ph.D. David Francisco Torres Romero
Docente asesor

Licda. MsD. Ana Miriam Santamaría
Tribunal evaluador

M.Sc. Andrés Wilfredo Rivas
Tribunal evaluador

COORDINACION DE PROGRAMAS DE POSTGRADOS

Licda. M.Sc. Jessica Tatiana Burgos Sierra
Coordinadora Maestría

Dr. José Ricardo Palacios Valladares
Coordinadora de Posgrado

TESISTAS

Licenciado en Biología Luis Javier Gómez García
Ingeniera Químico Rebeca María Zavaleta Lemus

Fecha de entrega: diciembre 2025

Fecha de aprobación: enero 2026

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a la guía espiritual por la fortaleza, sabiduría y perseverancia que nos permitieron culminar satisfactoriamente este proyecto. A familiares, por su apoyo y comprensión

Al equipo de trabajo de la Facultad de Química y Farmacia, de la Universidad de El Salvador, asesores y demás gente que colaboró y aportó su conocimiento las cuales fueron esenciales para la correcta ejecución de esta investigación.

Con aprecio.

Rebeca M. Zavaleta

Luis J. Gómez

INDICE

Tabla de contenido

RESUMEN.....	10
CAPITULO I.....	11
INTRODUCCION	11
CAPITULO II.....	14
OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 Objetivos Específicos:.....	15
CAPITULO III.....	16
3.0 REVISION DE LITERATURA.....	17
3.1 Propóleos en la Conservación de Vegetales.....	17
3.2 Antecedentes de Investigación de Propóleos Salvadoreños.....	18
3.3 Generalidades de <i>Echites panduratus</i>	19
3.3.1 Clasificación Taxonómica.....	20
3.3.4 Capullos Florales.....	21
3.4 Métodos de conservación de los botones florales de <i>E. panduratus</i>	22
3.5 Conservación de flores comestibles.....	24
3.6 Propóleos.....	25
3.6.2 Compuestos Fenólicos.....	26
3.7 Películas HPMC en Conservación Alimentaria.....	28
CAPITULO IV.....	29
4.0 METODOLOGIA.....	30
4.2.1 Sitio de investigación.....	32
4.2.3 Recolección de Muestras.....	34
4.4 Análisis Físicoquímico.....	35
4.4.4 Empaque y almacenamiento.....	38
4.4.6 Porcentaje de Pardeamiento Enzimático.....	39
4.5 Análisis de Fenoles totales.....	40
4.6 Cuantificación de Polifenoles por Método de Folin Ciocalteau.....	41

4.7 Preparación de la curva de calibración.....	41
4.8 Cuantificación de Fenoles Totales Utilizando Ácido Gálico como Patrón	41
4.9 Análisis de Varianza (ANOVA).....	42
CAPITULO V	43
RESULTADOS Y DISCUSION	43
5.0 RESULTADOS Y DISCUSION	44
CAPITULO VI	72
CONCLUSIONES	72
6.0 CONCLUSIONES	73
CAPITULO VII.....	75
RECOMENDACIONES.....	75
7.0 RECOMENDACIONES	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura floral del <i>Loroco</i>	21
Figura 2	Valor nutricional de botones de <i>E. panduratus</i>	22
Figura 3	Ubicación geográfica de colecta de botones de Loroco.....	34
Figura 4	Espectros infrarrojos (FTR) de materiales poliméricos.....	44
Figura 5	Perdida de humedad de Loroco a temperatura ambiente.....	47
Figura 6	Perdida de humedad de botones de Loroco a 5°C.....	48
Figura 7	Curva de cinética de degradación sin tratamiento.....	49
Figura 8	Cinética de degradación de Loroco con EEPV 2%	50
Figura 9	Cinética de degradación de Loroco con EEPV 2% + HPMC.....	51
Figura 10	Cinética de degradación de Loroco con EEPC 2% + HPMC.....	51
Figura 11	Rueda de vida útil estimada de botones de Loroco.....	52
Figura 12	Grafica de perdida de humedad de EEPV con empaque.....	54
Figura 13	Grafica de perdida de humedad de EEPC + HPMC	56
Figura 14	Secuencia visual de perdida de humedad en Loroco y HPMC.....	57
Figura 15	Porcentaje de perdida de humedad en empaques poliméricos.....	59
Figura 16	Pardeamiento enzimático de Loroco almacenado a 25-30°C.....	64
Figura 17	Pardeamiento enzimático de Loroco en refrigeración	65
Figura 18	Secuencia visual de pardeamiento enzimático de Loroco.....	66
Figura 19	Pardeamiento enzimático en Gabacha y propóleos + HPMC.....	68
Figura 20	Porcentaje de fenoles totales en Loroco con EEPC.....	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Principales métodos de conservación de flores comestibles.....	24
Tabla 2	Compuestos Antioxidantes en Propóleos a Nivel Mundial.....	26
Tabla 3	Principales Estudios sobre Extractos de Propóleos Salvadoreño....	27
Tabla 4	Determinación del Porcentaje de Humedad en Botones Florales....	37
Tabla 5	Comparativa de perfiles vibracionales en empaque polimérico.....	45
Tabla 6	Datos de porcentajes de pérdida de humedad.....	59
Tabla 7	Resultados de ANOVA multifactorial sobre la pérdida de humedad..	61
Tabla 8	Comparaciones múltiples por tipo de empaque polimérico.....	62
Tabla 9	Fenoles totales en flores en gabacha y propóleo verde.....	70

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Requisitos de calidad de propóleos crudo Norma Salvadoreña.....	84
Anexo 2	Procedimiento elaboración de película de HPMC.....	85
Anexo 3 A	Registro de variaciones de peso y porcentaje de pardeamiento.....	86
Anexo 3 B	Registro de porcentaje de humedad de porcentaje de humedad.....	87
Anexo 4	Espectros ir individuales de los materiales de empaque.....	88
Anexo 5	Porcentaje de pérdida de humedad de Loroco (25 -35°C).....	89
Anexo 6	Porcentaje de pérdida de humedad de Loroco (5°C).....	90
Anexo 7	Pérdida de humedad de Loroco en 3 empaques poliméricos.....	91
Anexo 8	Unidades pardecidas de Loroco a temperatura (25 -35°C).....	92

RESUMEN

La conservación postcosecha de *Equites panduratus* A. DC. se ve limitada por la rápida pérdida de humedad, la susceptibilidad al pardeamiento enzimático y los cambios fisiológicos tras la cosecha. Este estudio evaluó la eficacia de extractos de dos propóleos salvadoreños, combinados con materiales poliméricos como estrategia para prolongar la vida útil de los botones florales.

Se analizaron empaques de polipropileno bolsa tipo “Gabacha”, cierre hermético tipo “Ziploc” y polímero “Fleje” mediante **espectroscopía infrarroja**, confirmándose polietileno de baja densidad como componente principal. Aunque todos compartían este material, se detectaron diferencias en su composición que influyeron en la conservación. La bolsa tipo “Gabacha” destacó por su equilibrio entre permeabilidad y barrera a la luz, favoreciendo el intercambio gaseoso y evitando acumulación excesiva de humedad.

Los extractos etanólicos de propóleos verde y café, especialmente el verde al 2–3% en combinación con HPMC, sin material de empaque redujeron significativamente la **pérdida de humedad y el pardeamiento enzimático** a 5°C. En ausencia de empaque, los botones florales extendieron su vida útil de 2 a 5 días respecto al control en refrigeración (5°C), mientras que con empaque tipo “Gabacha” se lograron hasta 7 días adicionales.

El tratamiento con EEPV al 2 %, solo o combinado con HPMC, retardó la pérdida de **fenoles totales** hasta el día 4 en bolsa tipo gabacha, indicando un efecto antioxidante leve.

El análisis estadístico confirmó que el tipo de empaque influyó de manera significativa en la conservación, siendo la bolsa tipo “Gabacha” la más efectiva para mantener la calidad de los botones. En contraste, con otros empaques poliméricos, la formulación de propóleos no mostró diferencias relevantes.

En conjunto, los resultados evidencian que la integración de extractos de propóleos con empaque polimérico permeable tipo “Gabacha” constituye una alternativa viable para la conservación postcosecha de *E. panduratus*, con posible aplicación en la industria alimentaria y gastronómica local.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

La conservación postcosecha de productos vegetales representa uno de los principales desafíos en el manejo de recursos alimentarios y no alimentarios de origen biológico, especialmente en especies con estructuras delicadas y alta susceptibilidad al deterioro. *Equites panduratus*, de importancia gastronómica por su utilización como ingrediente en productos nostálgicos de El Salvador, presenta una vida útil corta debido a la rápida pérdida de humedad, la susceptibilidad al pardeamiento enzimático y los cambios fisiológicos que se desencadenan tras su cosecha. Estos procesos se intensifican en ausencia de condiciones adecuadas de almacenamiento, lo que limita su aprovechamiento comercial y dificulta su incorporación en cadenas de valor sostenibles.

En las últimas décadas, el uso de recubrimientos naturales y empaques funcionales ha emergido como una estrategia viable para disminuir el deterioro postcosecha, retardar procesos oxidativos y prolongar la vida útil de productos hortofrutícolas. Entre estos compuestos, los extractos de propóleos destacan por su actividad antioxidante y antimicrobiana, atribuida a su alto contenido de compuestos fenólicos. Su combinación con biopolímeros como la carboximetilcelulosa (CMC) o el hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) fortalece su adhesión, estabilidad y capacidad de formar películas protectoras. Paralelamente, los materiales poliméricos utilizados como empaques influyen de manera directa en el intercambio gaseoso, la pérdida de humedad y la prevención del pardeamiento, por lo que su selección adecuada es determinante para garantizar la calidad del producto almacenado.

En este contexto, la evaluación integrada de recubrimientos a base de propóleos y materiales de empaque constituye una alternativa prometedora para mejorar la conservación de *E. panduratus*. No obstante, la efectividad de estas tecnologías depende de factores como la composición química del propóleo, la permeabilidad del empaque, la temperatura de almacenamiento y la interacción entre los compuestos aplicados. A pesar de los avances en la conservación de otros productos vegetales, los estudios específicos sobre esta especie son escasos, lo que evidencia la necesidad de generar conocimiento científico que respalde estrategias postcosecha adaptadas a sus características fisiológicas.

El presente estudio se planteó con el propósito de evaluar la conservación de botones florales de *Equites panduratus* mediante tratamientos con extractos de propóleos aplicados de forma individual y en combinación con materiales poliméricos de empaque. Para ello, se consideró la caracterización de los materiales de empaque mediante espectroscopia infrarroja, la cuantificación de la pérdida de humedad y del pardeamiento enzimático, así como la determinación del contenido de fenoles totales en los tratamientos más eficaces. Asimismo, se evaluó la influencia de recubrimientos elaborados con HPMC y propóleos, y se comparó estadísticamente la eficiencia de los tratamientos en diferentes tipos de empaque. Este abordaje integral permite no solo identificar alternativas tecnológicas viables para la prolongación de la vida postcosecha, sino también aportar evidencia científica aplicable a futuras investigaciones y al potencial aprovechamiento comercial de esta especie.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Evaluar la conservación de botones florales de *Equites panduratus* A.DC. mediante el uso de propóleos en combinación con materiales poliméricos.

2.2 Objetivos Específicos:

- 2.2.1 Caracterizar los materiales poliméricos utilizados en el empaque de *E. panduratus* mediante espectroscopia infrarroja.
- 2.2.2 Cuantificar la pérdida de humedad y el porcentaje de pardeamiento enzimático visual, de los botones florales de *E. panduratus* tratados con soluciones de propóleos en tres materiales de empaque poliméricos.
- 2.2.3 Cuantificar los fenoles totales en el tratamiento del material de empaque y en el extracto de propóleos que demuestre mayor efectividad en la conservación de botones florales de *E. panduratus*
- 2.2.4 Evaluar la influencia de recubrimiento de película de HPMC con propóleos en la conservación de botones florales de *E. panduratus*
- 2.2.5 Comparar estadísticamente la eficacia de los tratamientos de conservación mediante recubrimientos de propóleos en tres diferentes materiales de empaque en botones florales de *E. panduratus*.

CAPITULO III

REVISION DE LITERATURA

3.0 REVISION DE LITERATURA

3.1 Propóleos en la Conservación de Vegetales.

Los extractos etanólicos de propóleo han demostrado ser efectivos en la conservación postcosecha de vegetales al reducir la pérdida de humedad y la oxidación, debido a su alta capacidad antioxidante y antimicrobiana (Pu *et al.* 2023). Este efecto se debe a su capacidad para formar películas protectoras, que sirven como barrera antioxidante y antimicrobiana, ayudando a prolongar la vida útil y calidad de productos frescos. Gracias a sus compuestos bioactivos, como flavonoides y terpenoides, el propóleo representa una alternativa natural a los conservantes sintéticos, alineándose con la demanda de métodos de preservación más seguros y naturales.

Se han reportado estudios en el tratamiento de vegetales y frutas con propóleos para disminuir su carga microbiana y aumentar su vida útil. Según Moreno *et al.* (2020) evaluaron la actividad antifúngica del uso de cobertura de extracto etanólico de propóleos en **frambuesas** durante su almacenamiento en refrigeración por 11 días. Encontraron resultados favorables en *P. digitatum*, *P. expansum*, *P. italicum*, *A. alternata*, *A. carbonarius*, y *B. cinérea*.

Los extractos de propóleo pueden aplicarse directamente, ya sea rociando la superficie de los alimentos o mediante inmersión, sumergiendo completamente el alimento en una solución de propóleo durante varios minutos. Además, se pueden utilizar recubrimientos poliméricos que incorporen estos extractos para conservar y proteger los alimentos, mejorando su vida útil y seguridad. (Pobiega *et al.*, 2019).

De acuerdo con la investigación de Feás *et al.*, (2014), encontraron que la solución acuosa de propóleos al 2% era ligeramente más efectiva que la solución de hipoclorito de sodio para la desinfección de lechuga. Se demostró que la solución de propóleos redujo la carga de aerobios mesófilos, aerobios psicotróficos y coliformes totales, en tiempos de contacto de 15 a 30 minutos.

Estudios realizados por Vasilaki *et al.*, (2019) exploraron el contenido fenólico y actividad antioxidante presente en propóleo verde para evaluar el efecto conservante en bebidas no carbonatadas de naranja, mostrando ser una alternativa al sorbato de potasio; al prolongar el periodo de vida útil, inclusive a temperatura ambiente. En la avicultura, estudios realizados por Infante-Rodríguez *et al.*, (2020) disminuyeron la cantidad de compuestos oxidativos durante el almacenamiento de carne de pollos de engorde alimentados a base de una dieta de propóleo crudo, sin afectar las características fisicoquímicas del producto.

3.2 Antecedentes de Investigación de Propóleos Salvadoreños.

En El Salvador se han identificado nuevas moléculas con propiedades antibacterianas y antifúngicas. Popova *et al.*, (2001) aislaron chalconas con actividad contra *S. aureus* y *C. albicans*. Además, otros estudios han evaluado la actividad antioxidante del propóleo y su capacidad para inhibir la oxidación, lo que mejora su pureza. Méndez (2020) identificó flavonoides y triterpenos en diferentes muestras de propóleos salvadoreño, destacando la variabilidad química según la región y la flora circundante. Si bien las muestras cumplen con la normativa, no todas alcanzan los niveles óptimos de calidad.

Estudios recientes de la Universidad de El Salvador han demostrado efectos sinérgicos entre extractos de propóleo y antibióticos, inhibiendo bacterias como *Salmonella* y *Bacillus subtilis*. También se observó actividad antimicrobiana contra *Helicobacter pylori*, aunque con menor eficacia que los antibióticos convencionales.(Alfaro & Reyes, 2022).

3.3 Generalidades de *Echites panduratus*

Planta autóctona de Mesoamérica, coloquialmente su flor se utiliza en la elaboración de platillos con valor nutricional y sabor característico, conocida como “Loroco” o “quilite”. Con un alto valor alimenticio, por su rico contenido en alcaloides, minerales, y vitaminas presentes en sus flores.

La presencia de alcaloides en las raíces es utilizada como tratamiento por sus propiedades diuréticas; se ha documentado su uso en la preparación de infusiones de sus flores secas, por sus propiedades digestivas calmantes.

Según argumenta Flores (1978 citado por Martínez & Arely, 2008) en El Salvador esta planta solo aparece registrada taxonómicamente por Calderón (1941) quien la nombra como *Urechites karwinskii Müller*, atribuyéndole a Padilla, el reporte y distribución de esta planta, para los departamentos de San Salvador y Ahuachapán. Por su parte el botánico Robert Everard Woodson Jr. Propuso el género (*Fernaldia*) en 1932 en honor Merrit Lyndon Fernald, se han publicado varios nombres nuevos para especies o variedades, se reportan 11 sinónimos taxonómicos 3 de ellos homotípicos y el restante heterotípicos según datos de POWO del Royal Botanic Garden Kew. Utilizados como nombres históricos o alternativos no todos son igualmente aceptables para su uso actual, tomando estas consideraciones Morales J. y colaboradores realizaron un análisis filogenético de la tribu **Echiteae** (familia *Apocynaceae*), utilizando datos moleculares para evaluar las relaciones entre sus géneros. Uno de los principales hallazgos es que **Fernaldia** no forma un grupo independiente, sino que está anidado dentro de **Echites**, lo que hace que este último sea parafilético. Poniendo una reclasificación de *Fernaldia pandurata* como *Echites panduratus* basado en evidencia genética para respaldar los cambios de la clasificación del grupo. (Martínez & Arely, 2008; Morales *et al.*, 2017)

3.3.1 Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
Subreino	Tracheophyta
Superdivisión	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Gentianales
Familia	Apocynaceae
Tribu	Echiteae
Género	<i>Echites</i>
Especies	<i>Echites panduratus</i> (A. DC.)

3.3.2 Origen y Distribución Geográfica

Distribuida desde México al noroeste hasta Costa Rica, crece en forma silvestre en bosque secos o estacionalmente secos, en zonas con clima cálidos y húmedo, a los márgenes de las lagunas y caminos. Al ser una planta trepadora se enrolla en troncos de árboles, para alcanzar mayores alturas y obtener luz solar necesaria para su desarrollo. Su floración y fructificación comprende de mayo a diciembre. De nombre común “Loroco” o “Bejuco quilite” se puede reconocer con facilidad por sus hojas sin coléteres en la superficie adaxial (Morales, 2005).

3.3.3 Flor

Aunque popularmente se utiliza el término “flores” para referirse a la parte comestible de la planta, desde un punto de vista botánico lo que realmente se consume son los capullos o botones florales en estado inmaduro, justo antes que la flor se abra completamente junto con algunos tallos tiernos. Debido a que se considera el estado óptimo para su aprovechamiento culinario. De manera que, en este estudio se emplearán los términos “capullo” y/o “botones florales” para referirse a la flor de *E. panduratus* en esta etapa.

La flor tiene una vida breve una vez abierta, fenómeno conocido como antesis que es el momento cuando ocurre la apertura floral desplegando sus pétalos por completo revelando sus estructuras reproductivas y alcanzando su máximo esplendor como se aprecia en la Figura 1 Apéndice a. (Morales, 2005).

Figura 1

Estructura floral de Echites panduratus.



a. Apertura floral completa (antesis) **b.** Flores inmaduras denominadas botones o capullos florales, etapa que se considera ideal para su consumo.

Fuente: a. Adaptado de “Fernaldia pendurata comúnmente conocida como loroco” (Jiménez, s.f.) <http://www.jardimeriaon.com> b. Adaptado de “¿Cuáles son las plantas alimenticias consumidas por la población salvadoreña?” - El Target, 2017)

3.3.4 Capullos Florales

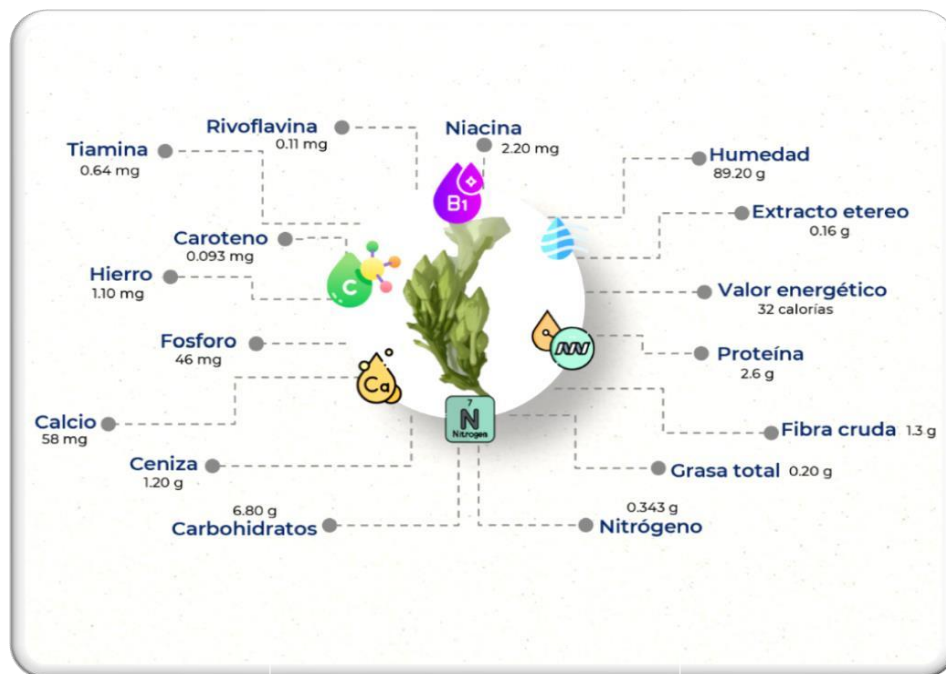
Son estructuras inmaduras de la flor visible en la Figura 1 Apéndice b recolectadas antes que se produzca la apertura completa durante la antesis. Los capullos tienen una forma de cono o lanceolada con una longitud entre 1.5 a 3 cm dependiendo de la fase de desarrollo, en su estado inmaduro presentan un color verde claro o ligeramente blanquecino que se toma más oscuro a medida que madura

En la fase temprana los sépalos y pétalos aún están cerrados, protegiendo los estambres y pistilos, la superficie externa es suave y puede tener una leve pubescencia que le brinda protección contra la deshidratación y algunos insectos, aunque no esté abierto los capullos ya desprende un aroma suave y fresco característico que se intensifica con la maduración (Morales, 2005).

La inflorescencia de tipo racemosa posee de 10 a 32 flores, con un promedio de 25 por racimo, Los lóbulos interiores de la corola se encuentran una gran cantidad de finos vello, largos y conspicuos de tonalidad blanca, de estructura tubular cada flor consta de cinco pétalos de color blanco que se unen a la base formando un tubo largo y delgado. Su flor desprende una fragancia suave y placentera cubierta de vellosidades que le brinda protección y le aportan una textura aterciopelada. El rango de temperatura oscila entre 20 a 32°C; temperaturas mayores o menores provocan estrés en la planta, afectando la producción de flores. Posee un alto valor alimenticio con un contenido de fibra, grasa, tiamina, ceniza y carbohidrato, calcio, fosforo, hierro vitamina A, B, y C entre otros compuestos detallados en la Figura 2. (Morales, 2002).

Figura 2 Valor nutricional de botones florales de *E. panduratus*. En 100 g de alimento.

Valor nutricional de botones florales de E. panduratus. En 100 g de alimento.



Fuente (Bautista-Baños, 2013)

3.4 Métodos de conservación de los botones florales de *E. panduratus*.

Existen diferentes alternativas para prolongar la vida útil de los botones de loroco, con el final de conservar sus propiedades organolépticas durante un periodo más largo. Presentando ventajas y desventajas, sin embargo, ninguna logra conservar la frescura en un tiempo comercialmente viable. Este subcapítulo retoma las opciones de conservación física más utilizadas por las empresas exportadoras.

3.4.1 *Empaque al Vacío*

De acuerdo con López, Torres y Antolin (s.f. citado por Villagrán-Paiz, A. E., Pérez-Monroy, M. A., 2020) este proceso elimina totalmente el contenido de aire, al interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas. El producto es colocado en un envase formado por una capa de baja permeabilidad al oxígeno, y en óptimas condiciones deja un porcentaje menor al 1% de oxígeno.

3.4.2 *Atmósfera Modificada*

Este método disminuye la transferencia de oxígeno, creando un vacío y aumentando los niveles internos de dióxido de carbono. Los cambios bioquímicos del producto y la lenta difusión de gases fuera del envase modifican la atmósfera, controlando las reacciones químicas, enzimáticas y microbianas.

Según Meneses & Valenzuela, (2008) este proceso ayuda a regular dichas reacciones, destaca que las frutas y hortalizas cortadas incrementan su actividad respiratoria debido al mayor contacto de su superficie, e incluso pueden realizar fotosíntesis, lo que activa las reacciones enzimáticas y favorece el crecimiento de microorganismos. Además, Gómez, (1999) señala que el dióxido de carbono puede influir en atributos como el color y la consistencia, afectando la calidad.

3.5 Conservación de flores comestibles

El consumo de flores como alimento aporta nutrientes esenciales como vitaminas, minerales, propiedades bioactivas de beneficio para la salud. Es susceptible al rápido deterioro, problemas como la caída de pétalos, marchitamiento, deshidratación y oscurecimiento de tejidos, debido a que, tras la cosecha, las flores mantienen procesos metabólicos activos como respiración y transpiración. Para reducir este deterioro y extender su vida útil, se han implementado tecnologías postcosecha, se presentan las de mayor relevancia en la Tabla 1. Sin embargo, se buscan nuevas alternativas muchas de origen natural. (Demasi *et al.*, 2021)

Tabla 1.

Principales métodos de conservación de flores comestibles

<i>Técnica</i>	<i>Descripción</i>	<i>Referencia</i>
Películas y recubrimientos comestibles	Es una película delgada formada a partir de una solución de biopolímero aplicada externamente, mientras que el recubrimiento es una emulsión aplicada directamente sobre el alimento, formando una capa al secarse. Ambos emplean proteínas, lípidos o polisacáridos y se usan en frutas y verduras para limitar el intercambio de gases y frenar el crecimiento microbiano, prolongando la vida útil del producto.	Alishahi & Aïder, (2012)
Bajas temperaturas	Retrasa la senescencia y deterioro al reducir la respiración y la actividad enzimática, preservando la calidad por más tiempo. Además, minimiza la pérdida de agua, el marchitamiento y el crecimiento microbiano, mientras controla la producción de etileno. El rango de almacenamiento adecuado varía entre -2.5°C y 5°C, ajustándose según el tipo de flor. Sin embargo, en la congelación pueden ocurrir pérdidas de vitaminas a medida que disminuye la temperatura.	Hettiarachchi & Balas, (2010)

Retomado de: Fernández *et al.*, (2019)

3.6 Propóleos

De acuerdo con Salamanca Grosso, (2017) es un producto natural, se elabora a partir de material resinoso y exudaciones de plantas, que diferentes tipos de abeja colectan para sus colmenas, como mecanismo de profilaxis; están acompañados con mezclas de tierra, arcilla o cera; con finalidad constructiva en la reparación de grietas y refuerzo de paredes de la colmena. Se le atribuyen diferentes propiedades, con importantes aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Otros compuestos, como hidroquinonas, alcoholes y chalconas, provienen tanto de las plantas como del metabolismo de las abejas. Las chalconas destacan por sus propiedades antibacterianas, antifúngicas y antiinflamatorias. Además, los flavonoides, presentes en resinas, son cruciales en la composición del propóleo (Popova *et al.*, 2001).

3.6.1 Calidad y Pureza











La calidad y pureza del propóleo dependen de múltiples factores, entre ellos la procedencia geográfica, las condiciones ambientales y el método de recolección. En El Salvador, la Norma Salvadoreña NSO 65.19.02:03 regula los criterios de calidad del propóleo mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos (véase Anexo 1; Baños, 2014). Sin embargo, estudios locales han evidenciado variaciones significativas en la composición química del propóleo según la región y las prácticas de recolección, lo que puede afectar la calidad final del producto.

3.6.2 Compuestos Fenólicos

A la diversidad de compuestos fenólicos se les atribuye un amplio espectro de actividad biológica, su contenido puede variar sustancialmente de acuerdo con el origen de la muestra, como se detalla en la Tabla 2. Caracterizado por una estructura química de anillo aromático y grupo hidroxilo, el contenido fenólico en propóleos se determina con el método de Folin-Ciocalteu, en el cual la oxidación de los compuestos fenólicos por molibdotungsteno fosfórico, da como resultado un producto coloreado que absorbe una longitud de onda entre 750 y 765 nm. aunque algunos protocolos pueden emplear 780 nm en función de la calibración y las condiciones experimentales. Demostrando por medio de estudios una correlación directa entre el contenido de fenoles totales y la actividad biológica como antioxidante presente en los propóleos, identificando al menos 250 elementos constitutivos y 65 principios activos biológicos (Salamanca Grosso, 2017).

Tabla 2.

Compuestos Antioxidantes Identificados en Propóleos a Nivel Mundial.

Compuesto	Referencia
 Ácido 3-[4-hidroxi-3,5- bis(3-metil-2-butenil)fenil]-1-2(E)-propenoico.	Nakanishi, et al., 2003.
 Acido ferúlico	Usami, et al., 2004
 Quercetina	
 Acido cafeico	Nagaoka, et al., 2003; Russo, et al., 2004, 2006
 Acido 3,5hidroxicinamico	<i>Castaldo & Capasso, 2002; Pereira, et al., 2002.</i>
 Acido p-hidroxicinamico	<i>Pereira, et al., 2002.</i>
 Ácido p-cumárico.	<i>Russo, et al., 2004, 2006</i>
 <i>Crisina.</i>	
 <i>Pinocembrina.</i>	<i>Kumazawa, et al., 2004.</i>
 <i>Acetato de pinobanksina.</i>	

El propóleo salvadoreño, apreciado por sus propiedades antimicrobianas, ha sido objeto de estudios recientes que destacan su potencial terapéutico y farmacológico. A continuación, en la Tabla 3, se describen los principales estudios sobre sus extractos.

Tabla N° 3.

Principales Estudios sobre Extractos de Propóleos Salvadoreño.

Actividad	Organismo blanco	Efecto	Referencia
Perfil Químico	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i> <i>C. albicans</i>	Se identificaron dos nuevas chalconas que demostraron efectividad contra bacterias y hongos, aunque presentaron cierta toxicidad en pruebas con <i>Artemia salina</i> .	Popova <i>et al.</i> 2001
	Caracterización fisicoquímica	Se reportaron niveles similares de contenido fenólico, el porcentaje de cera cataloga este propóleos en calidad media con un promedio de 26.69 % por zona	Benítez (2012)
	Determinación de antioxidantes	Aplicación de diferentes técnicas electroanalíticas para determinar parámetros fisicoquímicos de la calidad de productos apícolas, reportando diversos metales	Baños (2014)
Antimicrobiana	<i>P. aeruginosa</i> <i>E. coli</i> <i>S. Typhimurium</i>	Se reporto una mayor actividad contra cepas de <i>E. coli</i> . CMI para <i>E. coli</i> y <i>S. Typhimurium</i> se cataloga como débil mientras para <i>P. aeruginosa</i> como moderada	Flamenco y Echeverria (2020)
	<i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>E. coli</i> <i>S. Typhimurium</i> <i>B. subtilis</i>	Se identificaron metabolitos secundarios en muestras con presencia de flavonoides, diterpenos, triterpenos, mostrando actividad antimicrobiana contra <i>S. Typhimurium</i> y <i>B. subtilis</i> .	Figueroa y Beltrán (2021)
	<i>Helicobacter pylori</i>	Se observaron halos de inhibición bajo el método de difusión en agar contra <i>H. pylori</i> solo por debajo a valores del fármaco de referencia	Alfaro y Reyes (2022)

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Películas HPMC en Conservación Alimentaria

Los polímeros naturales formadores de película son fundamentales para reducir la pérdida de humedad y proteger vegetales del rápido deterioro, prolongando su frescura y calidad.

Para la formación de una película protectora, se seleccionó el biopolímero Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) debido a su compatibilidad con extractos, lo que permite crear una película uniforme sin alterar la estructura del propóleo. A diferencia del quitosano, que requiere disolventes ácidos, el HPMC se dispersa fácilmente en agua o alcoholes, facilitando su aplicación. Las películas de HPMC son transparentes, lo que mantiene la apariencia atractiva de los botones florales, un aspecto crucial para su comercialización (Sánchez-González *et al.*, 2011).

Ejemplo de ellos son estudios realizados en 2011 demostraron una mejora en la seguridad microbiana de **uvas Muscatel**, que poseían una cobertura de HPMC y extracto de propóleos. La aplicación de las coberturas se realizó por inmersión de las uvas por 1 min en una solución de HPMC al 5% y EEP al 0.5, 1.0, y 1.5%. Se observó que la incorporación de propóleos aumentó la luminosidad del color debido a la opacidad de la película aplicada, contribuyendo a la estandarización de la apariencia de las uvas. No se observó efecto significativo en la conservación con el extracto de propóleos. La adición de HPMC contribuyó a prevenir la pérdida de peso y el pardeamiento (Pastor *et al.*, 2011).

CAPITULO IV

METODOLOGIA

4.0 METODOLOGIA

4.1 Tipo de Estudio

El presente trabajo corresponde a un **estudio experimental**, en el cual se manipularon variables independientes como el tipo de material de empaque, la aplicación de soluciones de propóleos y el uso de una película de HPMC con el propósito de evaluar sus efectos sobre la conservación postcosecha de los botones florales de *Echites panduratus* A. DC.(Loroco).

Enfoque cuantitativo

Se realizaron mediciones experimentales para evaluar parámetros fisiológicos y fisicoquímicos relevantes, entre ellos la pérdida de humedad, el pardeamiento enzimático visual, el contenido de fenoles totales y la caracterización espectroscópica de los materiales de empaque. Estos análisis permitieron obtener datos cuantitativos y comparables que facilitaron la interpretación de los efectos de los tratamientos aplicados sobre la conservación de los botones florales.

Enfoque Longitudinal

Se evaluó la evolución de los botones florales en el tiempo, donde se analizaron las interacciones entre los siguientes factores:

- **Material de empaque polimérico:** Se evaluó los tres tipos de materiales poliméricos utilizados.
- **Tratamiento con propóleos:** Se aplicaron tratamientos con extractos de propóleos, comparando diferentes concentraciones y la presencia o ausencia del compuesto.
- **Recubrimiento con película de HPMC:** Se analizó el efecto del recubrimiento con una película de hidroximetilpropilcelulosa (HPMC), considerando su aplicación o no sobre la superficie de los botones florales.

- **Grupo de control:** Se incluyó un grupo de control correspondiente a cada tipo de empaque, en el cual las muestras no recibieron tratamiento con propóleos ni recubrimiento con HPMC, permitiendo establecer una referencia para las comparaciones posteriores.

Variables a medir

- **Caracterización de los polímeros:** Se analizó mediante espectroscopia infrarroja (FTIR) para la identificación de la composición y estructura de los materiales poliméricos utilizados.
- **Pérdida de humedad:** Se cuantificó mediante peso neto a lo largo de un período de tiempo en cada tratamiento, registrando la diferencia en masa para evaluar la eficacia en la retención de humedad.
- **Pardeamiento enzimático:** Se evaluó mediante **medición visual** para identificar cambios en la apariencia y degradación de los botones florales.
- **Fenoles totales:** Se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu, que permitió cuantificar la concentración de compuestos fenólicos presentes en las muestras. Esta prueba se realizó en la muestra control y en los tratamientos con los mejores resultados.
- **Tiempo de conservación:** Se realizó un seguimiento en días para evaluar la durabilidad y efectividad de los tratamientos en la preservación de los botones florales.

4.2 Justificación de las Variables.

Los botones florales de *E. panduratus* presentan un elevado contenido de agua, que oscila entre el 70 % y el 80 % de su peso fresco, lo cual los clasifica como material vegetal altamente perecedero. La retención de humedad es un parámetro crítico para mantener la turgencia celular, la textura y la apariencia comercial del producto. La pérdida de agua durante el almacenamiento ocasiona marchitamiento, ablandamiento de los tejidos y alteraciones cromáticas, afectando de forma directa su aceptabilidad sensorial y su vida útil postcosecha.

Además, la oxidación de compuestos fenólicos está estrechamente vinculada al pardeamiento enzimático, proceso mediado por la acción polifenol oxidasa (PPO) y la peroxidasa (POD). Por lo tanto, la cuantificación de los fenoles totales constituye un indicador indirecto del nivel de deterioro y la eficacia de los tratamientos aplicados. En este contexto, el uso de extractos de propóleos por su alto contenido de flavonoides y ácido fenólicos con propiedades antioxidantes permite evaluar su efecto protector frente a la degradación oxidativa y enzimática. De esta manera, el estudio de las variables humedad y fenoles totales ofrece una base integral para interpretar los mecanismos de conservación.

4.2.1 *Sitio de investigación*

El desarrollo experimental del estudio se llevó a cabo en distintos laboratorios especializados de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, de acuerdo con la naturaleza de cada análisis. La elaboración de los extractos hidroalcohólicos de propóleos café y verde, así como la preparación de la matriz polimérica hidrosoluble de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), se realizaron en el Laboratorio de Química Orgánica. El análisis espectroscópico por infrarrojo (IR) de los materiales de empaque poliméricos fue efectuado en el Laboratorio de Análisis Instrumental, utilizando equipos calibrados y condiciones controladas para asegurar la reproducibilidad de los resultados. La determinación del contenido total de polifenoles en los extractos de propóleos se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales, empleando el método de Folin-Ciocalteu. Finalmente, las mediciones físicas relacionadas con la pérdida de humedad y la evaluación visual del pardeamiento se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica, garantizando así la trazabilidad y consistencia de los datos obtenidos en todo el proceso experimental.

4.2.2 Investigación de Campo

- **Propóleos**

Se emplearon muestras de propóleos recolectadas por el personal de la Sección de Química Orgánica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. La composición química de estos propóleos incluye compuestos de naturaleza terpénica y flavonoides, reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antifúngicas, las cuales resultan de interés para su aplicación como agentes conservantes naturales. Los compuestos característicos presentes en las muestras fueron identificados y verificados previamente mediante cromatografía en capa fina Torres Romero et al. (2024).

La primera muestra de propóleos verde se recolectó en el distrito de Chilanga (Morazán Sur), mientras que la segunda muestra de propóleos café se obtuvo en el cantón La Esmeralda, distrito de Cacaopera (Morazán Norte). Ambas recolecciones se realizaron durante el mes de agosto de 2024, bajo condiciones controladas de manipulación y almacenamiento para preservar sus propiedades fisicoquímicas.

- **Botones florales de *Echites panduratus* (Loroco)**

El universo de estudio correspondió a las plantaciones de Loroco presentes en diferentes departamentos de El Salvador. Para la obtención de las muestras, se empleó un muestreo dirigido e intencional, considerando la disponibilidad y calidad fitosanitaria del material vegetal. Los botones florales se adquirieron directamente de productores locales ubicados en el cantón El Achiotal, perteneciente al municipio de La Paz Oeste, departamento de La Paz, ver Figura 3. Se seleccionaron siete libras de botones florales, siguiendo criterios de frescura, uniformidad y estado de inmadurez fisiológica, con el fin de garantizar su procedencia de una colecta reciente y directa.

Figura 3

Ubicación geográfica de toma de colecta de botones florales de Loroco



Plantaciones de Loroco pertenecientes a los diferentes departamentos de El Salvador.
Cantón El Achiotal, Municipio de La Paz oeste.

4.2.3 *Recolección de Muestras*

Para su transporte, las flores se colocaron en sacos de arpilla que permitieron una adecuada circulación de aire, evitando la acumulación de humedad y minimizando el riesgo de daños mecánicos durante el traslado. Este procedimiento contribuyó a mantener la integridad estructural de los botones y a reducir el deterioro asociado a condiciones inadecuadas de manipulación postcosecha.

4.3 *Preparación de Extractos Hidroalcohólicos de Propóleos*

La metodología de extracción se basó en el protocolo descrito por Dantas Silva Rp *et al.*, (2017), con modificaciones adaptadas a las condiciones del presente estudio. Se emplearon 225 g de propóleos verde y café por separado, previamente congelados y posteriormente triturados en un procesador eléctrico hasta obtener una masa homogénea. Cada muestra se transfirió a un vaso de precipitado de 1 L, al cual se adicionaron 500 mL de etanol al 70% (v/v) como disolvente.

Las mezclas fueron sometidas a baño ultrasónico durante 15 minutos para favorecer la disolución de los compuestos bioactivos y luego se mantuvieron en reposo por dos semanas con agitación ocasional. Transcurrido ese periodo, se refrigeraron a 4°C durante 24 horas para promover la precipitación de ceras.

Los extractos se filtraron mediante papel Whatman N.º 43, eliminando impurezas sólidas, y a partir de 60 mL de cada extracto se eliminó el disolvente por evaporación al vacío a sequedad, en equipo Genevac hasta peso constante.

Los extractos se filtraron mediante papel Whatman N.º 43 con el fin de eliminar impurezas sólidas. Posteriormente, a partir de 60 mL de cada extracto, el disolvente se eliminó por evaporación al vacío utilizando un equipo Genevac hasta alcanzar peso constante.

Finalmente, los extractos secos obtenidos se reconstituyeron en etanol para preparar soluciones etanólicas al 2% de propóleos café (EEPC) y propóleos verde (EEPV), empleadas posteriormente en los tratamientos de conservación de botones florales de *E. panduratus*.

4.3.1 Solución de Hidroximetilpropilmetilcelulosa (HPMC) al 0.5%.

Para la elaboración de la película polimérica de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) al 0,5% (p/v), se empleó un procedimiento estandarizado desarrollado en el Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Química y Farmacia, el cual ha sido ajustado para optimizar la disolución del polímero y asegurar la homogeneidad de la película obtenida. Este procedimiento, descrito detalladamente en el Anexo 2, se seleccionó por su eficiencia y compatibilidad con extractos naturales, asegurando la formación de una película transparente, flexible y con adecuada adherencia sobre la superficie de los botones florales.

4.4 Análisis Físicoquímico

4.4.1 Determinación de Porcentaje de Humedad.

- **Selección de muestras.**

Para el experimento se seleccionaron botones florales de Loroco que presentaban un estado óptimo de frescura, caracterizados por una coloración verde homogénea, capullos completamente cerrados, textura firme y ausencia de manchas, pardeamiento o signos visibles de deterioro fisiológico o mecánico.

La selección se realizó de manera manual y visual, garantizando la homogeneidad del material experimental y reduciendo la variabilidad entre tratamientos. Cada grupo experimental se conformó con un peso promedio de 45 g, cantidad que permitió una manipulación uniforme durante la aplicación de los recubrimientos y tratamientos.

Posteriormente, las muestras se dividieron en tres réplicas independientes, con grupos de 15 g cada uno, con el fin de asegurar la repetibilidad y consistencia de los resultados en las diferentes variables analizadas.

- **Medición y almacenamiento inicial.**

Para garantizar la exactitud en la cuantificación de la masa inicial, cada muestra fue pesada utilizando una balanza analítica de cuatro dígitos de precisión, Esta etapa permitió establecer el peso base de referencia para el posterior cálculo de la pérdida de humedad durante el periodo de almacenamiento.

Una vez registradas las mediciones iniciales, las muestras fueron colocadas en sus respectivos empaques poliméricos, los cuales correspondieron a tres tipos de materiales: bolsa de polietileno tipo “Gabacha”, bolsa resellable tipo “Ziploc”, y empaque tipo “Fleje”. Cada grupo fue almacenado bajo las condiciones experimentales establecidas.

4.4.2 Aplicación de tratamientos

- a. Grupo control
- b. Grupo HPMC [0.5%]
- c. Grupo propóleo verde. [2%]
- d. Grupo propóleo café. [2%]

e. Grupo propóleos verde [2%] + HPMC [0.5%]

f. Grupo propóleos café [2%] + HPMC [0.5%]

Los grupos experimentales se organizaron según lo mostrado en la Tabla 4. El grupo (a) no recibió ningún tratamiento, el grupo (b) fue tratado con HPMC al 0,5%. Los grupos (c) y (d) fueron tratados con extractos de propóleo verde y de café al 2%, respectivamente. Todos los tratamientos se aplicaron mediante el método de aspersión, asegurando la cobertura completa de toda la superficie. Posteriormente, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente antes de ser empaquetadas para su almacenamiento.

Tabla 4.

Determinación del Porcentaje de Humedad en Botones Florales

Grupo experimental	Material de Empaque	Descripción del tratamiento	Componentes y preparación	Método de aplicación	Concentración
Grupo (a): Control	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Sin tratamiento.	No se aplica ningún compuesto.	No se aplica.	-
Grupo (b): HPMC [0.5%]	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Recubrimiento con HPMC	Solución acuosa de HPMC al 0.5%	Aspersión uniforme en todas las caras y parte superior del botón floral.	0.5% (m/v)
Grupo (c): Propóleo verde [2%]	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Extracto de propóleo verde.	Solución hidroalcohólica de propóleo verde al 2%	Aspersión homogénea, cubriendo el botón floral.	2% (m/v)
Grupo (d): Propóleo café [2%]	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Extracto de propóleo café.	Solución hidroalcohólica de propóleo café al 2%	Aspersión homogénea, cubriendo el botón floral.	2% (m/v)
Grupo (e): Propóleo verde [2%] + HPMC [0.5%]	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Tratamiento combinado: propóleo verde y recubrimiento de HPMC.	Primero: Propóleo verde al 2%. Segundo: Solución de HPMC al 0.5%.	1. Aspersión de propóleo verde. 2. Secado parcial. 3. Aspersión de HPMC.	Propóleo: 2% HPMC: 0.5%
Grupo (f): Propóleo café [2%] + HPMC [0.5%]	Bolsa de polietileno Fleje Bolsa ziploc	Tratamiento combinado: propóleo café y recubrimiento de HPMC.	Primero: Propóleo café al 2%. Segundo: Solución de HPMC al 0.5%.	1. Aspersión de propóleo café. 2. Secado parcial. 3. Aspersión de HPMC.	Propóleo: 2% HPMC: 0.5%

4.4.3 Tratamientos en dos etapas

Los tratamientos (e) y (f) recibirán una combinación secuencial de tratamientos. En la primera etapa, se aplicará HPMC sobre las muestras, seguido de un período de secado a temperatura ambiente. En la segunda etapa, se realizará la aspersión de los extractos de propóleo, ya sea verde o de café, conforme al protocolo establecido.

4.4.4 *Empaque y almacenamiento*

Todas las muestras se colocaron en muestras poliméricas: Bolsa de polietileno de baja densidad resellable tipo “Ziploc”, bolsa tipo “Gabacha” y material de empaque “Fleje” con la finalidad de simular condiciones comerciales. Cada empaque se etiquetó de manera adecuada y se almacenó bajo condiciones controladas.

- Temperatura de refrigeración: $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa: 80–90 %
- Protección contra luz directa

4.4.5 *Seguimiento y Evaluación del Deterioro*

Una vez iniciado el estudio, el peso de las muestras se registró cada tres días utilizando hojas de colecta diseñadas para tal fin ver Anexo 3, apéndice **A** /apéndice **B**. Después de cada medición, las muestras se reincorporaron a las mismas condiciones de almacenamiento hasta la siguiente evaluación. El seguimiento se mantuvo de forma continua hasta que las muestras presentaron un pardeamiento severo y se consideraron no aptas para el consumo, lo cual ocurrió aproximadamente a las dos semanas.

El porcentaje de pérdida de humedad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

Donde:

Peso Inicial: Es el peso de la muestra antes de embeberla en el extracto.

Peso Final: Es el peso de la muestra después de finalizado el estudio.

4.4.6 *Porcentaje de Pardeamiento Enzimático*

Para evaluar el daño por pardeamiento en los botones florales de Loroco, se empleó un método de evaluación visual adaptado de estudios previos sobre daño por frío en flores de diversas especies. Este método consiste en la observación y registro del grado de pardeamiento en los tejidos florales, utilizando una escala porcentual previamente aplicada en investigaciones con flores de durazno.

Durante el estudio, los botones florales se organizaron cuidadosamente para realizar un registro fotográfico sistemático a lo largo del experimento. A partir de este registro, se evaluó el nivel de pardeamiento aplicando criterios estandarizados que permitieron minimizar el sesgo subjetivo del evaluador.

Los criterios de evaluación se establecieron de la siguiente manera:

- a) Cada botón floral se consideró como una unidad de análisis individual.
- b) Solo se seleccionaron y contabilizaron los botones florales ubicados en primer plano, en los cuales al menos el 60 % de la superficie fuera claramente visible.
- c) No se incluyeron tallos ni brotes pequeños; únicamente se evaluaron botones completos y bien desarrollados.
- d) Se definieron tres categorías de evaluación:
 - 1. No pardeado
 - 2. Parcialmente pardeado
 - 3. Totalmente pardeado
- e) Un botón floral se clasificó como **parcialmente pardeado** cuando presentaba manchas marrones localizadas, pero mantenía un tono general verde claro.
- f) Un botón floral se clasificó como **totalmente pardeado** cuando las manchas marrones cubrían la totalidad de la superficie, adquiriendo un tono verde musgo sin zonas de verde claro.

- g) Las fisuras o manchas atribuibles al transporte o manipulación no se consideraron como evidencia de pardeamiento.

Para determinar el porcentaje de pardeamiento por método visual se determinará de la siguiente forma.

$$\text{Porcentaje de pardeamiento (\%)} = \left(\frac{\text{Pardecidos} + \text{Pardecidos parcial}}{\text{Total de unidades por grupo}} \right) \times 0.5$$

Donde:

Pardeados: Total de botones florales no aptos para consumo

Pardeados parcial: Total de botones florales con un nivel medio o parcial de deterioro

Total: Total de botones florales pertenecientes al grupo tratado.

4.5 Análisis de Fenoles totales

Se determinó la concentración de polifenoles totales en botones florales de *E. panduratus*, compuestos directamente relacionados con la actividad antioxidante de la planta. Para ello, se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, una técnica colorimétrica ampliamente utilizada en el análisis de compuestos fenólicos. La cuantificación se expresó en términos de equivalentes de ácido gálico (GAE), permitiendo comparar los niveles antioxidantes de las diferentes muestras.

Este análisis se realizó como prueba post hoc¹, aplicada a las muestras que demostraron mejores resultados en cuanto a reducción del pardeamiento enzimático y retención de humedad en etapas previas del estudio. Los análisis se realizaron a muestras almacenadas condiciones de refrigeración (5°C). Cada análisis se realizó por duplicado para asegurar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados. Se llevo a cabo tres puntos de muestreo a lo largo del estudio, correspondientes a los días 0, 6 y 12, durante un periodo total estimado de 12 días.

¹ "Post hoc" es una expresión en latín que significa "después de esto". En estadística, una prueba post hoc es un análisis que se realiza después de haber encontrado una diferencia significativa en un análisis de varianza (ANOVA)

4.6 Cuantificación de Polifenoles por Método de Folin Ciocalteau

Se prepararon las muestras de los botones florales (3 muestras y un control) cada una se mezclará con 100 mL de solución hidroalcohólica, posteriormente se sometió a ultrasonificación durante 90 minutos a unos 30°C. Posteriormente la muestra fue filtrada hasta completar un volumen de 100mL. Constituyendo la solución de trabajo (10 mg/mL)

4.7 Preparación de la curva de calibración

Se utilizó ácido gálico 2mg disuelto en 10.0 mL de agua bidestilada para la obtención de solución madre de 0.2 mg/mL. A partir de esta solución se preparó la línea de calibración en concentraciones crecientes de: 6.25 µg/mL, 12.50 µg/mL, 25.00 µg/mL, 50.00 µg/mL, 75.00 µg/mL y 100.00 µg/mL, diluyendo adecuadamente la solución madre. Esto permitió establecer una curva de calibración para análisis cuantitativos.

4.8 Cuantificación de Fenoles Totales Utilizando Ácido Gálico como Patrón Preparación de soluciones de trabajo

Se pesaron tres muestras de *Echites panduratus* (1,00 g cada una). A partir de ellas se prepararon extractos en una relación de 1,00 g de material vegetal por 100 mL de solvente (mezcla hidroalcohólica 70:30 v/v), sometidos a ultrasonido durante 90 minutos a 30 °C. Posteriormente, los extractos fueron filtrados y el filtrado se aforó en una probeta de 100 mL para restituir el volumen inicial, obteniéndose así una solución de trabajo con concentración final de 10 mg/mL.

Preparación de solución madre y línea de calibración con el estándar ácido gálico.

Se peso en balanza analítica en un vial de vidrio limpio, 2 mg de ácido gálico. Se adiciono 10.0 mL de agua bidestilada con pipeta volumétrica de 10.0 mL (solución madre, 0.2 mg/mL). Para luego preparar la línea de calibración a partir de la solución anterior, en orden creciente de concentraciones de ácido gálico: 6.25 µg/mL, 12.50 µg/mL, 25.00 µg/mL, 50.00 µg/mL, 75.00 µg/mL, 100.00 µg/mL.

Cuantificación de fenoles totales

Preparación de una cubeta d UV- Vis

- Adicionar 80 μL del estándar o solución de trabajo (mezcla hidroalcohólica 7:3 para el blanco)
- Adicionar 400 μL de agua HPLC
- Adicionar 40 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu 2N
- Adicionar 480 μL solución de carbonato de sodio al 10.75% m/v

Se prepararon todos los estándares y las repeticiones de cada solución de trabajo codificadas. Luego se incubó todas las cubetas a temperatura ambiente y en oscuridad, durante 30 minutos. Para posterior lectura de los valores de absorbancia de todas las cubetas en un espectrofotómetro UV-Vis a 720 nm. Se obtuvo la ecuación de la línea de calibración y luego calcular la concentración de fenoles totales para cada muestra. Se obtienen μg FT EAG/mL (fenoles totales expresados en equivalentes de ácido gálico).

4.9 Análisis de Varianza (ANOVA)

Para el análisis estadístico de los datos se aplicó un ANOVA de medidas repetidas, con el objetivo de evaluar el efecto de los diferentes tratamientos (extractos de propóleos, HPMC y tipo de material de empaque) sobre los botones florales de *E. panduratus* a lo largo de 14 días de almacenamiento. Esta técnica permitió comparar múltiples grupos bajo distintas condiciones experimentales, considerando tanto la influencia del tratamiento como la variación temporal.

Posteriormente, se comparó la razón entre las varianzas (estadístico **F**) obtenidas de los tratamientos con la distribución **F** teórica. Cuando el valor del estadístico fue suficientemente alto, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias, indicando la existencia de diferencias significativas entre los grupos.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

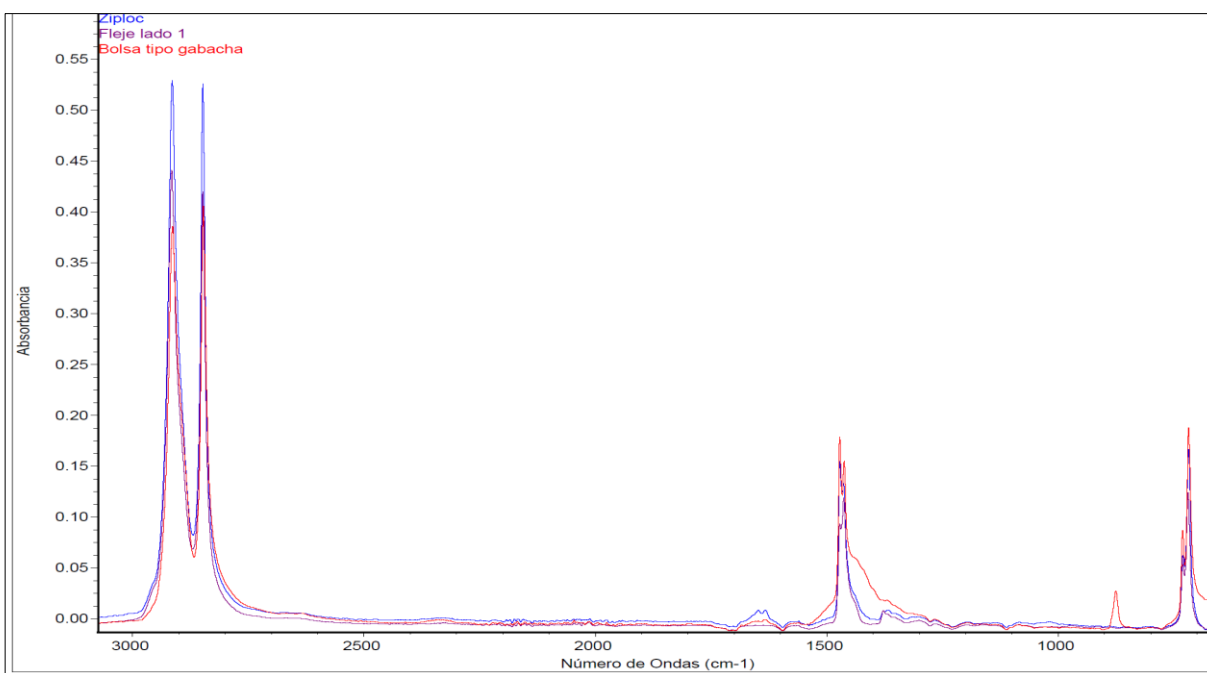
5.0 RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Caracterización de Materiales Poliméricos Mediante Espectroscopía Infrarroja

La caracterización de materiales poliméricos utilizados como empaque para la conservación de botones florales de *E. panduratus*, mediante espectroscopía infrarroja, nos permitió identificar propiedades químicas y estructurales clave, como la presencia de grupos funcionales y posibles modificaciones en la matriz polimérica. El análisis comparativo, para los tres materiales evaluados facilita la comprensión de sus similitudes y diferencias, contribuyendo a optimizar sus características y garantizar su funcionalidad y eficacia en aplicaciones de conservación y protección del producto. En la Figura 4, se presentan los espectros IR obtenidos de bolsa de polietileno de baja densidad (BPBD) Material de empaque “Fleje”, Bolsa resellable tipo “Ziploc” y Bolsa tipo “Gabacha”. Se incluyen en el Anexo 4 (Apéndice A, B y C) para consulta detallada, facilitando la verificación de bandas específicas y la reproducción del análisis.

Figura 4 Espectros infrarrojos (FTIR) de tres materiales poliméricos utilizados como empaque vegetal de botones florales de *E. panduratus*

Espectros infrarrojos (FTIR) de tres materiales poliméricos utilizados como empaque vegetal de botones florales de E. panduratus.



En la región espectral analizada ($600 - 3000 \text{ cm}^{-1}$) se compararon los espectros IR de los materiales poliméricos evaluados (a) material de empaque “Fleje”, (b) bolsa de polietileno tipo “Gabacha” y (c) bolsa resellable tipo “Ziploc”, todos ellos correspondientes a polietileno de baja densidad (PEBD); los resultados resumidos en la Tabla 1 muestran similitudes significativas en las bandas asociadas a los estiramientos C–H de cadenas alifáticas, característicos de los grupos metileno (CH_2) y metilo (CH_3) en la región de números de onda $2915\text{--}2847\text{cm}^{-1}$, así como en las deformaciones C–H de metilo y metileno alrededor de $1471\text{--}1461 \text{ cm}^{-1}$ como se aprecia en la Tabla 5.

No obstante, la bolsa de polietileno tipo “Gabacha” presentó un pico singular a 874.68 cm^{-1} (número de onda), ausente en los otros materiales, lo que sugiere la presencia de señales fuera del plano asociadas a estructuras aromáticas/cíclicas o a enlaces Ti–O–Ti del dióxido de titanio (TiO_2). Esto indica una composición distintiva; el TiO_2 , es ampliamente empleado como pigmento blanco en películas de LDPE, suele añadirse para mejorar propiedades fisicoquímicas relevantes para embalaje de resistencia térmica, opacidad y comportamiento de barrera, lo que explicaría la diferencia espectral observada (Ndibewu *et al.*, 2024).

Tabla 5

Comparativa de perfiles vibracionales en tipos de empaque polimérico

Región	Asignación vibracional	BPBD “Fleje”	BPBD “Resellable”	BPBD “Gabacha”	Observaciones relevantes
2915 – 2847	Estiramientos C–H (asimétrico y simétrico) de CH_2 y CH_3	✓	✓	✓	Coincidencia en estiramientos alifáticos típicos de polietileno
1471 – 1461	Deformaciones de ángulo (bending) C–H de CH_2 y CH_3	✓	✓	✓	Coincidencia en deformaciones de grupos metilo y metileno
874.68 ± 0.1	Vibración fuera del plano (oop) de estructuras cíclicas aromáticas o Ti–O–Ti	✗	✗	✓	Único en BPBD tipo “Gabacha”. Posible presencia de dióxido de titanio (TiO_2) como pigmento blanco

5.2 Determinación de Pérdida de Humedad de Botones Florales de *Echites panduratus* sin material de empaque.

5.2.1 Prueba Preliminar de Pérdida de Humedad sin Material de Empaque.

Se diseñó una fase preliminar para la evaluación de distintas concentraciones de extractos de propóleos verde (EPPV) y café (EPC) al 2 y 3%, permitiendo identificar las concentraciones óptimas para maximizar la retención de agua. Los botones florales de Loroco se almacenaron a temperaturas ambiente de laboratorio 25°C y 5°C, durante 5 y 12 días respectivamente evaluando la pérdida de humedad. Se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de extracto etanólico de propóleos, solo y en combinación con hidroximetilpropilcelulosa (HPMC), como película de recubrimiento en botones florales de Loroco fresco.

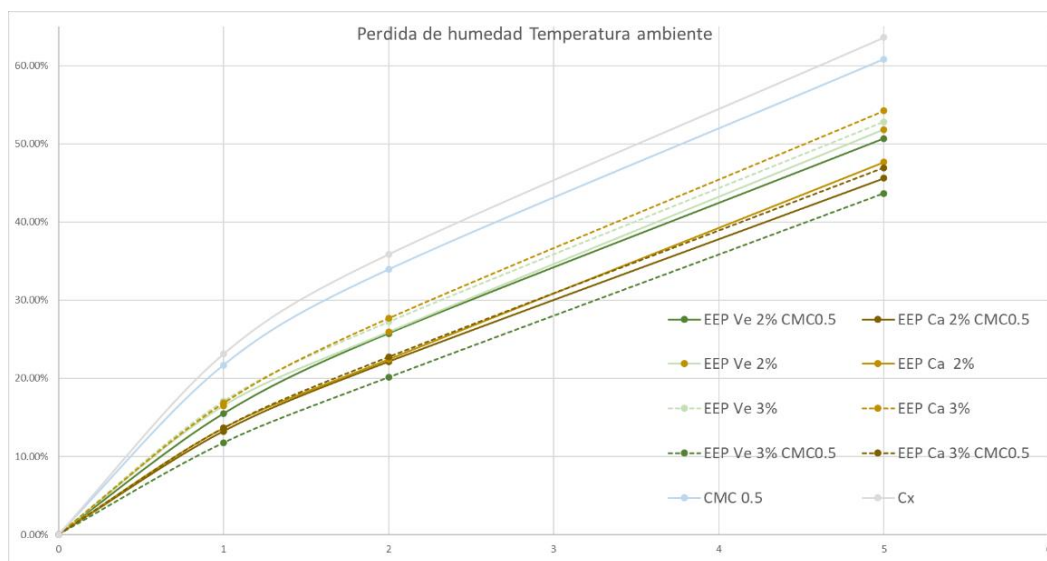
5.2.2 Pérdida de Humedad en Botones Florales de Loroco a Temperatura Ambiente

Los tratamientos con las diferentes variedades de propóleos analizadas demostraron mayor eficacia en reducir la pérdida de humedad a temperatura ambiente, como se observa en la Figura 5.

La adición de HPMC al 0.5% generó un efecto barrera que, junto con la acción antioxidante del propóleo, protegió las flores de loroco frente a la humedad relativa y la radiación térmica, reduciendo el gradiente de vapor y retardando la deshidratación. Además, la exposición al calor intensifica los procesos metabólicos y acelera el deterioro celular. A largo plazo, el extracto de propóleo verde superó al café, posiblemente por su mayor contenido de flavonoides y ácidos fenólicos.

Figura 5

*Tendencia de pérdida de humedad en botones florales de *E. panduratus* sin material de empaque, almacenados a temperatura ambiental (25 – 35°C)*



5.2.3 Pérdida de Humedad en Botones florales de Loroco sin material de empaque a 5°C.

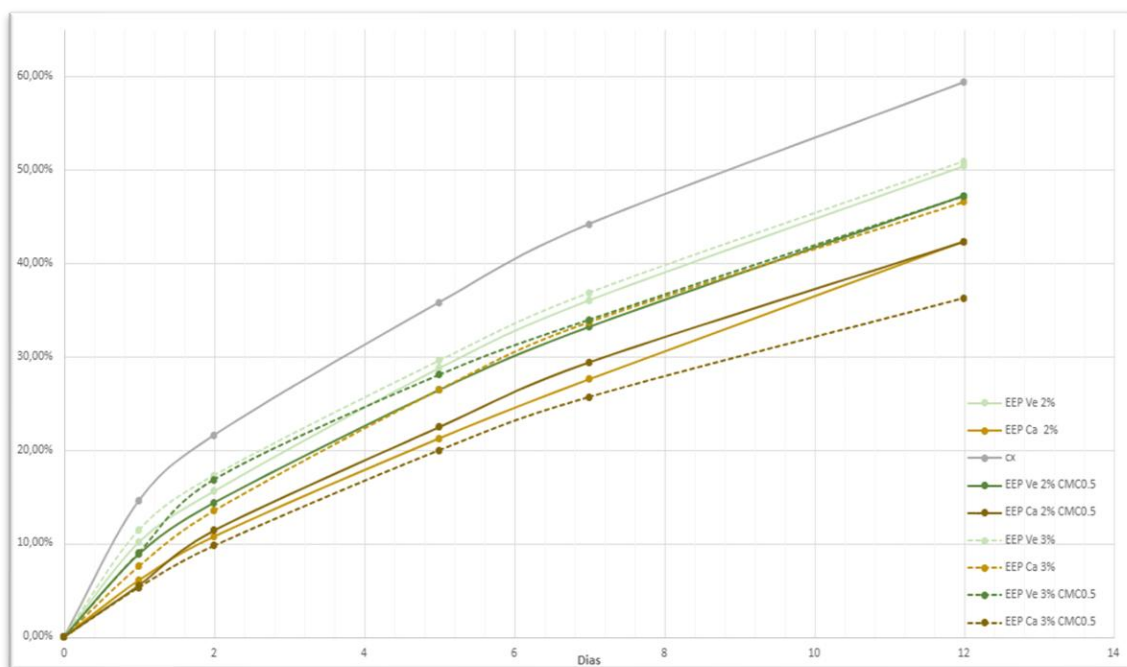
El control evidenció la magnitud de la deshidratación de los botones de Loroco en ausencia de tratamiento. La aplicación de extracto etanólico de propóleos redujo significativamente la pérdida de agua respecto al control, observándose un efecto dependiente de la concentración, ya que las formulaciones al 3% presentaron un mejor desempeño en comparación con las de 2%. Por su parte, la incorporación de HPMC al 0.5% en combinación con propóleo mostró el mayor efecto protector, manteniendo niveles de humedad más estables a lo largo de los 12 días de evaluación ver Figura 6. Lo que sugiere un efecto sinérgico entre la barrera física generada por el polisacárido y la acción antioxidante del propóleo. Consulte Anexo 6 para datos completos.

Estos hallazgos son coherentes con los reportados por Tumbarski *et al.*, (2022), quienes utilizaron recubrimientos de HPMC incorporados con extracto de propóleo que retienen humedad y conservan características fisicoquímicas en arándanos frescos, lo que podría explicar la eficacia observada en nuestro tratamiento. Adicionalmente, las condiciones de 5 °C y ausencia de luz retardaron las reacciones enzimáticas y el deterioro vegetal, favoreciendo la conservación de la calidad.

En cuanto al tipo de propóleo utilizado, los resultados indican que tanto el propóleo verde como el café ejercen un efecto comparable sobre la retención de humedad, sin diferencias significativas entre ellos. La decisión de priorizar el propóleo verde en análisis posteriores responde a la consistencia de los datos obtenidos en ensayos previos y a su mayor disponibilidad experimental, más que a una ventaja diferencial observada en la presente evaluación

Figura 6

Tendencia de pérdida de humedad en botones florales de E. panduratus sin material de empaque almacenados a temperatura a 5°C



Cinética de pérdida de humedad

5.2.4 Cinética de Pérdida de Humedad en Botones Florales de Loroco sin material de empaque a 5°C

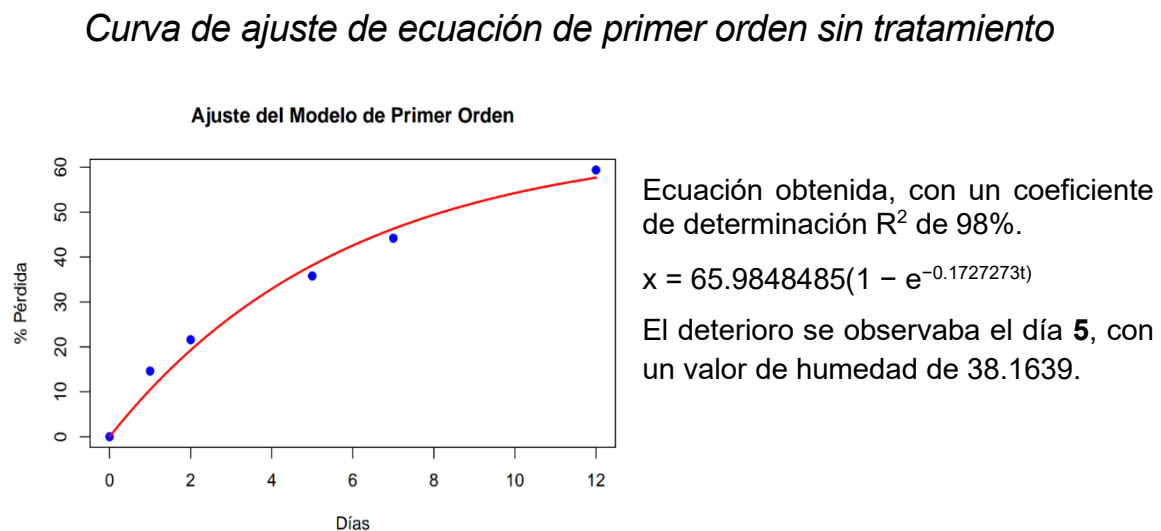
A partir de los datos de pérdida de humedad en botones florales tratados con extractos de propóleo, se evaluó la cinética de deshidratación. Se analizaron modelos de orden cero, primero y segundo, siendo el de primer orden el que mejor se ajustó, lo que indica que la tasa de pérdida de agua depende de la cantidad remanente en el tejido vegetal. A continuación, se resumen los resultados más relevantes.

- Cinética de Pérdida de Humedad de Grupo Control a 5°C

En la Figura 7 se muestra el ajuste de los datos experimentales de pérdida de humedad (% pérdida) en botones florales a lo largo del tiempo (días) **sin tratamiento**, utilizando un modelo cinético de **primer orden**. Los puntos azules observados representan los valores observados experimentalmente, mientras que la línea roja corresponde a la curva ajustada por el modelo matemático.

Este comportamiento indica que la velocidad de pérdida de humedad es proporcional a la cantidad de agua contenida en los botones florales. Cuando el contenido de humedad es alto, la pérdida es más rápida, y a medida disminuye, la tasa de pérdida se reduce. Las características de deterioro por deshidratación se observaron el día **5**, con un valor de 38.16%.

Figura 7 Curva de ajuste de ecuación de primer orden sin tratamiento

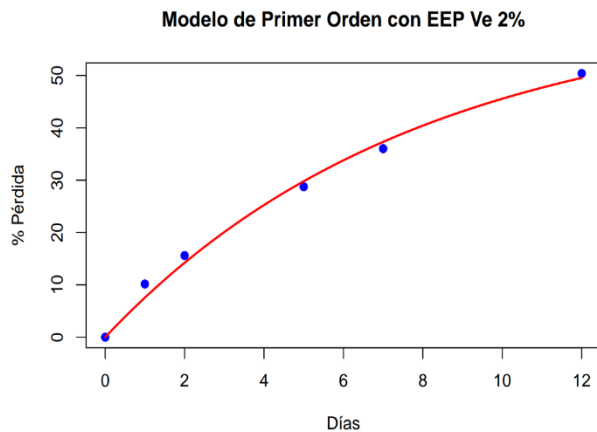


- Cinética de Pérdida de Humedad de Grupo Propóleos Verde al 2% a 5°C

La Figura 8 muestra una deshidratación progresiva del tratamiento de propóleos verde *al 2%*, inicialmente rápida y luego más lenta, lo que indica que la tasa de pérdida de agua depende directamente del contenido de humedad remanente en el tejido vegetal. Con una humedad de 38.16%, se obtiene un tiempo de vida con este tratamiento de 7.26 (7 días), obteniendo una ventaja de **2 días** respecto al control.

Figura 8 *Cinética de degradación de para tratamiento de extracto de propóleos verde al 2% ecuación de*

Cinética de degradación de para tratamiento de extracto de propóleos verde al 2% ecuación de primer orden.



Ecuación obtenida, con un coeficiente de determinación R^2 de 98%.

$$\tau = \frac{\ln(63.2828283 / (63.2828283 - x_{critico}))}{0.1272727}$$

Con el dato de humedad de 38.1639, se obtiene un tiempo de vida útil con este tratamiento de 7.26, [**7 días**]. Lo que representa **dos días** más respecto al control

- Ecuación de Pérdida de Humedad con EEPV 2% + HPMC 0.5% a 5°C.

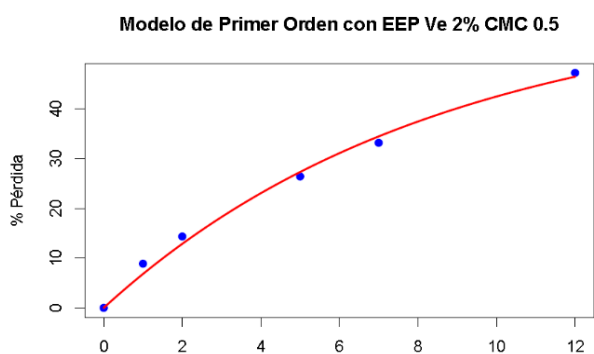
Se muestra el ajuste de un modelo cinético de **primer orden** a la pérdida de humedad en botones florales tratados con una combinación de extracto etanólico de propóleo verde (EEPV) al 2 % y carboximetilcelulosa (HPMC) al 0.5 %.

La tendencia presentada en la Figura 9 confirma una cinética de primer orden. Esto refleja que la tasa de deshidratación depende de la cantidad de agua residual se evapora más rápidamente cuando el contenido hídrico es mayor, y se desacelera a medida que disminuye.

Comparado con el tratamiento anterior (EEP Ve 2 % sin HPMC), este tratamiento muestra una ligera mejora en la reducción de la pérdida de humedad, evidenciando un efecto protector adicional debido a la incorporación de HPMC. La incorporación de HPMC probablemente actúa como una barrera física que limita la difusión del vapor de agua, prolongando la retención de humedad, estos resultados sugieren que la combinación de propóleo verde con HPMC mejora la capacidad de conservación, aunque con un efecto aún moderado frente a otros tratamientos más eficaces observados en estudios paralelos (Sousa *et al.*, 2023)

Figura 9

Cinética de degradación de para tratamiento de extracto de propóleos verde al 2% + HPMC 0.5% a 5°C, ecuación de primer orden.



La ecuación de primer orden se obtiene un R2 de 0.9936615.

Con la humedad como variable independiente, se estimó una vida útil de 8.25 días (8 días). Lo que representa **3 días** respecto al control

$$\text{Vida Util EEP Ve 2\% CMC 0.5}$$

$$\tau = \frac{\ln(61.4747475 / (61.4747475 - x_{\text{critico}}))}{0.1174747}$$

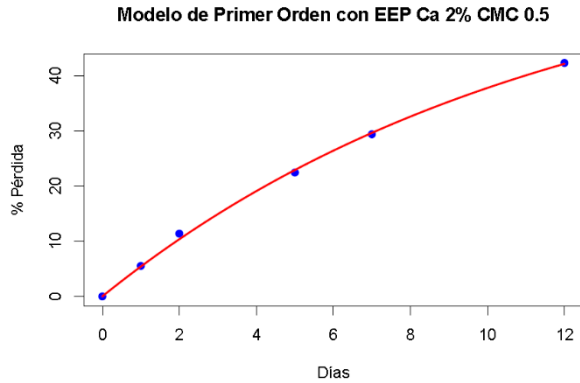
- Ecuación de Pérdida de Humedad con EEP 2% + HPMC

Se observa un proceso rápido de deshidratación al inicio como se aprecia en la Figura 10 debido al contenido hídrico es alto y la velocidad disminuye conforme avanza el tiempo, en el caso del tratamiento con EEP 2% en botones florales de Loroco, se obtiene una vida útil de **10 días**, que corresponde a una ventaja de **5 días** respecto a la muestra control.

Esto respalda de nuevo la sinergia entre propóleo y HPMC como barrera difusional, prolongando la retención de humedad en los primeros días críticos del almacenamiento.

Figura 10

Cinética de degradación de para tratamiento de extracto de propóleos café al 2% + HPMC 0.5%, a 5°C. ecuación de primer orden.



Se obtiene una ecuación de primer orden, R2 de 0.9967634. la ecuación es la siguiente:

Vida Útil EEP Ca 2% CMC 0.5

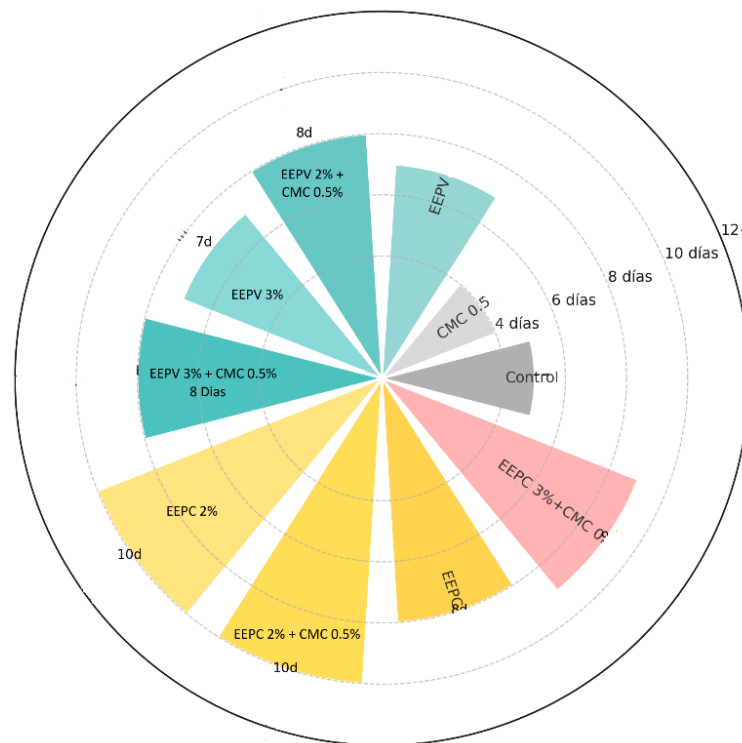
$$\tau = \frac{\ln(65.3030303 / (65.3030303 - x_{critico}))}{0.0863636}$$

Con la humedad meta de 38.3619, se obtiene una vida de 10.17 días (**10 días**).

UN DE LOS BOTONES FLORALES.

Figura 11. Rueda de vida útil estimada de botones florales de "Loroco" tratadas

Rueda de vida útil estimada de botones florales de Loroco tratadas con propóleos y HPMC



Nota: Valores mostrados son medias \pm desviación estándar (DE) calculadas a partir de $n =$ réplicas por tratamiento. Anillos concéntricos en el eje radial representan 4, 6, 8, 10 y 12 días. Las familias cromáticas agrupan tratamientos afines: (celeste) EEPV = extracto de propóleos verde; (amarillo) EEPC = extracto de propóleos café; (gris claro) HPMC = Hidroximetilpropilcelulosa; (gris oscuro) Control.

El diagrama polar muestra la vida útil media de los botones florales según tratamiento (anillos: 4, 6, 8, 10 y 12 días). Las combinaciones con propóleos, sobre todo con polímero (EEPC + HPMC), alcanzan 8–10 días, frente a 4–5 días del control. En conjunto, los tratamientos con propóleos **mejoran la conservación entre 1 y 5 días respecto al control.**

5.2.5 Determinación de pérdida de humedad de botones de Loroco utilizando diferentes materiales de empaque.

El estudio evaluó la pérdida de humedad en botones de Loroco bajo distintos tratamientos (control, propóleos verde, HPMC, combinaciones Verde + HPMC), almacenados en empaques de polipropileno tipo “Gabacha, Bolsa Resellable y material Fleje”. Se midió en días 3, 5, 9 y 12, identificando el tratamiento y empaque que mejora la conservación. Cabe señalar que, aunque también se realizaron ensayos con propóleos café, los resultados obtenidos no mostraron variaciones significativas respecto al propóleos verde. Además, los datos de propóleos verde fueron más consistentes y reproducibles, por lo cual se decidió presentar únicamente estos en el cuerpo principal del estudio. A continuación, se muestran los datos de propóleos verde.

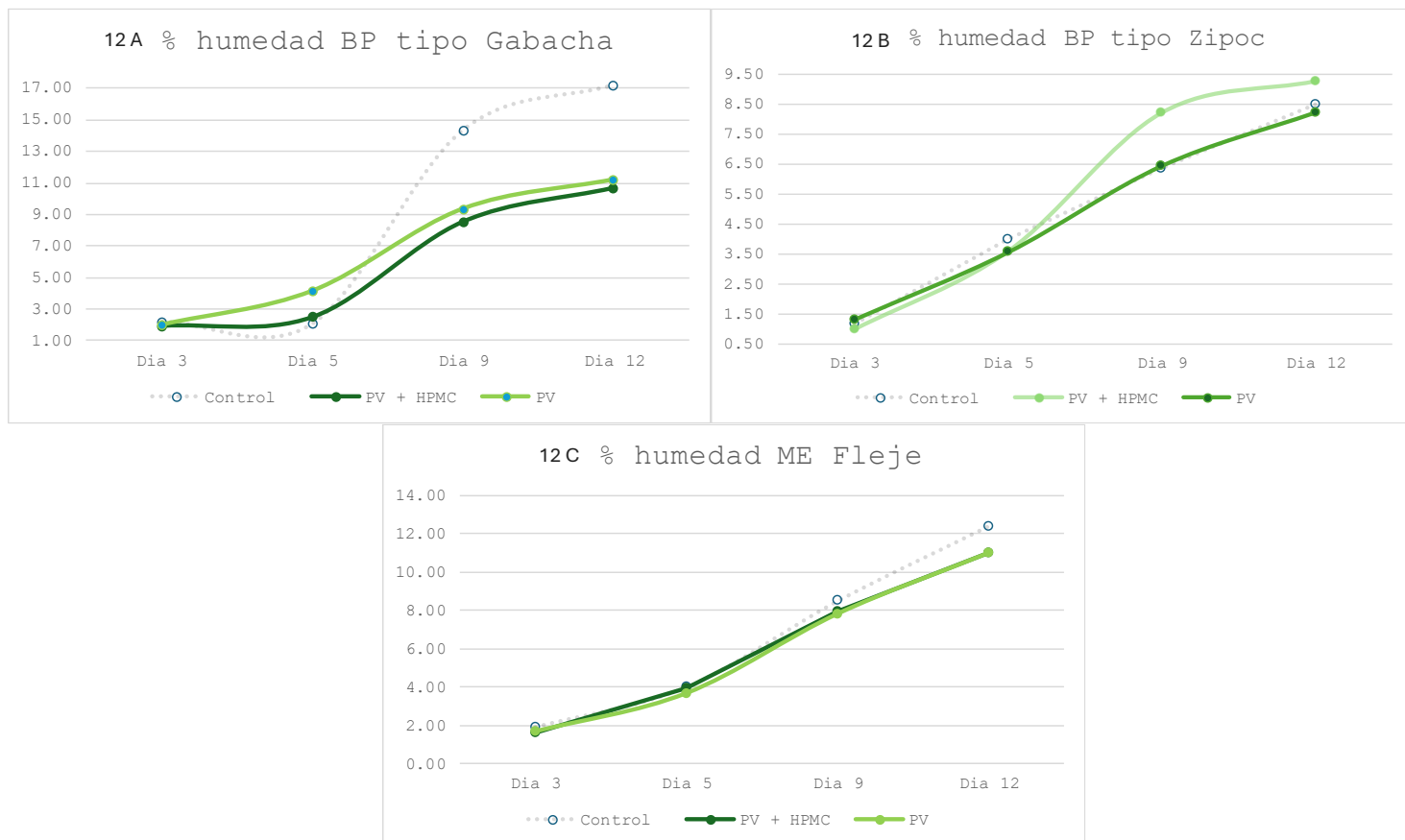
- Evolución de la Pérdida de Humedad en Función del Tiempo

En la Figura 12 se muestra la evolución de la pérdida de humedad en botones florales de Loroco tratados con propóleo verde y almacenados en diferentes materiales de empaque (bolsa tipo “Ziploc”, bolsa tipo “Gabacha” y “Fleje”). Durante los primeros cinco días la deshidratación es moderada, lo que indica una baja velocidad inicial de pérdida de agua. Entre los días 5 y 9 la pendiente aumenta de forma marcada, reflejando una aceleración del secado, posiblemente por cambios estructurales en el tejido.

A partir del día 9 hasta el 12 la curva entra en fase de meseta, con una disminución de la tasa de pérdida de humedad, lo que sugiere un equilibrio entre la humedad remanente y la del ambiente. Consulte el Anexo 4 para información adicional.

Figura 12.

Gráfica de pérdida de humedad en Loroco con propóleos verde según tratamientos y empaques



Se aprecia que al **día 12**, la bolsa de polietileno tipo “Gabacha” Figura 12 A registró el mayor porcentaje de pérdida de humedad durante el periodo de evaluación (17.46 el control y 11% los tratamientos), seguido por el material de empaque “Fleje” Figura 12 C (12.5-11%). En contraste, la bolsa resellable tipo “Ziploc” Figura 12 B presentó la menor pérdida de humedad (9.26-8.2%), evidenciando un comportamiento de barrera para minimizar el intercambio hídrico y gaseoso entre el producto y el entorno.

La dinámica observada confirma que el efecto del material de empaque no solo depende de su capacidad para reducir la pérdida de humedad, sino también de su habilidad para mantener un adecuado intercambio gaseoso.

Una regulación demasiado restrictiva, como la observada en el empaque tipo “Ziploc”, puede generar condensación interna, favoreciendo el deterioro por ablandamiento y pudrición. En cambio, un material con mayor permeabilidad, como el BP tipo “Gabacha”, permite un equilibrio entre pérdida de agua y ventilación, lo que resulta en una mejor preservación de los botones florales al día 12. Este comportamiento coincide con lo señalado por (Han, 2014), quien resalta que la conservación de vegetales en atmósferas modificadas requiere empaques que regulen tanto la humedad como los flujos de gases, evitando así el exceso de condensación y el consecuente daño en la calidad postcosecha (Han, 2014).

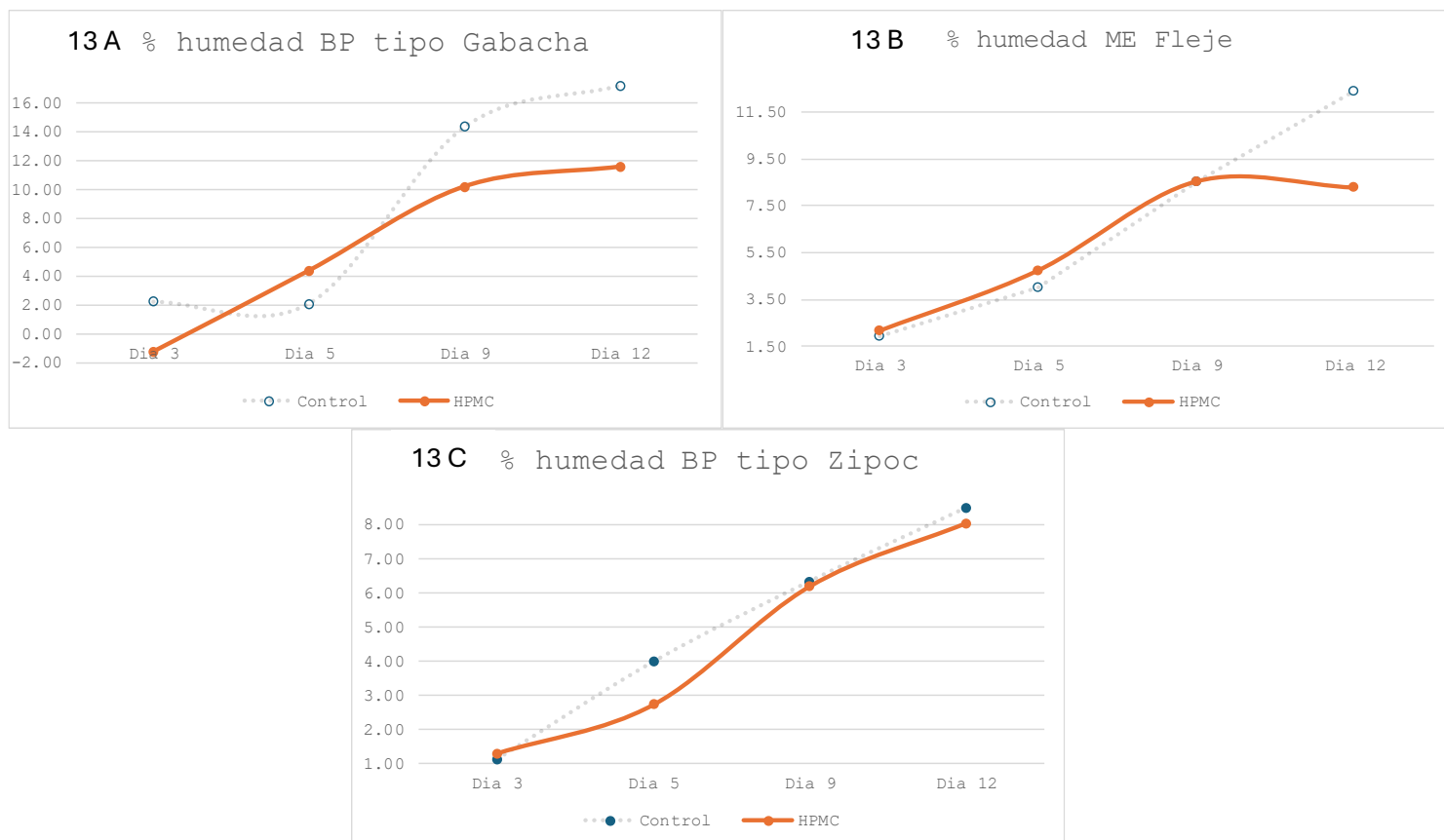
5.2.6 Determinación de Pérdida de Humedad de Botones de Loroco Utilizando HPMC en Diferentes Materiales de Empaque

La hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) es un polisacárido ampliamente utilizado en la industria alimentaria como recubrimiento comestible debido a su capacidad para formar películas semipermeables que regulan la pérdida de humedad y el intercambio gaseoso. En este estudio se evaluó su aplicación en botones florales de *E. panduratus*, comparando su desempeño frente al control y considerando distintos materiales poliméricos de empaque. El objetivo fue determinar en qué medida la HPMC contribuye a preservar la calidad del producto durante el almacenamiento postcosecha.

En la Figura 13 se presentan los resultados de pérdida de humedad registrados para los tratamientos con HPMC y el control en los diferentes tipos de empaque, lo que permite visualizar la dinámica de conservación del loroco bajo estas condiciones experimentales. En Anexo 7 se puede encontrar información relacionada.

Figura 13. Grafica de Curvas de Perdida de Humedad en "Loroco" Utilizando HPMC en los Respectivos Empaques Poliméricos Utilizando Propóleos Verde.

Grafica de Curvas de Perdida de Humedad en Loroco Utilizando HPMC en los Respectivos Empaques Poliméricos Utilizando Propóleos Verde.

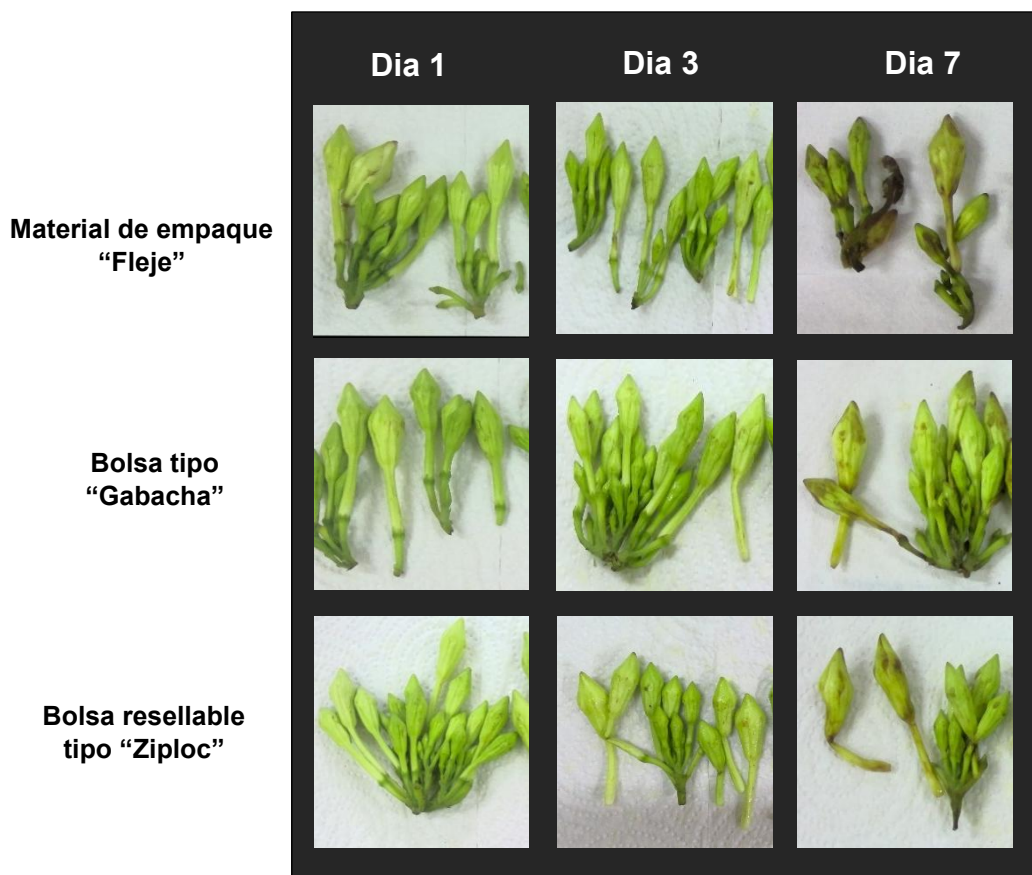


La comparación entre el recubrimiento con HPMC y el control evidenció que la dinámica de pérdida de humedad en los botones florales depende no solo del tratamiento, también del tipo de empaque utilizado. En la bolsa tipo "Gabacha", la HPMC redujo significativamente la pérdida de humedad al **día 12** (11,60 %) en relación con el control (17,26 %), Figura 13 A confirmando su efecto positivo en empaques de mayor permeabilidad. De forma similar, en el material de empaque "Fleje" se observó una reducción moderada (8,28 % frente a 12,42 % del control), Figura 13 B lo que demuestra un beneficio, aunque menos marcado. En contraste, la bolsa resellable "Ziploc" los valores entre control (8,51 %) y HPMC (8,05 %) fueron muy similares, Figura 13 C.

Lo que sugiere que la baja permeabilidad del material limitó la acción del recubrimiento y favoreció la acumulación de humedad interna como se observa en la Figura 14 donde el marchitamiento por pérdida de humedad es visible al transcurrir al día 7. Estos resultados coinciden con la literatura, (Patil *et al.*, 2022) donde la aplicación de recubrimientos comestibles semipermeables como la HPMC ha demostrado reducir la pérdida de humedad y prolongar la vida útil de frutas y otros productos hortícolas al actuar como barrera parcial al vapor de agua.

Figura 14.

Secuencia visual de pérdida de humedad y apariencia en grupos tratados con HPMC en botones florales de Loroco

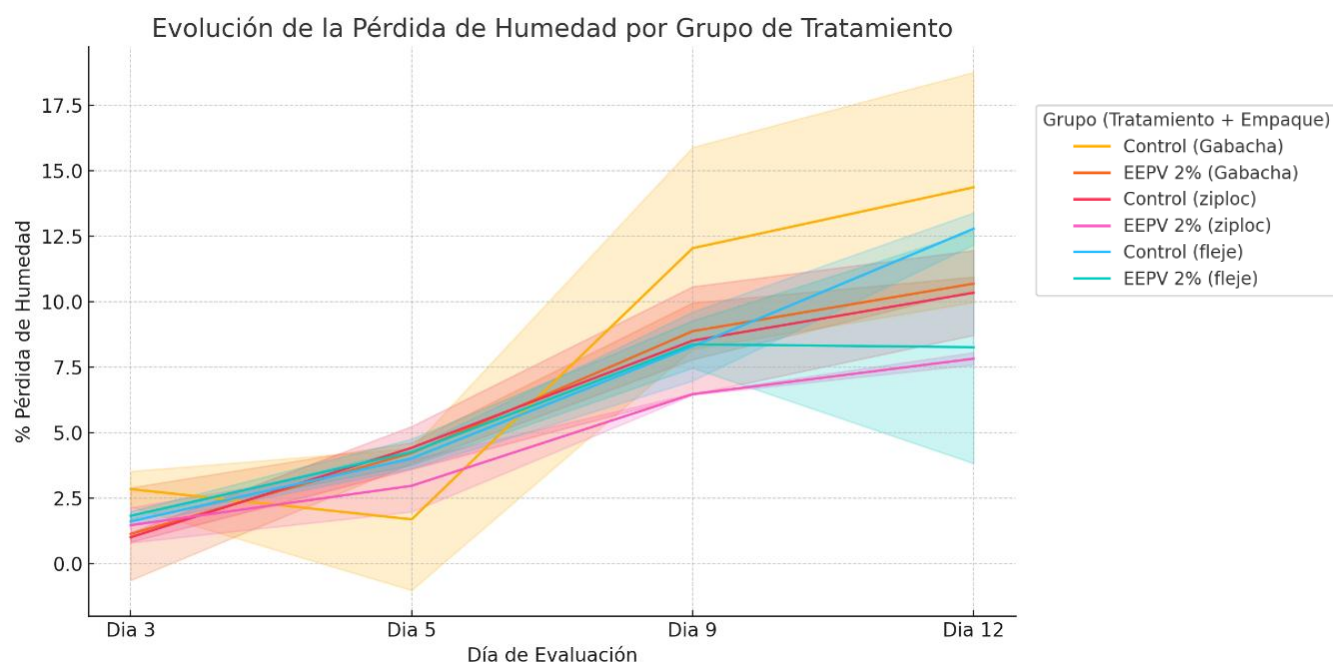


El gráfico de la figura 15 muestra la evolución de la pérdida de humedad en botones de Loroco a lo largo de 12 días bajo diferentes tratamientos y empaques. Se observa que el control, independientemente del tipo de empaque (Gabacha, Ziploc o Fleje), presenta un incremento progresivo y marcado de la pérdida de humedad, alcanzando los valores más altos hacia el día 12. En contraste, los tratamientos con extracto etanólico de propóleo verde (EEPV 2%) muestran una tendencia más atenuada, especialmente en los empaques tipo Ziploc y Fleje, donde la pérdida de humedad se mantiene más baja. Esto sugiere un efecto protector del propóleo verde, posiblemente relacionado con sus compuestos fenólicos que refuerzan la barrera contra la deshidratación.

Comparación de la eficacia del EEPV al 2% en la conservación de botones florales En bolsa tipo “Gabacha”, el control presentó una pérdida del 14.36%, mientras que el tratamiento con EEPV 2% fue de 10.68%.

- En empaque “Fleje”, la pérdida fue de 12.7% en el control y 8.25% con EEPV 2%.
- En bolsa resellable tipo “Ziploc”, el control alcanzó un 10.34%, frente a 7.82% en el tratamiento.

Figura 15. Porcentaje de pérdida de humedad en botones florales de Loroco almacenados en tres diferentes empaques poliméricos.



Aunque el menor valor absoluto de pérdida de humedad se registró en el tratamiento con EEPV 2 % en bolsa resellable tipo “Ziploc”, la mayor eficacia relativa del propóleo se observó en el empaque tipo “Gabacha”, probablemente debido a un mejor equilibrio gaseoso. En este caso, la diferencia entre el tratamiento y su control fue más evidente, destacando la superior capacidad de conservación de la “Gabacha” en comparación con la bolsa tipo “Ziploc”, en la cual se evidenció **deterioro fisiológico de los botones florales llegado el día 12.**

Esta tendencia se atribuirse a fenómenos físicos asociados a empaques sellados: la reducción de la transpiración promueve la acumulación de vapor de agua, que posteriormente condensa en el interior del envase. Este microambiente de alta humedad relativa favorece la degradación fisiológica, lo cual fue corroborado visualmente en los botones florales por la presencia de humedad líquida, ennegrecimiento y decoloración.

Los resultados mostraron que el uso de la bolsa tipo “Gabacha”, caracterizada por una permeabilidad y estabilidad moderadas, permitió mantener un equilibrio hídrico y gaseoso más adecuado, lo que se reflejó en una mejor conservación del producto. En cambio, en el empaque de menor permeabilidad tipo “Ziploc” se observó acumulación de humedad interna, condición que favoreció la aceleración de los procesos de deterioro.

6.0 Análisis estadístico

El estudio evaluó el impacto combinado de tres sistemas de empaque (bolsa de polietileno de baja densidad tipo “Gabacha”, bolsa resellable tipo “Ziploc” y material de empaque “Fleje”) y cuatro tratamientos (control, HPMC, extracto de propóleo verde y propóleo verde + HPMC) sobre la pérdida de humedad en botones florales de *Echites panduratus* (Loroco) durante el almacenamiento; para ello se analizaron diferencias estadísticamente significativas en tiempos específicos (días 3, 5, 9 y 12), con el objetivo de identificar las combinaciones empaque / tratamiento que minimicen la pérdida de humedad en función del periodo de conservación.

Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis general (H_1): El tipo de empaque y el tratamiento aplicado, así como sus interacciones, afectan de forma significativa la pérdida de humedad en botones florales de Loroco.

Hipótesis nula (H_0): El tipo de empaque, el tratamiento aplicado y sus interacciones no tienen un efecto significativo sobre la pérdida de humedad en botones florales de Loroco.

Hipótesis específicas:

H1a: Las diferentes categorías de empaque (Gabacha, Resellable Ziploc, Fleje) presentan tasas de pérdida de humedad significativamente distintas.

H1b: Los tratamientos con HPMC, propóleo verde y su combinación reducen la pérdida de humedad frente al control.

H1c: Existen interacciones significativas entre tipo de empaque y tratamiento que modulan la eficacia en la reducción de la pérdida de humedad.

Se cargaron y transformaron los datos en el programa estadístico R versión 4.3.1 (R Core Team, 2023). organizándolos en una estructura adecuada para el análisis. La siguiente tabla 6 muestra los valores de pérdida de humedad obtenidos en los diferentes tratamientos y empaques evaluados a lo largo de los días de almacenamiento.

Tabla 6

Datos de porcentajes de pérdida de humedad cargados en programa R versión 4.3.1

Empaque	Tratamiento	Día 3	Día 5	Día 9	Día 12
Gabacha	Control	2.3664078	-02233140	14.758893	17.464594
Gabacha	HPMC	2.1080569	4.4428164	14.026527	17.053144
Gabacha	PV + HPMC	2.4289911	4.2347406	12.341008	12.695967
Gabacha	PV	0.1156734	4.5046534	8.105732	10.504468
Gabacha	Control	3.3234730	3.6023795	9.315732	11.257680
Gabacha	HPMC	1.4623849	0.0401412	3.9303376	5.864074
Gabacha	PV + HPMC	2.4065695	4.8272125	9.522838	11.524794
Gabacha	PV	2.3814477	3.9395546	9.635838	10.86474
Ziploc	Control	1.1333135	4.9991716	7.053716	9.191481
Ziploc	HPMC	1.1784512	3.0192637	5.661119	7.828973
Ziploc	PV + HPMC	1.6531300	3.2258065	5.922279	8.121344
Ziploc	PV	0.9926213	2.2663696	6.489522	7.988172
Ziploc	Control	0.8773494	3.8427768	9.966388	11.481685
Ziploc	HPMC	1.1071763	3.5447280	8.744115	9.336373
Ziploc	PV + HPMC	1.0342633	2.9920706	5.898616	7.920733
Ziploc	PV	1.9392860	3.6736792	6.446241	7.654355
Fleje	Control	1.6957963	4.2921771	9.220805	13.209509
Fleje	HPMC	2.1891862	3.7733307	7.811006	11.637591
Fleje	PV + HPMC	2.3501519	4.8421680	8.076542	11.441120
Fleje	PV	1.9451077	4.6101388	9.007805	13.120000
Fleje	Control	1.5239069	3.7404987	7.360982	11.260000
Fleje	HPMC	1.5574722	4.0316359	9.394177	13.396624
Fleje	PV + HPMC	1.2932479	3.2937988	7.464653	9.807688
Fleje	PV	1.7908417	3.9020952	7.730908	11.393615

6.1 Resultados ANOVA de Modelo Mixto

La tabla 7 muestra es el resultado de un ANOVA de un modelo mixto, y la interpretación se basa principalmente en el valor $Pr(>F)$ (p-valor) y el valor F para cada factor y sus interacciones.

Tabla 7

Resultados del ANOVA multifactorial (efectos principales e interacciones) sobre la pérdida de humedad en botones florales

	Sum Sq	Mean Sq	NumDF	DenDF	F valor	Pr(>F)
Empaque	37.579193	18.789596	2	46.81274	3.9209246	0.0266457
Tratamiento	3.041222	1.013741	3	6.51226	0.2115426	0.8851382
Tiempo	1206.213416	402.071139	3	40.00000	83.9023140	0.0000000
Empaque: Tratamiento	28.485365	4.747561	6	46.81274	0.9906987	0.4425679
Empaque: Tiempo	52.637445	8.772907	6	40.00000	1.8306891	0.1175467
Tratamiento: Tiempo	19.841884	2.204654	9	40.00000	0.460568	0.8924291
Empaque: Tratamiento: Tiempo	46.775423	2.598635	18	40.00000	0.5422708	0.9185074

$Pr(>F)$ indica el valor p asociado al estadístico F. Se consideró $\alpha = 0.05$; valores $p < 0.05$ se consideran estadísticamente significativos y están resaltados en la tabla.

Factores evaluados

Se analizaron tres factores principales y sus interacciones: Los diferentes tratamiento (4 niveles, por el Num DF=3) los empaque poliméricos (3 niveles) más el factor tiempo (10 niveles, por el Num DF=9) Interacciones dobles y triple interacción.

6.2 Conclusiones Principales de Análisis ANOVA

El análisis de varianza del modelo mixto evidenció que **el tipo de empaque** es un factor estadísticamente significativo ($F = 3.92$; $p = 0.0266$) en la variable de respuesta, lo que indica que la hermeticidad y las propiedades físicas del material influyen de forma importante en el comportamiento observado durante el almacenamiento. Esto resalta la relevancia de seleccionar un empaque adecuado para optimizar la conservación del producto.

Si bien el tiempo presentó un efecto altamente significativo ($F = 83.90$; $p < 0.0001$), se considera como un factor inherente al proceso de almacenamiento, mientras que el empaque constituye una variable de control que puede gestionarse para reducir las pérdidas o deterioros. Por otro lado, el factor Tratamiento y las interacciones entre los factores no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que la variación observada se debe principalmente al tipo de empaque, actuando este de forma independiente respecto a los demás factores evaluados.

6.3 Análisis de Comparaciones Múltiples por Tipo de Empaque

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis post hoc de comparaciones múltiples, el cual evidenció que la única diferencia estadísticamente significativa se observó entre la bolsa tipo “Gabacha” y la bolsa resellable tipo “Ziploc” ($p = 0.0324$).

Tabla 8*Comparaciones múltiples por tipo de empaque polimérico*

contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Gabacha - ziploc	1.6133338	0.6195671	46.81274	2.6039692	0.0323876
Gabacha - fleje	0.3956439	0.6195671	46.81274	0.6385812	0.7996716
ziploc - fleje	-1.2176898	0.6195671	46.81274	-1.9653880	0.1321573

Las demás comparaciones no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Aunque el material de empaque “Fleje” presentó una pérdida de humedad mayor que la bolsa resellable, esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = 0.1322$). De igual forma, la diferencia entre la bolsa tipo “Gabacha” y empaque “Fleje” fue reducida y no significativa ($p = 0.7997$). En conjunto, estos resultados, bajo el criterio de aceptación que establece la necesidad de un balance en el intercambio gaseoso donde una mayor pérdida de humedad favorece la conservación al evitar la acumulación excesiva de humedad interna; indicando que la bolsa tipo “Gabacha” se posiciona como la opción más adecuada.

En contraste, la bolsa resellable tipo “Ziploc”, al minimizar la pérdida de humedad, podría limitar el intercambio gaseoso y resultar menos favorable para mantener la calidad del producto a largo plazo. El material de empaque “Fleje” presenta un comportamiento intermedio, sin diferencias estadísticamente significativas respecto a los otros empaques evaluados.

6.5 Evaluación Preliminar del Pardeamiento Enzimático Mediante Observación Visual en Botones de Loroco (sin material de empaque).

- *Temperatura ambiente*

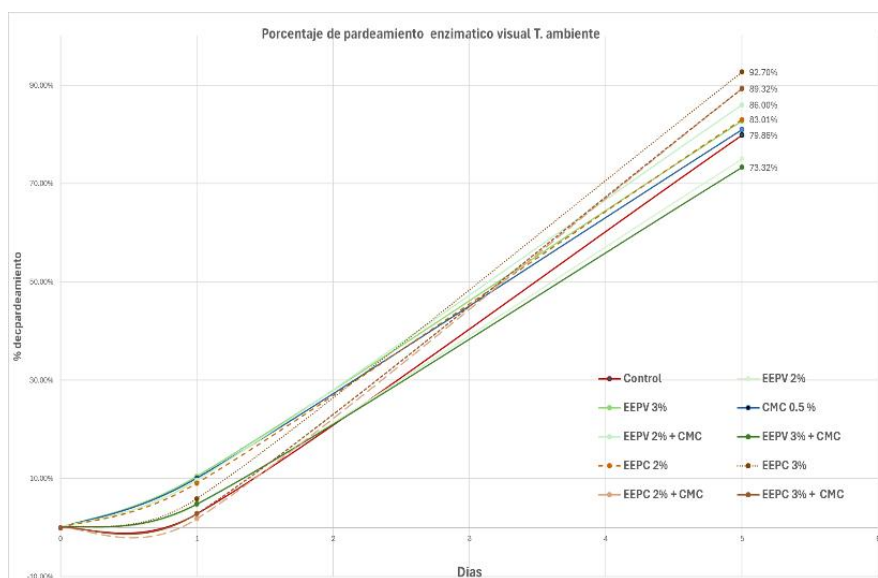
Los resultados obtenidos al **quinto día** de evaluación muestran que ninguno de los tratamientos logró detener de manera efectiva el pardeamiento enzimático en los botones de loroco. Aunque la combinación de EEPV con HPMC evidenció una reducción aparente del oscurecimiento, este efecto no fue suficiente para contrarrestar la actividad enzimática.

De forma similar, el uso de EEPV en menor concentración apenas reflejó una mejoría moderada. Por el contrario, los tratamientos con EEPV no solo resultaron ineficaces, sino que en algunos casos intensificaron el oscurecimiento por la coloración del extracto de propóleos café,

confirmando su baja utilidad frente al problema, como se aprecia en la Figura 16, en donde en todos los casos se observa una tendencia ascendente, indicando un aumento progresivo del pardeamiento con el tiempo. Durante los primeros días (0–2) el incremento es moderado, pero a partir del día 3 se acentúa, reflejando una mayor actividad enzimática y deterioro visual. Al finalizar el periodo (día 5), los porcentajes varían entre 73.3% y 92.7%, evidenciando diferencias entre tratamientos. Aunque las pendientes de las curvas son similares, los valores finales indican variaciones en la velocidad acumulada de pardeamiento, posiblemente asociadas a la composición antioxidante del propóleo y a las propiedades de barrera de los polímeros aplicados. Los datos complementarios se presentan en el Anexo 8.

Figura 16.

Pardeamiento Enzimático de Loroco Tratados con Propóleos a Temperatura Ambiente. Sin material de empaque.



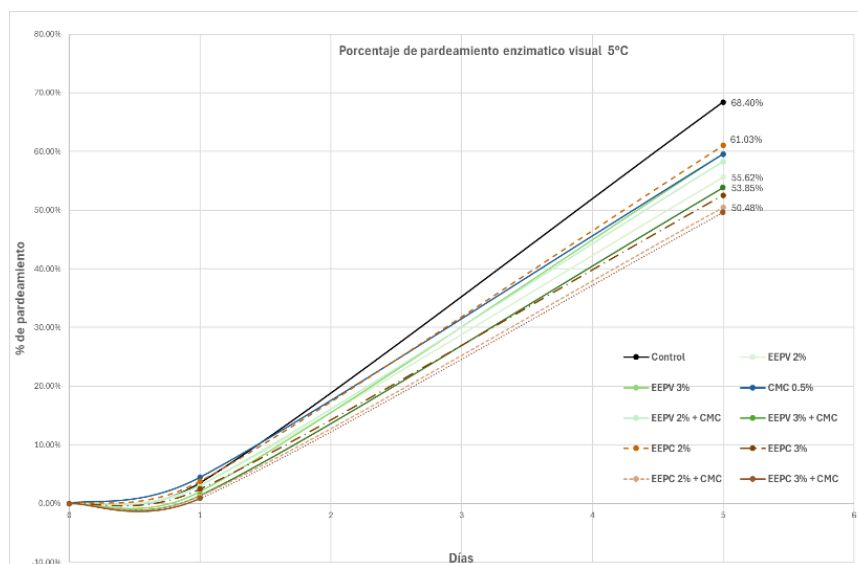
- Temperatura de Refrigeración 5°C.

A continuación, en la figura 17 se muestra la evolución del pardeamiento enzimático visual en botones florales de *loroco* almacenados a 5 °C durante cinco días. Se observa que el control presenta el mayor nivel de oscurecimiento, alcanzando un 68.4%, lo que evidencia su alta susceptibilidad sin tratamiento. En contraste, todos los grupos tratados con extractos de propóleos (EEPV y EEPV), solos o combinados con HPMC, lograron reducir significativamente el pardeamiento, manteniéndose entre 50.5% y 61.0%. Esta diferencia confirma el efecto favorable de los tratamientos frente al control, destacando especialmente las combinaciones con HPMC y las

concentraciones más altas de propóleos. En conjunto, los resultados sugieren que el uso de propóleos y HPMC actúa como estrategia eficaz para disminuir la intensidad del pardeamiento enzimático bajo refrigeración ver Figura 17.

Figura 17.

*Pardeamiento enzimático de Loroco tratados con propóleos en refrigeración 5°C.
Sin material de empaque.*

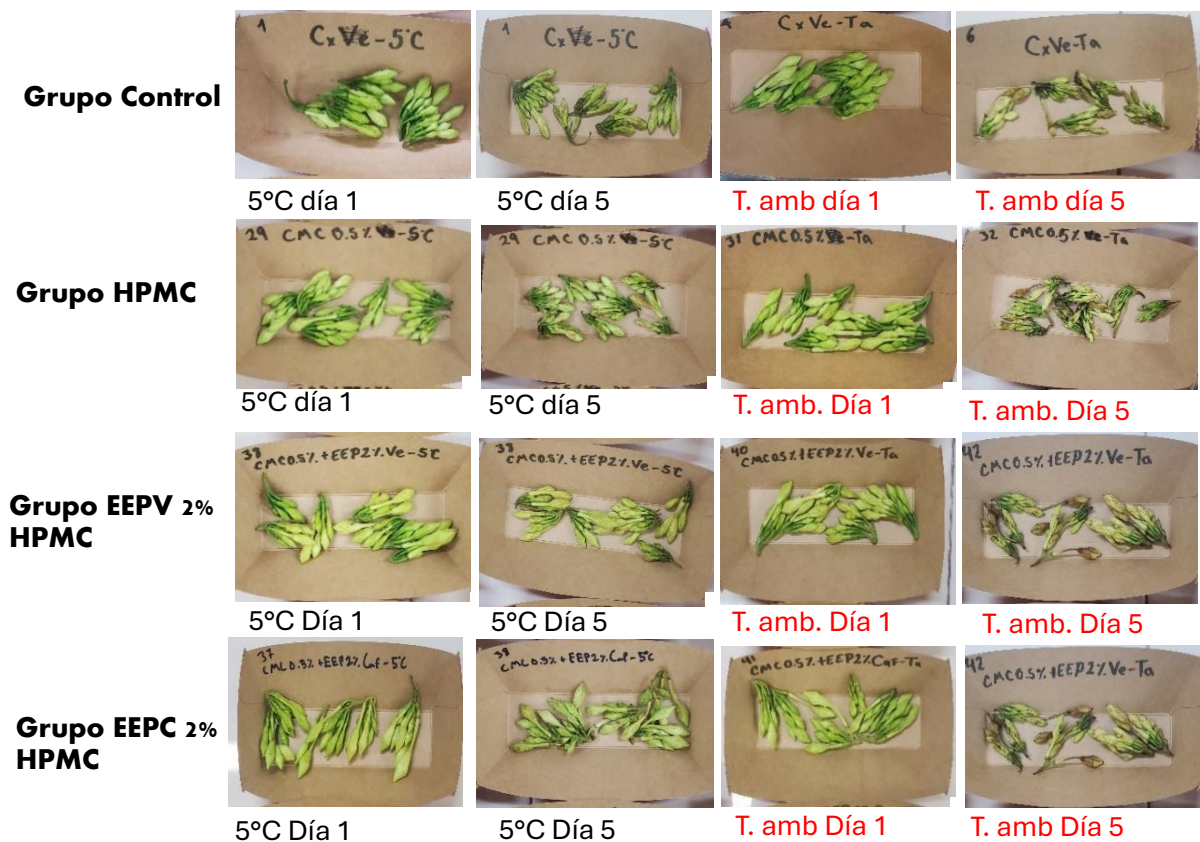


Los resultados visuales en la Figura 18 muestran que, si bien los botones florales estaban íntegros al día 1, a quinto día los ejemplares almacenados a temperatura ambiente (25-30 °C) presentan un pardeamiento marcado en varios botones con mayor incidencia en botones de mayor tamaño, mientras que el lote conservado a 5 °C mantiene la coloración y la firmeza características.

Este patrón es consistente con los mecanismos bioquímicos conocidos del pardeamiento enzimático; la temperatura elevada acelera las reacciones catalizadas por la polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasas, favoreciendo la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas y la formación de pigmentos pardos; además, incrementa la tasa respiratoria y la producción de etileno, lo que promueve la senescencia y la degradación de membranas celulares. La pérdida de integridad membranal facilita el contacto entre sustratos fenólicos y las enzimas, amplificando el pardeamiento.

Por el contrario, el almacenamiento refrigerado reduce la actividad enzimática y la velocidad metabólica, preserva la integridad de las células y retrasa la proliferación microbiana, lo que explica la menor evidencia de daño visual y ablandamiento en los botones a 5 °C. La mayor susceptibilidad observada en botones grandes puede deberse a su mayor actividad metabólica y mayor probabilidad de daño mecánico (mayor superficie expuesta y ruptura tisular durante cosecha / manipulación), lo que incrementa el acceso de PPO a sus sustratos. (235464.pdf | Powered by Box, s. f.; Hatsugai & Katagiri, 2018; Zhang, 2023) En conjunto, los datos confirman que la temperatura de almacenamiento es un factor crítico para minimizar el pardeamiento enzimático y preservar la calidad postcosecha de los botones florales.

Figura 17. *Secuencia visual del pardeamiento enzimático en botones florales de E. panduratus tratadas con propóleos a temperatura ambiente y en refrigeración.*



El estudio preliminar proporcionó evidencia clave para el diseño metodológico del estudio con material de empaque. Con base en los resultados obtenidos, se seleccionaron las siguientes condiciones: almacenamiento: refrigerado a 5 °C y el uso de ambas variantes de propóleos (verde y café) en la formulación de extractos etanólicos, ya que ambas mostraron diferencias significativas en su capacidad para reducir el pardeamiento enzimático en vegetales. Se estableció una concentración de 2% p/v en dichos extractos, basada en dos criterios: 1) Evitar interferencias visuales durante la evaluación del pardeamiento enzimático, ya que a concentraciones mayores (3% p/v), la tonalidad oscura natural del propóleo dificultaba distinguir entre el color del recubrimiento y las manchas por degradación de los botones florales. 2) Aunque las formulaciones al 3% mostraron alta eficacia, las del 2% ofrecieron resultados comparables, con menor riesgo de alteraciones organolépticas (como cambios en el sabor), un efecto reportado en la literatura con dosis elevadas de propóleos.

El agente formador de película, HPMC permitió obtener películas más uniformes y transparentes, facilitando la evaluación visual del deterioro, por pardeamiento enzimático. Además, se evaluaron los tres tipos de empaque: material de empaque "Fleje", bolsa tipo "Gabacha" y bolsa con cierre hermético tipo "Ziploc". Estas condiciones se combinaron con los extractos seleccionados, permitiendo analizar posibles sinergias entre los extractos de propóleos y los materiales de empaque en la conservación de botones florales de Loroco.

8. Prueba con Material de Empaque de Pardeamiento Enzimático 5°C.

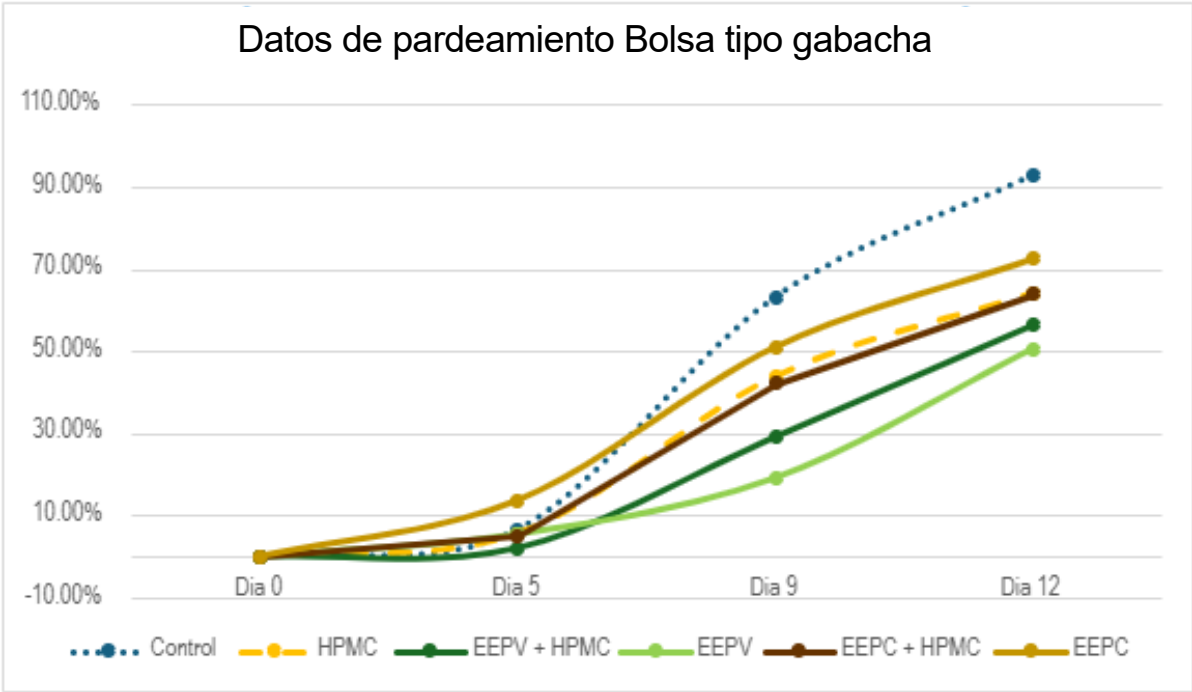
En este estudio se evaluó la evolución del pardeamiento visual en Loroco durante un período de 12 días de almacenamiento, comparando seis tratamientos: Control, HPMC, EEPV, EEPV+HPMC, EEPV y EEPV+HPMC. Los datos obtenidos permiten analizar la eficacia de cada tratamiento en el retraso del pardeamiento y establecer comparaciones sobre su potencial aplicación en la conservación postcosecha de este vegetal.

En este documento se presentan únicamente los resultados obtenidos con el empaque tipo gabacha, ya que fue el que mostró un comportamiento más favorable en la conservación del Loroco durante el período de almacenamiento evaluado. Los otros dos materiales de empaque (Fleje y bolsa tipo Ziploc) no evidenciaron un efecto significativo en la reducción del pardeamiento o en la preservación de la calidad visual, por lo que sus resultados no se incluyen en el cuerpo principal del trabajo. Sin embargo, para garantizar transparencia y disponibilidad de la información, los datos correspondientes a estos empaques se incorporan en los anexos.

En la Figura 19 que se presentan los resultados obtenidos de la prueba de pardeamiento enzimático en el material de bolsa de polietileno tipo gabacha. En donde se observa que en términos de modelo de comportamiento, puede describirse que todos los tratamientos siguieron una curva de tipo exponencial o sigmoide moderada, caracterizada por una fase inicial de pardeamiento lento (días 0 a 5), seguida por una fase de aceleración (entre los días 5 y 9), y finalmente una tendencia a estabilizarse con valores altos al día 12, lo que confirma que, que la muestra control sin recubrimiento, el deterioro es inevitable y se desarrolla de forma acelerada.

Figura 18.

Pardeamiento enzimático en bolsa tipo “Gabacha” con diferentes tratamientos de Extracto de propóleos y HPMC



En contraste, los extractos de propóleo verde (EEPV), tanto aplicados solos como combinados con HPMC, mostraron el modelo de comportamiento más favorable: la curva de pardeamiento se mantuvo baja en los primeros días y el incremento fue más gradual, lo que indica un efecto protector marcado. Esto sugiere que el EEPV logra retrasar la aparición y progresión de las reacciones responsables del pardeamiento, posiblemente debido a su mayor contenido de compuestos fenólicos con actividad antioxidante. Por otra parte, los tratamientos con extracto de propóleo café (EEPC y EEPC + HPMC) también redujeron el pardeamiento respecto al control, aunque su desempeño fue intermedio, con una pendiente de crecimiento más baja que el control, pero superior al EEPV.

El efecto protector observado en los tratamientos con extracto de propóleo verde (EEPV), ya sea solo o combinado con HPMC, concuerda con lo descrito en la literatura científica sobre el uso de propóleos en recubrimientos comestibles. En el presente estudio de loroco, el comportamiento más favorable correspondió al EEPV, cuya curva de pardeamiento fue más suave, lo que refleja una lenta velocidad de las reacciones oxidativas, responsables del oscurecimiento.

Estos resultados concuerdan con investigaciones previas en las que recubrimientos enriquecidos con extracto de propóleo aplicados a papaya han reducido la pérdida de peso y ayudado a mantener parámetros de calidad postcosecha Bello *et al.*, (2012). De forma similar, Al-Qurashi & Awad, (2018) reportaron que el tratamiento postcosecha con extracto etanólico de propóleo mejoró indicadores de calidad en mangos durante la vida de anaquel. Además, estudios recientes sobre uvas recubiertas con gelatina incorporada con propóleos rojo mostraron menor pérdida de masa, estabilidad de color y mejor aceptabilidad sensorial frente a controles Filgueiras *et al.*, (2024)

Estos hallazgos en diferentes matrices alimenticias respaldan la observación que los extractos de propóleo con mayor contenido fenólico, como el verde actúan como inhibidores naturales del pardeamiento y de la degradación de calidad. La eficacia intermedia del propóleo café (EEPC) en este estudio podría relacionarse con las variaciones en su composición bioactiva, ampliamente documentadas según el origen botánico y geográfico (Zabaiou *et al.*, 2017)

9. Cuantificación de Fenoles Totales en Botones Florales de *Echites panduratus* con Aplicación de EEPV 2%

Para evaluar la capacidad de conservación del Extracto de propóleos verde en Loroco en esta prueba experimental se seleccionó como material de empaque la bolsa de polipropileno tipo “Gabacha”, debido a que en la evaluación de pardeamiento enzimático presentó los mejores resultados y mostró una adecuada permeabilidad de gases y humedad. Posteriormente, se determinó el contenido de fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu. Los datos de mgGA/g fueron transformados a % mgGA/g para una mejor interpretación. Estos datos se aprecian en mayor detalle en la Tabla 9.

Tabla 9

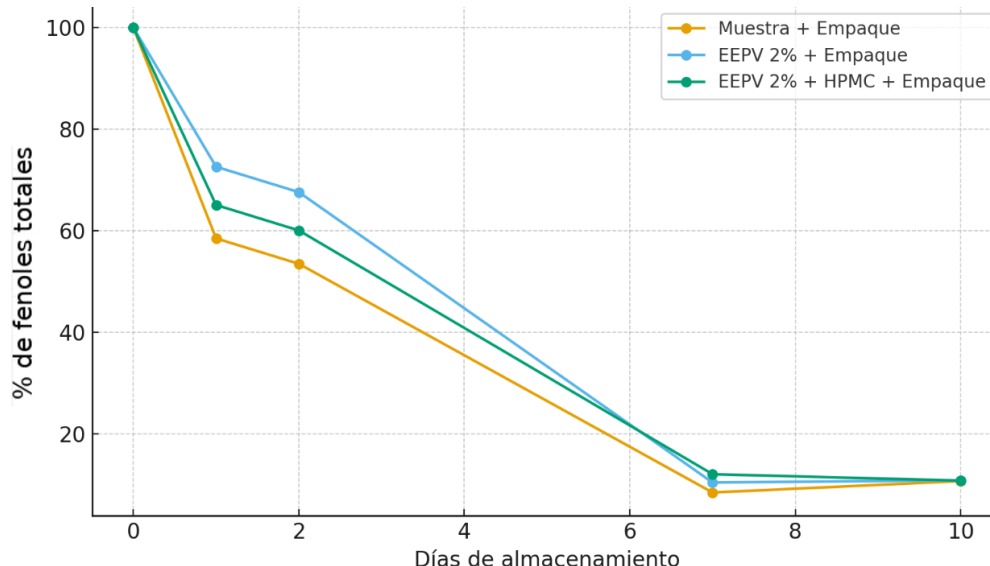
Fenoles totales (%) en botones florales con empaque tipo Gabacha y tratamientos con propóleo verde durante 10 días.

Equivalentes mg de AG/g	Muestra + Empaque	EEPV 2% + Empaque	EEPV 2% + HPMC+ Empaque
Dia 0	100	100	100
Dia 1	58.49	72.6	65.07
Dia 2	53.49	67.6	60.06
Dia 7	8.46	10.43	12.06
Dia 10	10.71	10.87	10.8

La Figura 20 muestra la evolución temporal del contenido de fenoles totales para cada tratamiento evaluado; cada curva representa la media de las réplicas y permite comparar la dinámica de pérdida o retención fenólica entre los distintos tratamientos a lo largo del periodo experimental.

Figura 19

Porcentaje de fenoles totales en botones florales de "Loroco" con
Porcentaje de fenoles totales en botones florales de Loroco con Extracto de
propóleos verde en empaque tipo Gabacha.



El análisis evidencia que la muestra control con empaque pierde rápidamente su contenido de fenoles totales, reduciéndose al 58.49% en el día 1, 53.49% en el día 2 y apenas 8.46% al día 7, lo que refleja una drástica pérdida de calidad. En contraste, el tratamiento con **EEPV 2% mostró un efecto protector, manteniendo porcentajes de retención de fenoles más altos, en los primeros días (72.6% y 67.6%)**, aunque luego desciende hasta estabilizarse en torno al 10% hacia el final del almacenamiento. La combinación EEPV 2% + HPMC tuvo valores iniciales ligeramente menores, pero mostró una ventaja en los días finales (12.06% en día 7), lo que sugiere que la adición de HPMC contribuye a mejorar la estabilidad.

Estudios en flores similares, realizado en botones de *Jasminum sambac* Lavanya *et al.*, (2016), se observó que el contenido de fenoles aumentaba desde botones hacia flores completamente abiertas durante el almacenamiento, posiblemente como parte de una respuesta de defensa ante la senescencia. Investigaciones sobre flores comestibles con uso nutracéutico han identificado fuertes variaciones en el contenido fenólico asociadas a condiciones de luz y temperatura, lo que subraya la importancia del ambiente en la conservación de estos compuestos Marcos-Gómez, et al.,(2024).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

Los tres materiales fueron confirmados como PEBD por espectroscopía infrarroja; sin embargo, la bolsa tipo “Gabacha” presentó un pico distintivo a 874.68 cm^{-1} , posiblemente ligado a TiO_2 , lo que sugiere una formulación diferente con mejores propiedades de conservación, especialmente en transferencia gaseosa y barrera a la luz.

Los extractos etanólicos de propóleos, café y verde en combinación con HPMC al 0.5%, redujeron de forma significativa la pérdida de humedad en los botones de *E. panduratus*. Aunque no hubo diferencias marcadas entre tipos de propóleos, se priorizó el verde por su mejor rendimiento y mayor disponibilidad.

A $5\text{ }^\circ\text{C}$, la pérdida de humedad en botones florales **sin empaque** siguió una cinética de primer orden. Los tratamientos con extractos de propóleos, especialmente combinados con HPMC al 0.5 %, extendieron la vida útil desde el día 5 hasta el día 10. El efecto sinérgico entre propóleos y HPMC actuó como barrera protectora, mejorando la retención de humedad frente al control.

A $5\text{ }^\circ\text{C}$, la combinación de propóleo verde y HPMC disminuyó la pérdida de humedad en *E. panduratus*, con un efecto dependiente del tipo de empaque. La bolsa tipo “Gabacha” mostró el mejor desempeño al equilibrar permeabilidad e intercambio gaseoso, **extendiendo la vida útil hasta 12 días, 7 más que sin empaque.**

El análisis estadístico confirmó que el tipo de empaque influye significativamente en la pérdida de humedad ($p = 0.0266$), siendo la bolsa tipo “Gabacha” la más eficaz. Ni los tratamientos aplicados ni sus interacciones mostraron efectos significativos. La comparación post hoc indicó diferencia estadística solo entre “Gabacha” y “Ziploc”, destacando la importancia del equilibrio en el intercambio gaseoso durante el almacenamiento.

A temperatura ambiente ningún tratamiento evitó el pardeamiento enzimático; sin embargo, a 5 °C, los extractos de propóleo en especial el verde combinado con HPMC redujeron significativamente el oscurecimiento, mientras que el propóleo café tuvo un efecto moderado. Estos resultados orientaron las condiciones para las pruebas con empaque.

Con empaque, el extracto de propóleo verde (EEPV), solo o con HPMC, fue el más eficaz en reducir el pardeamiento enzimático, especialmente en bolsa tipo gabacha. La degradación fue más gradual, indicando una inhibición efectiva de reacciones oxidativas. El EEPC mostró un efecto intermedio, acorde con su menor contenido fenólico.

El tratamiento con EEPV al 2 % y su combinación con HPMC retrasó la pérdida de fenoles totales hasta el día 4 en bolsa tipo gabacha, frente a la degradación acelerada del control, lo que confirma un leve efecto antioxidante.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

Optar por materiales de empaque con permeabilidad moderada. La bolsa de polietileno tipo “Gabacha” se recomienda como la opción más adecuada para la conservación de botones florales de Loroco ya que favorece un intercambio gaseoso equilibrado y reduce la pérdida de humedad. En contraste, empaques de baja permeabilidad como de cierre hermético tipo “Ziploc” no se aconsejan, pues generan condensación interna y aceleran el deterioro.

Utilizar extracto etanólico de propóleo verde (EEPV) al 2 % sin material de empaque, como agente conservante demostró un efecto protector frente a la pérdida de humedad, el pardeamiento enzimático y la degradación de compuestos fenólicos. Su combinación con polímeros como HPMC refuerza esta acción, por lo que se recomienda su integración en estrategias de conservación postcosecha.

Evitar concentraciones elevadas de propóleos o extractos oscuros sin evaluar efectos visuales, aunque el EEPV mostró cierta eficacia, su coloración natural intensificó visualmente el pardeamiento. Además, concentraciones mayores al 2 % pueden interferir en la evaluación visual y afectar las propiedades organolépticas del producto. Se recomienda validar siempre la concentración óptima en función del balance entre eficacia y apariencia del vegetal.

Profundizar en estudios de vida útil con variables adicionales: Si bien se evaluaron humedad, fenoles y pardeamiento, futuros trabajos deberían incluir variables como firmeza, textura, carga microbiana y análisis sensorial. Además, se sugiere extender los estudios a condiciones de distribución y comercialización real para validar la aplicabilidad industrial de los tratamientos.

Realizar estudios sensoriales con paneles entrenados y consumidores que evalúen el impacto de los propóleos sobre sabor, aroma y aceptabilidad del loroco, identificando posibles modificaciones organolépticas según concentración, tipo de propóleo y tiempo de almacenamiento.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

235464.pdf | (s. f.). Recuperado 5 de octubre de 2025, de <https://ucdavis.app.box.com/s/edjcp89rnue8hapfe1h1t5ylqvza0kh8>

Alfaro, B., & Reyes, P. (2022). Evaluación de la actividad anti-*Helicobacter pylori* de propóleos procedentes de tres localidades de El Salvador

Alishahi, A., & Aïder, M. (2012). Applications of Chitosan in the Seafood Industry and Aquaculture: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 817-830. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0664-x>

Al-Qurashi, A. D., & Awad, M. A. (2018). Postharvest ethanolic extract of propolis treatment affects quality and biochemical changes of 'Hindi-Besennara' mangos during shelf life. *Scientia Horticulturae*, 233, 520-525. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.030>

Baños, D. F. C. (2014). Determinación de parámetros fisicoquímicos en mieles y propóleos mediante técnicas electroanalíticas (Tesis).

Bello, E. B., Loaiza, M. G., Pajón, C. M. G., & Restrepo, D. L. D. (2012). *Empleo de un Recubrimiento Formulado con Propóleos para el Manejo Poscosecha de Frutos de Papaya (Caricapapaya L. cv. Hawaiana)*.

Dantas Silva Rp, Machado Ba, Barreto Ga, Costa Ss, Andrade Ln, Rg, A., Aa, C., Ff, P., Jd, B., & Ma, U.-G. (2017). Antioxidant, antimicrobial, antiparasitic, and cytotoxic properties of various Brazilian propolis extracts. *PloS One*, 12(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172585>

Demasi, S., Mellano, M. G., Falla, N. M., Caser, M., & Scariot, V. (2021). Sensory Profile, Shelf Life, and Dynamics of Bioactive Compounds during Cold Storage of 17 Edible Flowers. *Horticulturae*, 7(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070166>

- Feás, X., Pacheco L, A, I., & Lm, E. (2014). Use of propolis in the sanitization of lettuce. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/ijms150712243>
- Fernandes, L., Saraiva, J. A., Pereira, J. A., Casal, S., & Ramalhosa, E. (2019). Post-harvest technologies applied to edible flowers: A review: Edible flowers preservation. *Food Reviews International*, 35(2), 132-154. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1473422>
- Filgueiras, C. T., Fakhouri, F. M., Garcia, V. A. dos S., Velasco, J. I., Nogueira, G. F., Ramos da Silva, L., & Oliveira, R. A. de. (2024). Effect of Adding Red Propolis to Edible Biodegradable Protein Films for Coating Grapes: Shelf Life and Sensory Analysis. *Polymers*, 16(7), 888. <https://doi.org/10.3390/polym16070888>
- Gómez, G. I. G. (1999). *Método de estudio de vida de anaquel de los alimentos*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55806>
- Han, J. H. (2014). Chapter 1—A Review of Food Packaging Technologies and Innovations. En J. H. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging (Second Edition)* (pp. 3-12). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00001-1>
- Hatsugai, N., & Katagiri, F. (2018). Quantification of Plant Cell Death by Electrolyte Leakage Assay. *Bio-Protocol*, 8(5). <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2758>
- Hettiarachchi, M. P., & Balas, J. (2010). Effects of cold storage on post harvest keeping quality of Gloriosa (*Gloriosa superba* L.) flowering stems. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 7(0). <https://doi.org/10.4038/tare.v7i0.5422>
- Infante-Rodríguez, F., Bautista-Martínez, Y., Reyes-Cabrera, B., Granados-Rivera, L. D., Efrén-Ramírez Bribiesca, J., Ruiz-Albarrán, M., & Salinas-Chavira, J. (2020). Use of propolis as a supplement in the diet of broiler chickens to

increase shelf-life of breast muscle. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 728-733.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1840445>

Lavanya, V., Nidoni, U., Kisan, B., Amarananjundeshwara, H., & Ramya, V. (2016). Physiological characterization of Jasmine flower (*Jasminum sambac*) senescence during storage. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3), 1475-1478. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.986>

Marcos-Gómez, R., Vera-Guzmán, A. M., Pérez-Ochoa, M. L., Martínez-Martínez, L., Hernández-Delgado, S., Martínez-Sánchez, D., y Chávez-Servia, J. L. (2024). *Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en especies de flores comestibles de Oaxaca*. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/8/3136>

Martínez, C., & Arely, M. (2008). *Caracterización molecular de poblaciones cultivadas de loroco (Fernaldia spp) en El Salvador*. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/11592>

Mendez, G. (2020). *Evaluación de las características fisicoquímicas y perfil cromatográfico por TLC de propóleos procedentes de cinco localidades de El Salvador*.

Meneses, S. M. O., & Valenzuela, J. R. C. (2008). *La atmósfera modificada: Una alternativa para la conservación de los alimentos*.

Morales, J. F. (2002). Studies in Neotropical Apocynaceae li: A Review of the Genus *Fernaldia*. *Rhodora*, 104(918), 186-200.

Morales, J. F. (2005). Estudio en las Apocynaceae S Str. (Apocynoideae, Rauvolfioideae) de Costa Rica.

Morales, J. F., Endress, M. E., & Liede-Schumann, S. (2017). Sex, drugs and pupusas: Disentangling relationships in Echiteae (Apocynaceae). *TAXON*, 66(3), 623-644. <https://doi.org/10.12705/663.7>

- Moreno, M. A., Vallejo, A. M., Ballester, A.-R., Zampini, C., Isla, M. I., López-Rubio, A., & Fabra, M. J. (2020). Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. *Food Hydrocolloids*, *107*, 105973. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105973>
- Ndibewu, P. P., Lefakane, T. E., & Netshiozwi, T. E. (2024). Effects of Titanium Dioxide (TiO₂) on Physico-Chemical Properties of Low-Density Polyethylene. *Polymers*, *16*(19), 2788. <https://doi.org/10.3390/polym16192788>
- Pastor, C., Sánchez-González, L., Marcilla, A., Chiralt, A., Cháfer, M., & González-Martínez, C. (2011). Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract. *Postharvest Biology and Technology*, *60*(1), 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.11.003>
- Patil, V., Baswal, A. K., Jakhar, V., & Parab, A. (2022). Effects of hydroxypropyl methylcellulose and Methylcellulose-based edible coatings on storage life and quality of horticultural crops: Review. *The Pharma Innovation Journal*, *11*(7), 2746-2752.
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., & Gniewosz, M. (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. *Trends in Food Science & Technology*, *83*, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.007>
- Popova, M., Bankova, V., Spassov, S., Tsvetkova, I., Silva, M. V., Tsartsarova, M., & Naydenski, C. (2001). New Bioactive Chalcones in Propolis from El Salvador. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, *56*(7-8), 593-596. <https://doi.org/10.1515/znc-2001-7-819>
- Pu et. at. (2023). Advances in propolis and propolis functionalized coatings and films for fruits and vegetables preservation. *Food Chemistry*, *414*, 135662. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135662>

- Salamanca Grosso, G. (2017). *Origen, naturaleza, propiedades fisicoquímicas y valor terapéutico del propóleo*. <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/105718>
- Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., & Cháfer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.11.004>
- Sousa, J., Oliveira, R., Santos, A., Gamallo, O., ARAUJO, L., Middea, A., Cid, Y., & Nora Castro, R. (2023). Superabsorbent biodegradable CMC membranes loaded with propolis: Peppas-Sahlin kinetics release. *Polímeros*, 33. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20230010>
- Tumbariski, Y. D., Todorova, M. M., Topuzova, M. G., Georgieva, P. I., Petkova, N. T., & Ivanov, I. G. (2022). Postharvest Biopreservation of Fresh Blueberries by Propolis-Containing Edible Coatings Under Refrigerated Conditions. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(1), 99-112.
- Torres Romero, D. F., Benítez López, T. G., Carranza, F. A., Méndez Ramírez, G. R., & Ascencio León, L. (2024). Physico-chemical analysis and heavy metals in Salvadoran propolis. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/AT.ED.153122420099>
- Vasilaki, A., Hatzikamari, M., Stagos-Georgiadis, A., Goula, A. M., & Mourtzinis, I. (2019). A natural approach in food preservation: Propolis extract as sorbate alternative in non-carbonated beverage. *Food Chemistry*, 298, 125080. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125080>
- Villagrán-Paiz, A. E., Pérez-Monroy, M. A. (2020). *Informe Final Estudio de cinco técnicas de industrialización de la flor de loroco Fernaldia pandurata Woodson para conservar sus propiedades sensoriales*. https://cunori.edu.gt/descargas/Informe_Final_Estudio_de_cinco_tcnicas_d

e_industrializacin_de_la_flor_de_loroco__Fernaldia_pandurata_Woodson_p
ara_conservar_sus_propiedades_sensoriales..pdf

Zabaiou, N., Fouache, A., Trousson, A., Baron, S., Zellagui, A., Lahouel, M., & Lobaccaro, J.-M. A. (2017). Biological properties of propolis extracts: Something new from an ancient product. *Chemistry and Physics of Lipids*, 207(Pt B), 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.04.005>

Zhang, S. (2023). Recent Advances of Polyphenol Oxidases in Plants. *Molecules*, 28(5), 2158. <https://doi.org/10.3390/molecules28052158>

ANEXOS

Anexo N° 1.

Requisitos de calidad de propóleos crudo bajo la Norma Salvadoreña NSO 65.19.02:03

Características Sensoriales 4.2.1.	
Olor	Característico (balsámico y resinoso) dependiendo de su origen botánico, pudiendo variar de leve a intenso.
Color	Amarillo, café, verde, gris y otros, variando tonalidad conforme de su origen botánico.
Sabor	De suave balsámico a fuerte y picante, dependiendo de su origen botánico.
Consistencia	Varía de gomoso a pegajoso hasta duro y poroso dependiendo de la temperatura y contenido de la cera.

Características Fisicoquímicas 4.2.2.	
Humedad	Máximo 8%
Mezclas mecánica (residuo insoluble en etanol)	Máximo 30%
Cera	Máximo 30%
Índice de oxidación	Máximo 22 segundos.
Impurezas	Máximo 5%

Requisitos de calidad fisicoquímicos Recomendados 4.2.3.	
Compuestos fenólicos	Reacción positiva
Flavonoides	Reacción positiva
Solubilidad en etanol	30-35%

Análisis Sensorial 8.1				
<i>Aspecto</i>	<i>Consistencia</i>	<i>Olor</i>	<i>Sabor</i>	<i>Color</i>
Masa redonda con brillo	Muy blanda	Inodoro	Picante	Amarillo
Masa irregular poco brillo	Blanda	Resinoso	Dulce	Café
Trozos irregulares con brillo	Poco blanda	Resinoso suave	Amargo	Verde
Polvo granulado	Dura	Resinoso aromático	Insípido	Gris

Anexo 2.

Procedimiento para la formación de película a base de hidroxipropilmetilcelulosa

Elaboración de una Película de Hidroximetilpropilcelulosa al 0.5%

Materiales

- Hidroximetilpropilcelulosa (HPMC) en polvo
- Agua destilada
- Beaker de 1500mL
- Agitador magnético con barra magnética
- Horno o estufa

Procedimiento

Una solución al 0.5% en un litro de agua, necesitarás 5 gramos de HPMC (0.5% de 1000 ml).

Vierte 900 ml de agua destilada en el recipiente de vidrio.

Agrega gradualmente los 5 gramos de HPMC al agua, espolvoreando lentamente para evitar la formación de grumos.

Coloca la barra magnética en el recipiente y enciende el agitador magnético a baja velocidad.

Continúa agitando hasta que el HPMC se disperse completamente y no queden grumos. Este proceso puede tardar varios minutos.

Ajuste del volumen, una vez que el HPMC se haya disuelto por completo, agrega agua destilada hasta completar un litro. Utilizar la varilla de vidrio para asegurar que la solución esté completamente homogénea. Una vez completada la solución. Almacenar en un lugar seco y fresco hasta su uso.

Anexo 3

Apéndice A

Registro de variaciones de peso y porcentaje de pardeamiento en
botones florales



Universidad de El Salvador
Facultad de Química y Farmacia



REGISTRO DE PESO Evaluación de extractos de

propóleo Descripción general

Responsable de la medición: _____ Empaque: _____

Pérdida de humedad

Correlativo	Muestra	Peso 1 fecha:	Peso 2 fecha:	Peso 3 fecha:	Peso 4 fecha:	Peso 5 fecha:	Peso 6 fecha:
01	CONTROL	_____	_____	_____	_____	_____	_____
02		_____	_____	_____	_____	_____	_____
03	HPMC	_____	_____	_____	_____	_____	_____
04		_____	_____	_____	_____	_____	_____
05	EEP Verde + HPMC	_____	_____	_____	_____	_____	_____
06		_____	_____	_____	_____	_____	_____
07	EEP Verde	_____	_____	_____	_____	_____	_____
08		_____	_____	_____	_____	_____	_____
09	EEP Café + HPMC	_____	_____	_____	_____	_____	_____
10		_____	_____	_____	_____	_____	_____
11	EEP Café	_____	_____	_____	_____	_____	_____
12		_____	_____	_____	_____	_____	_____
13		_____	_____	_____	_____	_____	_____
14		_____	_____	_____	_____	_____	_____
15		_____	_____	_____	_____	_____	_____
16		_____	_____	_____	_____	_____	_____

Observaciones:



Apéndice B

REGISTRO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD

Evaluación de extractos de propóleo

Descripción general

Responsable de la medición: _____ Empaque: _____

Temp. ambiental

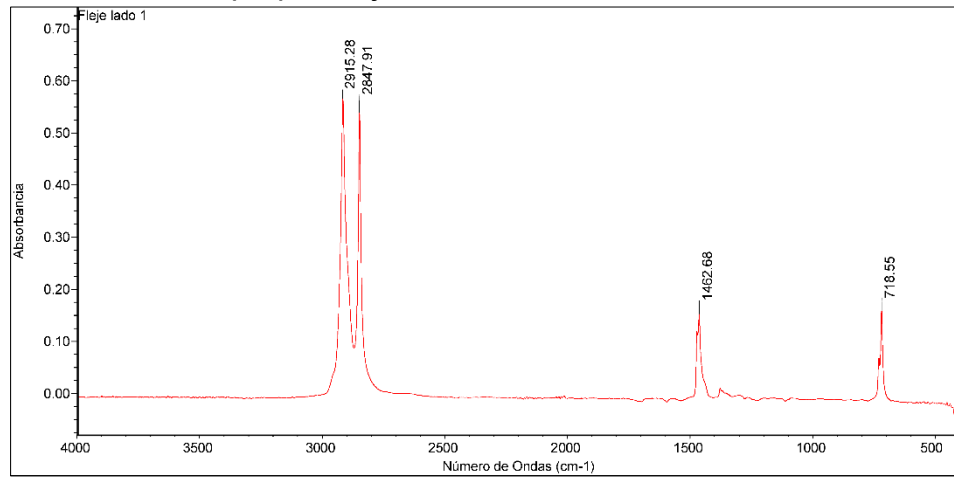
GABACHA	Correlativo	Muestra	Pardeados	No Pardeados	Parcial	Total	% Individual
	01	CONTROL					
	02						
	03	HPMC					
	04						
	05	EEP Verde + HPMC					
	06						
	07						
	08	EEP Verde					
	09						
	10						
11							

Observaciones:

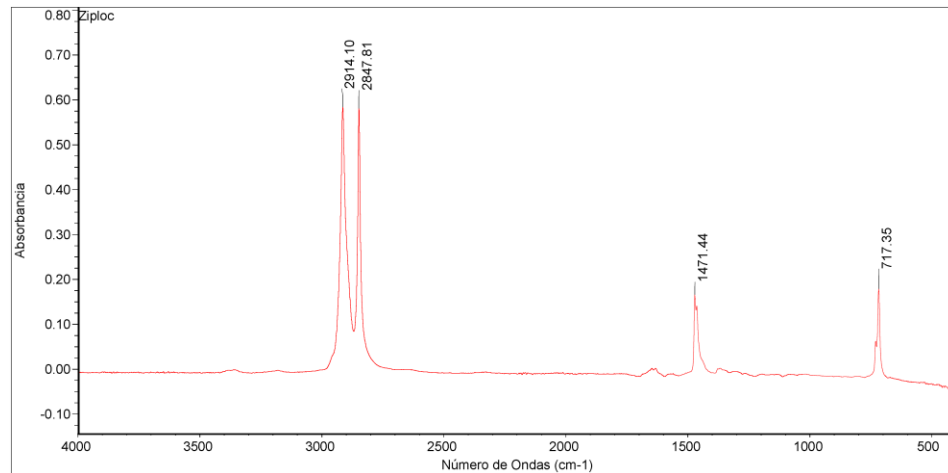
Anexo 4

ESPECTROS IR INDIVIDUALES DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE (BOLSA TIPO “GABACHA”, BOLSA RESELLABLE “ZIPLOC” Y EMPAQUE “FLEJE”)

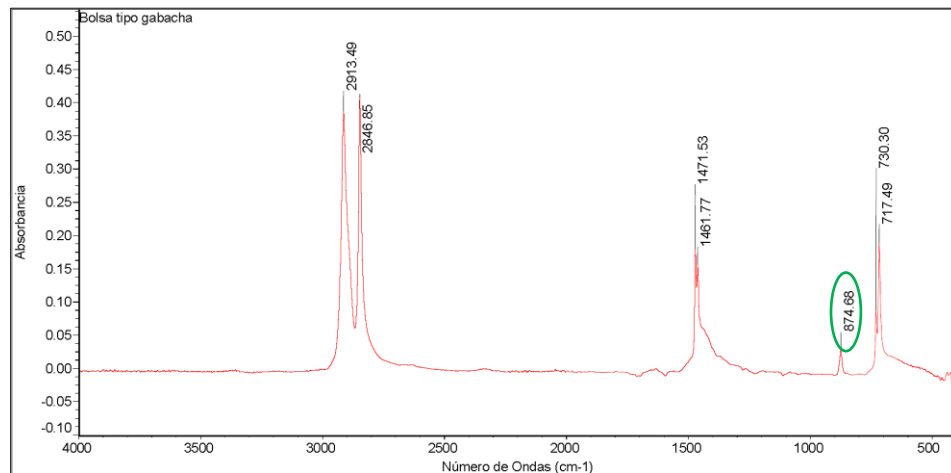
Apéndice A: Material de empaque Fleje”



Apéndice B: Bolsa resellable tipo “Ziploc”



Apéndice C: Bolsa tipo “Gabacha”



Anexo 5

PROMEDIO DE PORCENTAJE DE PERDIDA DE HUMEDAD DE BOTONES FLORALES DE LOROCO (25 -35°C)

Extracto Etanólico de propóleos verde

Dia	EEPV 2%	Δ	EEPV 3%	Δ	EEPV 2% + HPMC 0.5%	Δ	EEPV 3% + HPMC 0.5%	Δ	Control
1	16.49%	6.61%	17.06%	6.04%	15.48%	7.62%	11.75%	11.3%	23.10%
2	25.93%	9.93%	27.21%	8.65%	25.75%	10.1%	20.13%	15.5%	35.86%
5	51.86%	11.7%	52.83%	10.7%	50.69%	12.7%	43.69%	19.9%	63.62%

Extracto Etanólico de propóleos Café

Dia	EEPC 2%	Δ	EEPC 3%	Δ	EEPC 2% + HPMC 0.5%	Δ	EEPC 3% + HPMC 0.5%	Δ	HPMC	Δ
1	13.63%	9.47%	16.83%	6.27%	13.24%	9.86%	13.64%	9.46%	21,70%	1.4%
2	22.44%	13.4%	27.69%	8.17%	22.15%	13.7%	22.73%	13.1%	33,94%	1.92%
5	47.70%	16.0%	54.26%	9.36%	45.63%	18.0%	46.97%	16.5%	60,86%	2.76%

Δ: Diferencia porcentual absoluta de cada tratamiento comparada con el grupo control

Anexo 6

PROMEDIO DE PORCENTAJE DE PERDIDA DE HUMEDAD DE BOTONES FLORALES DE LOROCO (5°C) Sin material de empaque

Extracto Etanólico de propóleos verde

Día	EEPV 2%	Δ	EEPV 3%	Δ	EEPV 2% + HPMC 0.5	Δ	EEPV 3% + HPMC 0.5	Δ	Control
1	10.16%	4.45%	11.46%	3.15%	8.88%	5.73%	9.04%	5.57%	14.61%
2	15.59%	5.01%	17.29%	4.31%	14.35%	7.26%	16.84%	4.76%	21.60%
5	28.75%	7.05%	29.57%	6.23%	26.42%	9.38%	28.05%	7.75%	35.80%
7	36.02%	8.18%	36.84%	7.36%	33.18%	11.0%	33.95%	10.2%	44.20%
12	50.39%	8.97%	50.92%	8.47%	47.23%	6.16%	47.18%	12.2%	59.39%

Extracto Etanólico de propóleos café

Día	EEPC 2%	Δ	EEPC 3%	Δ	EEPC 2% + HPMC0.5	Δ	EEPC 3% + HPMC0.5	Δ	HPMC	Δ
1	6.07%	8.54%	7.57%	7.04%	5.53%	9.08%	5.31%	9.03%	14.11%	0.5%
2	10.74%	10.8%	13.50%	8.1%	11.38%	10.2%	9.76%	11.8%	20.60%	1.0%
5	21.24%	14.6%	26.44%	9.36%	22.44%	13.4%	19.98%	15.8%	33.40%	2.4%
7	27.58%	16.6%	33.69%	10.5%	29.38%	14.8%	25.68%	18.5%	42.80%	1.4%
12	42.33%	17.0%	46.55%	12.8%	42.29%	17.1%	36.27%	23.1%	57.19%	2.2%

Δ : Diferencia porcentual absoluta de cada tratamiento comparada con el grupo control

Anexo 7

PORCENTAJE DE PERDIDA DE HUMEDAD EN BOTONES FLORALES DE LOROCO ALMACENADOS EN TRES DIFERENTES EMPAQUES POLIMÉRICOS.

Bolsa TIPO “Gabacha”

Dia	EEPV	Δ	EEPC	Δ	EEPV + HPMC	Δ	EEPC + HPMC	Δ	HPMC	Δ	Control
2	2.07%		1.77%		1.96%		1.83%		-1.27%		2.24%
5	4.2%		3.88%		2.52%		4.15%		4.37%		2.11%
7	9.36%		11.34%		8.55%		9.73%		10.22%		14.39%
12	11.2%	6.06%	13.46%	3.8%	10.69%	6.57%	12.49%	4.77%	11.6%	5.66%	17.26%

Bolsa Cierre Hermético Tipo “Ziploc”

Dia	EEPV	Δ	EEPC	Δ	EEPV + HPMC	Δ	EEPC + HPMC	Δ	HPMC	Δ	Control
2	1.31%		-0.67%		1%		2.89%		1.32%		1.16%
5	3.56%		0.33%		3.6%		5.23%		2.75%		4.01%
7	6.44%		5.05%		8.22%		7.24%		6.21%		6.36%
12	8.22%	0.29%	6.46%	2.08%	9.26%	-0.75%	8.94%	-0.43%	8.05%	0.46%	8.51%

Material de Empaque Tipo “Fleje”

Dia	EEPV	Δ	EEPC	Δ	EEPV + HPMC	Δ	EEPC + HPMC	Δ	HPMC	Δ	Control
2	1.67%		1.33%		1.63%		1.68%		2.15%		1.16%
5	3.67%		3.1%		3.94%		3.67%		4.73%		4.03%
7	7.83%		7.93%		7.92%		7.59%		8.54%		8.52%
12	11.0%	1.4%	10.81%	1.61%	11%	1.42%	13.02%	-0.6%	8.28%	4.14%	12.42%

Δ: Diferencia porcentual absoluta de cada tratamiento comparada con el grupo control

Anexo 8

PROPORCIÓN DE UNIDADES PARDECIDAS EN MUESTRAS SOMETIDAS A TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE TEMPERATURA AMBIENTE.

Extracto Etanólico de propóleos Verde EEPV

Días	Control	HPMC 0.5	EEPV 2%	EEPV 3%	EEPV 2% + HPMC0.5%	EEPV 3% + HPMC 0.5 %
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	2.83%	10.11%	4.61%	10.46%	9.67%	4.79%
5	79.86%	80.99%	75.02%	82.72%	86.00%	73.32%

Extracto Etanólico de Propóleos Café EEPC

Días	Control	HPMC 0.5	EEPC 2%	EEPC 3%	EEPC 2% + HPMC 0.5%	EEPC 3 % + HPMC 0.5%
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	2.83%	10.11%	9.08%	5.88%	1.80%	2.82%
5	79.86%	80.99%	83.01%	92.70%	89.30%	89.32%