



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE 1-METILCICLOPROPENO
(1-MCP) Y CERA DE CARNAUBA SOBRE LA CALIDAD DE
POSTCOSECHA DE LA PALTA HASS (*Persea americana* Mill.)**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. AURELIA CALDERON APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2024



Aurelia Calderon Apaza

**ELEFECTO DE LA APLICACIÓN DE 1-METILCICLOPROPENO
(1-MCP) Y CERA DE CARNAUBA SOBRE LA CALIDAD DE POST**

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:417545166

139 Páginas

Fecha de entrega
19 dic 2024, 11:51 a.m. GMT-5

26,959 Palabras

Fecha de descarga
19 dic 2024, 11:56 a.m. GMT-5

148,626 Caracteres

Nombre de archivo
AURELIA CALDERON APAZA-BORRADOR OFICIAL ULTIMO 19122024.pdf

Tamaño de archivo
3.1 MB





13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
29 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. Alejandro Coloma Paxi
INGENIERO AGRONÓMICO



Dr. ULISES ALVARADO MAMANI
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPIAI - FCA





DEDICATORIA

A Dios por la vida y salud, por guiarme, darme fuerzas, sabiduría e inteligencia durante mi formación profesional.

A mis queridos padres Francisco Calderon y Dominga Apaza, por inculcarme valores y con mucha paciencia, sacrificio, esfuerzo y apoyo incondicional supieron educarme y apoyarme a lo largo de mi vida y formación profesional, con sus palabras y oraciones permitieron mantenerme de pie.

A mis hermanos Marisol, Rene, Yeny, Deliana, Lisbeth por su apoyo moral e incondicional y estar siempre pendientes de mi en todos mis logros.

A mis amigos y a todas las personas que me apoyaron directo e indirectamente e hicieron posibles este trabajo de investigación.

Aurelia Calderon Apaza



AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado y permitido lograr esta meta importante en el proceso de mi formación profesional, por haberme guiado, por darme la salud necesaria para seguir con vida.

A mis Padres y Hermanos por su apoyo incondicional y consejos que me dieron para seguir adelante durante el trabajo de investigación.

A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ciencias Agrarias y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y a mis docentes por sus enseñanzas y por haberme contribuido conocimientos a lo largo de mi formación profesional,

En especial agradezco profundamente a mi asesor y director de tesis, Dr. Alejandro Coloma Paxi por sus conocimientos, orientación, apoyo incondicional, paciencia y dedicación durante la realización del presente trabajo de investigación.

A los distinguidos miembros del jurado Ing. Edgar Gallegos Rojas, M.Sc. Nury Yaneth Mayta Barrios y al Dr. Ronald Astete Tebes; por su apoyo, sugerencias acertadas y sus valiosas contribuciones en la corrección del presente trabajo de investigación.

Al Tec. Pablo Silva Condori personal encargado del laboratorio de Microbiología y Postcosecha de E.P. Ingeniería Agroindustrial, por haberme enseñado y dado las facilidades del uso durante la ejecución del trabajo de investigación.

A mis amigos por sus consejos y recomendaciones.

Aurelia Calderon Apaza



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	23
2.2. MARCO TEORICO.....	25
2.2.1. Palta	25
2.2.2. Clasificación Taxonómica	26
2.2.3. Variedades de Palta.....	26
2.2.3.1. Variedad Hass.....	26
2.2.3.2. Variedad Fuerte	27
2.2.3.3. Variedad Lamb Hass	27



2.2.3.4. Variedad Edranol.....	28
2.2.3.5. Variedad Bacon	28
2.2.3.6. Variedad Nabal.....	28
2.2.3.7. Variedad Zutano	29
2.2.4. Composición Química de la Palta.....	29
2.2.5. Madurez del fruto.....	31
2.2.5.1. Madurez fisiológica	32
2.2.5.2. Madurez Organoléptica	32
2.2.6. Cosecha.....	33
2.2.7. Postcosecha.....	33
2.2.8. Almacenamiento	34
2.2.9. Factores que Influyen en el deterioro	35
2.2.9.1. Etileno	35
2.2.9.2. Respiración.....	35
2.2.10. Parámetros de calidad.....	36
2.2.10.1. Pérdida de Peso	36
2.2.10.2. Firmeza.....	37
2.2.10.3. Color.....	37
2.2.10.4. Análisis microbiológicos	38
2.2.11. Recubrimiento	39
2.2.11.1. Cera de Carnauba	39
2.2.11.2. 1-Metilciclopropeno.....	40
2.2.11.3. Efecto del 1-Metilciclopropeno.....	40
2.2.12. Vida útil.....	41
2.2.13. Factores que determinan la vida útil	41



2.2.13.1. Factores internos	41
2.2.13.2. Factores externos.....	42
2.2.14. Métodos para prolongar la vida útil	43
2.2.14.1. Uso de recubrimientos	43
2.2.14.2. Tecnología de almacenamiento.....	43

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	45
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	45
3.2.1. Materia prima	45
3.2.2. Reactivos e Insumo	45
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO	46
3.3.1. Materiales.....	46
3.3.2. Equipos	46
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	47
3.4.1. Tratamiento postcosecha con cera de Carnauba en plata Hass	47
3.4.2. Primera etapa (Preparación de la cera)	48
3.4.3. Segunda etapa (Aplicación de la cera Carnauba a la Palta).....	49
3.4.4. Aplicación de 1- Metilciclopropeno	51
3.4.5. Descripción de la aplicación de 1- Metilciclopropeno en paltas Hass ...	52
3.4.6. Aplicación de 1-Metilciclopropeno y Cera de Carnauba.....	53
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	54
3.5.1. Análisis fisicoquímicos	54
3.5.1.1. Pérdida de peso (%PP).....	54
3.5.2. pH.....	54



3.5.3. Firmeza	55
3.5.4. Acidez	55
3.5.5. Color	56
3.5.6. Análisis microbiológicos	56
3.5.7. Vida útil	57
3.6. VARIABLES DE ESTUDIO	58
3.7. VARIABLES DE RESPUESTA	59
3.8. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA EL PRIMERO Y SEGUNDO OBJETIVO PRINCIPAL	59
3.8.1. Formulación de hipótesis	60
3.9. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA EL TERCER OBJETIVO	61
3.9.1. Formulación de hipótesis	62
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO (ACIDEZ TITULABLE, SOLIDOS SOLUBLES, PH, PÉRDIDA DE PESO, FIRMEZA Y COLOR).....	63
4.1.1. % de acidez en paltas Hass	63
4.1.2. ° Brix en paltas Hass	66
4.1.3. pH en paltas Hass	68
4.1.4. Porcentaje de pérdida de peso en paltas Hass	70
4.1.5. Firmeza en paltas Hass	73
4.1.6. Cambio de color en las paltas Hass respecto al tiempo.....	75
4.1.7. Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de rojo/verde (a*).....	77



4.1.8. Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de amarillo/azul (b).....	79
4.2. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO (LEVADURAS Y MOHOS).....	82
4.2.1. Levaduras.....	82
4.2.2. Mohos	85
4.3. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO (VIDA ÚTIL).....	87
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	92
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	110

Área: Ingeniería y tecnología.

Tema: Propiedades físicas y estructurales.

Fecha de sustentación: 27 de diciembre del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Componentes de la Palta de variedad Hass.....	30
Tabla 2 Temperaturas de almacenamiento de las variedades de palta con respecto a la vida útil	34
Tabla 3 Componentes principales de Cera de Carnauba	40
Tabla 4 Variables de estudio respecto a cada objetivo.....	58
Tabla 5 Variables respuesta respecto a cada objetivo.....	59
Tabla 6 Datos de porcentaje de Acidez en la palta bajo los tratamientos postcosecha	110
Tabla 7 Anova para el porcentaje de Acidez	111
Tabla 8 Duncan para porcentaje de Acidez	111
Tabla 9 Datos de los grados brix en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	112
Tabla 10 Anova para los ° Brix	113
Tabla 11 Duncan para ° Brix	113
Tabla 12 Datos de pH de la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	114
Tabla 13 Anova para el pH.....	115
Tabla 14 Duncan para pH	115
Tabla 15 Datos de porcentaje de pérdida de peso palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	116
Tabla 16 Anova para el porcentaje de pérdida de peso.....	117
Tabla 17 Duncan para % de pérdida de peso.....	117
Tabla 18 Resultados experimentales de la Firmeza	118



Tabla 19	Anova para Firmeza	119
Tabla 20	Duncan para Firmeza	119
Tabla 21	Datos del valor “L” en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	120
Tabla 22	Anova para “L”	121
Tabla 23	Duncan para L	121
Tabla 24	Datos del valor “b” en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	122
Tabla 25	Anova para b	123
Tabla 26	Duncan para b	123
Tabla 27	Datos del valor “a” de la palta bajo la aplicación de tratamientos postcosecha	124
Tabla 28	Análisis de varianza para a	125
Tabla 29	Cuadro de comparación múltiple Duncan para a	125
Tabla 30	Datos de la cantidad de levaduras en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	126
Tabla 31	Anova para Levaduras	127
Tabla 32	Duncan para las Levaduras	127
Tabla 33	Datos de cantidad de mohos de la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha	128
Tabla 34	Anova para Mohos	129
Tabla 35	Duncan para Mohos	129
Tabla 36	Datos de vida útil de la palta bajo la aplicación de tratamiento postcosecha	130
Tabla 37	Anova para tiempo de vida útil	130



Tabla 38 Duncan para tiempo de vida vida útil 130



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Síntesis de la acción del etileno durante la maduración de las frutas	35
Figura 2 Grado de Madurez y color del fruto	38
Figura 3 Representación de los efectos del etileno aplicado en frutos	41
Figura 4 Diagrama de flujo de la preparación del recubrimiento de Cera de Carnauba en escamas	47
Figura 5 Diagrama de flujo de la aplicación del tratamiento postcosecha con Cera de Carnauba a las paltas	49
Figura 6 Diagrama de flujo para el uso del 1-MCP como tratamiento postcosecha en las paltas	51
Figura 7 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al % de acidez	64
Figura 8 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto los °Brix	66
Figura 9 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al pH	69
Figura 10 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al % de Pérdida de Peso.....	71
Figura 11 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la Firmeza	74
Figura 12 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la luminosidad (L).....	76
Figura 13 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de rojo/verde (a)	78
Figura 14 Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de amarillo/azul (b)	80



Figura 15	Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al cambio de color en las paltas	81
Figura 16	Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la cantidad de levaduras $\times 10^2$ UFC/gr	83
Figura 17	Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la cantidad de Mohos $\times 10^2$ UFC/gr.....	86
Figura 18	Cálculo de la vida útil respecto a cada tratamiento postcosecha aplicado a las paltas Hass	88



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Resultados experimentales de las variables respuesta.....	110
ANEXO 2 Temperatura y Humedad relativa durante el almacenamiento.	131
ANEXO 3 Comportamiento la pulpa de la palta con tratamiento postcosecha respecto al tiempo de almacenamiento.....	132



ACRÓNIMOS

1-MCP:	1 Metilciclopropeno
CW:	Cera de Carnauba
TP-0:	Palta sin recubrimiento.
TP-1:	Palta con 1-MCP.
TP-2:	Palta con Cera de Carnauba.
TP-3:	Palta 1-MCP más Cera de Carnauba.
ANOVA:	Análisis de Varianza.
DCA:	Diseño completamente al azar
UFC:	Unidad formadoras de colonia.
%PP:	Porcentaje de pérdida de peso.
Pf:	Peso final.
Pi:	Peso inicial
Ppb:	Partes por billón.
pH:	Potencial de hidrogeniones.
Min:	Minutos.
AOAC:	Association of Official Analytical Chemists methods
Df:	Grados de Libertad
Sum Sq:	Suma de cuadrados
Mean Sq:	Cuadrados medios
F value:	F calculada
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática.
UFC/g:	Unidad formadoras de colonia por gramo.
%PP:	Porcentaje de pérdida de peso.
Pi:	Peso inicial.



Pf:	Peso final.
Gr:	Gramos.
ml:	mililitros.
µm:	Micrómetro.



RESUMEN

La palta Hass (*Persea americana* Mill) es un fruto de alta demanda y exportación, pero su calidad se ve afectada durante el almacenamiento debido a su naturaleza climática. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y cera de carnauba en la calidad postcosecha de la Palta Hass (*Persea americana* Mill). Las variables experimentales fueron cuatro tratamientos postcosechas (TP-0: Sin recubrimiento, TP-1: 1-MCP, TP-2: cera de carnauba y TP-3: 1MCP y cera de carnauba) y tiempo de almacenamiento (0, 6, 12, 18, 24 y 30). Las paltas Hass fueron adquiridas de los productores de San Gaban, Puno. Las muestras tratadas fueron evaluadas las características fisicoquímicas (acidez titulable, sólidos solubles, pH, pérdida de peso, firmeza y color) y las características microbiológicas (mohos y levaduras). Se evaluó la vida útil utilizando la ecuación de cinética de deterioro, considerando los parámetros de control de firmeza. Los experimentos del primero y segundo objetivo fueron conducidos bajo diseño completamente al azar con arreglo factorial (4x6x3 repeticiones) y para el tercer objetivo fue el diseño completamente al azar de un solo factor. Los resultados mostraron que el tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento afectaron significativamente en las características fisicoquímicas, microbiológicas y tiempo de vida útil. Por lo tanto, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba representa una estrategia eficaz para mantener la calidad y extender la vida útil de la palta Hass durante el almacenamiento.

Palabras claves: 1-Metilciclopropeno(1-MCP), Cera de carnauba, Palta Hass y Vida útil.



ABSTRACT

The Hass avocado (*Persea americana* Mill) is a highly demanded and exported fruit, but its quality is affected during storage due to its climacteric nature. The objective was to evaluate the effect of applying 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and carnauba wax on the postharvest quality of Hass avocado (*Persea americana* Mill). The experimental variables included four postharvest treatments (TP-0: No coating, TP-1: 1-MCP, TP-2: Carnauba wax, and TP-3: 1-MCP and Carnauba wax) and storage time (0, 6, 12, 18, 24, and 30 days). The Hass avocados were sourced from producers in San Gaban, Puno. The treated samples were analyzed for physicochemical characteristics (titratable acidity, soluble solids, pH, weight loss, firmness, and color) and microbiological characteristics (molds and yeasts). Shelf life was evaluated using the deterioration kinetics equation, considering firmness as a control parameter. The experiments for the first and second objectives were conducted using a completely randomized design with a factorial arrangement (4x6x3 repetitions), while a completely randomized design with a single factor was used for the third objective. The results showed that the postharvest treatment and storage time significantly affected the physicochemical and microbiological characteristics. Therefore, the combination of 1-MCP and carnauba wax represents an effective strategy to maintain quality and extend the shelf life of Hass avocado during storage.

Keywords: 1-Methylcyclopropene (1-MCP), Carnauba wax, Hass avocado and Shelf life.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La palta Hass (*Persea americana* Mill) se posiciona como uno de los frutos de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a su elevado contenido nutricional y a la creciente demanda tanto en mercados locales como internacionales (Dávila *et al.*, 2017). No obstante, al ser un fruto climatérico, su proceso de maduración continúa después de la cosecha, lo que genera una rápida degradación de su calidad comercial (Lieu *et al.*, 2024). Los principales desafíos relacionados con su conservación incluyen la pérdida de peso, el excesivo ablandamiento, alteraciones en las características fisicoquímicas y la proliferación de microorganismos como levaduras y mohos (Angamarca *et al.*, 2023), factores que limitan su vida útil y disminuyen su aceptación por parte de los consumidores.

Ante estas problemáticas, las tecnologías postcosecha han emergido como soluciones innovadoras para prolongar la calidad de estos productos frescos. Entre estas tecnologías, destaca el uso del 1-metilciclopropeno (1-MCP), un compuesto que inhibe la acción del etileno, ralentizando el proceso de maduración al bloquear sus receptores (Farris & Pashova, 2023).. Este tratamiento contribuye significativamente a extender la vida útil de frutos como la palta. Asimismo, recubrimientos naturales como la cera de carnauba han demostrado ser eficaces para reducir la pérdida de agua, proteger la superficie del fruto frente a contaminantes microbianos y mejorar su apariencia, haciéndolo más atractivo para el mercado (Guan *et al.*, 2015).

Por otro lado, el desarrollo de recubrimientos comestibles elaborados a partir de materiales, ceras ha captado gran interés en la industria agroalimentaria. Estos recubrimientos actúan como barreras frente al intercambio de gases, disminuyendo la



respiración del fruto y retrasando su maduración. Una alternativa prometedora es el uso de ceras de carnauba, que aporta al producto brillo y aceptabilidad. Estas innovaciones no solo mejoran la vida útil de los frutos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y calidad del alimento en los mercados nacionales e internacionales (Dávila *et al.*, 2017).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y cera de carnauba en la calidad de postcosecha de la Palta Hass (*Persea americana* Mill).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la aplicación de 1-MCP y Cera de Carnauba sobre las características fisicoquímicas (acidez titulable, sólidos solubles, pH, pérdida de peso, firmeza y color) durante el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente de la Palta Hass (*Persea americana* Mill).
- Evaluar la aplicación de 1-MCP y Cera de Carnauba sobre las características microbiológicas (Mohos y levaduras) durante el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente de la Palta Hass (*Persea americana* Mill).
- Evaluar la aplicación de 1-MCP y Cera de Carnauba en el tiempo de vida útil en la Palta Hass (*Persea americana* Mill) durante el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Chen *et al.*, (2019) evaluaron el impacto de recubrimientos a base de cera de carnauba (CW) y monolaurato de glicerol (CW-ML) en la calidad y vida útil del azufaifo indio (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) durante 12 días de almacenamiento a 20°C, en comparación con frutas sin tratamiento (control). Ambos recubrimientos redujeron significativamente la pérdida de peso, la tasa de respiración y la producción de etileno, retrasaron el ablandamiento y los cambios de color, y conservaron niveles superiores de clorofila y ácido ascórbico. El recubrimiento CW GML destacó por su mayor eficacia, con una tasa de descomposición del 44.3 %, frente al 65.6 % del CW y al 100 % del control. Estos hallazgos posicionan al CW ML como una estrategia eficiente para prolongar la vida útil del azufaifo indio, optimizando las prácticas de postcosecha y promoviendo la conservación de frutas frescas bajo condiciones controladas.

Hasan *et al.* (2024) analizaron el efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y diferentes condiciones de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos y vida útil del mango (*Mangifera indica* L. cv. BARI-4). Se evaluaron cinco concentraciones de 1-MCP (0, 0.5, 1.0, 10.5 y 2.0 $\mu\text{L/L}$) en tres condiciones: temperatura ambiente (29 ± 3 °C, $65\pm 2\%$ HR), frío (3 ± 1 °C, $80\pm 2\%$ HR) y en una estructura optimizada (10 ± 1 °C, 90% HR). El tratamiento con 1-MCP a 1.0 $\mu\text{L/L}$ destacó por retrasar la pérdida de calidad, manteniendo mayor firmeza, menor cambio de color y conservando compuestos bioactivos. Este tratamiento prolongó la vida útil del mango a 14 días en temperatura ambiente, 34 días en frío y 46 días en la estructura optimizada. Los hallazgos confirman que



MCP, combinado con almacenamiento adecuado, es una estrategia eficiente para extender la vida útil del mango, preservar su calidad nutricional y visual, y reducir pérdidas postcosecha, beneficiando la comercialización y distribución de este fruto perecedero.

Munhuweyi *et al.* (2020) analizaron estrategias sostenibles y libres de químicos para optimizar la vida útil de los aguacates, destacando tecnologías como atmósferas modificadas, tratamientos térmicos y recubrimientos biodegradables con propiedades antimicrobianas. Los recubrimientos naturales mostraron alta eficacia para mitigar daños por frío y descomposición, problemas frecuentes en la variedad 'Hass'. Estas soluciones no solo preservan la calidad postcosecha, sino que también responden a las demandas de sostenibilidad y consumo responsable. Los hallazgos confirman que los tratamientos no químicos son una opción viable para prolongar la conservación del aguacate, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

Motamedi *et al.* (2018) evaluaron la eficacia de los recubrimientos de emulsión de cera de carnauba con nanoarcilla para preservar la calidad postcosecha de naranjas 'Valencia' en condiciones simuladas de almacenamiento y comercialización. Las formulaciones con nanoarcilla (0.5 % y 1.0 %) demostraron mejorar significativamente la calidad sensorial y nutricional, además de reducir la pérdida de peso durante el almacenamiento, superando a las ceras comerciales y frutas sin recubrimiento. Análisis estadísticos confirmaron la consistencia y eficiencia de estas emulsiones. Los resultados posicionan a estas nanoformulaciones como una alternativa sostenible y rentable que optimiza la conservación postcosecha, alinea con prácticas sostenibles y responde a las demandas de calidad en productos frescos.

Hershkovitz *et al.* (2005) evaluaron el uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) como inhibidor de etileno para mejorar la calidad y prolongar la vida útil postcosecha de los



cultivares de palta 'Ettinger', 'Hass' y 'Pinkerton'. Aplicando 1-MCP a 300 ml l⁻¹ antes del incremento climatérico y almacenando las paltas a 5 °C durante 3,5 semanas, el tratamiento retrasó significativamente la maduración al reducir la producción de etileno y CO₂, ralentizar el ablandamiento, mantener el color verde de la cáscara y mejorar la conductividad eléctrica. Además, disminuyó el pardeamiento de la pulpa y las actividades de las enzimas PPO y POD, especialmente en 'Ettinger' y 'Pinkerton'. Estos resultados destacan el 1-MCP como una estrategia eficiente y sostenible para optimizar la calidad postcosecha y reducir pérdidas en la cadena de suministro.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Palta

La palta (*Persea americana*), originaria de Mesoamérica, es un fruto de alto valor nutricional, económico y cultural, apreciado por sus ácidos grasos monoinsaturados, vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes que benefician la salud cardiovascular, digestiva y ocular (Yahia, 2011).. Su versatilidad culinaria la convierte en ingrediente clave de diversas preparaciones, además de ser utilizada en la industria cosmética por sus propiedades hidratantes. Cultivada en regiones tropicales y subtropicales, países como México, Perú y Chile lideran su producción, mientras que su demanda internacional crece gracias a su reconocimiento como superalimento (Bartoli, 2008).

En junio de 2023, se reportó un incremento significativo en la producción de paltas en varios departamentos del Perú, destacando Arequipa (31,46%), Ica (22,21%), Lambayeque (17,67%), Lima (14,09%) y La Libertad (6,78%), debido que la temperatura oscila de 17°C a 30 °C que beneficio al cultivo en su fase de maduración. Sin embargo, en otros departamentos como Áncash (-15,44%), Junín



(-24,47%), Moquegua (-13,17%), Huancavelica (-9,33%), Ayacucho (-14,21%) y Cusco (-3,27%), la producción de paltas sufrió una disminución, debido a condiciones climáticas menos favorables o a factores agronómicos específicos (INEI, 2023).

2.2.2. Clasificación Taxonómica

Según Bernal & Dias (2005), la clasificación taxonómica de la Palta es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Spermatophyta*

Clase: *Dicotyledoneae*

Orden: *Laurales*

Familia: *Lauraceae*

Género: *Persea*

Especie: *Persea americana Mill*

2.2.3. Variedades de Palta

2.2.3.1. Variedad Hass

Es una de las variedades de palta más populares y comercializadas a nivel mundial, apreciada por su excelente calidad y versatilidad. Sus frutos son de tamaño mediano, con una forma ovalada y una cáscara gruesa de color verde oscuro que adquiere un tono negro característico al madurar. La pulpa es de color amarillo-cremoso, con un alto contenido de aceite que le proporciona una textura suave y mantecoso. Esta variedad es conocida por su prolongada vida útil, resistencia al manejo postcosecha y adaptabilidad a diferentes climas, lo que la convierte en una opción



preferida tanto para productores como para consumidores (Arpaia et al., 2018).

2.2.3.2. Variedad Fuerte

Es una variedad de palta reconocida por su adaptabilidad a diversos climas y su resistencia a temperaturas bajas. Los frutos son de tamaño mediano a grande, con forma ovalada o de pera y una cáscara delgada, lisa, de color verde brillante, que no cambia significativamente cuando madura. Su pulpa es de excelente calidad, de color amarillo claro, con un contenido moderado de aceite que le confiere un sabor suave y agradable. Es una variedad altamente valorada en la producción comercial por su buen rendimiento y capacidad de conservarse bien durante el transporte y almacenamiento (Ferro, 2001).

2.2.3.3. Variedad Lamb Hass

Es una variedad de palta que se distingue por su alto rendimiento y frutos de gran tamaño en comparación con la variedad Hass tradicional. Tiene una forma ovalada y una cáscara gruesa de color verde oscuro que se torna negra cuando madura, con una textura rugosa característica. Su pulpa es de excelente calidad, de color amarillo-cremoso, con un alto contenido de aceite que proporciona un sabor agradable. Es una variedad que destaca por su capacidad de madurar en el árbol durante más tiempo sin pérdida significativa de calidad, lo que la hace ideal para extender los períodos de cosecha en climas cálidos (Arpaia et al., 2018).



2.2.3.4. Variedad Edranol

Es una variedad de plata que destaca por su fruto de tamaño mediano, forma ovalada a ligeramente piriforme y una cáscara delgada de color verde oscuro con textura suave. Su pulpa, de excelente calidad, es de color amarillo intenso, con un contenido moderado a alto de aceite, lo que le confiere un sabor rico y cremoso. Es apreciada por su buena capacidad de almacenamiento y resistencia a las manipulaciones postcosecha. La variedad Edranol se adapta bien a climas templados y es valorada por su productividad consistente y su capacidad de madurar en el árbol sin deteriorarse rápidamente (Ferro, 2001).

2.2.3.5. Variedad Bacon

Es una variedad de palta conocida por su adaptabilidad a climas fríos y su buena productividad. Sus frutos son de tamaño mediano, con forma ovalada y una cáscara fina de color verde brillante que presenta una textura suave y facilidad para pelarse. La pulpa es de color amarillo claro, con un contenido moderado de aceite, lo que le da un sabor más suave y menos cremoso en comparación con otras variedades. Es una opción común en regiones donde las temperaturas pueden ser bajas, gracias a su resistencia y capacidad de florecer en condiciones menos favorables (Ferro, 2001).

2.2.3.6. Variedad Nabal

Es una variedad de palta que se distingue por su fruto de gran tamaño, forma redonda o ligeramente ovalada y cáscara gruesa, de color verde oscuro y textura rugosa. Su pulpa es de excelente calidad, de color



amarillo intenso, con un alto contenido de aceite que le confiere un sabor cremoso y rico. Esta variedad es conocida por su resistencia a climas cálidos y secos, así como por su productividad consistente. Es menos común en cultivos comerciales debido a sus requerimientos específicos de manejo y maduración más prolongada, pero valorada en mercados especializados por su calidad superior (Rodríguez et al., 2019).

2.2.3.7. Variedad Zutano

Es una variedad de palta caracterizada por su rápida capacidad de crecimiento y su uso frecuente como polinizador de otras variedades como Hass. Presenta frutos de tamaño mediano a grande, con cáscara delgada, de color verde brillante y textura lisa. Su pulpa es de color amarillo pálido, con un contenido moderado de aceite, lo que le otorga un sabor menos intenso en comparación con otras variedades. Se adapta bien a climas fríos y tiene una productividad elevada, siendo una opción destacada en cultivos con condiciones de temperaturas bajas (Ferro, 2001).

2.2.4. Composición Química de la Palta

La Tabla 1 muestra la composición química de la palta. Esta fruta contiene un alto porcentaje de agua y grasas, que varía en la pulpa según su estado de maduración y la variedad. Además, proporciona una cantidad significativa de calorías (131 kcal por cada 100 gramos de porción comestible). La palta es baja en proteínas, fibra y minerales (Sánchez, 2014).

Tabla 1

Componentes de la Palta de variedad Hass

Componentes	Contenido
Energía	131 kcal
Agua	79.2 gr
Proteínas	1.7 g
Grasa total	12.5 g
Carbohidratos	5.6 g
Calcio	37 mg
Zing	0.64
Hiero	0.6
Retinol	7.0 ug
Vitamina A	7.0 ug
Tiamina	0.09 mg
Rivoflavina	0.05 mg
Niacina	0.82 mg
Vitamina C	8 ml

Nota: La tabla presenta los componentes de la palta Hass cada 100 gr. Fuente Tomado de “Efecto de la aplicación de coberturas biodegradables y la temperatura sobre el color, firmeza, pérdida de peso y la aceptabilidad general en la palta (*Persea americana* Mill) variedad fuerte, durante el almacenamiento”, Sánchez, (2014).

La palta (*Persea americana*), un fruto altamente valorado por su contenido nutricional y funcional, experimenta cambios significativos en sus componentes químicos durante la postcosecha, lo que afecta tanto su calidad sensorial como su valor nutritivo (Ríos *et al.*, 2020). Estos cambios están influenciados por procesos fisiológicos y bioquímicos asociados a la maduración, el almacenamiento y las condiciones postcosecha.

Durante la postcosecha de la palta, los cambios en los lípidos son de particular importancia. El contenido lipídico, que puede representar alrededor de 12 % del peso fresco de la pulpa, varía según la variedad de la fruta (Marín *et al.*, 2021). Los ácidos grasos, en especial el ácido oleico, están sujetos a oxidación lipídica si las condiciones de almacenamiento no



son óptimas (Wang *et al.*, 2018). Esta oxidación puede generar compuestos secundarios que alteran significativamente el sabor y el aroma del fruto, conduciendo a una disminución de la calidad organoléptica. Además, un almacenamiento prolongado o inadecuado puede provocar la rancidez de los lípidos, afectando negativamente la percepción sensorial del consumidor.

La palta contiene entre alrededor de 79 % de agua, y esta puede perderse debido a la transpiración, especialmente en condiciones de baja humedad relativa y altas temperaturas (Carr, 2013). Esta pérdida de agua resulta en una textura arrugada y una disminución del atractivo visual del fruto, lo cual puede afectar su comercialización (Nunes, 2007). Para minimizar estos efectos negativos, es fundamental controlar las condiciones de almacenamiento, manteniendo una humedad relativa adecuada y temperaturas controladas.

2.2.5. Madurez del fruto

La madurez del fruto es un estado clave en el ciclo de vida del mismo, ya que marca la transición entre el desarrollo activo y la maduración, determinando su calidad y funcionalidad. Durante esta etapa, el fruto ha acumulado los sustratos necesarios para las transformaciones metabólicas posteriores, definiendo sus características organolépticas, como sabor, textura y aroma (Dos Santos *et al.*, 2015). La calidad del fruto se determina en el momento de la cosecha, influenciada por su grado de madurez fisiológica, lo cual tiene un impacto significativo tanto en su comportamiento durante el almacenamiento como en su idoneidad para el consumo (Zapata *et al.*, 2010).



2.2.5.1. Madurez fisiológica

Es el estado en el que la palta alcanza su desarrollo completo, una etapa crítica definida por el tamaño óptimo del fruto y su notable capacidad para permanecer en el árbol durante meses sin desprenderse ni deteriorarse, lo que resalta la importancia de un manejo adecuado durante su cultivo (Londoño, 2008). Este nivel de madurez fisiológica no solo garantiza que el fruto, una vez recolectado, pueda completar su proceso de maduración de manera natural, sino que también asegura que desarrolle plenamente sus características organolépticas, como un sabor equilibrado, una textura cremosa y un color atractivo, atributos que son esenciales para la aceptación del consumidor y el valor comercial. Por el contrario, una cosecha prematura no solo compromete la calidad del producto, sino que también puede derivar en problemas como encogimiento, una textura gomosa poco apetecible y pérdida de color, lo que disminuye su competitividad en el mercado (Zapata *et al.*, 2010). El conocimiento del momento ideal para la recolección se vuelve indispensable para los productores, ya que incide directamente en la calidad final del producto y en la sostenibilidad económica de la cadena de suministro, destacando la necesidad de prácticas agrícolas basadas en evidencia científica y criterios técnicos que respalden el manejo integral del cultivo.

2.2.5.2. Madurez Organoléptica

Se refiere al estado óptimo en el que un fruto presenta las características sensoriales ideales para su consumo, como sabor, aroma y textura, lo que lo hace apto para la comercialización. Es importante



destacar que esta etapa no se alcanza completamente mientras el fruto está en la planta; en cambio, se logra después de ser recolectado, cuando ha cumplido con una madurez fisiológica interna adecuada (Huamani, 2017).

2.2.6. Cosecha

La cosecha se define como el proceso de recolección de frutos en el momento adecuado para garantizar su calidad y minimizar posibles daños físicos como golpes, cortes o raspaduras, los cuales podrían afectar su apariencia y convertirse en puntos de entrada para microorganismos, comprometiendo su conservación durante el transporte y almacenamiento (Johana *et al.*, 2023). En el caso del aguacate, es crucial asegurar un adecuado manejo nutricional previo, con niveles óptimos de calcio y nitrógeno en los árboles, y realizar la recolección cuando el fruto alcanza parámetros específicos de calidad, como un 21.5% de materia seca en la palta Hass, lo que asegura plantaciones saludables y libres de plagas (Lemus *et al.*, 2005).

2.2.7. Postcosecha

La postcosecha se refiere al conjunto de actividades, procesos y prácticas que se llevan a cabo desde el momento en que un producto agrícola es recolectado hasta que llega al consumidor final, con el propósito de conservar su calidad, reducir pérdidas y aumentar su valor comercial. Incluye tareas como la manipulación, limpieza, clasificación, almacenamiento, transporte, empaque y acondicionamiento del producto para su comercialización, buscando optimizar su vida útil y minimizar el impacto ambiental en toda la cadena de suministro (Köhne & Mokgalabone, 2004).

2.2.8. Almacenamiento

Al almacenar las paltas en frío ralentiza el aumento rápido de la producción de CO_2 y C_2H_4 durante la maduración. Para prolongar la vida útil de los aguacates, se recomiendan diversas temperaturas, generalmente entre 5 y 13°C , a ese rango de temperatura se conservan las características propias de la palta como el color y su firmeza (Huamani, 2017).

El almacenamiento en frío de las paltas permite ralentizar el incremento acelerado en la producción de CO_2 y C_2H_4 durante su proceso de maduración. Para prolongar la vida útil de este fruto, se recomienda mantenerlo a temperaturas que oscilen entre 5°C y 13°C , rango que asegura la conservación de sus características esenciales, como el color y la firmeza (Huamani, 2017).

Tabla 2

Temperaturas de almacenamiento de las variedades de palta con respecto a la vida útil

Variedades	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Vida Útil (Semanas)
Hass	3 a 7	2 a 4
Fuerte	3 a 7	2 a 4
Lula	4	4 a 8
Fuchs	13	2
Booth	4	4 a 8

Nota: La tabla presenta las temperaturas óptimas a las cuales tiende a alargarse la vida útil de las paltas. Tomado de "Avocado (*Persea americana* Mill.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits", Yahia (2011).

2.2.9. Factores que Influyen en el deterioro

2.2.9.1. Etileno

El etileno (C_2H_4), un gas orgánico de estructura simple, desempeña un rol fundamental en los procesos fisiológicos en las paltas. Este compuesto se produce naturalmente como resultado del metabolismo en todos los tejidos de las plantas superiores y en algunos microorganismos. Como fitohormona, regula múltiples aspectos del crecimiento, desarrollo y envejecimiento vegetal, y su actividad es notable incluso a concentraciones extremadamente bajas, inferiores a 0.1 ppm. Entre sus funciones más importantes se encuentra la regulación de la abscisión o caída de órganos vegetales, subrayando su papel esencial en el ciclo de vida de las plantas (Sanches, 2013).

Figura 1

Síntesis de la acción del etileno durante la maduración de las frutas



Nota: La figura representa la síntesis del etileno durante la maduración de las frutas. Tomado de “Manual técnico poscosecha del aguacate Hass (*Persea americana* Mill)”, Zapata *et al.* (2010).

2.2.9.2. Respiración

En términos específicos, la vida útil de un producto en almacenamiento se acorta a medida que aumenta su ritmo respiratorio. Esta



relación inversa destaca cómo un mayor consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono aceleran los procesos metabólicos, lo que conlleva un deterioro más rápido del producto almacenado (Arias & Toledo, 2007).

A través de este proceso, se generan moléculas más simples, como dióxido de carbono y agua, que luego se emplean en diversas rutas de síntesis dentro del organismo. Estas reacciones no solo son esenciales para liberar energía, sino que también suministran los bloques de construcción necesarios para otras funciones celulares (Londoño, 2008).

2.2.10. Parámetros de calidad

2.2.10.1. Pérdida de Peso

Las frutas y hortalizas están compuestas en su mayoría por agua, lo que hace que la pérdida de este componente genere una reducción en el peso comercial del producto, afectando directamente su valor en el mercado. En un ambiente cálido y seco, una pérdida de agua del 5% puede provocar que los productos se marchiten y arruguen en cuestión de horas (Guadarrama, 2001).

La transpiración de los frutos persiste después de su recolección, lo que conlleva una reducción de peso fresco. Si no se almacenan en condiciones apropiadas, estas pérdidas pueden llegar a ser considerables (Guadarrama, 2001).



2.2.10.2. Firmeza

En los alimentos en general, es esencial la firmeza porque está estrechamente vinculada con la textura, y también sirve como un indicador de la vida útil. Este factor se usa para medir la frescura y calidad de frutas y verduras (Arana, 2012).

La firmeza de los frutos se mide con equipos especializados, como los penetrómetros, que determinan la penetración de una punta cónica según la madurez del fruto. Sin embargo, varios factores pueden influir en estos resultados, como una fertilización alta, la recolección después de períodos de mucha nubosidad, o la posición del fruto en el árbol, siendo diferentes los provenientes del interior del árbol en comparación con los más expuestos a la luz en las partes externas (Guadarrama, 2001).

2.2.10.3. Color

La percepción de los consumidores al momento de comprar frutas está fuertemente influenciada por su color, que actúa como un indicador de la calidad del fruto. Este atributo no solo sugiere el nivel de madurez de la fruta, sino que también se involucran los aspectos como la dulzura y el sabor agradable al consumidor, elementos cruciales para la aceptación del producto (Ahmed *et al.*, 2010).

Figura 2

Grado de Madurez y color del fruto

GRADO DE MADUREZ	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5
Detalle	Fruto de color verde claro brillante	Fruto con tonalidades verde oscuro, brillante	Fruto verde oscuro con notables lenticelas	Fruto verde oscuro con tono morado intenso	Fruto color vino tinto
Color del fruto					
Color de referencia					

Nota: La figura representa la variación del color respecto al grado de madures de la palta. Tomado de “Ficha comercial aguacate Hass”, Solagro (2020).

Para garantizar la calidad durante el almacenamiento, se deben evaluar varias áreas superficiales de la fruta. Lo más común para esta tarea es el sistema CIE LAB, que refleja el color mediante sensores que capturan los colores rojo, verde y azul, producto de las combinaciones de estos colores se llega al color que es diferenciable al ojo humano. El colorímetro del sistema CIE LAB mide varios aspectos del color utilizando coordenadas específicas: L^* indica la luminosidad. El parámetro a^* indica la dirección hacia el rojo, mientras que $-a^*$ corresponde a la dirección hacia el verde. Por otro lado, b^* representa la dirección hacia el amarillo, y $-b^*$ señala la dirección hacia el azul. Este sistema se fundamenta en la percepción cromática del ojo humano y es ampliamente empleado en la evaluación y cuantificación de colores (Rodríguez & Henao, 2019).

2.2.10.4. Análisis microbiológicos

Para controlar la alta contaminación microbiana que afecta a muchos productos frescos, es esencial encontrar métodos efectivos para inhibir el



crecimiento de la microflora. Sin embargo, diversos factores pueden influir en la eficacia de estos métodos, como los niveles de grasas y proteínas, el pH de la fruta y la temperatura de almacenamiento. Debido a esto el uso de recubrimientos comestibles mejoran su efectividad al incluir aditivos antimicrobianos (Quintero *et al.*, 2010).

2.2.11. Recubrimiento

2.2.11.1. Cera de Carnauba

Proveniente de las hojas de la palma *Copernicia prunifera*, que crece en regiones específicas del trópico sudamericano, la cera de carnauba es reconocida por su amplia gama de propiedades y aplicaciones industriales. Su notable capacidad para repeler el agua la posiciona como una opción ideal para la fabricación de recubrimientos protectores. Gracias a sus características hidrófobas, se utiliza para preservar diversos materiales y tejidos, aportándoles resistencia y protección frente a factores externos (Ponce, 2020).

Con un alto punto de fusión y la capacidad de proporcionar un brillo intenso y duradero, la cera de carnauba se distingue por su combinación de dureza y resistencia al desgaste. Además, su compatibilidad con otros tipos de cera, gracias a su composición (Tabla 3), facilita su incorporación en mezclas, consolidándola como la cera vegetal más relevante (Ponce, 2020).

Tabla 3

Componentes principales de Cera de Carnauba

Componentes	% Peso
Hidrocarburos	1.5 – 3.0
Ésteres	84 – 85
Alcoholes y resinas	6 – 9
Ácidos libres	3.3 – 5.0
Humedad	0.5 – 1.5
Residuos inorgánicos	1

Nota: La tabla representa los componentes de la cera de carnauba de carnauba. Tomado de “Desarrollo de un Recubrimiento Comestible con Cera Carnauba, Cera de Abeja y Manteca de Cacao en la Uvilla (*Physalis peruviana*)”, Ponce (2020).

2.2.11.2. 1-Metilciclopropeno

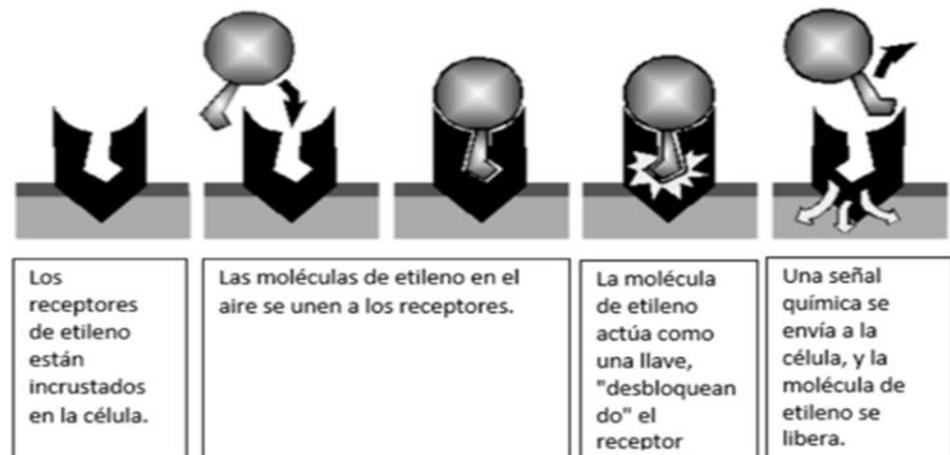
Clasificado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos como un regulador del crecimiento, el 1-MCP es considerado seguro para la salud humana. Las investigaciones iniciales y su desarrollo comercial se enfocaron en flores, demostrando su efectividad para retardar la senescencia natural. Este procedimiento se lleva a cabo mediante la aplicación del compuesto en estado gaseoso dentro de una cámara sellada (Guillen, 2009).

2.2.11.3. Efecto del 1-Metilciclopropeno

La activación del receptor de etileno ocurre cuando la molécula de etileno se une a él, provocando una reacción química en el tejido vegetal que desata los efectos del etileno (Blankenship, 2001).

Figura 3

Representación de los efectos del etileno aplicado en frutos



Nota: La figura representa la acción del etileno cuando es aplicado a frutos. Tomado de "Efectos del etileno y beneficios del 1-MCP", Blankenship, (2001).

2.2.12. Vida útil

La vida útil de un producto agrícola se refiere al período de tiempo durante el cual el fruto o vegetal mantiene sus características y calidad aceptables para el consumo (Ma *et al.*, 2017). La vida útil de un producto agrícola depende de factores como la variedad, las condiciones de cultivo, el manejo postcosecha, los métodos de almacenamiento y transporte (Meena *et al.*, 2023). Mediante un adecuado manejo a lo largo de la cadena de suministro, se busca maximizar este período de tiempo en el que el alimento mantiene su calidad, inocuidad y valor nutricional óptimos para el consumo (Aung & Chang, 2014).

2.2.13. Factores que determinan la vida útil

2.2.13.1. Factores internos

- **Variedad de la palta:** Las diferentes variedades, como Hass, Fuerte o Bacon, presentan características específicas que afectan su vida útil (Pisani *et al.*, 2017). Por ejemplo, la palta Hass tiende a



tener una vida útil más larga debido a su resistencia al daño mecánico y su piel más gruesa (Serrano *et al.*, 2024).

2.2.13.2. Factores externos

- **Condiciones de almacenamiento:** El almacenamiento adecuado de la palta requiere mantener una temperatura controlada, generalmente entre 5 °C y 15 °C según la variedad, para retrasar la maduración y minimizar la actividad enzimática que provoca el ablandamiento y deterioro; además, es fundamental garantizar una humedad relativa adecuada para evitar la pérdida de agua, el arrugamiento del fruto o el crecimiento de microorganismos, así como emplear atmósferas controladas o modificadas que regulen los niveles de oxígeno y dióxido de carbono, lo que ayuda a reducir la respiración y prolongar la vida útil del producto (Stephen & Radhakrishnan, 2022).
- **Recubrimientos aplicados:** Los recubrimientos comestibles, como ceras naturales o compuestos a base de alginatos, actúan como barreras contra la pérdida de humedad y el intercambio de gases, ralentizando el proceso de deterioro y manteniendo la frescura del fruto (Nair *et al.*, 2020).
- **Manejo postcosecha:** El manejo adecuado durante la recolección, transporte y almacenamiento es necesario para prevenir daños mecánicos que pueden acelerar el deterioro. Además, técnicas como el preenfriamiento inmediato después de la cosecha ayudan a reducir la respiración del fruto y prolongar su vida útil (Karithi, 2016).

2.2.14. Métodos para prolongar la vida útil

Para prolongar la vida útil de productos agrícolas como la palta es necesario mantener su calidad y reducir pérdidas postcosecha. Esto se logra mediante la implementación de métodos innovadores y técnicas de manejo adecuadas, que minimizan el deterioro físico, químico y microbiológico (Alzuabi *et al.*, 2024).

2.2.14.1. Uso de recubrimientos

Los recubrimientos comestibles son películas delgadas aplicadas sobre la superficie de los frutos, elaboradas a partir de materiales naturales como polisacáridos, proteínas y lípidos, que actúan como barreras semipermeables para regular el intercambio de gases y la pérdida de humedad (Kocira *et al.*, 2021). En el caso de la palta, recubrimientos a base ceras son efectivos para retrasar el oscurecimiento de la pulpa, minimizar la oxidación lipídica y reducir el crecimiento microbiano, especialmente cuando se enriquecen con compuestos bioactivos como antioxidantes o antimicrobianos, lo que mejora la calidad, prolonga la vida útil y preserva los atributos organolépticos del fruto durante su almacenamiento y comercialización (Garcia & Davidov, 2021).

2.2.14.2. Tecnología de almacenamiento

- **Atmósfera modificada (AM):** Este método consiste en ajustar los niveles de gases (oxígeno y dióxido de carbono) dentro de un empaque o cámara para reducir la tasa de respiración del fruto (Hertog *et al.*, 2003). En la palta, el uso de AM disminuye la



producción de etileno, un gas asociado con el proceso de maduración, prolongando su frescura (Berrios, 2002).

- **Refrigeración:** Mantener el fruto a bajas temperaturas ralentiza las reacciones metabólicas, como la respiración y la actividad enzimática (Chirinos *et al.*, 2022). Se debe evitar temperaturas demasiado bajas, ya que pueden causar daños por frío (Woolf *et al.*, 2003).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales se realizaron entre mayo y septiembre de 2024 en el Laboratorio de Postcosecha y en Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (3827 m.s.n.m.).

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Materia prima

- Cera de Carnauba, adquirido de la empresa “OREGON CHEM S.A.C”, Lima.
- 1- Metilciclopropeno adquirido de la empresa “PANPAN INDUSTRY-LIMITED” china.
- Palta Hass: Fruto de la variedad Hass del distrito de San Gabán, perteneciente a la provincia de Carabaya, en el departamento de Puno.

3.2.2. Reactivos e Insumo

- Ácido Oleico (282.5 g /mol).
- Ácido Acético (1.04 g/cm³).
- Agua destilada.
- Alginato de Sodio (300.000 - 350.000 g /mol)
- Dodecilsulfato de sodio (>99.3 %)
- Fenolftaleína (Solución indicadora 1% en alcohol de 96°).



- Oxitetra Glucose Yeast Agar Base.
- Polietilenglicol (97.0%).
- Hidróxido de sodio (NaOH a 0.1 N).
- Hipoclorito de Sodio al 4% p/p, marca comercial CLOROX,680g.

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

3.3.1. Materiales

- Cajas de Tecnopor N° 25, 28.00 cm. X 14.00 cm. X 18.00 cm.
- Colador de acero inoxidable marca nacional con malla de 250 μm .
- Cuchillo de acero inoxidable 23cm.
- Matraz de Erlenmeyer 250mL
- Picnómetro instrumento gravimétrico.
- Pipetas graduadas PYREX de 1 ml, 10 ml y 50 ml.
- Placas Petri 50gr.
- Probeta 50ml, 100ml y 250ml.
- Tabla de Picar.
- Tubos de ensayo 30ml.
- Vasos precipitados PYREX con capacidad de 500 ml.

3.3.2. Equipos

- Autoclave Marca SM, modelo LS.
- Balanza analítica Modelo HCB602H, rango 600 g.0.01g
- Balanza analítica, modelo TM-PAI 214C. rango 210–0.0001 g.
- Colorímetro portátil modelo SC 20.
- Estufa eléctrica modelo T1UN 55.

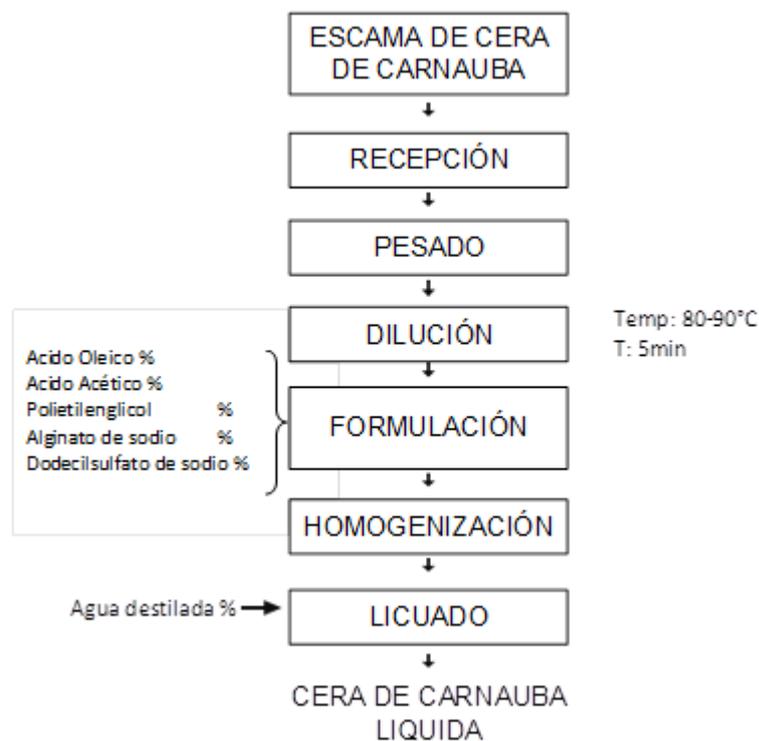
- Incubadora Marca, Gemmy industrial, modelo IN-601.
- Licuadora Marca: Oster, capacidad 1.5 L.
- Penetrómetro modelo GY-3 y capacidad de 12-24 Kg/cm²
- pH Metro, marca Milwaukee.
- Refractómetro Marca HANNA, rango de 0 a 85 % Brix
- Termohigrometro digital HTC-2
- Termómetro digital de 100 a 150°C
- Contador de Colonia, modelo SS, potencia 4W.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Tratamiento postcosecha con cera de Carnauba en plata Hass

Figura 4

Diagrama de flujo de la preparación del recubrimiento de Cera de Carnauba en escamas





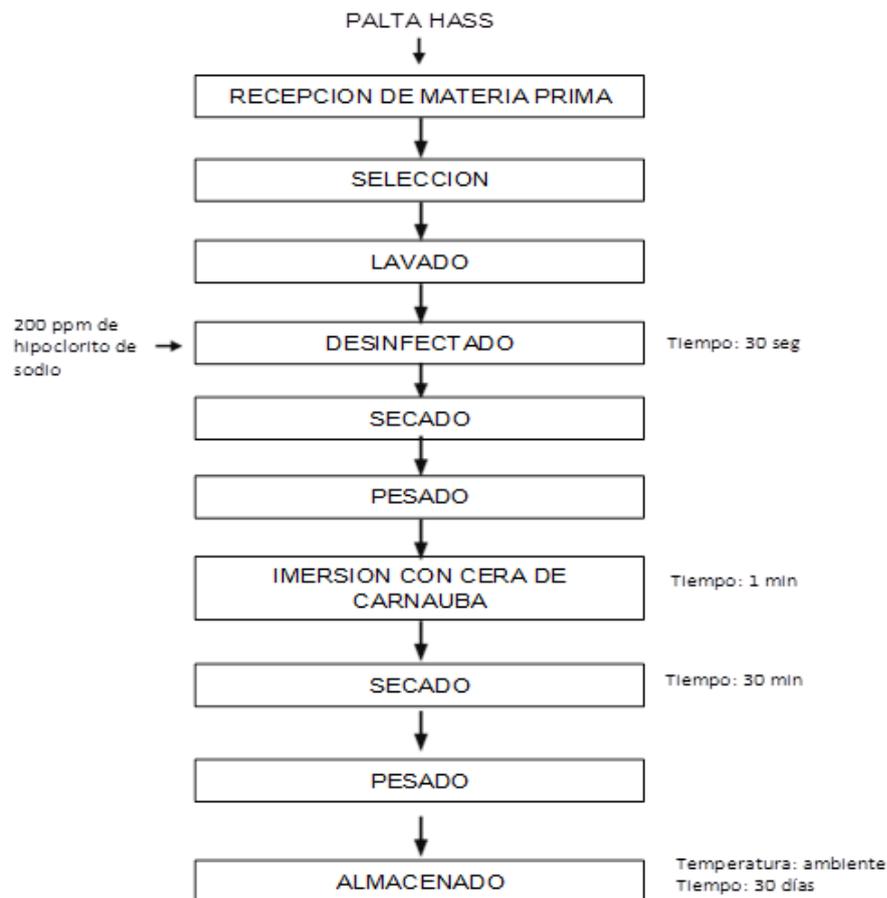
3.4.2. Primera etapa (Preparación de la cera)

- **Cera de Carnauba:** Adquirido de la empresa “OREGON CHEM S.A.C”, de Lima.
- **Recepción:** recepción de la cera de carnauba en escamas.
- **Pesado:** Se realizó el pesado de 200 gr de cera de carnauba que es el 20%.
- **Dilución:** Posteriormente se procedió a diluir la cera de carnauba, donde su punto de fusión empezó a partir de los 80°C a 90°C por un tiempo de 5 minutos aproximadamente hasta asegurar la disolución completa.
- **Formulación:** A continuación, se añadió un 1% de Ácido Oleico como agente emulsionante, manteniendo a una agitación constante para garantizar la homogeneidad de la mezcla. Posteriormente, se incorporó un 1% de Ácido Acético, cuya función principal fue neutralizar el pH de la formulación mejorando la estabilidad de la emulsión. Para optimizar las propiedades del recubrimiento, se agregaron componentes adicionales como 1% de Alginato de Sodio, 3% de Polietilenglicol y 2% de Dodecilsulfato de Sodio. Estos reactivos mejoraron la emulsión y la adhesión de la Cera de Carnauba a la superficie del fruto.
- **Homogenización:** Posteriormente se homogenizo la formulación por un tiempo de 1 minuto.
- **Licuada:** Se añadió un 70% de agua destilada y la formulación a la licuadora con el objetivo de tener una suspensión transparente y uniforme.

La Figura 5 presenta el diagrama de flujo que describe el procedimiento para la aplicación del tratamiento postcosecha con cera de Carnauba en paltas Hass, siguiendo la metodología propuesta por Singh, (2016).

Figura 5

Diagrama de flujo de la aplicación del tratamiento postcosecha con Cera de Carnauba a las paltas



Nota. La figura ilustra el proceso del uso del recubrimiento de Cera de carnauba en paltas Hass (*Persea Americana Mill*). Singh, (2016).

3.4.3. Segunda etapa (Aplicación de la cera Carnauba a la Palta)

- **Recepción de materia prima:** Para la ejecución del proyecto, se emplearon 36 paltas (*Persea americana Mill*) de la variedad Hass, seleccionadas como materia prima. Estas frutas, originarias del distrito de San Gabán, en la



provincia de Carabaya del departamento de Puno, con rango de peso comprendido entre 200 y 300 gr.

- **Selección:** Se ha realizado el proceso de selección de las paltas que estaban dañadas por frotes de hojas y otras materias ajenas a la palta.
- **Lavado:** Para eliminar las impurezas presentes, las paltas se lavaron cuidadosamente usando agua destilada, asegurándose de no causar daños físicos.
- **Desinfección:** Los frutos fueron sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio con una concentración ajustada a 200 ppm. Este tratamiento, realizado durante un tiempo controlado de 30 segundos, asegura la eliminación efectiva de microorganismos superficiales, incluidos bacterias y hongos que podrían acelerar el deterioro del producto.
- **Secado:** El proceso de secado fue a temperatura ambiente (21°C) utilizando la compresora, por un tiempo aproximado de 30 minutos.
- **Aplicación de Cera de Carnauba:** La aplicación del recubrimiento se llevó a cabo utilizando el método de inmersión. En este procedimiento, las paltas fueron sumergidas en la solución por un periodo de un minuto, asegurando una cobertura uniforme en toda su superficie.
- **Secado:** El secado se llevó a cabo a temperatura ambiente (21°C) utilizando una compresora durante un periodo de 15 minutos.
- **Pesado:** Se ha realizado el pesado de las paltas con el objetivo de considerar el peso inicial.
- **Almacenamiento:** Se almacenaron las paltas por periodo de 30 días a una temperatura promedio de 19°C y 25% de humedad relativa. Durante este tiempo, cada seis días se realizaron análisis detallados de diversos

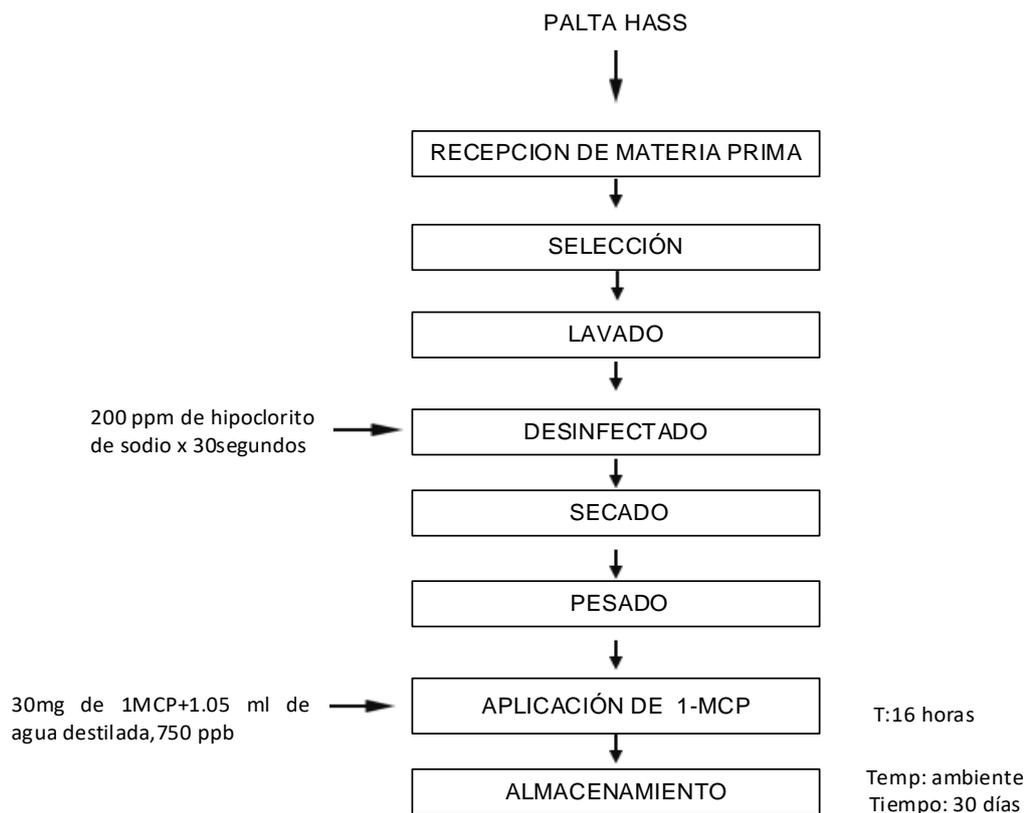
parámetros relacionados con la calidad del fruto. Estos parámetros fueron: % pérdida de peso, la firmeza, el color, el pH, el % de acidez titulable, ° Brix, así como la incidencia de mohos y levaduras y por último la determinación de la vida útil.

3.4.4. Aplicación de 1- Metilciclopropeno

La metodología para la aplicación de 1-Metilciclopropeno, basada en el protocolo descrito por Sánchez (2013), se presenta detalladamente en la Figura 5.

Figura 6

Diagrama de flujo para el uso del 1-MCP como tratamiento postcosecha en las paltas



Nota. La figura ilustra el proceso del uso del 1-MCP en paltas Hass. Tomado de “Aplicación de 1-Metilciclopropeno en Frutos de Palta (*Persea Americana* Mill) Cv. Hass en Poscosecha”, Sánchez (2013).



3.4.5. Descripción de la aplicación de 1-Metilciclopropeno en paltas Hass

- **Recepción de materia prima:** Para la ejecución del proyecto se emplearon como materia prima 36 paltas (*Persea americana* Mill) de la variedad Hass, Las paltas procedentes del distrito de San Gabán, en la provincia de Carabaya, dentro del departamento de Puno.
- **Selección:** Con el propósito de eliminar las paltas dañadas debido a roces de ramas y otras materias extrañas, se realizó un proceso de selección. Este procedimiento garantiza que solo las paltas en buenas condiciones sean seleccionadas.
- **Lavado:** Para eliminar las impurezas presentes, las paltas fueron lavadas cuidadosamente con agua destilada, garantizando que no se causaran daños físicos durante el proceso.
- **Desinfección:** Para eliminar los microorganismos de la superficie de la palta, se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm durante 30 segundos. Este proceso asegura que las paltas estén libres de contaminantes antes de continuar con su manipulación.
- **Secado:** El secado se llevó a cabo a temperatura ambiente (21°C) utilizando una compresora durante un periodo de 15 minutos
- **Pesado:** Se procedió a pesar todas las muestras de palta tomando como referencia su peso inicial.
- **Aplicación de 1-Metilciclopropeno:** Para la aplicación del 1-Metilciclopropeno (1-MCP), primero se introducen las paltas dentro de la



caja de Tecnopor, posteriormente en un frasco de vidrio se agregó 30 mg de 1-MCP y 1.05 ml de agua destilada a 40°C, enseguida se cerró el frasco y se agitó suavemente hasta obtener una mezcla homogénea, este procedimiento permitió la generación de gas, luego se insertó el frasco abierto liberando 1-MCP dentro de la caja, finalmente se cerró herméticamente la caja de Tecnopor, por un tiempo de 16 horas. Para hacer efectiva la inhibición del etileno de la Palta Hass.

- **Almacenamiento.** Se almacenaron las paltas por periodo de 30 días a una temperatura promedio de 19°C y 25% de humedad relativa. Durante este tiempo, cada seis días se realizaron análisis detallados de diversos parámetros relacionados con la calidad del fruto. Estos parámetros fueron: % pérdida de peso, la firmeza, el color, el pH, el % de acidez titulable, ° Brix, así como la incidencia de mohos y levaduras y por último la determinación de la vida útil, de mohos y levaduras y por último la determinación de la vida útil.

3.4.6. Aplicación de 1-Metilciclopropeno y Cera de Carnauba

La aplicación del tratamiento de 1-Metilciclopropeno más cera de Carnauba se llevó a cabo siguiendo un esquema secuencial basado en diagramas de flujo específicos. En primer lugar, se procedió a aplicar el 1-Metilciclopropeno, de acuerdo con el protocolo establecido en el diagrama de flujo de la Figura N°5, que detalla las condiciones requeridas para maximizar su eficacia en la inhibición de la acción del etileno, seguida las etapas descritas en el diagrama correspondiente a la cera de Carnauba (Figura N°4), asegurando que cada paso fuera ejecutado de manera precisa para optimizar la formación de la capa protectora.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. Análisis fisicoquímicos

3.5.1.1. Pérdida de peso (%PP)

La determinación de la pérdida de peso en las paltas (%PP) se llevó a cabo mediante un análisis gravimétrico, el cual consiste en medir la diferencia entre el peso inicial del fruto (P_i) antes del almacenamiento y el peso final (P_f) tras completar dicho periodo. Este indicador fue expresado en términos porcentuales, siguiendo la fórmula propuesta por Bautista (1990).

$$\%PP = \frac{(P_i - P_f) * 100}{P_i}$$

Donde:

%PP = Representa el porcentaje de pérdida de peso.

P_i = Corresponde al peso inicial registrado antes del almacenamiento.

P_f = Indica el peso final del fruto tras el proceso de conservación.

Este cálculo es un indicador clave para evaluar la calidad del fruto durante el almacenamiento y transporte (Zhang *et al.*, 2024).

3.5.2. pH

Para evaluar el pH de la pulpa de palta, inicialmente se pesaron 10 gramos del producto, a los cuales se les agregaron 90 mililitros de agua destilada. Esta mezcla fue sometida a un proceso de homogenización utilizando una licuadora convencional, lo que garantizó una distribución uniforme de los componentes. Posteriormente, el preparado fue filtrado para obtener un líquido homogéneo y libre



de partículas sólidas. De este filtrado, se extrajeron 50 mililitros que se emplearon para medir el pH mediante técnicas específicas descritas por la AOAC (1998).

3.5.3. Firmeza

La firmeza de las paltas fueron medidas mediante el método destructivo Magness Taylor, una técnica que cuantifica la fuerza necesaria para penetrar la pulpa del fruto en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2). Para esto se utilizó un penetrómetro equipado con un vástago cilíndrico que posee una base semiesférica, cuyo diámetro oscila entre 8 y 11 mm, y opera a una velocidad constante de 20 mm/min. Las mediciones abarcaron tanto zonas apicales como laterales, y los valores obtenidos fueron promediados. Este enfoque asegura una evaluación precisa y confiable de la firmeza del producto, considerando variaciones naturales en su estructura interna. La metodología sigue las directrices de la AOAC (2005) lo que respalda la validez técnica de los procedimientos.

3.5.4. Acidez

Para evaluar el % de acidez en la pulpa de palta, se inició con el proceso homogenizando, 10 gramos de pulpa en 90ml de agua destilada neutralizada, asegurando así la eliminación de cualquier interferencia en la medición de acidez. De esta mezcla homogénea, se extrajo una alícuota de 10 ml, que posteriormente fue sometida a titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. Durante la titulación, se emplearon tres gotas de fenolftaleína como indicador, las cuales permitieron identificar visualmente el punto de equivalencia mediante un cambio de color (AOAC, 1998).

Los resultados obtenidos a través de este procedimiento fueron expresados como porcentaje de acidez, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la AOAC (AOAC, 1998).

$$\% \text{ Acidez titulable} = 100 \times \frac{\text{ml NaOH gastados} \cdot N \cdot 0.067}{\text{Alícuota}}$$

3.5.5. Color

Se utilizó un colorímetro para medir el color de las paltas, empleando el modelo cromático del sistema CIE Lab* (AOAC, 1990). Este sistema se basa en tres parámetros: L*, que representa el valor de claridad u oscuridad (positivo para claro y negativo para oscuro); a*, que indica la dirección roja/verde (positivo para rojo y negativo para verde); y b*, que mide el eje amarillo/azul (positivo para amarillo y negativo para azul).

El estudio de los valores Lab* de las muestras fue llevado a cabo mediante el software Rstudio, empleando un enfoque gráfico para analizar las dimensiones cromáticas y de luminancia. Los datos obtenidos fueron representados en un gráfico de dispersión, donde las componentes a (verde-rojo) y b (azul-amarillo) se plasmaron en los ejes, mientras que la luminancia (L*) fue utilizada como un gradiente de color para enriquecer la visualización.

La metodología aplicada se basó en las investigaciones previas de Morales *et al.* (2024) quienes destacaron la importancia de utilizar herramientas visuales en el análisis del color.

3.5.6. Análisis microbiológicos

Para determinar la presencia de mohos y levaduras, se aplicó la metodología de unidades formadoras de colonia (UFC/gr) conforme a la normativa



NTEINEN1529-10, (2013). La fórmula específica utilizada en esta metodología permite calcular con precisión la cantidad de microorganismos presentes en la muestra.

$$N = \frac{\text{Numero total de colonias contadas}}{\text{Total de muestra sembrada}}$$

3.5.7. Vida útil

Para Singh, (1994) la aplicación de modelos matemáticos de orden cero para evaluar la vida útil de alimentos, considerando atributos de calidad como la firmeza. Por lo tanto, el modelo de orden cero puede describir la disminución de la firmeza con el tiempo mediante la ecuación:

$$\frac{dF}{dT} = -k$$

donde:

- F es la firmeza en un tiempo dado.
- k es la constante de velocidad del cambio en la firmeza.

Al integrar la ecuación, se obtiene la relación entre la firmeza inicial (F_0), la firmeza final aceptable (F_f) y el tiempo transcurrido:

$$F_f = F_0 - k \cdot t$$

La vida útil (t_u) se define como el tiempo necesario para que la firmeza alcance el valor mínimo aceptable (F_f), determinado según criterios de calidad sensorial o especificaciones del producto. La ecuación para calcular la vida útil es:

$$t_u = kF_0 - F_f$$

- Firmeza Inicial (F_0): Valor de firmeza del producto recién procesado o recolectado.
- Firmeza Final (F_f): Límite aceptable de firmeza según estándares de calidad o aceptación del consumidor.
- Constante de Degradación (k): Se determina experimentalmente bajo condiciones controladas de almacenamiento.

3.6. VARIABLES DE ESTUDIO

La Tabla 4 presenta las variables de estudio relacionadas con los objetivos planteados en la investigación. Estas variables incluyen el tratamiento postcosecha con cuatro niveles diferenciados (TP-0, TP-1, TP-2 y TP-3) y el tiempo de almacenamiento, evaluado en seis intervalos específicos: día 0, día 6, día 12, día 18, día 24 y día 30.

Tabla 4

Variables de estudio respecto a cada objetivo

Variable de estudio	
Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento
• TP-0	• Día 0
• TP-1	• Día 6
• TP-2	• Día 12
• TP-3	• Día 18
	• Día 24
	• Día 30

Nota. La tabla muestra las variables de estudio planteadas en esta investigación.

3.7. VARIABLES DE RESPUESTA

La Tabla 5 detalla las variables de respuesta asociadas a cada uno de los objetivos específicos de la investigación. Para el primer objetivo, las variables incluyen indicadores físico-químicos como pérdida de peso, sólidos solubles, pH, % de acidez, firmeza y color. En el segundo objetivo, se consideran variables microbiológicas como mohos y levaduras, mientras que para el tercer objetivo se analiza la vida útil de la plata.

Tabla 5

Variables respuesta respecto a cada objetivo

Variable de respuesta		
Primer objetivo	Segundo objetivo	Tercer objetivo
<ul style="list-style-type: none">• Pérdida de Peso• °Brix• pH• %de acidez• Firmeza• Color	<ul style="list-style-type: none">• Mohos• Levaduras	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil

Nota. La tabla muestra las variables respuesta de cada objetivo específico planteado en esta investigación.

3.8. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA EL PRIMERO Y SEGUNDO OBJETIVO PRINCIPAL

El modelo lineal del diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (4x6x3 repeticiones) y con Análisis de varianza (ANOVA) con nivel de significancia de $\alpha=0.05$ procesados en el Software Rstudio, en función de los variables estudiados: Tratamiento postcosecha y Tiempo almacenamiento, y su interacción considerando la investigación de Mandal *et al.* (2015) es el siguiente.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$



Donde:

- Y_{ijk} : Representa el valor observado para el k-ésimo ensayo, evaluado en el i-ésimo nivel del “Tratamiento postcosecha” y el j-ésimo nivel del “Tiempo almacenamiento”. Este dato refleja la respuesta específica obtenida durante el experimento.
- μ : Corresponde al efecto general o promedio global, considerando todas las observaciones realizadas en el estudio. Este término sintetiza la tendencia central del sistema analizado.
- α_i : Denota el efecto particular asociado al i-ésimo nivel del factor “Tratamiento postcosecha”. Este término permite cuantificar las diferencias específicas entre tratamientos postcosecha en términos de su impacto en la variable de respuesta.
- β_j : Refleja el efecto del j-ésimo nivel del factor “Tiempo de almacenamiento”, que captura cómo la duración de los tratamientos influye en el resultado observado.
- $(\alpha\beta)_{ij}$: Representa la interacción entre los factores “Tratamiento postcosecha” y “Tiempo almacenamiento”. Este término identifica si los efectos de del tratamiento varían en función del tiempo de aplicación.
- ϵ_{ijk} : Es el error aleatorio asociado a cada observación individual. Este componente engloba variaciones no explicadas por los factores incluidos en el modelo.

3.8.1. Formulación de hipótesis

H_0 : El Tratamiento postcosecha y el tiempo de almacenamiento no influyen sobre la pérdida de peso, sólidos solubles, pH, % de acidez, firmeza, color, mohos y levaduras en las paltas Hass procedentes del distrito de San Gaban.

H_a : El Tratamiento postcosecha y el tiempo de almacenamiento influyen sobre la pérdida de peso, sólidos solubles, pH, % de acidez, firmeza, color, mohos y levaduras en las paltas Hass procedentes del distrito de San Gaban.

3.9. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA EL TERCER OBJETIVO

Modelo lineal del diseño completamente al azar, cuando el factor Tratamiento postcosecha es la variable independiente y Vida útil es la variable respuesta, considerando la investigación desarrollada por Manterola et al. (2019), se expresa de la siguiente forma:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Representa la vida útil medida en la j -ésima repetición dentro del i -ésimo nivel del factor “Tratamiento postcosecha”. Este valor depende tanto del tratamiento aplicado como de la variabilidad inherente.
- μ : Corresponde al efecto general, también denominado como la media global de vida útil, calculada a partir de todas las observaciones realizadas. Este parámetro refleja una expectativa promedio sin considerar diferencias específicas entre tratamientos.
- τ_i : Indica el efecto particular del i -ésimo nivel del factor “Tratamiento postcosecha” sobre el tiempo de vida útil. Este término evalúa las desviaciones específicas de cada tipo de tratamiento respecto a la media general, permitiendo comparar la eficacia de diferentes tratamientos postcosecha.
- ε_{ij} : Es el componente de error aleatorio asociado a cada observación específica. Este término capta las variaciones no explicadas por los efectos del tratamiento y puede deberse a factores externos o imprecisiones experimentales.



3.9.1. Formulación de hipótesis

H_0 : El Tratamiento postcosecha no influyo sobre el tiempo de vida útil de las paltas Hass procedentes del distrito de San Gaban.

H_a : El Tratamiento postcosecha influyo sobre el tiempo de vida útil de las paltas Hass procedentes del distrito de San Gaban.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

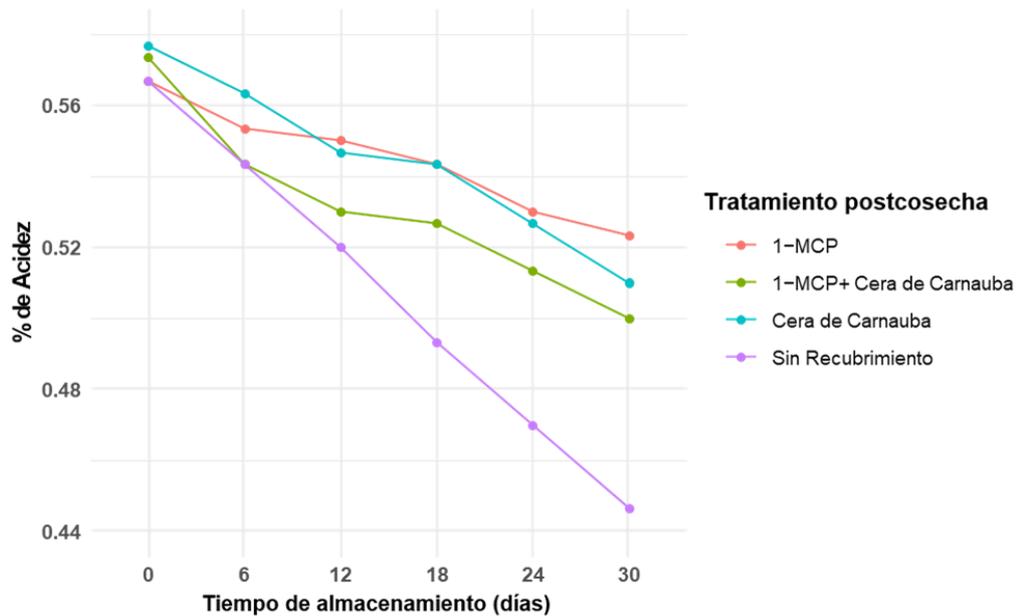
4.1. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO (ACIDEZ TITULABLE, SÓLIDOS SOLUBLES, PH, PÉRDIDA DE PESO, FIRMEZA Y COLOR)

4.1.1. % de acidez en paltas Hass

En la tabla 7 del Anexo 1, se presenta el porcentaje de acidez donde se observa el efecto significativo del tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 8 del anexo 1 se presenta las comparaciones múltiples de Duncan de los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0) mostraron un aumento al 0.45% de acidez al día 30. En comparación con las paltas tratadas con 1-MCP (TP-1) presentan un aumento más gradual, alcanzando 0.52 % de acidez en el mismo período. Las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) muestran un incremento moderado, alcanzando 0.51 % de acidez, mientras que la combinación de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3) se muestra un aumento intermedio de 0.5 % de acidez al día 30.

Figura 7

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al % de acidez



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento respecto al % de acidez.

La disminución de acidez observada en las paltas sin recubrimiento, alcanzando un valor de 0.45 % de acidez en promedio al día 30, esto evidencia una maduración acelerada en ausencia de barreras, como lo reportan Salinas et al. (2024). Este fenómeno puede explicarse por la alta tasa de respiración, que incrementa el consumo de ácidos orgánicos y acelera su degradación (Anagnostopoulou *et al.*, 2024). Los ácidos cítrico y málico, fundamentales en la composición del fruto, se descomponen rápidamente, mejorando la palatabilidad al reducir la acidez percibida conforme avanza la maduración (Ramos *et al.*, 2024).

En contraste, las paltas tratadas con 1-MCP mostraron una disminución más lenta en comparación con las paltas que estuvieron sin recubrimiento, alcanzando 0.52 % de acidez en promedio al final del experimento, este comportamiento se es justificada por Chiriboga *et al.*, (2011) quien manifiesta que el 1-MCP tiene la



capacidad de retardar la maduración al bloquear los receptores de etileno. Este efecto desacelera la degradación de los ácidos orgánicos y prolonga la vida útil del fruto (Thongkum *et al.*, 2018) un hallazgo clave para optimizar la comercialización y distribución en la industria.

Por su parte, la cera de carnauba demostró ser efectiva en moderar la pérdida de acidez. Susmita Devi *et al.* (2022) señala que la cera actúa creando una barrera física que disminuye la tasa de respiración. Pedreschi *et al.* (2019) menciona que la cera influye en la disminución de acidez a un ritmo moderado surgiendo que la cera actúa retardando la maduración del fruto.

Durante la maduración, los ácidos orgánicos son metabolizados por enzimas como las deshidrogenasas, que los convierten en compuestos como azúcares y sustancias volátiles (Ladaniya, 2008). Este metabolismo acelerado es característico de frutas y vegetales durante su proceso de maduración (Warren & Sargent, 2011). En este sentido, la acumulación de azúcares acompaña la disminución de acidez, contribuyendo a mejorar las características sensoriales como el sabor (Kader, 2008).

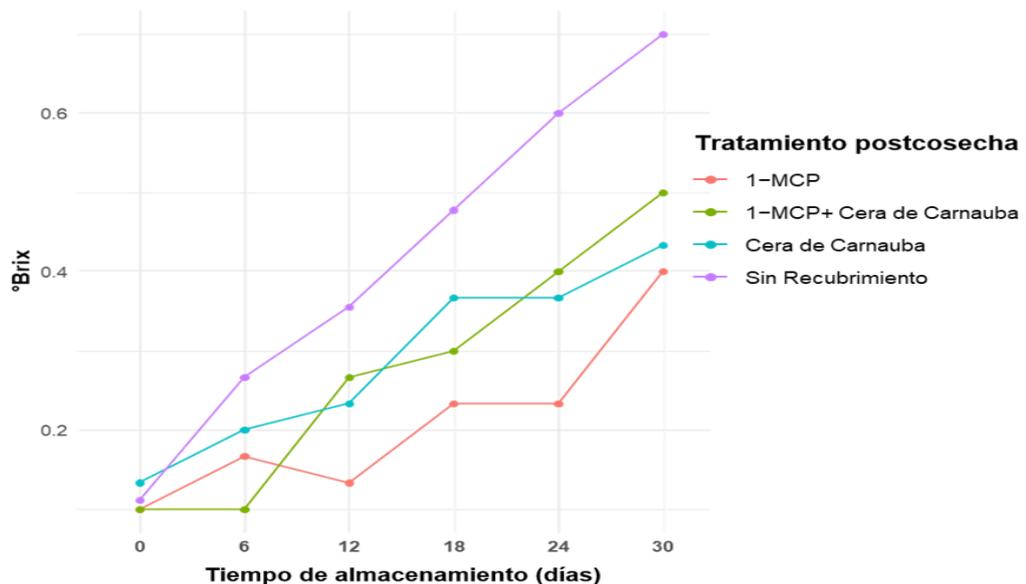
Los recubrimientos desempeñan un papel importante en este proceso. Los recubrimientos en frutas forman una matriz compacta que limita la difusión de oxígeno hacia el interior del fruto, reduciendo así las tasas de respiración y metabolismo (Devi *et al.*, 2024). Esto explica la menor pérdida de acidez en paltas recubiertas en comparación con las muestras sin tratamiento, confirmando la influencia positiva de los recubrimientos en la conservación de las propiedades del fruto (Park *et al.*, 2006).

4.1.2. °Brix en paltas Hass

En la tabla 10 del Anexo 1 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para los °Brix, donde se observa el efecto significativo del tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 11 del anexo 1 se presenta la comparación múltiple de Duncan de los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0) mostraron un aumento acelerado, alcanzando 0.77 °Brix al día 30, lo que indica una maduración más rápida. En comparación con las paltas tratadas con 1-MCP (TP-1) presentan un aumento más gradual, alcanzando 0.4 °Brix en el mismo período. Las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) muestran un incremento moderado, alcanzando 0.43 °Brix, mientras que la combinación de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3) resulta en un aumento intermedio de 0.5 °Brix al día 30.

Figura 8

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto los °Brix



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto a los °Brix.



Las paltas sin tratamiento mostraron un aumento significativo en los grados Brix, alcanzando 0.77 °Brix al día 30, lo que refleja una maduración acelerada. Este incremento rápido se debe a la ausencia de barreras físicas o químicas que limiten el intercambio de gases, lo que intensifica la respiración y la producción de etileno, una hormona esencial en el proceso de maduración (Martínez *et al.*, 2007). Además, la descomposición de almidones en azúcares simples, facilitada por las enzimas α -amilasa y β -amilasa, contribuye a la concentración de sólidos solubles (DeMan *et al.*, 2018). Este comportamiento coincide con investigaciones previas que señalan que, sin protección externa, las paltas tienden a sobrepasar su punto óptimo de consumo, reduciendo su vida útil comercial (Bill *et al.*, 2014).

El 1-MCP mostró un efecto retardante en la maduración, evidenciado por los menores grados Brix registrados, de 0.4 ° Brix al día 30. Este tratamiento actuó bloqueando los receptores de etileno, inhibiendo parcialmente la maduración y desacelerando la acumulación de azúcares (Gwanpua *et al.*, 2017). La capacidad del 1-MCP para reducir la velocidad de maduración ha sido ampliamente documentada, especialmente en frutas climatéricas como las paltas, lo que permite extender su vida postcosecha y ofrecer mayor flexibilidad en su comercialización (Martínez *et al.*, 2007). Estos resultados son particularmente relevantes para la industria, ya que proporcionan una herramienta eficaz para controlar el proceso de maduración sin comprometer la calidad del fruto.

Las paltas recubiertas con cera de carnauba mostraron un aumento moderado, alcanzando 0.43 ° Brix al día 30. Este resultado indica que, aunque la cera ejerce un efecto protector al reducir la tasa de respiración y la pérdida de agua, su efectividad en retrasar la maduración es menor en comparación con el 1-MCP (Pirozzi *et al.*, 2020). La cera de carnauba actúa formando una barrera física que



limita el intercambio de gases, pero no bloquea completamente la producción interna de etileno, lo que explica su efecto moderado en la desaceleración de la maduración (Oliveira Filho *et al.*, 2023).

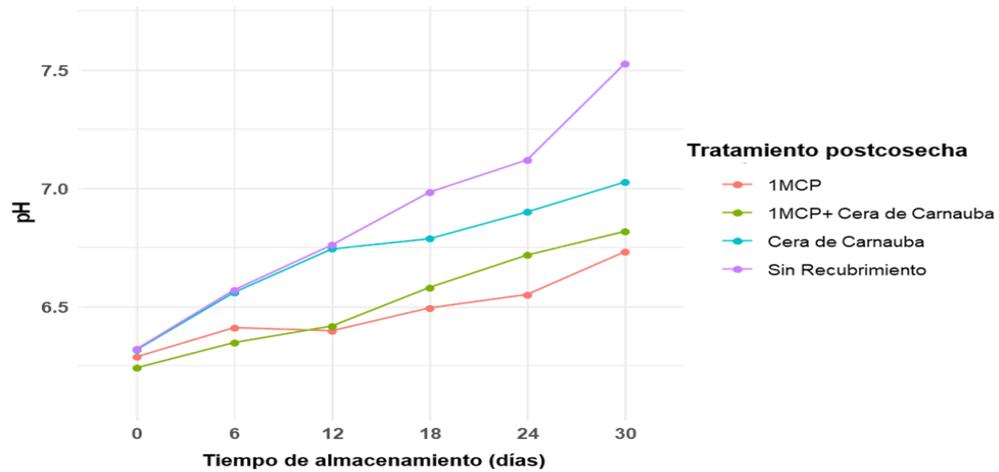
El tratamiento combinado de 1-MCP y cera de carnauba presentó un comportamiento intermedio, de 0.5 °Brix al día 30, sugiriendo un efecto sinérgico entre ambos. Este resultado se atribuye a la interacción complementaria entre el bloqueo del etileno por parte del 1-MCP y la reducción del intercambio gaseoso proporcionada por la cera, lo que genera un equilibrio en el proceso de maduración (Vázquez-Celestino *et al.*, 2016).

4.1.3. pH en paltas Hass

En la Tabla 13 del Anexo 1 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el pH de la palta Hass, donde se muestra el efecto significativo de los tratamientos postcosecha y el tiempo de almacenamiento. En la tabla 14 se reporta las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. La palta sin recubrimiento (TP-0) aumento a 7.52 de pH al día 30. La palta con 1-MCP (TP-1) mostraron un aumento del pH a 6.73, Por su parte, las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) presentaron un incremento en el pH 7.03 al día 30 y las que fueron cubiertas con 1-MCP más cera de carnauba (TP-3) llegaron a un pH 6.82 a 30 días de almacenamiento.

Figura 9

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al pH



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto al pH.

El incremento del pH en las paltas a lo largo del tiempo ha sido identificado en diversos estudios, que coinciden en señalar este fenómeno como parte del proceso natural de maduración (Yakoby *et al.*, 2000). En particular, Mahendra (2008) documentó un aumento del pH de 6.30 a 6.91 durante un lapso de 21 días en paltas almacenadas a temperatura ambiente. Resultados similares fueron obtenidos en el tratamiento control del presente estudio, donde se evidenció un aumento progresivo del pH con el paso del tiempo, comportamiento característico de las paltas sin intervención adicional durante el almacenamiento.

Por otro lado, Kamble *et al.* (2024) informaron que el empleo de 1-MCP logró disminuir el ritmo de maduración en paltas, lo que concuerda con los hallazgos del tratamiento con 1-MCP en esta investigación. Este tratamiento mostró valores de pH más bajos en comparación con el control, lo que sugiere que el compuesto ralentiza los procesos fisiológicos vinculados a la maduración. Asimismo, Miranda *et al.* (2022) reportaron que la cera de carnauba retardó la maduración en frutas, resultados que coinciden con los obtenidos en el tratamiento



T2 de este estudio, donde el pH presentó menor variación en comparación con el grupo control.

En cuanto al efecto de la combinación de 1-MCP y la cera de carnauba, Hort & Arumugam (2024) encontraron que esta combinación redujo significativamente la maduración en mangos, lo que respalda los resultados del tratamiento combinado en esta investigación. Bajo esta intervención, el incremento del pH en las paltas fue más lento que en los demás tratamientos, lo que indica una interacción sinérgica entre ambos componentes en la preservación de la calidad de las frutas. De manera similar, Shao *et al.* (2012) señalaron que la aplicación conjunta de tratamientos puede beneficiar la calidad de las frutas a largo plazo, apoyando los resultados observados en el comportamiento del pH en las paltas tratadas.

En relación con los factores estudiados, se evidencia que el 1-MCP inhibe la maduración al reducir la producción de etileno, un regulador clave en este proceso, según lo descrito por Dias *et al.* (2021). Por su parte, la cera de carnauba podría contribuir al retraso de la maduración al limitar la pérdida de agua y disminuir la tasa de respiración celular, lo que reduce el avance de este proceso, de acuerdo con Freitas *et al.* (2019). Estos mecanismos explican los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos y confirman la eficacia de las estrategias combinadas para preservar la calidad de las paltas durante el almacenamiento.

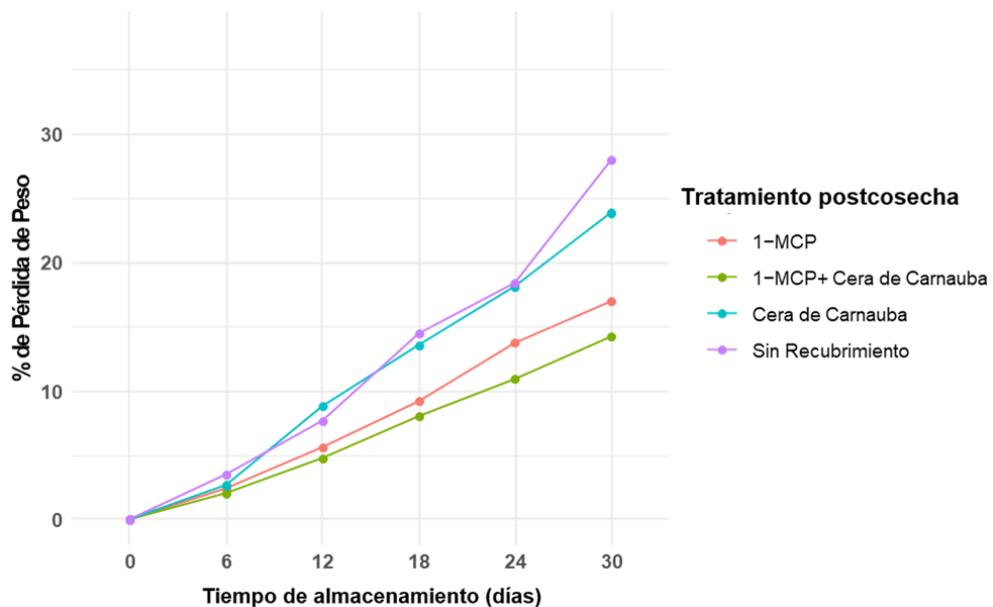
4.1.4. Porcentaje de pérdida de peso en paltas Hass

La tabla 16 del Anexo 1 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso, donde también se observa el efecto significativo de los tratamientos. En la tabla 17 se muestra la comparación múltiple de Duncan

entre los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0) mostraron una mayor pérdida de peso, alcanzando un 27.97 % de pérdida de peso en promedio al día 30 a comparación con los demás recubrimientos. Por otro lado, las paltas con 1-MCP (TP-1) presentaron una pérdida de peso considerablemente menor, con un 16.99 % de pérdida de peso en promedio al día 30. Este tratamiento, al inhibir la acción del etileno, ralentiza los procesos metabólicos que conducen a la transpiración y la pérdida de agua, prolongando así la calidad del fruto. Las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) también experimentaron una menor pérdida de peso, alcanzando un 23.84 % de pérdida de peso en promedio al día 30. El tratamiento con menor pérdida a comparación de los demás fue la del 1-MCP más cera de carnauba (TP-3), que logró reducir la pérdida de peso al 14.24 % de pérdida de peso en promedio al término del periodo de almacenamiento del día 30.

Figura 10

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al % de Pérdida de Peso



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto al % de pérdida de peso.



Las paltas sin tratamiento mostraron la mayor pérdida de peso, alcanzando un 27.97 % perdida en promedio al día 30. Este resultado coincide con los hallazgos de Aguirre *et al.* (2017) quienes reportaron una pérdida de peso de 40 % en promedio en paltas almacenadas sin recubrimiento después de 21 días. Este comportamiento refleja el impacto de la deshidratación como principal factor de deterioro, especialmente en frutas almacenadas sin medidas de protección.

El uso de 1-MCP redujo significativamente la pérdida de peso, con un valor de 16.99 % al día 30. Este tratamiento actúa inhibiendo la producción de etileno, una hormona clave en la maduración de frutos climatéricos, ralentizando el metabolismo y disminuyendo la tasa de transpiración y respiración (Establés-Ortiz *et al.*, 2016). Estudios como los de Maqbool *et al.* (2024) respaldan estos resultados, evidenciando que el 1-MCP minimiza la pérdida de agua y prolonga la calidad del fruto.

Las paltas recubiertas con cera de carnauba mostraron una pérdida de peso intermedia, con un 23.84 % al día 30. Este recubrimiento actúa como una barrera física, limitando la permeabilidad de la piel de la fruta y reduciendo la transpiración (Chiumarelli & Hubinger, 2012). Aunque menos eficaz que el 1-MCP, sigue siendo una herramienta valiosa para extender la vida útil del fruto, como lo demuestran estudios de Babarabie *et al.* (2024).

El 1-MCP más cera de carnauba resultó ser la estrategia más efectiva, reduciendo la pérdida de peso al 14.24 % al día 30. Este tratamiento integró el control hormonal proporcionado por el 1-MCP con la protección física de la cera, lo que refuerza su eficacia para conservar las características del fruto. Ali *et al.* (2022) también destacaron esta combinación como ideal para minimizar las pérdidas de



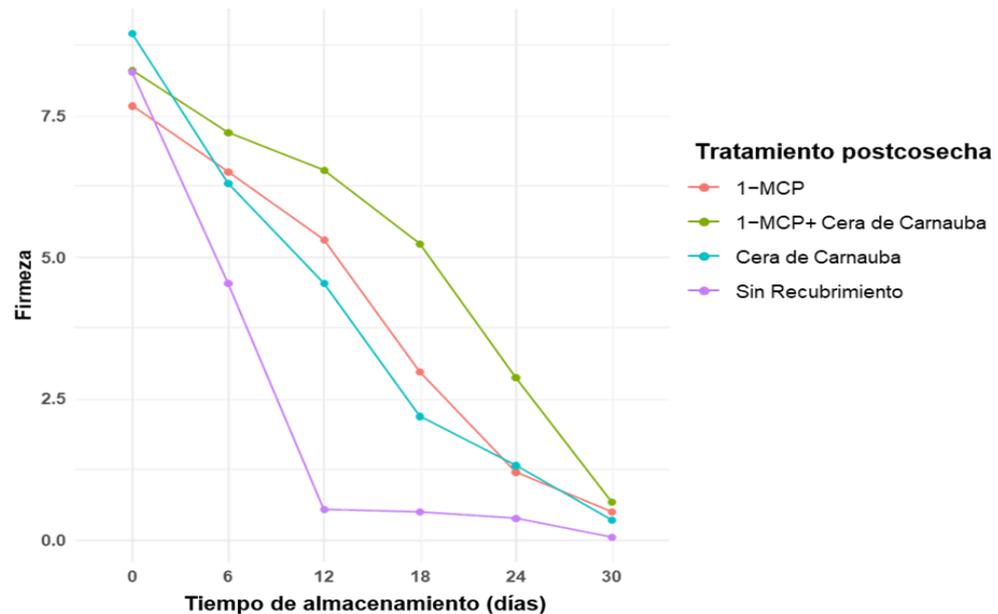
peso en frutas almacenadas durante largos periodos. Según Aguilar *et al.* (2008), pérdidas de peso superiores al 10 % afectan negativamente la apariencia y el valor comercial de las frutas. En este estudio, los tratamientos sin recubrimiento y con cera de carnauba lograron mantener los valores por debajo de este límite hasta el día 12, sin embargo, las recubiertas con 1-MCP y las recubiertas con 1-MCP más Cera de carnauba estuvieron fueron inferiores hasta el día 18 confirmando su efectividad. Investigaciones adicionales, como las de Osis, (2020) también respaldan la eficacia de recubrimientos, que lograron reducciones significativas en la pérdida de peso.

4.1.5. Firmeza en paltas Hass

En la tabla 16 del Anexo 1 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la firmeza, donde se observa que los tratamientos postcosecha y tiempo de almacenamiento muestra diferencia altamente significativa. En la tabla 17 se muestra la comparación múltiple de Duncan entre los tratamientos. La palta sin recubrimiento (TP-0) mostro mayor pérdida de firmeza, reduciendo a 0 kg/ cm² al día 30. La palta con 1-MCP (TP-1) redujo a 0.5 kg/ cm². Por otro lado, las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) experimentaron una pérdida de firmeza a un ritmo intermedio, alcanzando 0.35 Kg/cm² al día 30. La combinación de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3) resultó ser el tratamiento más efectivo, mostrando la mejor firmeza con un valor de 0.67Kg/cm² al finalizar el periodo de estudio.

Figura 11

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la Firmeza



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto a la firmeza.

Las paltas sin recubrimiento mostraron la mayor pérdida de firmeza, alcanzando un valor de 0 Kg/cm² al día 30, lo que indica un ablandamiento completo y una rápida maduración. Este resultado evidencia la vulnerabilidad de las frutas sin protección frente a los procesos fisiológicos asociados con la degradación celular y la acción del etileno (Yahia & Woolf, 2011).

Tochihuitl *et al.* (2023) menciona que la firmeza es un parámetro esencial para evaluar la calidad y el grado de madurez de las paltas, sin embargo, esta se tiende a disminuir al pasar el tiempo, este comportamiento se justifica por los cambios fisiológicos y bioquímicos que se dan durante la maduración del fruto (Brummell & Harpster, 2001).

Los recubrimientos, como la cera de carnauba y la combinación con 1-MCP mostraron un efecto positivo en la conservación de la firmeza. Según Márquez *et al.*



(2013) estos tratamientos crean una atmósfera modificada, con menores concentraciones de oxígeno y mayores niveles de dióxido de carbono, lo que ralentiza la actividad enzimática y reduce la descomposición de las protopectinas. Esto explica por qué las paltas con recubrimientos mantuvieron una mayor firmeza en comparación con las muestras sin recubrimiento al finalizar el periodo de almacenamiento.

El 1-MCP, como inhibidor del etileno, retardó significativamente la acción de las enzimas responsables del ablandamiento del fruto, retrasando los procesos de maduración y prolongando la firmeza durante el almacenamiento. Este comportamiento, respaldado por estudios como los de Satekge & Magwaz (2022) demuestra que el 1-MCP es efectivo en la preservación de la calidad de frutos climatéricos como la palta, al reducir tanto la producción como la acción del etileno, una hormona clave en la maduración.

La cera de carnauba también contribuyó significativamente a mantener la firmeza, ya que actúa como una barrera física que minimiza la pérdida de agua y reduce la transpiración del fruto (Guichard *et al.*, 2005). Además, estudios de Balaguera (2011) y Lufu *et al.* (2020) han señalado que recubrimientos, tienen el efectos de ralentizar el proceso de maduración y prolongar la calidad en condiciones de almacenamiento frío.

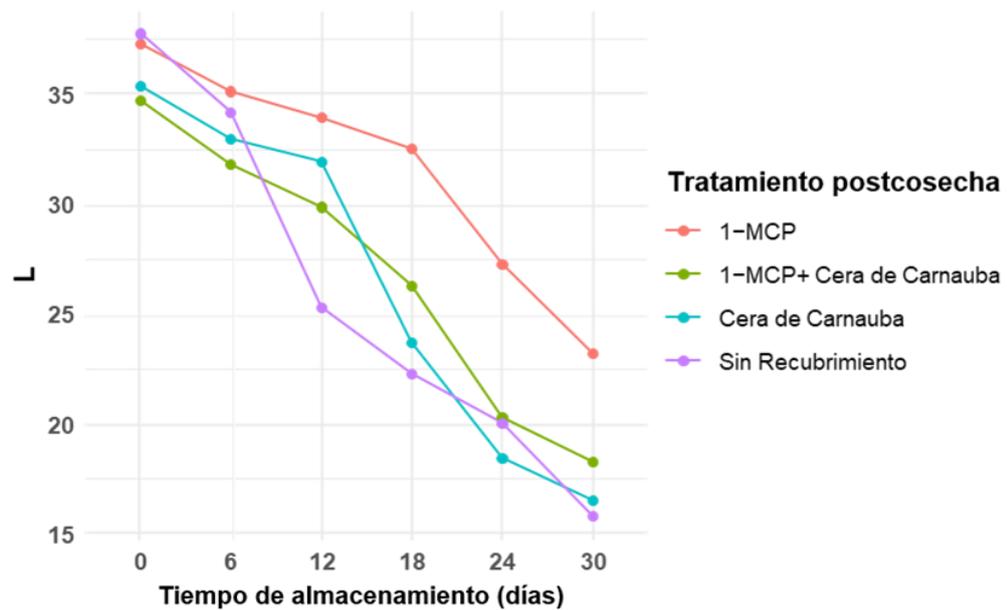
4.1.6. Cambio de color en las paltas Hass respecto al tiempo

En la tabla 22 del Anexo 1 se muestra que el análisis de varianza (ANOVA) para L* luminosidad, donde se observa el efecto significativo de tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 23 del Anexo 1 se presenta las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. Las

paltas sin recubrimiento (TP-0), presentaron la disminución más notoria en la luminosidad, con un valor 12.73 en promedio al día 30, reflejando su rápida susceptibilidad al deterioro visual. El tratamiento con 1-MCP (TP-1), demostró un mayor efecto en la conservación de la luminosidad, logrando un valor de 23.2 en promedio al final del periodo evaluado. En comparación, las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) mostraron un cambio menos, alcanzando un valor 16.52 en promedio. Sin embargo, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba resultó ser más eficaz, manteniendo tonos más claros con un valor de 18.30 en promedio al día 30.

Figura 12

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la luminosidad (L)



Nota: La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto a la Luminosidad (L).

La disminución del valor L^* en las paltas se explica por el proceso natural de maduración, durante el cual se degrada la clorofila y se sintetizan pigmentos más oscuros, como carotenoides y antocianinas, lo que oscurece progresivamente la

cáscara y reduce la luminosidad (Kader, 1986). Este cambio se da a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, ya que la pérdida de clorofila es inevitable, aunque se ralentice mediante recubrimientos que generan una atmósfera modificada y protegen parcialmente los pigmentos de la fruta (Salunkhe, 1991).

La Figura 12 destaca cómo los diferentes recubrimientos influyeron en el parámetro a , el cual refleja la intensidad de los tonos rojos y verdes en las paltas durante un periodo de 30 días. Las paltas sin recubrimiento mostraron el cambio más pronunciado, alcanzando 4.53 en promedio al día 30, lo que evidencia una variación en el color del fruto.

Las paltas recubiertas con cera de carnauba experimentaron una variación menor, con un valor promedio de 0.4. Por su parte, el tratamiento con 1-MCP también retardó significativamente los cambios en el color, alcanzando un valor promedio de -0.97, debido a su capacidad para inhibir la acción del etileno y ralentizar los procesos de maduración.

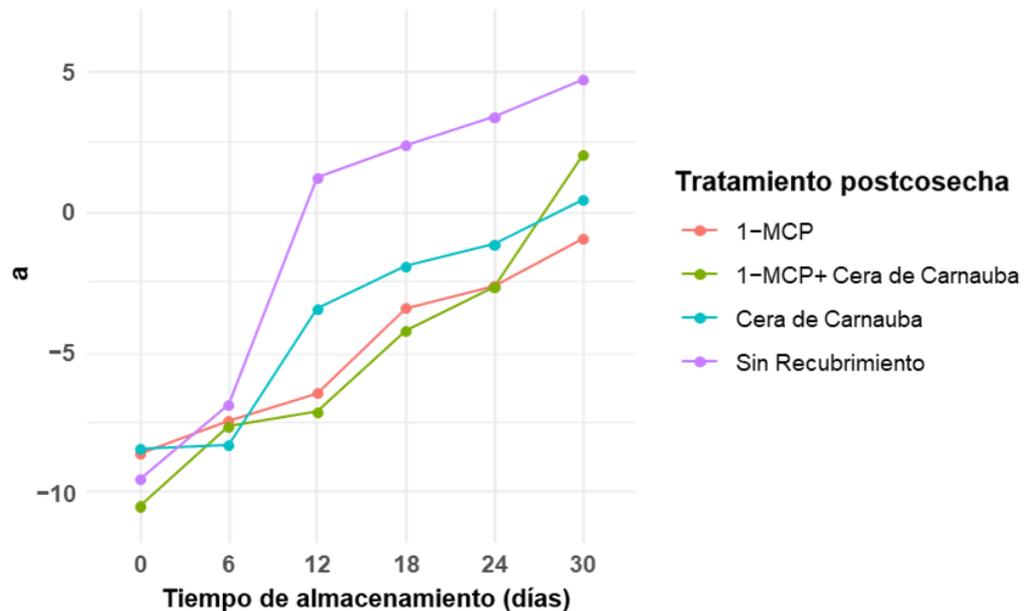
4.1.7. Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de rojo/verde (a^*).

En la tabla 28 del Anexo 1 se muestra que el análisis de varianza (ANOVA) para a^* , donde se observa el efecto significativo de tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 29 del Anexo 1 se presenta las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0), presentaron la disminución, con un valor 1.96 en promedio al día 30, reflejando su rápida susceptibilidad al deterioro visual. El tratamiento con 1-MCP (TP-1), demostró un mayor efecto en la conservación de la luminosidad, logrando un valor de -0.96 en promedio al final del periodo evaluado. En

comparación, las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) mostraron un cambio menos, alcanzando un valor 0.4 en promedio. Sin embargo, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba, manteniendo tonos más claros con un valor de 2 en promedio al día 30.

Figura 13

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de rojo/verde (a)



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto a la proporción de rojo/verde (a).

El aumento del valor *a* en las paltas refleja la progresión natural de la maduración, en la que se degradan los pigmentos verdes (clorofila) y se incrementa la presencia de pigmentos rojizos como carotenoides y antocianinas (Escobar *et al.*, 2019). Este proceso se intensifica con el tiempo de almacenamiento, pues la fruta evoluciona desde un verde claro hasta tonalidades rojizas (Cancino, 2007). Aunque el uso de recubrimientos ayuda a reducir la velocidad de estos cambios al crear una atmósfera modificada que desacelera la pérdida de clorofila y la biosíntesis de carotenoides (Mafftonazad, 2005), el valor *a* sigue incrementándose.



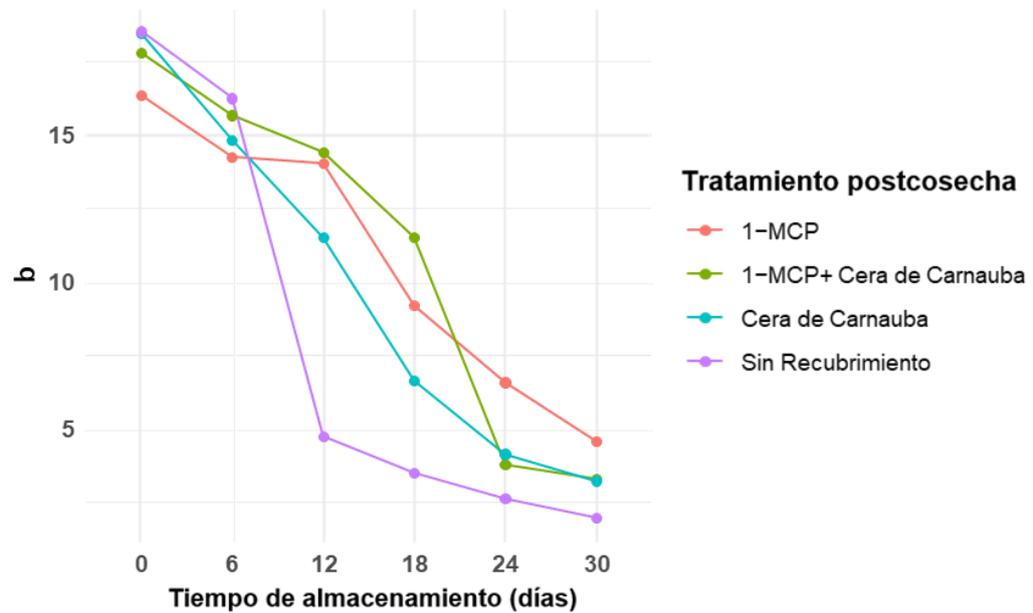
En la Figura 13 ilustra cómo los diferentes recubrimientos influyeron en la conservación del color de las paltas a lo largo de 30 días, evaluando específicamente el cambio en el parámetro b , que refleja la proporción de amarillo a azul en la superficie del fruto. A medida que avanzó el tiempo, todas las muestras registraron una disminución en el valor de b , lo que indica un desplazamiento hacia tonos más azulados y una pérdida gradual de los tonos amarillos característicos. Sin embargo, la intensidad de este cambio varió considerablemente dependiendo del recubrimiento aplicado

4.1.8. Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de amarillo/azul (b)

En la tabla 25 del Anexo 1 se muestra que el análisis de varianza (ANOVA) para b^* luminosidad, donde se observa el efecto significativo de tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 26 del Anexo 1 se presenta las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0), presentaron la disminución, con un valor 1.96 en promedio al día 30, reflejando su rápida susceptibilidad al deterioro visual. El tratamiento con 1-MCP (TP-1), demostró un mayor efecto en la conservación de la luminosidad, logrando un valor de 4.57 en promedio al final del periodo evaluado. En comparación, las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) mostraron un cambio menos, alcanzando un valor 3.21 en promedio. Sin embargo, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba, manteniendo tonos más claros con un valor de 4.56 en promedio al día 30.

Figura 14

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la proporción de amarillo/azul (b)



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha aplicado a la palta y tiempo de almacenamiento, respecto a la proporción de amarillo/azul (b).

La disminución del valor b^* en paltas recubiertas se explica por el efecto de los recubrimientos en la ralentización de los procesos de maduración y cambio de color, debido a que estos crean una atmósfera modificada alrededor de la fruta, lo cual reduce la pérdida de clorofila y la síntesis de pigmentos amarillos o rojizos, como los carotenoides y antocianinas (Aguilar, 2005). En comparación, las muestras sin recubrimiento muestran un mayor cambio en el valor b^* , ya que carecen de esta protección, lo que permite una maduración y cambio de color más acelerado (Apaza, 2020). Además, el almacenamiento a bajas temperaturas ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) contribuye a ralentizar aún más los procesos metabólicos que afectan el color en las paltas recubiertas, manteniendo el valor b^* bajo control (Osis, 2020).

Con el paso de los días, tal como se muestra en la Figura 14, se evidencia un cambio progresivo en los tonos de las paltas almacenadas a temperatura ambiente, destacándose diferencias notables entre las tratadas con y sin recubrimiento. Las paltas sin ningún tipo de tratamiento presentan un oscurecimiento acelerado, sin embargo, las paltas con recubrimiento su oscurecimiento no fue acelerado.

Figura 15

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto al cambio de color en las paltas

	Día 0	Día 6	Día 12	Día 18	Día 24	Día 30
TP-1 (1-MCP)						
TP-2 (Cera de Carnauba)						
TP-3 (Cera de Carnauba y 1-MCP)						
TP-0 (Sin Recubrimiento)						

Nota. La figura muestra el cambio de color de la palta, respecto a cada tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento.

Los tratamientos postcosecha ayudan en la conservación de paltas y esto se refleja en el cambio de color a lo largo del tiempo (Ngubane *et al.*, 2024). Sin el uso de recubrimientos, estas frutas experimentan un oscurecimiento acelerado debido a procesos de oxidación y pérdida de humedad (Baldwin *et al.*, 1995). Este fenómeno, típico en frutas que carecen de inhibidores de etileno y barreras físicas, pone de manifiesto su vulnerabilidad al deterioro visual y estructural (Yahia&Woolf, 2011).

La aplicación de 1-MCP y cera de carnauba mantuvieron los colores por periodos prolongados en las paltas Hass, lo que indica una mejor conservación. El



1-MCP, como inhibidor del etileno, retarda los procesos de maduración y envejecimiento, disminuyendo la velocidad del cambio de color (Abu, 2013). En paralelo, la cera de carnauba actúa como una barrera protectora, reduciendo la pérdida de agua y la oxidación, permitiendo que el color verde característico se conserve por más tiempo (Singh *et al.*, 2019).

La combinación de ambos tratamientos, 1-MCP y cera de carnauba, maximiza los beneficios al integrar la acción hormonal del inhibidor de etileno con la protección física de la cera. Este enfoque dual reduce la producción de etileno y minimiza la deshidratación, lo que se traduce en un cambio de color más lento y una apariencia fresca durante más días (Munhuweyi *et al.*, 2020).

4.2. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO (LEVADURAS Y MOHOS)

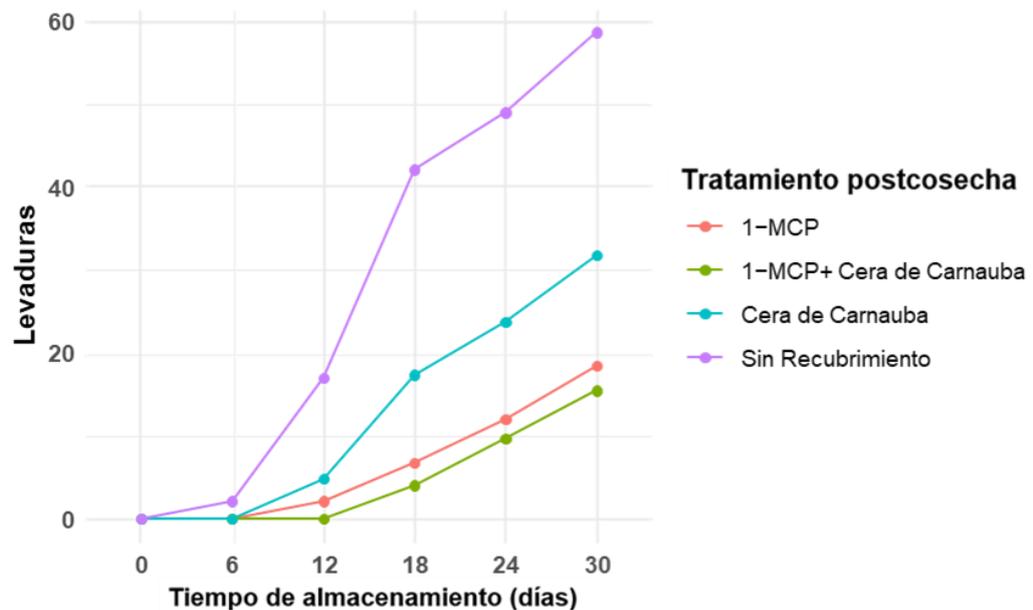
4.2.1. Levaduras

En la Tabla 31 del Anexo 1 se ilustra el análisis de varianza (ANOVA) para el crecimiento de levaduras donde se observa el efecto significativo del tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 32 del anexo 1 se muestra las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. Las paltas sin recubrimientos (TP-0), demostraron ser vulnerables al deterioro microbiano, alcanzando un crecimiento de promedio 58.67×10^2 UFC/gr al día 30 de almacenamiento. Las paltas tratadas con 1-MCP (TP-1) mostraron un control notable del crecimiento de levaduras, con un total de 18.67×10^2 UFC/gr en promedio al día 30. Este tratamiento no solo retrasó el inicio del crecimiento microbiano, sino que también mantuvo los niveles bajos y estables a lo largo del experimento. Las paltas recubiertas con cera de carnauba (TP-2) tuvo un

crecimiento de levaduras 31.67×10^2 . La combinación de ambos tratamientos, 1-MCP y cera de carnauba (TP-3), resultó ser la estrategia más efectiva, con un crecimiento de levaduras de solo 15.67×10^2 UFC/gr en promedio al día 30. Este tratamiento combinado no mostró crecimiento observable durante los primeros 12 días y mantuvo un aumento lento y constante a partir de ese punto.

Figura 16

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la cantidad de levaduras $\times 10^2$ UFC/gr



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento, respecto a la cantidad de levaduras.

En las paltas sin recubrimiento, se observó un mayor crecimiento de levaduras a comparación de los demás tratamientos. Esta rápida proliferación se debe a la ausencia de barreras que limiten el ingreso de oxígeno en la palta, lo que crea un entorno ideal para el desarrollo microbiano. Alegbeleye *et al.* (2022), también documentaron que la falta de recubrimientos acelera la descomposición microbiana, lo que explica la susceptibilidad al deterioro y los altos niveles de levaduras en estas muestras de palta.



El tratamiento con 1-MCP ser mejor que el que estuvo sin recubrimiento, reduciendo significativamente el crecimiento de levaduras, con un conteo final de 18.44 UFC/gr al día 30. Este efecto se atribuye a la inhibición del etileno, que retrasa la maduración y limita las condiciones favorables para la proliferación de microorganismos. Estos hallazgos son consistentes con Xue et al. (2023) y Yaseen (2018), quienes destacaron el valor del 1-MCP en la conservación postcosecha de frutas climatéricas, al disminuir la tasa de respiración y la actividad microbiana.

El tratamiento con la cera de carnauba demostró ser menos efectiva que la tratada con 1-MCP, aun así, demostró ser efectiva a comparación de la que no estuvo sin recubrimiento. Sin embargo, sigue siendo una herramienta útil en el manejo postcosecha, especialmente cuando se combina con otras tecnologías. Xu et al. (2017). Subrayan que las ceras ofrecen protección física, mientras que los inhibidores del etileno aportan un control hormonal, lo que hace que su combinación sea más eficaz (Salinas *et al.* 2024).

Esta investigación demuestra que el uso combinado de 1-MCP más cera de carnauba es eficaz para controlar el crecimiento de levaduras, manteniéndolo en un bajo nivel de 15.44 UFC/gr al día 30 a comparación de los demás tratamientos. Estos hallazgos concuerdan con Mohapatra *et al.* (2013), que evidencian cómo la integración de barreras físicas e inhibidores de etileno optimiza la conservación de frutas tropicales al retrasar tanto el crecimiento microbiano como la degradación estructural de la fruta logrando extender la vida útil y mejorar la calidad de los productos frescos.

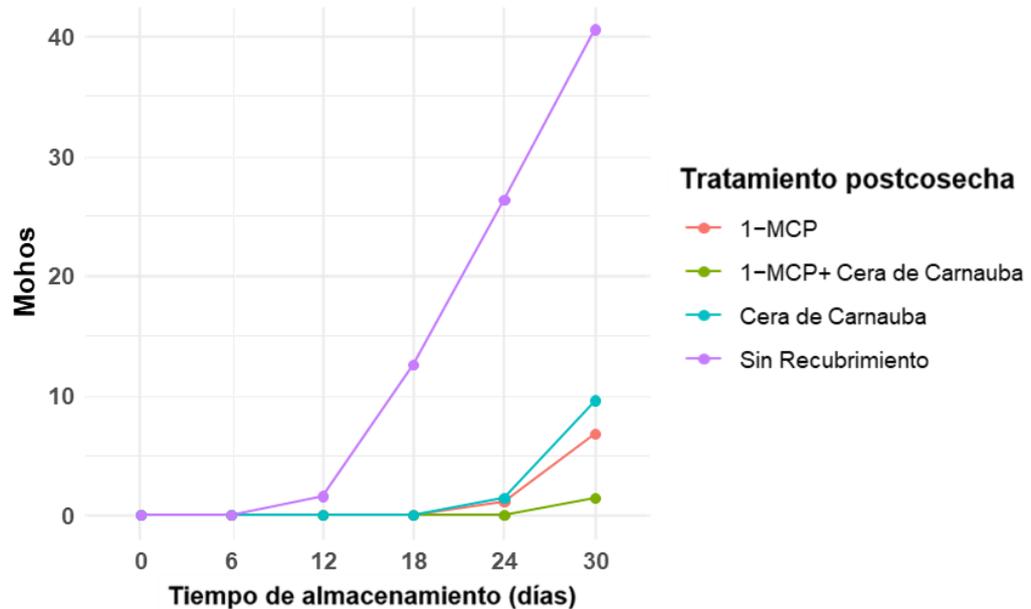


4.2.2. Mohos

En la Tabla 34 del Anexo 1 se ilustra el análisis de varianza (ANOVA) para el crecimiento de Mohos donde se observa el efecto significativo del tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 35 del anexo 1 se muestra las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos Las paltas sin recubrimientos (TP-0), demostraron ser vulnerables al deterioro microbiano, alcanzando un crecimiento de promedio 40.66×10^2 UFC/gr en promedio al día 30. Las paltas tratadas con 1-MCP (TP-1) mostraron un control notable del crecimiento de mohos, con un total de 7×10^2 UFC/gr en promedio al día 30. Este tratamiento no solo retrasó el inicio del crecimiento microbiano, sino que también mantuvo los niveles bajos y estables a lo largo del experimento. La palta Hass recubierto con cera de carnauba (TP-2), su crecimiento alcanzo al 9.67×10^2 UFC/gr. La combinación de ambos tratamientos, 1-MCP y cera de carnauba (TP-3), resultó ser la estrategia más efectiva, con un crecimiento de mohos de solo 1×10^2 UFC/gr en promedio al día 30. Este tratamiento combinado no mostró crecimiento observable durante los primeros 12 días y mantuvo un aumento lento y constante a partir de ese punto.

Figura 17

Tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento respecto a la cantidad de Mohos $\times 10^2$ UFC/gr



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento, respecto a la cantidad de mohos.

El desarrollo de mohos en las paltas maduras es un proceso que involucra múltiples factores asociados a las características de la fruta y las condiciones de almacenamiento. Durante la maduración, se producen cambios en la composición interna de la palta que favorecen el crecimiento de estos microorganismos. La liberación de nutrientes esenciales como azúcares, ácidos orgánicos y lípidos en la pulpa crea un entorno adecuado para el crecimiento de mohos, particularmente en frutas que han alcanzado un nivel avanzado de maduración (Mostafidi *et al.*, 2020).

Asimismo, las condiciones en el almacenamiento desempeñan un rol en el control de estos microorganismos. Factores como la temperatura y la humedad deben mantenerse en niveles óptimos para prevenir su proliferación. Es necesario que se almacenen en ambientes con temperatura y humedad reguladas adecuadamente, para prevenir la formación de colonias de mohos en la superficie de

la fruta, comprometiendo su calidad en un corto periodo de tiempo (Dagnas & Membré, 2013; Yahia & Woolf, 2011). Estas condiciones no controladas reducen significativamente la vida útil del fruto.

Por otra parte, el debilitamiento natural de la pared celular producto de la maduración de la palta es otro factor determinante. Este deterioro estructural reduce la capacidad del fruto para resistir la invasión de microorganismos, facilitando la penetración y el crecimiento de los mohos (Qin *et al.*, 2024; Ma *et al.*, 2023). Una vez que los mohos han accedido a los nutrientes internos, su expansión es hacia el interior del fruto, agravando el proceso de deterioro (Prusky & Romanazzi, 2023).

Además, los mohos tienden a desarrollarse en la superficie de la palta con elevada humedad y también en zonas de contacto con el ambiente. Estas condiciones permiten la formación de colonias visibles en la cáscara, que posteriormente se extienden hacia el interior, afectando la calidad de la fruta (Zhang *et al.*, 2024; Chávez & Guevara, 2024).

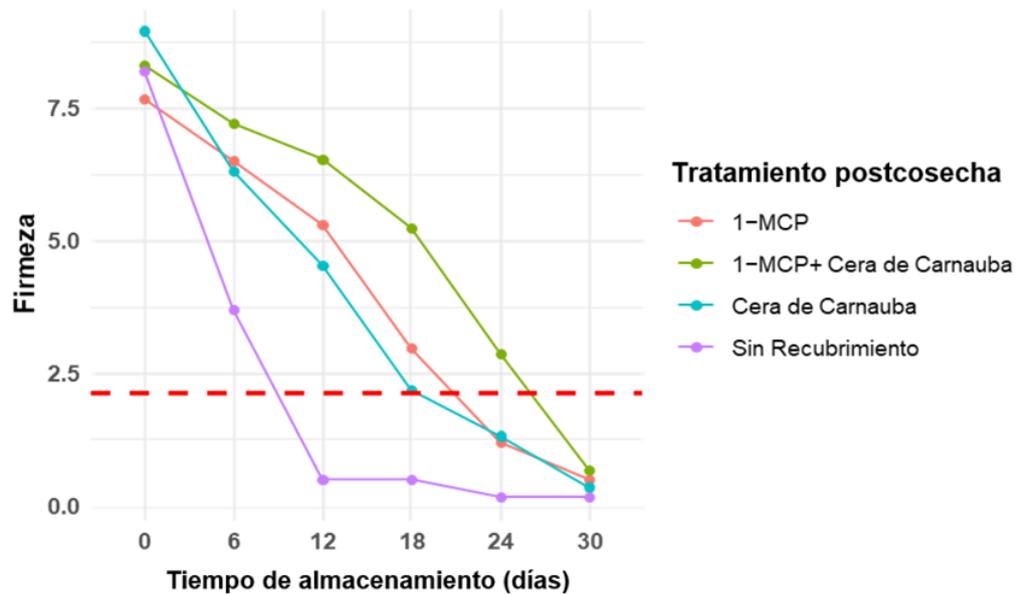
4.3. RESULTADOS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO (VIDA ÚTIL)

En la tabla 36 del Anexo 1, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el tiempo de vida útil, donde se observa el efecto significativo de tratamientos postcosecha y tiempo de almacenamiento. En la tabla 37 del Anexo 1, se presenta las comparaciones múltiples de Duncan entre los tratamientos. Las paltas sin recubrimiento (TP-0) alcanzaron una vida útil de solo 11 días, mientras que las tratadas con cera de carnauba (TP-1) lograron extender este periodo hasta 20 días. El tratamiento con 1-MCP (TP-2) mostró una mejora adicional, alcanzando los 21 días de vida útil. No obstante, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba (TP-

3) se destacó como la estrategia más efectiva, prolongando la vida útil del fruto hasta 26 días.

Figura 18

Cálculo de la vida útil respecto a cada tratamiento postcosecha aplicado a las paltas Hass



Nota. La figura muestra la interacción entre el tratamiento postcosecha y tiempo de almacenamiento, respecto a la firmeza para el cálculo de la vida útil.

La firmeza es un parámetro crítico en la evaluación de la calidad postcosecha. Según Ferreyra *et al.* (2015), una firmeza superior a los siguientes kg/cm^2 es esencial para garantizar la calidad y durabilidad de las paltas, así como su aptitud para la comercialización. En la figura, se observa la evolución de la firmeza en función de los distintos recubrimientos aplicados durante un periodo de 30 días. El punto de intersección entre las líneas de los tratamientos y la línea roja indica el momento en que las paltas alcanzan el umbral de firmeza crítica, estableciendo así el límite de su vida útil.



Diversos estudios han investigado la prolongación de la vida útil de las paltas mediante tratamientos innovadores. Prabath *et al.* (2011) lograron extender la vida útil hasta 14 días utilizando recubrimientos con 1-MCP, mientras que Amin *et al.* (2016) alcanzaron 16 días bajo condiciones similares. En esta investigación, se logró una extensión de hasta 20 días, evidenciando la efectividad optimizada del tratamiento tres, que combina 1-MCP y cera de carnauba. Según Martínez *et al.* (2003), la interacción entre dosis de tratamiento, ceras y gases desempeña un papel crucial en la conservación de frutos climatéricos y no climatéricos, lo que refuerza la relevancia del enfoque aplicado.

Por otro lado, Gago *et al.* (2024) demostraron que el uso exclusivo de cera de carnauba permitió extender la vida útil de las paltas hasta 7 días en condiciones de refrigeración. Sin embargo, la combinación de 1-MCP y cera de carnauba ha mostrado ser considerablemente más eficaz. Según Wang *et al.* (2024), el 1-MCP actúa ralentizando los procesos de maduración interna, mientras que la cera de carnauba, como señala Kotiyal & Singh (2023) la cera de carnauba forma una barrera física que reduce la pérdida de peso y minimiza el deterioro externo. Esta sinergia entre ambos componentes refuerza la conservación de las paltas, tanto en términos internos como externos, maximizando su vida útil y calidad. Los estudios analizados destacan avances significativos en la preservación postcosecha de frutas perecedoras mediante estrategias innovadoras y sostenibles. Chen *et al.* (2019) demostraron que recubrimientos de cera de carnauba con monolaurato de glicerol (CW-ML) reducen la descomposición del azufaifo indio, prolongando su vida útil en condiciones controladas. Chen *et al.*, (2019) evidenciaron que el uso de 1-MCP, combinado con almacenamiento optimizado, extiende la vida útil del mango hasta 46 días, preservando su calidad visual y nutricional. Munhuweyi *et*



al. (2020) subrayaron la eficacia de tratamientos no químicos, como recubrimientos biodegradables, para mitigar daños en aguacates, alineándose con prácticas agrícolas sostenibles. Motamedi *et al.* (2018) destacaron el potencial de emulsiones de cera de carnauba con nanoarcilla para preservar naranjas ‘Valencia’, mejorando su calidad sensorial y nutricional en comparación con ceras comerciales. Hershkovitz *et al.* (2005) validaron el uso de 1-MCP como inhibidor de etileno para retrasar la maduración y reducir pérdidas en cultivares de palta. Estos hallazgos consolidan el rol de tecnologías avanzadas y sostenibles en la optimización de la calidad postcosecha, favoreciendo la conservación, distribución y comercialización de frutas frescas.



V. CONCLUSIONES

- El tratamiento postcosecha aplicados en la palta Hass y el tiempo de almacenamiento afectaron significativamente sobre las características fisicoquímicas tales como pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable y color. El tratamiento postcosecha de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3), fue el mejor en conservar las características fisicoquímicas, alargando mayor tiempo de almacenamiento, manteniendo la calidad postcosecha.
- El tratamiento postcosecha aplicados en palta Hass y el tiempo de almacenamiento afectaron significativamente sobre las características microbiológicas (Mohos y levaduras). El tratamiento postcosecha de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3), fue el mejor en conservar las características microbiológicas, alargando mayor tiempo de almacenamiento, manteniendo la calidad postcosecha.
- El tratamiento postcosecha aplicados en palta Hass y el tiempo de almacenamiento afectaron significativamente sobre el tiempo de vida útil. El tratamiento postcosecha de 1-MCP y cera de carnauba (TP-3), prologó por un tiempo de 26 días, conservando la calidad postcosecha a temperatura ambiente.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la aplicación de 1-MCP y cera de carnauba en otros frutos con altos índices de maduración (climatéricos) considerando diferentes métodos de empaque y condiciones de almacenamiento en temperaturas controladas.
- Se recomienda realizar seguimiento y monitoreo constante en la aplicación de 1-MCP y Cera de carnauba sobre las características microbiológicas de los diferentes frutos a lo largo de su periodo de almacenamiento.
- Se recomienda elaborar investigaciones sobre la importancia de los atributos sensoriales en la vida útil de la Palta Hass (*Persea americana Mill*).



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Goukh, A. B. (2013). 1-Methylcyclopropene (1-MCP) a breakthrough to delay ripening and extend shelf-life of horticultural crops. *Univ. Khartoum J. Agric. Sci*, 21, 170-196.
- Aguilar, M. (2005). *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate*. Tesis de Maestro en Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional México.
- Aguirre-Joya, J. A., Ventura-Sobrevilla, J., Martínez-Vazquez, G., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2017). Effects of a natural bioactive coating on the quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 102–107. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2017.09.003>
- Ahmed, D. M., Yousef, A. R. M., & Hassan, H. S. A. (2010). *Relationship between electrical conductivity , softening and color of Fuerte avocado fruits during ripening*. 878–885. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.878.885>
- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*, 2(1), 100122. <https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2022.100122>
- Ali, M., Hashmi, M. S., Khan, N., Shurjeel, H. K., Aziz, I., Ullah, I., Khan, M. A., Khan, S., & Iqbal, H. (2022). Combined Effect of 1-MCP with Honeybee Wax on Plum Quality during Cold Storage. *Journal of Arable Crops and Marketing*, 4(2), 103–113. <https://doi.org/10.33687/JACM.004.02.4502>
- Alzuabi, R. O., Hassan, N. M., & Bahroun, Z. (2024). Development and Implementation of an Innovative Smart Storage System for Fruit Quality Preservation. *Food and Bioprocess Technology*, 17(1), 257–270. <https://doi.org/10.1007/S11947-023-03132-Y/METRICS>
- Amin, I. A. H., Poerwanto, R., & Kartika, J. G. (2016). 1-MCP application to prolong avocado shelflife. *Acta Horticulturae*, 1120, 131–136. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2016.1120.19>



- Anagnostopoulou, O., Tsaniklidis, G., Paschalidis, K., & Ververidis, F. (2024). Gene Expression Profiling and Qualitative Characteristics in Delaying Flesh Softening of Avocado Fruits. *Genes* 2024, Vol. 15, Page 860, 15(7), 860. <https://doi.org/10.3390/GENES15070860>
- Angamarca, E., Castillejo, P., & Tenea, G. N. (2023). Microbiota and its antibiotic resistance profile in avocado Guatemalan fruits (*Persea nubigena* var. *guatemalensis*) sold at retail markets of Ibarra city, northern Ecuador. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2023.1228079/FULL>
- Antonio-bautista, J. (1990). *Association Of Official Analytical Chemists*. 73(1), 1–192.
- AOAC. (1990). *AOAC: Official Methods of Analysis (Volume 1)*. 1(Volume 1).
- AOAC. (1998). *Official Methods of Analysis. 112th Edition, Association of Official Analytical Chemist*.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. February*.
- Apaza, C. (2020). . *Influencia de la aplicación de recubrimientos biodegradables a base de mucílago de nopal (Opuntia spp.) y la temperatura de almacenamiento en la conservación de la palta (Persea americana Mill) variedad hass*. Universidad Nacional de Moquegua, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- Arana, I. (2012). *Propiedades Físicas de los Alimentos" nuevas técnicas de medición y aplicaciones* (Taylor & F).
- Arias, V. C., & Toledo, H. J. (2007). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos) Tomado el 26 de junio de 2007 de: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>*.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39(1), 172–184. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2013.11.007>
- Babarabie, M., Sardoei, A. S., Jamali, B., & Hatami, M. (2024). Carnauba wax-based edible coatings retain quality enhancement of orange (*Citrus sinensis* cv. Moro) fruits during storage. *Scientific Reports*, 14(1), 4133. <https://doi.org/10.1038/S41598-024-54556-1>



- Balaguera, H. (2011). *Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto Champa (Campomanesia lineatifolia R. & P.) y determinación del punto óptimo de cosecha*. Agr. Bogotá, Colombia, UNAL.
- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., & Baker, R. A. (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(6), 509–524. <https://doi.org/10.1080/10408399509527713>
- Bartoli, A. (2008). *Manual Técnico del Cultivo del Aguacate Hass (Persea americana L.)*. 1–18.
- Bernal, J., & Dias, C. (2005). *Tecnología para cultivo de Aguacate* (i D. D. BERNAL E., J.A (ed.); Litomadrid).
- Berrios, J. de J. (2002). Development of a Dynamically Modified Atmosphere Storage System Applied to Avocados. [Http://Dx.Doi.Org/10.1106/108201302026163](http://Dx.Doi.Org/10.1106/108201302026163), 8(3), 155–162. <https://doi.org/10.1106/108201302026163>
- Bill, M., Sivakumar, D., Thompson, A. K., & Korsten, L. (2014). Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International*, 30(3), 169–202. <https://doi.org/10.1080/87559129.2014.907304>
- Blankenship, S. (2001). *Efectos del etileno y beneficios del 1-MCP*. 2–4.
- Brummell, D. A., & Harpster, M. H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47(1–2), 311–339. <https://doi.org/10.1023/A:1010656104304/METRICS>
- Cancino, C. (2007). *Efecto del uso de dos coberturas en la reducción de daños por frío en palta cv. Hass*. Taller de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of avocado (*Persea americana* Mill.): A REVIEW. *Experimental Agriculture*, 49(2), 256–278. <https://doi.org/10.1017/S0014479712001317>
- Chávez, C., & Guevara, A. (2024). Storage of Fruits and Vegetables in Controlled Atmospheres and Its Application in the Preservation of White Onion Quality.



- Engineering Principles for Food Processing Technology and Product Realization*, 135–163. <https://doi.org/10.1201/9781032713922-7>
- Chen, H., Sun, Z., & Yang, H. (2019). Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 244, 157–164. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.09.039>
- Chiriboga, M. A., Schotsmans, W. C., Larrigaudière, C., Dupille, E., & Recasens, I. (2011). How to prevent ripening blockage in 1-MCP-treated ‘Conference’ pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(10), 1781–1788. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4382>
- Chirinos, R., Ramon, K., Mendoza, M., Figueroa-Merma, A., Pacheco-Ávalos, A., Campos, D., & Pedreschi, R. (2022). Effect of Prolonged Cold Storage on the Dynamics of the Enzymatic and Non-Enzymatic Antioxidant System in the Mesocarp of Avocado (*Persea americana*) cv. Hass: Relationship with Oxidative Processes. *Horticulturae*, 8(10), 880. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8100880/S1>
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 59–67. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2011.12.006>
- Dagnas, S. P., & Membre, J. M. (2013). Predicting and Preventing Mold Spoilage of Food Products. *Journal of Food Protection*, 76(3), 538–551. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-349>
- Dávila, J. A., Rosenberg, M., Castro, E., & Cardona, C. A. (2017). A model biorefinery for avocado (*Persea americana* mill.) processing. *Bioresource Technology*, 243, 17–29. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2017.06.063>
- DeMan, J. M., Finley, J. W., Hurst, W. J., & Lee, C. Y. (2018). *Principles of Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63607-8>
- Devi, L. S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2024). Lipid incorporated biopolymer based edible films and coatings in food packaging: A review. *Current Research in Food*



- Science*, 8, 100720. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2024.100720>
- Dias, C., Ribeiro, T., Rodrigues, A. C., Ferrante, A., Vasconcelos, M. W., & Pintado, M. (2021). Improving the ripening process after 1-MCP application: Implications and strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 382–396. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.05.012>
- dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de Mello-Farias, P. C., Rombaldi, C. V., & de Oliveira, A. C. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant OMICS*, 8(2), 78–88.
- Escobar, J., Rodriguez, P., Cortes, M. (2019). *Influencia de la materia seca como índice de madurez de cosecha y tiempo de almacenamiento en frío sobre la calidad del aguacate cv. hass producido en la región del trópico alto*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Establés-Ortiz, B., Romero, P., Ballester, A. R., González-Candelas, L., & Lafuente, M. T. (2016). Inhibiting ethylene perception with 1-methylcyclopropene triggers molecular responses aimed to cope with cell toxicity and increased respiration in citrus fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, 103, 154–166. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2016.02.036>
- Farris, S., & Pashova, S. (2023). Application of Plant Waxes in Edible Coatings. *Coatings* 2023, Vol. 13, Page 911, 13(5), 911. <https://doi.org/10.3390/COATINGS13050911>
- Ferreira, R., Arpaia, M. L., Defilippi, B., Karlezi, D., Saavedra, J., Crane, J., Selles, G., Schaffer, B., Robledo, P., & Gil, P. (2015). *Predictores del comportamiento en postcosecha de palta*. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7846>
- Ferro, I. amortegui. (2001). *El Cultivo de Aguacate* (L. A. Cabrera (ed.)).
- Freitas, C. A. S., Sousa, P. H. M., Soares, D. J., da Silva, J. Y. G., Benjamin, S. R., & Guedes, M. I. F. (2019). Carnauba wax uses in food – A review. *Food Chemistry*, 291, 38–48. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.03.133>
- Gago, C., Guerreiro, A., Souza, M., Martins, N., Fonseca, D., Cabrita, M. J., Miguel, M. da G., & Antunes, M. D. (2024). Effectiveness of Sodium Alginate and Carnauba



- Wax Nanoemulsions with Lemongrass Essential Oil on the quality of 'Hass' Avocado Fruit from early, middle, and late harvest season during prolonged cold storage. *Scientia Horticulturae*, 333, 113237. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2024.113237>
- Garcia, F., & Davidov-Pardo, G. (2021). Recent advances in the use of edible coatings for preservation of avocados: A review. *Journal of Food Science*, 86(1), 6–15. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15540>
- Guadarrama, A. (2001, January). *Fisiología Postcosecha de frutos*. 139.
- Guan, J., Hu, M., Shen, C., Zhou, S., Cheng, Y., & He, J. (2015). Effects of 1-Methylcyclopropene on Active Composition in Fruits. *Processing and Impact on Active Components in Food*, 133–137. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00016-0>
- Guichard, S., Gary, C., Leonardi, C., & Bertin, N. (2005). Analysis of growth and water relations of tomato fruits in relation to air vapor pressure deficit and plant fruit load. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(3), 201–213. <https://doi.org/10.1007/S00344-005-0040-Z/METRICS>
- Guillen, F. (2009). *1-MCP como estrategia de conservación*. 8.
- Gwanpua, S. G., Verlinden, B. E., Hertog, M. L. A. T. M., Nicolai, B. M., & Geeraerd, A. H. (2017). A mechanistic modelling approach to understand 1-MCP inhibition of ethylene action and quality changes during ripening of apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(11), 3802–3813. <https://doi.org/10.1002/JSFA.8244>
- Hasan, M. K., Alam, A., Islam, M. R., Akhtaruzzaman, M., & Biswas, M. (2024). Evaluating the potential of 1-methylcyclopropene treatments on physicochemical properties, bioactive compounds, and shelf life of mango fruits under different storage conditions. *Heliyon*, 10(15), e34695. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E34695>
- HersHKovitz, V., Saguy, S. I., & Pesis, E. (2005). Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 37(3), 252–264.



<https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2005.05.003>

- Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E., & Whitmore, K. (2003). The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in 'Hass' avocado. *Postharvest Biology and Technology*, 29(1), 41–53. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00211-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00211-9)
- Hort, K. M., & Arumugam, V. A. (2024). *Improvement of Shelf Life and Quality of Mango (Mangifera indica) by Edible Coatings*. <https://www.researchgate.net/publication/380731834>
- Huamani, R. L. (2017). *comportamiento de la madurez poscosecha de la palta cv hass (Persea americana)*. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.
- INEI. (2023). *Junio 2023. 2023*(Cifras preliminares del mes de mayo 2023), 2023.
- Johana, A., Medina, R., Johana, A., & Medina, R. (2023). *POSCOSECHA DE FRUTOS DE LULO (Solanum quitoense Lam) (Solanum quitoense Lam)*.
- Kader, A. (1986). *Bases bioquímicas y fisiológicas de los efectos de atmósferas controladas y modificadas en frutas y verduras*. Tecnología de los Alimentos.
- Kader, A. A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11), 1863–1868. <https://doi.org/10.1002/JSFA.3293>
- Kamble, V., Narayana, C. K., Karunakaran, G., Sudhakar Rao, D. V., Sriram, S., & R. H, L. (2024). Differential Efficacy of Storage Temperature and Postharvest Treatment on Shelf Life and Quality of Avocado Fruit (Persea americana Mill.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 79(3), 669–676. <https://doi.org/10.1007/S11130-024-01207-5/METRICS>
- Karithi, E. (2016). *Evaluation of the efficacy of coolbot™ cold storage technology to preserve quality and extend shelf life of mango fruits* [Doctoral dissertation, University of Nairobi]. <https://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/99562>
- Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Hortyńska, P. (2021). Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review. *Agronomy 2021, Vol. 11, Page 813*, 11(5), 813. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11050813>



- Köhne, S., & Mokgalabone, M. L. (2004). *Evaluación de nuevas variedades de palto en merensky technological services – informe de avance temporada 2003 en la evaluación de harvest y gem en sudáfrica . 2002–2005.*
- Kotiyal, A., & Singh, P. (2023). Applications of Edible Coatings to Extend Shelf-life of Fresh Fruits. *Food Process Engineering and Technology*, 99–118. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6831-2_5
- Ladaniya, M. S. (2008). Fruit quality control, evaluation, and analysis. *Citrus Fruit*, 475–499. <https://doi.org/10.1016/B978-012374130-1.50021-8>
- Lemus, G., Gil, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C., & Celedon, J. M. (2005). *El Cultivo del Palto*. 81.
- Lieu, M. D., Phuong, T. V., Nguyen, T. T. B., Dang, T. K. T., & Nguyen, T. H. (2024). A review of preservation approaches for extending avocado fruit shelf-life. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101102. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2024.101102>
- Londoño, M. (2008). *Tecnología para el Cultivo del Aguacate*.
- Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2020). Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 272, 109519. <https://doi.org/10.1016/J.scienta.2020.109519>
- Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23–38. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.03.005>
- Ma, Y., Wu, M., Qin, X., Dong, Q., & Li, Z. (2023). Antimicrobial function of yeast against pathogenic and spoilage microorganisms via either antagonism or encapsulation: A review. *Food Microbiology*, 112, 104242. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2023.104242>
- Mafftonazad, N., & Ramaswamy, H. (2005). *Extension de la vida util del agacuate a base de recubrimientos de metilcelulosa*.
- Mahendran, T., & Prasannath, K. (2008). *Modified Atmosphere Storage of Avocados: Effects on Storage life and Fruit Quality*.



<https://www.researchgate.net/publication/260414769>

- Mandal, S. C., Mandal, V., & Das, A. K. (2015). Innovative Extraction Process Design and Optimization Using Design of Experimental Approach. *Essentials of Botanical Extraction*, 137–163. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802325-9.00007-0>
- Manterola, C., Quiroz, G., Salazar, P., & García, N. (2019). Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 36–49. <https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2018.11.005>
- Maqbool, A., Beigh, M. A., Hussain, S. Z., Bhat, T. A., Zargar, I. A., Akhter, S., Wani, N., & Qadri, T. (2024). Effect of 1-MCP and KMnO₄ treatments with different packaging on quality preservation of golden delicious apples. *Food Chemistry: X*, 23, 101768. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.101768>
- Marín-Obispo, L. M., Villarreal-Lara, R., Rodríguez-Sánchez, D. G., Del Follo-Martínez, A., Barquera, M. de la C. E., Jaramillo-De la Garza, J. S., de la Garza, R. I. D., & Hernández-Brenes, C. (2021). Insights into Drivers of Liking for Avocado Pulp (*Persea americana*): Integration of Descriptive Variables and Predictive Modeling. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 99, 10(1), 99. <https://doi.org/10.3390/FOODS10010099>
- Márquez, L., Pretell, C., & Minchón Medina, C. (2013). *Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en palta (persea americana mill) hass*. Ingeniero en Industrias Alimentarias. Maestro en Ciencias con Mención en Tecnología de Alimentos.
- Martínez-Romero, D., Bailén, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P., Castillo, S., & Valero, D. (2007). Tools to Maintain Postharvest Fruit and Vegetable Quality through the Inhibition of Ethylene Action: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(6), 543–560. <https://doi.org/10.1080/10408390600846390>
- Martínez, D., Dupille, E., Guillén, F., Valverde, J. M., Serrano, M., & Valero, D. (2003).



- 1-Methylcyclopropene Increases Storability and Shelf Life in Climacteric and Nonclimacteric Plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4680–4686. <https://doi.org/10.1021/JF034338Z>
- Meena, N. K., Vinod, B. R., & Menaka, M. (2023). Ethylene Control in Postharvest Handling of Fruits and Vegetables. *Postharvest Physiology and Handling of Horticultural Crops*, 167–195. <https://doi.org/10.1201/9781003452355-9/Ethylene-control-postharvest-handling-fruits-vegetables-nirmal-kumar-meena-vinod-menaka>
- Miranda, M., Sun, X., Marín, A., dos Santos, L. C., Plotto, A., Bai, J., Benedito Garrido Assis, O., David Ferreira, M., & Baldwin, E. (2022). Nano- and micro-sized carnauba wax emulsions-based coatings incorporated with ginger essential oil and hydroxypropyl methylcellulose on papaya: Preservation of quality and delay of post-harvest fruit decay. *Food Chemistry: X*, 13, 100249. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2022.100249>
- Mohapatra, D., Mishra, S., Giri, S., Kar, A., & Debabandya Mohapatra, N. (2013). Application of hurdles for extending the shelf life of fresh fruits. *Trends in Post Harvest Technology*, 37–54. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44705795/Application_of_hurdles_for_extending_the20160413-1703-yom8iu-libre.pdf?1460577338=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DApplication_of_Hurdles_for_Extending_the.pdf&Expires=1728060908&Signature=Z
- Morales, A., Vargas, IJP, Del-Sol, DR, Portal, O., García, YB, García, YR, ... & Chávez, V. (2024). Herencia del color y forma de la pulpa de la raíz tuberosa de batata (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.). *Horticulturae*, 10 (10), 1032.
- Mostafidi, M., Sanjabi, M. R., Shirkhan, F., & Zahedi, M. T. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 321–332. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.07.009>
- Motamedi, E., Nasiri, J., Malidarreh, T. R., Kalantari, S., Naghavi, M. R., & Safari, M. (2018). Performance of carnauba wax-nanoclay emulsion coatings on postharvest quality of ‘Valencia’ orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 240, 170–178.



<https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.06.002>

- Munhuweyi, K., Mpai, S., & Sivakumar, D. (2020). Extension of Avocado Fruit Postharvest Quality Using Non-Chemical Treatments. *Agronomy 2020*, Vol. 10, Page 212, 10(2), 212. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10020212>
- Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W., & Kumar, M. (2020). Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 304–320. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.07.083>
- Ngubane, S., Tesfay, S. Z., Magwaza, L. S., & Mditshwa, A. (2024). The effect of composite edible coatings on the postharvest quality of “Hass” avocado fruit treated at different harvest maturities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1473731. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2024.1473731/BIBTEX>
- NTEINEN1529-10. (2013). Control Microbiológico De Los Alimentos. Mohos Y Levaduras Viables. Detección. *Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 1529-7 : 2013, primera ed*(Quito-Ecuador), 1–8.
- Nunes, CN, Emond, J. (2007). *Relationship between weight loss and visual quality of fruits and vegetables*. In Proceedings of the Florida State Horticultural Society.
- Oliveira Filho, J. G. de, Duarte, L. G. R., Silva, Y. B. B., Milan, E. P., Santos, H. V., Moura, T. C., Bandini, V. P., Vitolano, L. E. S., Nobre, J. J. C., Moreira, C. T., Mitsuyuki, M. C., Bogusz Junior, S., & Ferreira, M. D. (2023). Novel Approach for Improving Papaya Fruit Storage with Carnauba Wax Nanoemulsion in Combination with *Syzigium aromaticum* and *Mentha spicata* Essential Oils. *Coatings 2023*, Vol. 13, Page 847, 13(5), 847. <https://doi.org/10.3390/COATINGS13050847>
- Osis, A. (2020). *Efecto del recubrimiento de propóleo natural de abeja en la pérdida de peso, color, firmeza y analisis microbiologico en la palta hass (Persea Americana Miller)*. Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- Park, Y. S., Jung, S. T., & Gorinstein, S. (2006). Ethylene treatment of ‘Hayward’



- kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 108(1), 22–28. <https://doi.org/10.1016/J.scienta.2006.01.001>
- Pedreschi, R., Uarrota, V., Fuentealba, C., Alvaro, J. E., Olmedo, P., Defilippi, B. G., Meneses, C., & Campos-Vargas, R. (2019). Primary metabolism in avocado fruit. *Frontiers in Plant Science*, 10, 454450. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.00795/BIBTEX>
- Pinto, J., Rueda-Chacón, H., & Arguello, H. (2019). Clasificación de aguacate Hass (persea americana mill) en términos de su madurez por medio de imágenes hiperespectrales. *TecnoLógicas*.
- Pirozzi, A., Pataro, G., Donsì, F., & Ferrari, G. (2020). Edible Coating and Pulsed Light to Increase the Shelf Life of Food Products. *Food Engineering Reviews 2020 13:3*, 13(3), 544–569. <https://doi.org/10.1007/S12393-020-09245-W>
- Pisani, C., Ritenour, M. A., Stover, E., Plotto, A., Alessandro, R., Kuhn, D. N., & Schnell, R. J. (2017). Postharvest and Sensory Evaluation of Selected ‘Hass’ × ‘Bacon’ and ‘Bacon’ × ‘Hass’ Avocado Hybrids Grown in East-Central Florida. *HortScience*, 52(6), 880–886. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11375-16>
- Ponce, G. A. R. (2020). *Desarrollo de un Recubrimiento Comestible con Cera Carnauba , Cera de Abeja y Manteca de Cacao en la Uvilla (Physalis peruviana)*. Universidad Agraria Del Ecuador.
- Prabath, U. A., Sekozawa, Y., Sugaya, S., & Gemma, H. (2011). Effect of combined application of 1-MCP and low oxygen treatments on alleviation of chilling injury and lipid oxidation stability of avocado (*Persea americana* Mill.) under low temperature storage. *Fruits*, 66(3), 161–170. <https://doi.org/10.1051/FRUITS/2011023>
- Prusky, D., & Romanazzi, G. (2023). Induced Resistance in Fruit and Vegetables: A Host Physiological Response Limiting Postharvest Disease Development. *Annual Review of Phytopathology*, 61(Volume 61, 2023), 279–300. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PHYTO-021722-035135/CITE/REFWORKS>



- Qin, J., Chen, X., Tang, X., Shao, X., Lai, D., Xiao, W., Zhuang, Q., Wang, W., & Dong, T. (2024). Near-freezing temperature suppresses avocado (*Persea americana* Mill.) fruit softening and chilling injury by maintaining cell wall and reactive oxygen species metabolism during storage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 210, 108621. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2024.108621>
- Quintero, C. J., Falguera, V., & Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista TUMBAGA*, 5(1), 93–118.
- Ramos-Bell, S., Diaz-Cayetano, G., Hernández-Montiel, L. G., Velázquez-Estrada, R. M., Montalvo-González, E., & Gutiérrez-Martínez, P. (2024). Physicochemical preservation of blueberries treated with chitosan and salicylic acid in postharvest. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(5), e3391. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V15I5.3391>
- Ríos-Mesa, A. F., Zuluaga Gallego, R., Osorio, M., Ciro-Velásquez, H. J., & Márquez Cardozo, C. J. (2020). Effect of vehicle vibration on the mechanical and sensory properties of avocado (*Persea Americana* Mill. Cv. Hass) during road transportation. *International Journal of Fruit Science*, 20(S3), S1904–S1919. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1835602>
- Rodrigues, D. C., Caceres, C. A., Ribeiro, H. L., de Abreu, R. F. A., Cunha, A. P., & Azeredo, H. M. C. (2014). Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. *food hydrocolloids*, 38, 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.010>
- Rodriguez, F. P. E., & Henao, R. J. C. (2019). *Ficha de índices de madurez de cosecha para aguacate (Persea americana Mill. cv. Hass) en el departamento de Antioquia* (p. 16).
- Salinas, R., López, S., Pérez, A. J., & Acostas, J. R. (2024). Strategies to Delay Ethylene-Mediated Ripening in Climacteric Fruits: Implications for Shelf Life Extension and Postharvest Quality. *horticulturae* 2024, vol. 10, page 840, 10(8), 840. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080840>
- Salunkhe, D. (1991). *Almacenamiento, procesamiento y calidad nutricional de frutas y*



hortalizas. Boca Ratón, Florida: Prensa CRC.

- Sanches, R. (2013). *Aplicación de 1-metilciclopropeno en frutos de palta (persea americana Mill) cv. Hass en poscosecha*. Universidad Nacional Agraria.
- Sánchez, Y. C. (2014). *Efecto de la aplicación de coberturas biodegradables y la temperatura sobre el color, firmeza, pérdida de peso y la aceptabilidad general en la palta (Persea americana Mill) variedad fuerte, durante el almacenamiento*. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Satekge, T. K., & Magwaza, L. S. (2022). Postharvest Application of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Climacteric Fruits: Factors Affecting Efficacy. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 595–607. <https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2085231>
- Serrano-García, I., Saavedra Morillas, C., Beiro-Valenzuela, M. G., Monasterio, R., Hurtado-Fernández, E., González-Fernández, J. J., Hormaza, J. I., Pedreschi, R., Olmo-García, L., & Carrasco-Pancorbo, A. (2024). Uncovering phytochemicals quantitative evolution in avocado fruit mesocarp during ripening: A targeted LC-MS metabolic exploration of Hass, Fuerte and Bacon varieties. *Food Chemistry*, 459, 140334. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.140334>
- Shao, X. F., Tu, K., Tu, S., & Tu, J. (2012). A combination of heat treatment and chitosan coating delays ripening and reduces decay in “gala” apple fruit. *journal of food quality*, 35(2), 83–92. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00429.X>
- Singh, B. K. (2016). *LWT - Ciencia y tecnología de los alimentos la calidad de la berenjena (Solanum melongena) frutas Sudhir Singh a , * , Priti Khemariya a , Ashutosh Rai b , Avinash Chandra Rai b , Tanmay. 74, 420–426*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.004>
- Singh, R. P. (1994). Scientific principles of shelf life evaluation. *Shelf Life Evaluation of Foods*, 3–26. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5_1
- Singh, S., Singh, B., & Alam, T. (2019). Evaluation of shelf-life, antioxidant activity and nutritional quality attributes in carnauba wax coated eggplant genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4826–4833. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-03944-X/METRICS>



SOLAGRO. (2020). *Ficha comercial aguacate Hass*. 5.

Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2022). Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), e17207. <https://doi.org/10.1111/JFPP.17207>

Susmita Devi, L., Kalita, S., Mukherjee, A., & Kumar, S. (2022). Carnauba wax-based composite films and coatings: recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 296–305. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.09.019>

Thongkum, M., Imsabai, W., Burns, P., McAtee, P. A., Schaffer, R. J., Allan, A. C., & Ketsa, S. (2018). The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on expression of ethylene receptor genes in durian pulp during ripening. *Plant Physiology and Biochemistry*, 125, 232–238. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2018.02.004>

Tochihuitl-Martiñón, G. A., Saucedo-Veloz, C., López-Jiménez, A., Chávez-Franco, S. H., Arellano-Ostoa, G., & Guerra-Ramírez, D. (2023). Calidad y vida de anaquel de tres estados fisiológicos de frutos de aguacate variedad Lonjas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), 555–566. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V14I4.3252>

Vázquez-Celestino, D., Ramos-Sotelo, H., Rivera-Pastrana, D. M., Vázquez-Barrios, M. E., & Mercado-Silva, E. M. (2016). Effects of waxing, microperforated polyethylene bag, 1-methylcyclopropene and nitric oxide on firmness and shrivel and weight loss of ‘Manila’ mango fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.030>

Wang, R., Zhang, L., Rahman, F. U., Luo, J., Liu, T., Chen, W., Li, X., & Zhu, X. (2024). 1-methylcyclopropene combined with ethylene absorbent delays the ripening of ‘Fenjiao’ banana (*Musa ABB Pisang Awak*). *Scientia Horticulturae*, 326, 112772. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.112772>

Wang, W., Jung, J., McGorin, R. J., Traber, M. G., Leonard, S. W., Cherian, G., & Zhao, Y. (2018). Investigation of drying conditions on bioactive compounds, lipid oxidation, and enzyme activity of Oregon hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *LWT*,



90, 526–534. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.01.002>

- Warren, O., & Sargent, S. A. (2011). Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 397-414e. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.397>
- Woolf, A. B., Cox, K. A., White, A., & Ferguson, I. B. (2003). Low temperature conditioning treatments reduce external chilling injury of ‘Hass’ avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 113–122. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00178-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00178-3)
- Xu, X., Lei, H., Ma, X., Lai, T., Song, H., Shi, X., & Li, J. (2017). Antifungal activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP) against anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in postharvest mango fruit and its possible mechanisms of action. *International Journal of Food Microbiology*, 241, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.002>
- Xue, W., Macleod, J., & Blaxland, J. (2023). The Use of Ozone Technology to Control Microorganism Growth, Enhance Food Safety and Extend Shelf Life: A Promising Food Decontamination Technology. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 814, 12(4), 814. <https://doi.org/10.3390/FOODS12040814>
- Yahia, E. M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.125>
- Yahia, E. M., & Woolf, A. B. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 125-186e. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.125>
- Yakoby, N., Kobilier, I., Dinooor, A., & Prusky, D. (2000). pH regulation of pectate lyase secretion modulates the attack of *Colletotrichum gloeosporioides* on avocado fruits. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(3), 1026–1030. <https://doi.org/10.1128/aem.66.3.1026-1030.2000/asset/14acc3d5-f6cf-46a8-b69b-168028b0f930/assets/graphic/am0301020008.jpeg>
- Yaseen, M. (2018). *Manipulation of Fruit Ripening, Quality and Storage Life in Pome Fruits Using Novel Ethylene Antagonists*.



<http://hdl.handle.net/20.500.11937/75530>

Zapata, E., Ochoa, S., Ceja, J., Gomez, A., & Rios, A. (2010). *Manual técnico poscosecha del aguacate Hass (Persea americana Mill)*. 66.

Zhang, C., Hoogenboom, G., Ritenour, M. A., Alam-Eldein, S. M., & Sargent, S. A. (2024). Modeling the relationship between postharvest storage conditions and grapefruit quality. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101171. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2024.101171>

Zhang, H., Zhang, H., Arens, E., Jin, L., He, Y., Zhou, E., Zhou, L., & Hu, J. (2024). A study of the inhibitory effect and mechanism of airflow regarding mould on building surfaces. *Frontiers of Architectural Research*. <https://doi.org/10.1016/J.FOAR.2024.03.007>

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados experimentales de las variables respuesta

Tabla 6

Datos de porcentaje de Acidez en la palta bajo los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha (TP)	Tiempo de almacenamiento (TA)	% Acidez		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	0.57	0.56	0.57
	TA-6	0.55	0.54	0.54
	TA-12	0.52	0.52	0.52
	TA-18	0.49	0.48	0.51
	TA-24	0.48	0.46	0.47
	TA-30	0.44	0.45	0.45
TP-1	TA-0	0.56	0.57	0.57
	TA-6	0.55	0.56	0.55
	TA-12	0.54	0.56	0.55
	TA-18	0.53	0.55	0.55
	TA-24	0.52	0.54	0.53
	TA-30	0.51	0.54	0.52
TP-2	TA-0	0.57	0.57	0.58
	TA-6	0.53	0.54	0.56
	TA-12	0.51	0.53	0.55
	TA-18	0.51	0.53	0.54
	TA-24	0.5	0.51	0.53
	TA-30	0.49	0.49	0.52
TP-3	TA-0	0.58	0.58	0.57
	TA-6	0.57	0.56	0.56
	TA-12	0.56	0.55	0.53
	TA-18	0.56	0.55	0.52
	TA-24	0.54	0.54	0.5
	TA-30	0.53	0.51	0.49

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 7

Anova para el porcentaje de Acidez

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	0.01713	0.005711	32.896	1.06E-11
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	0.04518	0.009037	52.051	< 2e-16
TP x TA	15	0.00775	0.000517	2.976	0.00209
Residuals	48	0.00833	0.000174		

CV=2.199

Tabla 8

Duncan para porcentaje de Acidez

	% de Acidez	Desviación estándar	groups
TP-2-TA-0	0.576667	0.0057735	a
TP-3-TA-0	0.573333	0.02	ab
TP-1-TA-0	0.566667	0.0152753	abc
TP-0-TA-0	0.566667	0.0152753	abc
TP-2-TA-6	0.563333	0.0173205	abc
TP-1-TA-6	0.553333	0.0152753	abcd
TP-1-TA-12	0.55	0.0057735	bcde
TP-2-TA-12	0.546667	0.01	cdef
TP-3-TA-6	0.543333	0.011547	cdefg
TP-1-TA-18	0.543333	0.01	cdefg
TP-2-TA-18	0.543333	0.0152753	cdefg
TP-0-TA-6	0.543333	0.0057735	cdefg
TP-3-TA-12	0.53	0.0057735	defgh
TP-1-TA-24	0.53	0.0152753	defgh
TP-3-TA-18	0.526667	0.0208166	efgh
TP-2-TA-24	0.526667	0.023094	efgh
TP-1-TA-30	0.523333	0.02	fghi
TP-0-TA-12	0.52	0.0057735	ghi
TP-3-TA-24	0.513333	0.0057735	hij
TP-2-TA-30	0.51	0	hij
TP-3-TA-30	0.5	0.0152753	ij
TP-0-TA-18	0.493333	0.01	j
TP-0-TA-24	0.47	0.0057735	k
TP-0-TA-30	0.4466667	0.0057735	l

Tabla 9

Datos de los grados brix en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	°Brix		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	0.1	0.1	0.1
	TA-6	0.3	0.3	0.2
	TA-12	0.3	0.4	0.4
	TA-18	0.5	0.5	0.6
	TA-24	0.6	0.6	0.7
	TA-30	0.8	0.7	0.8
TP-1	TA-0	0.1	0.1	0.1
	TA-6	0.2	0.1	0.2
	TA-12	0.2	0.1	0.1
	TA-18	0.3	0.2	0.2
	TA-24	0.3	0.2	0.2
	TA-30	0.4	0.3	0.5
TP-2	TA-0	0.1	0.2	0.1
	TA-6	0.2	0.3	0.1
	TA-12	0.2	0.3	0.2
	TA-18	0.3	0.4	0.4
	TA-24	0.3	0.4	0.4
	TA-30	0.4	0.4	0.5
TP-3	TA-0	0.1	0.1	0.1
	TA-6	0.1	0.1	0.1
	TA-12	0.2	0.4	0.2
	TA-18	0.2	0.4	0.3
	TA-24	0.4	0.5	0.3
	TA-30	0.5	0.5	0.5

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 10

Anova para los ° Brix

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	0.5267	0.17556	42.13	1.72E-13
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	1.4211	0.28422	68.21	< 2e-16
TP x TA	15	0.25	0.01667	4	0.000122
Residuals	48	0.2	0.00417		

CV=18.051

Tabla 11

Duncan para ° Brix

	°Brix	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-30	0.7666667	0	a
TP-0-TA-24	0.6333333	0.11547005	b
TP-0-TA-18	0.5333333	0.1	bc
TP-3-TA-30	0.5	0.1	cd
TP-2-TA-30	0.4333333	0	cde
TP-3-TA-24	0.4	0	def
TP-1-TA-30	0.4	0	def
TP-2-TA-18	0.3666667	0.05773503	efg
TP-2-TA-24	0.3666667	0.05773503	efg
TP-0-TA-12	0.3666667	0.05773503	efg
TP-3-TA-18	0.3	0.1	fgh
TP-3-TA-12	0.2666667	0.05773503	ghi
TP-0-TA-6	0.2666667	0.05773503	ghi
TP-1-TA-18	0.2333333	0.05773503	hij
TP-1-TA-24	0.2333333	0.05773503	hij
TP-2-TA-12	0.2333333	0.05773503	hij
TP-2-TA-6	0.2	0.05773503	hijk
TP-1-TA-6	0.1666667	0.1	ijk
TP-1-TA-12	0.1333333	0	jk
TP-2-TA-0	0.1333333	0.05773503	jk
TP-3-TA-0	0.1	0.05773503	k
TP-3-TA-6	0.1	0.05773503	k
TP-1-TA-0	0.1	0.05773503	k
TP-0-TA-0	0.1	0.05773503	k

Tabla 12

Datos de pH de la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	pH		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	6.36	6.3	6.3
	TA-6	6.71	6.5	6.5
	TA-12	6.81	6.79	6.68
	TA-18	7.01	6.95	6.99
	TA-24	7.22	7.02	7.12
	TA-30	7.69	7.49	7.4
TP-1	TA-0	6.24	6.18	6.44
	TA-6	6.32	6.59	6.32
	TA-12	6.36	6.43	6.4
	TA-18	6.52	6.46	6.5
	TA-24	6.6	6.51	6.54
	TA-30	6.66	6.63	6.9
TP-2	TA-0	6.39	6.34	6.22
	TA-6	6.65	6.68	6.35
	TA-12	6.77	6.73	6.73
	TA-18	6.8	6.79	6.77
	TA-24	6.93	6.95	6.82
	TA-30	7	7.1	6.98
TP-3	TA-0	6.1	6.3	6.32
	TA-6	6.23	6.34	6.47
	TA-12	6.25	6.46	6.54
	TA-18	6.43	6.63	6.68
	TA-24	6.58	6.78	6.79
	TA-30	6.72	6.92	6.81

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 13

Anova para el pH

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	1.887	0.6289	56.589	8.62E-16
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	4.075	0.8151	73.339	< 2e-16
TP x TA	15	0.714	0.0476	4.282	5.81E-05
Residuals	48	0.533	0.0111		

CV=1.452

Tabla 14

Duncan para pH

	pH	Desviación estándar	groups
TP-0-TA 30	7.52667	0.1216552	a
TP-0-TA 24	7.12	0.1497776	b
TP-2-TA 30	7.02667	0.1322875	bc
TP-0-TA 18	6.98333	0.1184623	bcd
TP-2-TA 24	6.9	0.1001665	cde
TP-3-TA 30	6.81667	0.1201388	de
TP-2-TA 18	6.78667	0.1361371	e
TP-0-TA 12	6.76	0.0351188	ef
TP-2-TA 12	6.74333	0.03055	efg
TP-1-TA 30	6.73	0.0458257	efg
TP-3-TA 24	6.71667	0.1479864	efg
TP-3-TA 18	6.58	0.1558845	fgh
TP-0-TA 6	6.57	0.0873689	fgh
TP-2-TA 6	6.56	0.023094	gh
TP-1-TA 24	6.55	0.0152752	gh
TP-1-TA 18	6.49333	0.07	hi
TP-3-TA 12	6.41667	0.064291	hij
TP-1-TA 6	6.41	0.1824828	hij
TP-1-TA 12	6.39667	0.034641	hij
TP-3-TA 6	6.34667	0.07	ij
TP-0-TA 0	6.32	0.03055	ij
TP-2-TA 0	6.31667	0.1	ij
TP-1-TA 0	6.28667	0.1484362	j
TP-3-TA 0	6.24	0.12124356	j

Tabla 15

Datos de porcentaje de pérdida de peso palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	% pérdida de peso		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	0	0	0
	TA-6	1.97	4.59	3.93
	TA-12	5.56	8.95	8.5
	TA-18	9.59	16.22	17.57
	TA-24	12.91	21.24	21.06
	TA-30	15.25	31.04	37.63
TP-1	TA-0	0	0	0
	TA-6	2.47	2.46	2.3
	TA-12	5.82	5.44	5.59
	TA-18	9.44	9.14	8.99
	TA-24	12.94	15.44	12.86
	TA-30	15.29	19.35	16.34
TP-2	TA-0	0	0	0
	TA-6	2.83	3.34	1.82
	TA-12	6.07	6.71	13.58
	TA-18	10.67	11.42	18.52
	TA-24	15.48	16.58	22.25
	TA-30	24.37	20.49	26.65
TP-3	TA-0	0	0	0
	TA-6	1.97	1.62	2.51
	TA-12	5.56	4.52	4.23
	TA-18	9.59	8.15	6.35
	TA-24	12.91	11.87	8.02
	TA-30	15.25	15.02	12.46

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 16

Anova para el porcentaje de pérdida de peso

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	347	115.6	10.796	1.55E-05
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	3703	740.7	69.154	< 2e-16
TP x TA	15	249	16.6	1.549	0.125
Residuals	48	514	10.7		

CV=22.361

Tabla 17

Duncan para % de pérdida de peso

	Pérdida de peso	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-30	27.973333	0	a
TP-2-TA-30	23.836667	0.6993569	a
TP-0-TA-24	18.403333	1.6233299	b
TP-2-TA-24	18.103333	2.57605	b
TP-1-TA-30	16.993333	1.5486876	bc
TP-0-TA-18	14.46	0.4483674	bcd
TP-3-TA-30	14.243333	0	bcd
TP-1-TA-24	13.746667	0.1913984	bcde
TP-2-TA-18	13.536667	0.2291288	bcde
TP-3-TA-24	10.933333	1.4670151	cdef
TP-1-TA-18	9.19	2.1073759	defg
TP-2-TA-12	8.786667	0.0953939	defgh
TP-3-TA-18	8.03	0	efghi
TP-0-TA-12	7.67	4.1634641	efghi
TP-1-TA-12	5.616667	4.3319549	fghij
TP-3-TA-12	4.77	3.6329923	ghij
TP-0-TA-6	3.496667	3.1144395	ghij
TP-2-TA-6	2.663333	0.7735847	hij
TP-1-TA-6	2.41	0	ij
TP-3-TA-6	2.033333	1.8411138	ij
TP-3-TA-0	0	4.2712176	j
TP-1-TA-0	0	4.7582175	j
TP-2-TA-0	0	11.500845	j
TP-0-TA-0	0	1.3626934	j

Tabla 18

Resultados experimentales de la Firmeza

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	Firmeza		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	8.5	8.3	8.7
	TA-6	4.1	3.9	4.7
	TA-12	0.5	0.6	0.8
	TA-18	0.5	0.5	0.5
	TA-24	0.5	0.5	0.5
	TA-30	0	0	0
TP-1	TA-0	6.2	8.1	8.7
	TA-6	6	6.4	7.1
	TA-12	6	5.3	4.6
	TA-18	4.3	2.6	2
	TA-24	2.1	0.5	1
	TA-30	0.5	0.5	0.5
TP-2	TA-0	8.6	9.5	8.75
	TA-6	5.1	6.01	7.8
	TA-12	3.2	4.8	5.6
	TA-18	1.3	2.1	3.15
	TA-24	0.9	1.65	1.4
	TA-30	0.5	0.5	0.5
TP-3	TA-0	8.2	8.4	8.3
	TA-6	6.9	7.5	7.2
	TA-12	6.1	6.7	6.8
	TA-18	5.3	6.1	4.3
	TA-24	3.5	3.6	1.5
	TA-30	0.5	1	0.5

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 19

Anova para Firmeza

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	68.4	22.81	45.374	4.72E-14
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	531.7	106.34	211.551	< 2e-16
TP x TA	15	51.7	3.45	6.857	1.38E-07
Residuals	48	24.1	0.5		

CV=14.143

Tabla 20

Duncan para Firmeza

	Firmeza	Desviación estándar	groups
T 2-TA-0	8.95	0.1	a
T 0-TA-0	8.5	0.3785939	ab
T 3-TA-0	8.3	0.90185	abc
T 1-TA-0	7.6666667	1.1846237	bcd
T 3-TA-6	7.2	0.2886751	cde
T 3-TA-12	6.5333333	0.3	def
T 1-TA-6	6.5	1.3051181	def
T 2-TA-6	6.3033333	0.7	efg
T 1-TA-12	5.3	1.1930353	fgh
T 3-TA-18	5.2333333	0.8185353	gh
T 2-TA-12	4.5333333	0	h
T 0-TA-6	4.2333333	0.5567764	h
T 1-TA-18	2.9666667	0.4821825	i
T 3-TA-24	2.8666667	1.2220202	i
T 2-TA-18	2.1833333	0.927811	ij
T 2-TA-24	1.3166667	0.3818813	jk
T 1-TA-24	1.2	0.2598076	jk
T 3-TA-30	0.6666667	1.3736933	k
T 0-TA-12	0.6333333	0.2	k
T 1-TA-30	0.5	0.1527525	k
T 0-TA-18	0.5	0	k
T 0-TA-24	0.5	0	k
T 2-TA-30	0.35	0	k
T 0-TA-30	0	0.4163332	k

Tabla 21

Datos del valor “L” en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	L		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	38.61666667	37.71666667	38.4
	TA-6	34.56	30.48	37.62
	TA-12	25.7	22.175	24.05
	TA-18	20.56666667	18.2	22.66666667
	TA-24	20.55	13.85	18.5
	TA-30	14.1	12.6	11.5
TP-1	TA-0	37.8	36.85	37.325
	TA-6	34.75	34.98333333	35.7
	TA-12	34.74	32.66	34.43333333
	TA-18	31.83333333	31.36666667	34.4
	TA-24	23.75	28.65	29.45
	TA-30	20.3	23.6	25.7
TP-2	TA-0	36.33333333	36.66	33.16666667
	TA-6	34.36	32.4	32.16
	TA-12	32.525	31.225	32.1
	TA-18	27.5	22.6	21
	TA-24	17.66	18.8	18.9
	TA-30	17.33333333	16.8	15.43333333
TP-3	TA-0	34.1	34.28333333	35.8
	TA-6	33.5	32.14	29.796
	TA-12	30.3	30.75	28.6
	TA-18	26.46666667	27.5	24.96666667
	TA-24	20.9	20.7	19.35
	TA-30	20.6	17.2	17.1

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 22

Anova para "L"

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	479	159.7	44.316	7.14E-14
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	3174	634.7	176.161	< 2e-16
TP x TA	15	309	20.6	5.726	1.67E-06
Residuals	48	173	3.6		

CV=5.97

Tabla 23

Duncan para L

	L	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-0	38.24444	0.9330853	a
TP-1-TA-0	37.325	1.1339459	ab
TP-2-TA-0	35.38667	1.2738103	abc
TP-1-TA-6	35.14444	0.8431093	abc
TP-3-TA-0	34.72778	1.9924859	bc
TP-0-TA-6	34.22	1.8736574	bc
TP-1-TA-12	33.94444	0.475	bc
TP-2-TA-6	32.97333	1.1228799	cd
TP-1-TA-18	32.53333	1.6333333	cd
TP-2-TA-12	31.95	3.0859898	cd
TP-3-TA-6	31.812	2.7221315	cd
TP-3-TA-12	29.88333	0.4950683	de
TP-1-TA-24	27.28333	1.9295019	ef
TP-3-TA-18	26.31111	0.6628537	fg
TP-0-TA-12	23.975	3.3867388	g
TP-2-TA-18	23.7	0.6888638	gh
TP-1-TA-30	23.2	0.9799849	ghi
TP-0-TA-18	20.47778	1.2068692	hij
TP-3-TA-24	20.31667	0.469732	ij
TP-2-TA-24	18.45333	1.7636964	jk
TP-3-TA-30	18.3	2.2346596	jk
TP-0-TA-24	17.63333	3.4330502	jk
TP-2-TA-30	16.52222	1.3051181	k
TP-0-TA-30	12.73333	3.5821223	l

Tabla 24

Datos del valor “b” en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	b		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	18.25	19.22444444	18.09666667
	TA-6	16.58	16.65666667	15.51
	TA-12	3.422222222	5.238333333	5.5275
	TA-18	3.211111111	3.111111111	4.125
	TA-24	1.75	3.066666667	2.994444444
	TA-30	1.266666667	2.803333333	1.8
TP-1	TA-0	17.66666667	14.38333333	16.95
	TA-6	15.08	12.068	15.56
	TA-12	11.825	15	15.225
	TA-18	8.566666667	7.1	11.86666667
	TA-24	5.15	4.9	9.65
	TA-30	3.1	2.3	8.3
TP-2	TA-0	17.48333333	16.82	21.06
	TA-6	14.625	14.26666667	15.58333333
	TA-12	12.14	10.925	11.425
	TA-18	9.4	7.1	3.4
	TA-24	5.366666667	4.3	2.7
	TA-30	4.5	2.933333333	2.2
TP-3	TA-0	17.1	17.66666667	18.63333333
	TA-6	15.96666667	16.16	14.88
	TA-12	15.65	14.145	13.45
	TA-18	11.2	12.05666667	11.26666667
	TA-24	3.85	3.5	3.95
	TA-30	3.3	2.85	3.7

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 25

Anova para b

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	110.4	36.8	15.059	4.87E-07
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	2075.8	415.2	169.906	< 2e-16
TPxTA	15	228.8	15.3	6.241	5.22E-07
Residuals	48	117.3	2.4		

CV=13.134

Tabla 26

Duncan para b

	b	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-0	18.523704	0.7753136	a
TP-2-TA-0	18.454444	1.1245777	a
TP-3-TA-0	17.8	0.476519	a
TP-1-TA-0	16.333333	0.2362908	ab
TP-0-TA-6	16.248889	0.425245	ab
TP-3-TA-6	15.668889	0.6900027	ab
TP-2-TA-6	14.825	1.7263481	b
TP-3-TA-12	14.415	1.9013701	b
TP-1-TA-6	14.236	2.441387	b
TP-1-TA-12	14.016667	2.6731692	bc
TP-3-TA-18	11.507778	3.2578111	cd
TP-2-TA-12	11.496667	1.8928201	cd
TP-1-TA-18	9.177778	2.2807219	de
TP-2-TA-18	6.633333	0.6106622	ef
TP-1-TA-24	6.566667	3.0270998	ef
TP-0-TA-12	4.729352	1.3421928	fg
TP-1-TA-30	4.566667	1.1748916	fg
TP-2-TA-24	4.122222	0.6807369	fg
TP-3-TA-24	3.766667	0.6116829	fg
TP-0-TA-18	3.482407	1.1412034	g
TP-3-TA-30	3.283333	0.5587432	g
TP-2-TA-30	3.211111	0.7402105	g
TP-0-TA-24	2.603704	0.7802208	g
TP-0-TA-30	1.956667	0.6410437	g

Tabla 27

Datos del valor “a” de la palta bajo la aplicación de tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	a		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	-9.55	-10.43333333	-9.53333333
	TA-6	-6.86	-7.34	-7.74
	TA-12	1.975	2.65	1.975
	TA-18	2.266666667	3.266666667	2.666666667
	TA-24	3.45	3.7	3.45
	TA-30	3.9	3.8	5.9
TP-1	TA-0	-8.566666667	-8.55	-8.675
	TA-6	-7.04	-7.816666667	-7.45
	TA-12	-6.875	-5.72	-6.8
	TA-18	-3.333333333	-3.033333333	-3.966666667
	TA-24	-1.75	-2.8	-3.4
	TA-30	-1.2	-1.3	-0.4
TP-2	TA-0	-8.633333333	-7.683333333	-9.035
	TA-6	-5.56	-8.48	-10.9
	TA-12	-3.375	-3.85	-3.15
	TA-18	-1.533333333	-2.966666667	-1.333333333
	TA-24	-1.25	-1.15	-1.1
	TA-30	-0.9	1.2	0.9
TP-3	TA-0	-10.11666667	-10.71666667	-10.65
	TA-6	-5.34	-9.08	-8.54
	TA-12	-7.325	-7.275	-6.8
	TA-18	-3.7	-5	-4.066666667
	TA-24	-3.05	-3.15	-1.9
	TA-30	1.8	2.6	1.6

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.

Tabla 28

Análisis de varianza para a

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	404.9	135	91.68	< 2e-16
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	1976.4	395.3	268.53	< 2e-16
TPxTA	15	227.2	15.1	10.29	2.01E-13
Residuals	84	123.6	1.5		

CV=18.931

Tabla 29

Cuadro de comparación múltiple Duncan para a

	a	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-18	2.7333333	0.67026805	b
TP-0-TA-12	2.2	0.6946222	b
TP-3-TA-30	2	0.52915026	b
TP-2-TA-30	0.4	2.02151758	c
TP-1-TA-30	-0.9666667	0.06787107	cd
TP-2-TA-24	-1.1666667	0.6462778	de
TP-2-TA-18	-1.9444444	0.47648404	def
TP-1-TA-24	-2.65	0.83516465	efg
TP-3-TA-24	-2.7	0.49328829	efg
TP-1-TA-18	-3.4444444	0.38853476	fg
TP-2-TA-12	-3.4583333	0.69412281	fg
TP-3-TA-18	-4.2555556	0.35736303	g
TP-1-TA-12	-6.465	0.8909005	h
TP-3-TA-12	-7.1333333	0.07637626	hi
TP-0-TA-6	-7.3133333	1.13578167	hi
TP-1-TA-6	-7.4355556	2.67389853	hi
TP-3-TA-6	-7.6533333	0.51487143	hi
TP-2-TA-6	-8.3133333	0.38971143	ij
TP-2-TA-0	-8.4505556	0.5033223	ij
TP-1-TA-0	-8.5972222	0.14433757	ij
TP-0-TA-0	-9.8388889	1.18462371	jk
TP-P-0-TA-30	1.956667	0.6410437	g
TP-0-TA-18	2.7333333	0.67026805	b
T3-TA-0	-10.4944444	0.44060564	k

Tabla 30

Datos de la cantidad de levaduras en la palta bajo la aplicación de los tratamientos postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	Levaduras x10 ² UFC/gr		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	0	0	0
	TA-6	1	2	3
	TA-12	15	18	18
	TA-18	41	42	43
	TA-24	49	47	51
	TA-30	60	61	55
TP-1	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	2	3	2
	TA-18	6	7	7
	TA-24	11	12	13
	TA-30	18	17	21
TP-2	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	6	4	5
	TA-18	18	16	18
	TA-24	24	24	23
	TA-30	34	30	31
TP-3	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	0	0	0
	TA-18	4	3	5
	TA-24	10	10	10
	TA-30	16	15	16

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 31

Anova para Levaduras

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	6011	2003.8	1428.4	<2e-16
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	10044	2008.8	1432	<2e-16
TPxTA	15	3565	237.6	169.4	<2e-16
Residuals	48	67	1.4		

CV=6.2

Tabla 32

Duncan para las Levaduras

	Levaduras	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-30	58.666667	0	a
TP-0-TA-24	49	1.7320508	b
TP-0-TA-18	42	1	c
TP-2-TA-30	31.666667	2	d
TP-2-TA-24	23.666667	3.2145503	e
TP-1-TA-30	18.666667	1	f
TP-2-TA-18	17.333333	0	fg
TP-0-TA-12	17	0.5773503	fg
TP-3-TA-30	15.666667	0.5773503	g
TP-1-TA-24	12	1	h
TP-3-TA-24	10	2.081666	i
TP-1-TA-18	6.666667	0	j
TP-2-TA-12	5	0	jk
TP-3-TA-18	4	1	kl
TP-1-TA-12	2.333333	1.1547005	l
TP-0-TA-6	2	0.5773503	l
TP-0-TA-0	0	2.081666	m
TP-1-TA-0	0	0	m
TP-1-TA-6	0	0	m
TP-2-TA-0	0	0	m
TP-2-TA-6	0	1	m
TP-3-TA-0	0	0	m
TP-3-TA-12	0	0.5773503	m
TP-3-TA-6	0	0	m

Tabla 33

Datos de cantidad de mohos de la palta bajo la aplicación de los tratamientos

postcosecha

Tratamiento postcosecha	Tiempo de almacenamiento	Mohos x10 ² UFC/gr		
		Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	2	2	2
	TA-18	11	12	14
	TA-24	26	27	26
	TA-30	42	39	41
TP-1	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	0	0	0
	TA-18	0	0	0
	TA-24	1	1	1
	TA-30	8	7	6
TP-2	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	0	0	0
	TA-18	0	0	0
	TA-24	2	1	1
	TA-30	9	9	11
TP-3	TA-0	0	0	0
	TA-6	0	0	0
	TA-12	0	0	0
	TA-18	0	0	0
	TA-24	0	0	0
	TA-30	1	1	1

Nota. TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Tabla 34

Anova para Mohos

	Df	SumSq	MeanSq	Fvalue	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha (TP)	3	2117	705.7	2209	<2e-16
Tiempo de almacenamiento (TA)	5	2001.9	400.4	1253.4	<2e-16
TPxTA	15	2546.2	169.7	531.4	<2e-16
Residuals	48	15.3	0.3		

CV=6.281

Tabla 35

Duncan para Mohos

	Mohos	Desviación estándar	groups
TP-0-TA-30	40.666667	0	a
TP-0-TA-24	26.333333	0	b
TP-0-TA-18	12.333333	1.5275252	c
TP-2-TA-30	9.666667	0.5773503	d
TP-1-TA-30	7	1.5275252	e
TP-0-TA-12	2	0	f
TP-2-TA-24	1.333333	0	fg
TP-1-TA-24	1	0	g
TP-3-TA-30	1	0	g
TP-0-TA-0	0	0	h
TP-0-TA-6	0	1	h
TP-1-TA-0	0	0	h
TP-1-TA-12	0	0	h
TP-1-TA-18	0	0	h
TP-1-TA-6	0	0	h
TP-2-TA-0	0	0.5773503	h
TP-2-TA-12	0	1.1547005	h
TP-2-TA-18	0	0	h
TP-2-TA-6	0	0	h
TP-3-TA-0	0	0	h
TP-3-TA-12	0	0	h
TP-3-TA-18	0	0	h
TP-3-TA-24	0	0	h
TP-3-TA-6	0	0	h

Tabla 36*Datos de vida útil de la palta bajo la aplicación de tratamiento postcosecha*

Tratamiento postcosecha	Vida Útil		
	Rep1	Rep2	Rep3
TP-0	9.3865	11.73258	12.29684
TP-1	25.39642	19.80316	18.26814
TP-2	17.34687	21.85604	23.09396
TP-3	27.61838	27.61838	24.52406

Tabla 37*Anova para tiempo de vida útil*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento postcosecha	3	371.4	123.8	17.2	0.000755
Residuals	8	57.6	7.2		

CV=15.453

Tabla 38*Duncan para tiempo de vida útil*

Tratamiento postcosecha	Tiempo de Vida Útil	Desviación estándar	groups
TP-3	26.58691	1.786483	a
TP-1	21.15591	3.751738	b
TP-2	20.76562	3.024734	b
TP-0	11.13864	1.543403	c



ANEXO 2. Temperatura y Humedad relativa durante el almacenamiento.

DIAS DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
DIA 0	23	27
DIA 6	17	23
DIA 12	20	25
DIA 18	19	26
DIA 24	21	23
DIA 30	19	26

Nota. La figura presenta las variaciones diarias de la temperatura mínima y máxima (°C) y la humedad relativa (%) en el distrito de Puno durante el mes de agosto y setiembre de 2024 https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/puno_per%c3%ba_3931276.

ANEXO 3. Comportamiento la pulpa de la palta con tratamiento postcosecha respecto al tiempo de almacenamiento.

Días	TP-0	TP-2	TPC-3	TP-1
0				
6				
12				
18				
24				



Nota: TP-0 sin ningún tipo de tratamiento postcosecha, TP-1 fue con 1-metilciclopropeno, TP-2 fue con cera de carnauba y TP-3 fue con 1-metilciclopropeno, más cera de carnauba.



Pesado de 100 gr la cera de carnauba



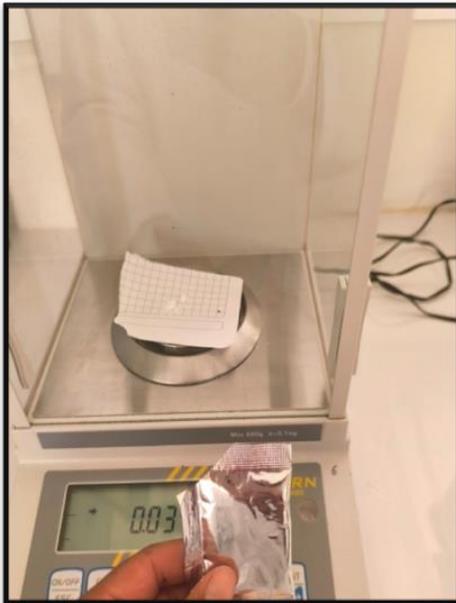
Medición del pH del Tratamiento postcosecha con Cera de Carnauba



Proceso de recubrimiento con cera de carnauba a las paltas Hass



Secado de paltas recubiertas



Pesado de 1-MCP



Aplicación de 1-MCP



Etiquetado de las paltas para seguimiento y control



Medición de ° brix en paltas



Medición del pH de las paltas



Control de peso de las paltas Hass



Uso del penetrómetro para medir la firmeza en las paltas



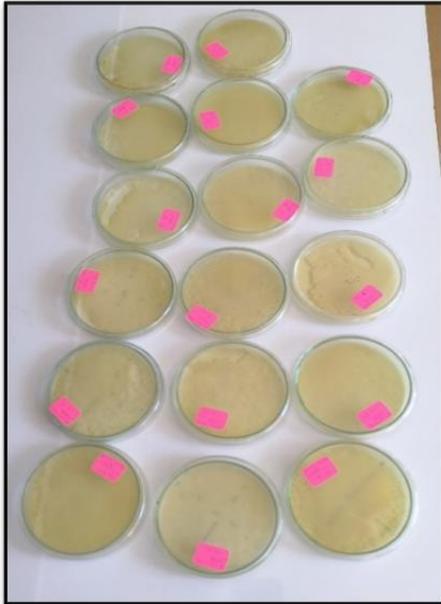
Medición de acidez titulable en paltas Hass



Preparación de cultivo para contero de microorganismos



Dilución de muestra en los tubos de ensayo.



Siembra de muestras en placas Petri



Conteo de mohos y levaduras



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo AURELIA CALDERON APAZA,
identificado con DNI 70875531 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE L-METILCICLOPROPENO (L-MCP)
Y CERA DE CARNAUBA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE
LA PALTA HASS (PERSEA AMERICANA HILL) "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de DICIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo AURELIA CALDERON APAZA,
identificado con DNI 70875531 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP)
Y CERA DE CARNAUBA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE
LA PALTA HASS (PERSEA AMERICANA MILL)."

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de DICIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella