

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EVALUACIÓN DE MARCADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y
METABOLÓMICOS CON MAYOR INCIDENCIA EN LA
MADURACIÓN HETEROGÉNEA DE LA PALTA
(*Persea americana*) VARIEDAD HASS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

SOFÍA CARLOTA MARTÍNEZ QUISPALAYA

LIMA - PERÚ

2020

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis

(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“EVALUACIÓN DE MARCADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y METABOLÓMICOS
CON MAYOR INCIDENCIA EN LA MADURACIÓN HETEROGÉNEA DE LA
PALTA (*Persea americana*) VARIEDAD HASS”**

Presentado por:

SOFÍA CARLOTA MARTÍNEZ QUISPIALAYA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Américo Guevara Pérez

PRESIDENTE

Dra. Patricia Glorio Paulet

MIEMBRO

Mg. Sc. Beatriz A. Hatta Sakoda

MIEMBRO

Dra. Rosana S. Chirinos Gallardo

ASESORA

Dr. David C. Campos Gutierrez

CO-ASESOR

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi mamá Sandra y mi papá Francisco por todo su apoyo para poderla realizar y sustentar.

A mi hermana Adriana por todo el sentimiento y esfuerzo compartido en lo que implica la ejecución y culminación de una tesis de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora y co-asesor, la Dra. Rosana Chirinos y el Dr. David Campos, por la oportunidad de ser partícipe de este gran proyecto del cual derivó mi tesis, y por sus constantes consejos y guías para la realización de la presente tesis.

A mis jurados de tesis, el Dr. Américo Guevara, Dra. Patricia Glorio y Mg. Sc. Beatríz Hatta, por sus recomendaciones y tiempo tomado en la evaluación de mi presente tesis.

Al Ing. Jorge Bustamante, por habernos facilitado el llevar a cabo las tres cosechas de las paltas en las fechas programadas.

A todo el equipo de profesores y técnicos del centro de investigación IBT-UNALM, por su guía y apoyo en los diversos análisis realizados, en especial a Cinthya, Silfida y Félix.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) por el financiamiento para la ejecución de la presente investigación como parte del proyecto “Estudio metabólico y aplicación de estreses abióticos para comprender y reducir la heterogeneidad de la maduración postcosecha de la palta (*Persea americana*) cv. Hass como estrategia para fortalecer su exportación” (contrato N° 013-2016-INIA-PNIA/UPMSI/IE).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 LA PALTA	3
2.1.1 PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN NACIONAL	4
2.1.2 PALTA VARIEDAD HASS	6
2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL.....	7
2.2 DESARROLLO FISIOLÓGICO DE LA PALTA	9
2.2.1 ÍNDICES DE MADUREZ FISIOLÓGICA Y COSECHA.....	10
2.2.2 MADURACIÓN SENSORIAL.....	11
2.3 MARCADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y METABOLÓMICOS EN LA MADURACIÓN DE LA PALTA HASS	12
2.3.1 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y PÉRDIDA DE FIRMEZA	13
2.3.2 CARBOHIDRATOS	14
2.3.3 ÁCIDOS ORGÁNICOS	16
2.3.4 ÁCIDOS GRASOS	19
2.3.5 TOCOFEROLES	20
2.3.6 FITOESTEROLES	21
2.3.7 COMPUESTOS FENÓLICOS.....	23
2.3.8 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	24
2.3.9 ÁCIDO ABCSÍCO.....	24
2.4 DESÓRDENES FISIOLÓGICOS	25
2.5 TRATAMIENTOS POSTCOSECHA.....	28
2.5.1 PRE-ENFRIAMIENTO	29
2.5.2 ALMACÉN EN REFRIGERACIÓN	29

2.5.3 ATMÓSFERA MODIFICADA Y CONTROLADA (AM Y AC).	29
2.5.4 TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO.	30
2.5.5 COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA.	31
III. METODOLOGÍA.	33
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	33
3.2 MATERIA PRIMA	33
3.3 MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.	33
3.3.1 MATERIALES DE LABORATORIO	33
3.3.2 REACTIVOS.	34
3.3.3 EQUIPOS	35
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS	36
3.4.1 TASA DE RESPIRACIÓN	36
3.4.2 FIRMEZA.	37
3.4.3 PÉRDIDA DE PESO.	37
3.4.4 PARÁMETROS DE COLOR	37
3.4.5 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA.	38
3.4.6 CONTENIDO DE ACEITE	38
3.4.7 ACTIVIDAD PECTINMETILESTERASA (PME).	38
3.4.8 ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA (PG).	39
3.4.9 AZÚCARES, AZÚCARES ALCOHOL Y ÁCIDOS ORGÁNICOS.	39
3.4.10 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.	40
3.4.11 CONTENIDO Y PERFIL DE TOCOFEROLES	41
3.4.12 CONTENIDO Y PERFIL DE FITOESTEROLES	41
3.4.13 CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	42
3.4.14 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE (AOX) HIDROFÍLICA Y LIPOFÍLICA	43
3.4.15. CONTENIDO DE ÁCIDO ABSÍCICO	43
3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	44

3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	47
3.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA PALTA HASS	50
4.1.1	TASA DE RESPIRACIÓN	50
4.1.2	PÉRDIDA DE PESO.....	52
4.1.3	PARÁMETROS DE COLOR	52
4.1.4	MATERIA SECA Y CONTENIDO DE ACEITE.....	55
4.2	ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS	57
4.2.1	ACTIVIDAD PECTINMETILESTERASA Y ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA.....	57
4.3	METABOLITOS PRIMARIOS	60
4.3.1	AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL.....	60
4.3.2	ÁCIDOS ORGÁNICOS.....	64
4.3.3	ÁCIDOS GRASOS	65
4.4	METABOLITOS SECUNDARIOS.....	69
4.4.1	TOCOFEROLES	69
4.4.2	FITOESTEROLES	71
4.4.3	COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES.....	73
4.4.4	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE HIDROFÍLICA Y LIPOFÍLICA <i>in vitro</i>	74
4.4.5	ÁCIDO ABSCÍSICO.....	77
4.5	HETEROGENEIDAD EN LA MADURACIÓN DE LAS PALTAS	78
V.	CONCLUSIONES	88
VI.	RECOMENDACIONES	89
VII.	BIBLIOGRAFÍA	90
VIII.	ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la palta	8
Tabla 2: Parámetros de color en cáscara de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel.....	54
Tabla 3: Cambios en el contenido de azúcares en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	63
Tabla 4: Porcentaje de participación de los principales ácidos grasos en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	68
Tabla 5: Correlación Pearson entre la actividad antioxidante y algunos metabolitos	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Calendario y distribución departamental de cosechas de palta en Perú.....	5
Figura 2: Estacionalidad de las Exportaciones Mundiales de Palta	6
Figura 3: Etapas de desarrollo fisiológico de la palta.....	10
Figura 4: Representación esquemática de la degradación de poliuronides por acción de la PG durante la maduración de la fruta.	14
Figura 5: Esquema simplificado que muestra la ruta del shikimate y la síntesis de los ácidos quínico y shikimico.	17
Figura 6: Esquema simplificado que muestra la síntesis de los ácidos del ciclo de Krebs.	18
Figura 7: Estructura química de los tocoferoles	20
Figura 8: Estructura química de los principales fitoesteroles.....	22
Figura 9: Trastornos patológicos y desórdenes fisiológicos en la palta.	27
Figura 10: Histogramas con porcentaje de paltas Hass maduras (listas para comer) previamente sometidas a tres tratamientos postcosecha.....	32
Figura 11: Acondicionamiento de las muestras de palta para la evaluación de la postcosecha en atmósfera controlada	44
Figura 12: Sistema de atmósfera controlada.....	45
Figura 13: Paltas al inicio y final de vida en anaquel.....	46
Figura 14: Acondicionamiento de las paltas para las muestras de los análisis	46
Figura 15: Esquema experimental para el estudio de la influencia del tratamiento postcosecha en las características físico-químicas y metabolómicas de la palta.....	47
Figura 16: Tasa de respiración (mg CO ₂ /Kg*h) de las paltas Hass procedentes de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C).....	51
Figura 17: Pérdida de peso de la palta Hass procedentes de tres temporadas de cosecha, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar la madurez de consumo en anaquel.....	53
Figura 18: Porcentaje de materia seca y contenido de aceite de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por	

1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	57
Figura 19: Actividad pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel.....	58
Figura 20: Contenido del ácido málico y ácido quínico (mg/ g palta bs) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	65
Figura 21: Contenido del α -tocoferol y β -tocoferol en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	70
Figura 22: Contenido del β -sitosterol y campesterol en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel.....	72
Figura 23: Contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	74
Figura 24: Actividad antioxidante hidrofílica (AOX-H) y lipofílica (AOX-L) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel.....	76
Figura 25: Contenido de ácido abscísico (ABA) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel	78

Figura 26: Histograma del número de días para alcanzar la madurez de consumo de palta Hass sometida a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h), procedentes de tres cosechas, almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (6% CO ₂ y 4% O ₂ a 7°C) al alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-8N), respectivamente. Paltas corresponden a la temporada temprana (1C-15/50A), intermedia (2C-15/50A) y tardía (3C-15/50A)	81
Figura 27: Daños fisiológicos encontrados en los lotes de las paltas Hass en anaquel durante las tres cosechas.....	82
Figura 28: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 15 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP).....	84
Figura 29: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 30 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP).....	85
Figura 30: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 50 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP).....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: PORCENTAJE SE LOS GASES CO ₂ Y O ₂ DENTRO DE LA CÁMARA DE AC DURANTES LOS 30 DÍAS DE ALMACENAMIENTO DE LAS PALTAS HASS DE LA TEMPORADA INTERMEDIA.	100
ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - TASA DE RESPIRACIÓN DE LAS PALTAS HASS AL FINALIZAR SU PERIODO DE ALMACENAJE DE CÁMARAS DE ATMÓSFERA CONTROLADA.	100
ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PÉRDIDA DE PESO DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS. .	101
ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PARÁMETROS DE COLOR: LUMINOSIDAD (L), CROMA (C*) Y ÁNGULO HUE (h°) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.....	102
ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y DE ACEITE DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.	106
ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA PECTINMETILESTERASA (PME) Y POLIGALACTURONASA (PG) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.	109
ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE AZÚCARES Y AZÚCAR ALCOHOL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	113
ANEXO 8: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS MÁLICO Y QUÍNICO DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.....	119
ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.....	123
ANEXO 10: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE α -TOCOFEROL Y β -TOCOFEROL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	127

ANEXO 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE FITOESTEROLES β -SITOSTEROL Y CAMPESTEROL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	130
ANEXO 12: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES (CFT) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	133
ANEXO 13: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE HIDROFÍLICA (AOX-H) Y LIPOFÍLICA (AOX-L) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	134
ANEXO 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – CONTENIDO DEL ÁCIDO ABCÍSICO (ABA) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS	138

RESUMEN

Las paltas (*Persea americana*) variedad Hass son frutas climatéricas y presentan una maduración heterogénea generando problemas de logística en su comercio y al momento de su consumo. A fin de entender este comportamiento, en esta investigación se evaluaron marcadores físico-químicos, metabolitos primarios y secundarios, entre otros, de mayor incidencia en la maduración heterogénea postcosecha de la palta Hass de origen peruano. Para ello, primero se procedió a aplicar en las paltas Hass, un tratamiento hidrotérmico con agua a 38 °C por una hora, seguido de un almacenamiento en atmósfera controlada (AC) a 4 por ciento de O₂, 6 por ciento de CO₂ y 7 °C durante 15, 30 y 50 días (simulando condiciones de exportación del fruto vía marítima a sus principales mercados externos). Al cabo de esos tiempos se dispuso las paltas a condiciones de anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo. Se analizó la tendencia de los marcadores en paltas a los cero días (día de cosecha de la palta), luego de almacenamiento en AC y al momento de alcanzar la madurez de consumo en anaquel, encontrando que, entre los marcadores físico-químicos y metabolitos primarios, del día cero hasta el momento de alcanzar la madurez de consumo: la actividad enzimática pectinmetilesterasa, el contenido de mannoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa disminuyeron, mientras que el porcentaje de materia seca, porcentaje de aceite, contenido de sacarosa, ácidos orgánicos quínico y málico, y los ácidos grasos tendieron a mantenerse constante, mientras que el contenido de los metabolitos secundarios (α -tocoferol y β -tocoferol, los fitoesteroles β -sitosterol y campesterol, los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica) y la actividad enzimática de la poligalacturonasa aumentaron. Del análisis multivariado PLS-DA, se encontró que, los principales metabolitos que estuvieron altamente relacionados con la heterogeneidad fueron la sacarosa, ácido absicico y el ácido palmítico, mostrando un efecto contrario los ácidos oleicos e iso-oleico, porcentaje de materia seca y aceite.

Palabras clave: palta Hass, estados de maduración, características físico-químicas, metabolitos primarios, metabolitos secundarios.

ABSTRACT

Avocados (*Persea americana*) Hass variety are climacteric fruits and present a heterogeneous ripening generating logistics problems in their trade and at the time of consumption. In order to understand this behavior, this research evaluated physical-chemical markers, primary and secondary metabolites, among others, with a higher incidence in the postharvest heterogeneous maturation of Hass avocado of Peruvian origin. To do this, a hydrothermal treatment with water at 38 ° C per hour will first be applied to Hass avocados, followed by storage in a controlled atmosphere (AC) at 4 percent O₂, 6 percent CO₂ and 7 °C for 15, 30 and 50 days (simulating export conditions of the product by sea to its main external markets). At the end of these times, the avocados were placed under shelf conditions until reaching consumption maturity. Analyzed the trend of avocado markers at zero days (avocado harvest day), after storage in AC and at the time of maturity of shelf consumption, finding that, among the physical-chemical markers and primary metabolites, from day zero until the moment of reaching consumption maturity: the enzymatic activity of pectinmethyl esterase, the content of mannoheptulose, perseitol, glucose, and fructose decreased, while the percentage of dry matter, percentage of oil, content of sucrose, quinic acids and malic, and fatty acids tend to remain constant, while the content of secondary metabolites (α -tocopherol and β -tocopherol, β -sitosterol and campesterol phytosterols, total phenolic compounds and hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity) and enzymatic activity of polygalacturonase increased. From the PLS-DA multivariate analysis, it was found that the main metabolites that were closely related to heterogeneity were sucrose, abscisic acid and palmitic acid, showing an opposite effect to oleic and iso-oleic acids, percentage of dry matter and oil.

Key words: Hass avocado, postharvest, ripening stage, physical-chemical characteristics, primary metabolites, secondary metabolites.

I. INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana*) es única en su valor nutricional debido al alto contenido de aceite representado principalmente por los ácidos grasos insaturados (Donetii y Terry, 2014), azúcares de siete carbono y es relativamente rica en vitaminas B, E y K, fibra dietética, minerales y sustancias nitrogenadas (Yahia, 2012). Las óptimas condiciones edafoclimáticas del Perú favorecen el cultivo de la palta durante todo el año, permitiendo el cultivo de la variedad Hass entre marzo y septiembre, otorgándole una ventaja competitiva al país, ya que algunos de los exportadores e importadores del hemisferio norte, e incluso algunos del hemisferio sur, cesan su producción durante estos meses (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

Las paltas continúan respirando incluso después de la cosecha, comenzando el proceso de maduración casi de inmediato debido a sus características climatéricas de altas tasas de respiración (Wu *et al.*, 2011), por ello se han propuesto varios tratamientos postcosecha como los descritos por Hernández *et al.* (2016): almacenamiento en refrigeración, atmósfera controlada, empaque con atmósfera modificada, aplicación de etileno y tratamientos térmicos. La aplicación de estos tratamientos, por separado o en combinación, dependen de las condiciones post-cosecha a las que son sometidas las paltas, tales como tiempo de almacenamiento y destino de transporte, el cual se da por vía marítima. El Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (2017) reporta como los principales mercados destino del comercio de paltas var Hass peruanas a EE.UU (California), Europa (Países Bajos, España) y Asia (Hong Kong, Japón), entre otros países.

Las paltas al llegar a destino y pasar a maduración en anaquel, se encuentra que esta no madura de forma homogénea, siendo ello uno de los principales problemas al momento de definir la condición “ready to eat” o “listo para consumo”. Defilippi *et al.* (2015) indican que, para entender y manejar la heterogeneidad de la palta, se plantea cuantificar la

magnitud de la variabilidad en los distintos atributos de calidad y así como la condición de la palta. Estos incluyen color de epidermis, firmeza de pulpa, días a madurez de consumo y desórdenes fisiológicos, entre otros. Los atributos de calidad en la palta están estrechamente relacionados con su composición a nivel de metabolitos primarios y secundarios (Hernández *et al.*, 2016). Pedreschi *et al.* (2014) menciona que utilizar un enfoque metabólico integral combinado con los enfoques analíticos clásicos de postcosecha ayuda a obtener más información sobre los mecanismos implicados en la heterogeneidad de maduración observada en las paltas Hass.

Estudios que evalúen que metabolitos primarios o secundarios pueden tener influencia en la maduración de la palta var. Hass producida en la costa del Perú, no han sido abordados a profundidad en nuestro medio y menos aún como el tratamiento hidrotérmico conjuntamente con la atmósfera controlada influyen en los mismos, temas que son abordados en la presente investigación.

El objetivo general de esta investigación fue: evaluar los marcadores físico-químicos, metabolitos primarios y secundarios con mayor incidencia en la maduración heterogénea postcosecha de la palta (*Persea americana*) variedad Hass

Para ello se tuvo como objetivos específicos:

- Identificar a los marcadores físico-químicos y metabolómicos con mayor incidencia en la maduración heterogénea de la palta Hass a madurez de consumo, sometida previamente a un tratamiento hidrotérmico seguido de almacenaje en atmósfera controlada.
- Comparar los marcadores físico-químicos y metabolómicos con mayor incidencia en la maduración heterogénea de la palta Hass en tres temporadas de cosecha.
- Comparar los marcadores físico-químicos y metabolómicos con mayor incidencia en la maduración heterogénea de la palta Hass almacenada en atmosfera controlada por 15, 30 y 50 días.
- Comparar los marcadores físico-químicos y metabolómicos con mayor incidencia en la maduración heterogénea de la palta Hass al alcanzar su madurez comercial.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 LA PALTA

La palta es una fruta climatérica, con un marcado aumento en la tasa de respiración al inicio de la maduración, seguida de una disminución; por otro lado, las tasas de producción de etileno son generalmente bajas para paltas verdes, pero aumentan rápidamente después de la cosecha (Zauberman *et al.*, 1973).

El fruto se originó en América Central y el sur de México. Se llama “Ahuacatl” por los aztecas y de ahí derivan los términos “avocado”, “aguacate” (en español), “avocat” (en francés), “abacate” (en portugués) y también se llama “palta” en Chile, Ecuador y Perú (Yahia, 2012). Autores como Bergh & Lahav (1996), mencionados por Yahia (2012) y Flores (2010) mencionan que la palta se clasifica botánicamente en tres grupos o razas, las cuales Ministerio de Agricultura y Riego (2015) las describe como:

- *Persea americana* Mill. var. *americana* (*P. gratissima* Gaertn.), aguacate antillano, los frutos a su maduración alcanzan tamaños relativamente grandes, con un peso que sobrepasa los 400 g. La cáscara de estos frutos aparece suave al tacto, flexible, de consistencia correosa y de grosor mediano. El fruto, a medida que madura cambia en su coloración, de verde brillante se torna verde opaco.
- *P. americana* Mill. var. *drymifolia* (*P. drymifolia* Schlecht. & Cham.) S. F. Blake, aguacate mexicano, los frutos al completar su crecimiento son de tamaño relativamente pequeño, aunque en algunas variedades alcanzan un peso promedio

de 350g. El fruto a la madurez adquiere el color violáceo luego morado oscuro; su cáscara es muy delgada, suave y fácilmente quebradiza

- *P. nubigena* var. *guatemalensis* L. O. Williams, aguacate guatemalteco, se caracteriza por tener frutos con cáscara gruesa, correosa y rugosa al tacto. Al alcanzar su maduración estos frutos presentan distintos tamaños según las variedades, que van desde pequeños a relativamente muy grandes. El color verde pierde su brillo apareciendo unos puntitos de aspecto corchoso a causa de un proceso de suberización de las lenticelas

De los tres ecotipos raciales, la raza antillana migró más lejos llegando al Perú hace aproximadamente 3 000 a 4 000 años (Williams, 1977, citado por Ministerio de Agricultura y Riego, 2015). Las principales variedades que se cultivan en el Perú tienen su origen híbrido, entre estas destacan el cultivar Hass, cultivar Fuerte, cultivar Nabal, cultivar Bacon, cultivar Gwen, entre otras (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

2.1.1 PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN NACIONAL

La producción nacional ha venido creciendo lentamente en el lapso de tiempo de 1960 a 2000. Sin embargo, el despegue de la producción nacional de paltas se aprecia a partir de los primeros años de la década de los 2000, se registra un volumen de 93,5 mil toneladas en el 2001, en el transcurso de los siguientes diez años se duplicó la producción, registrando un volumen 213,7 mil toneladas en el 2011 y apenas dos años adicionales, se incrementó la producción hasta las 289 mil toneladas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015). En cuanto a las regiones productoras de palta, destacan aquellas que se encuentran en la Costa que participa con el 98% de la producción total. También se produce en los valles interandinos y en la selva alta. A nivel de regiones destacan en orden de importancia a La Libertad, Lima, Ica, Junín y Ancash (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

Respecto a la estacionalidad de la producción, si bien se produce durante todos los meses del año, se observa una menor producción entre los meses de setiembre a febrero de cada año, con volúmenes de producción de entre 9 y 11 mil toneladas mensuales. Por otro lado,

la época de mayor producción se inicia a partir de marzo de cada año, alcanzando los mayores niveles entre abril y junio de cada año, superando en producción por encima de las 50 mil toneladas mensuales. Entre julio y agosto se mantiene la producción en niveles muy importantes, aunque ya tienden a ser menores (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015). En la Figura 1 se observa el calendario y la distribución departamental de cosechas de palta en Perú en porcentaje de participación.

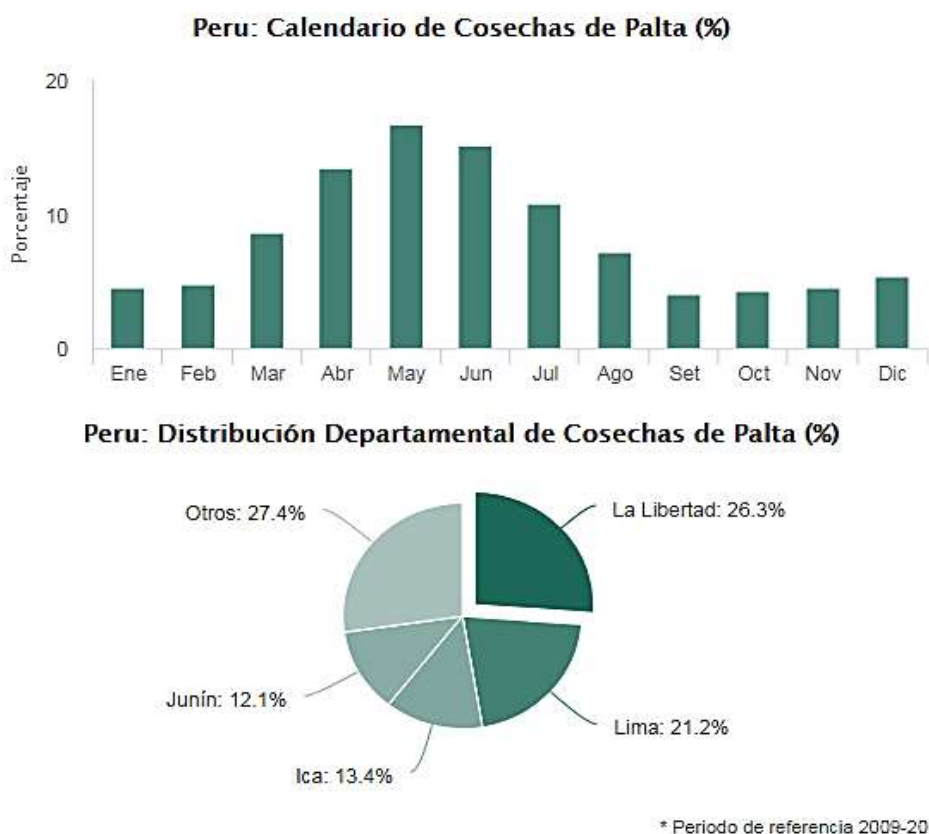


Figura 1: Calendario y distribución departamental de cosechas de palta en Perú.

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Riego (2019)

En la Figura 2, se muestran los países con las más importantes cifras de exportación en el mercado mundial de paltas. En el Hemisferio Norte se encuentra el principal país productor y exportador del mundo: México. Los países del Hemisferio Sur, contrario a los países del Hemisferio Norte, tienen un período de exportación marcadamente estacional, no es durante todo el año (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

La estacionalidad de las exportaciones de Perú, en su totalidad de la variedad Hass, entre los meses de abril y agosto se registran los más elevados niveles de producción y

exportación, los cuales salen especialmente de los cultivos desarrollados entre La Libertad, Lima y recientemente una mayor producción de Ica y algunos valles interandinos, que está expandiendo el período de las exportaciones hasta los meses de febrero-marzo y setiembre, aunque los niveles de exportación son aún modestos. Por otro lado, en enero y entre octubre y diciembre aún no se observa cifras de exportación. Sin embargo, el Perú produce palta durante todo el año (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

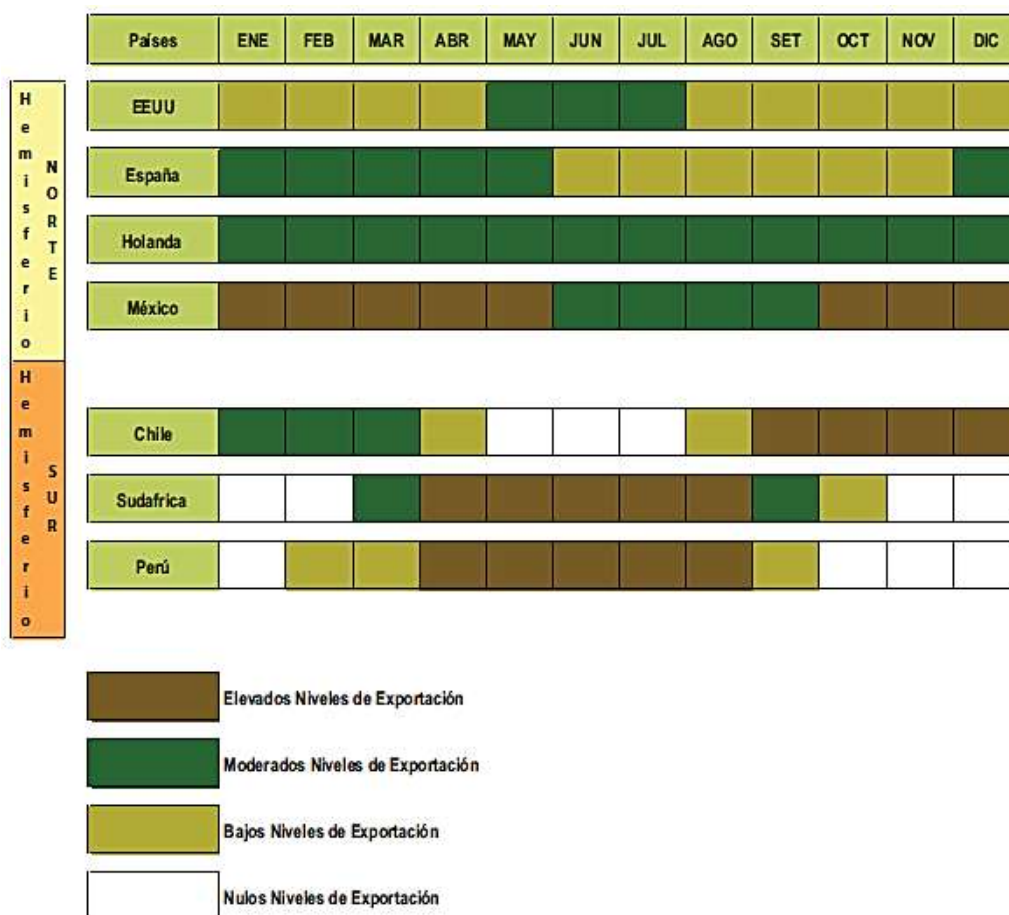


Figura 2: Estacionalidad de las Exportaciones Mundiales de Palta

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Riego - DGPA/DEEIA (2015)

2.1.2 PALTA VARIEDAD HASS

Esta variedad es la más difundida con fines de exportación porque no muestra una tendencia tan marcada como la variedad fuerte al añerismo teniendo una productividad más regular, produciendo frutas en árboles de 2 y 3 años. Siendo una variedad de la raza guatemalteca, florece más tarde que la palta Fuerte y es más afectada por las heladas por lo

cual se la lleva más cerca a las costas en donde hay climas más frescos. La floración dura tres meses y el fruto se puede cosechar durante ocho meses en una misma zona. Respecto al fruto, tiene forma piriforme a ovoide, algo más chico que la Fuerte (peso entre 180 a 360 gramos). La cáscara es gruesa, algo rugosa de color verde cuando está en el árbol pero cosechada se va poniendo negra a medida que la fruta se ablanda al madurar (Flores, 2010).

Hernández *et al.* (2016) mencionan que el cultivar Hass domina el mercado de comercio internacional, asimismo, la demanda mundial de palta Hass ha abierto nuevos nichos de consumo, los mercados "triggered" y "ready-to-eat". Debido a estos formatos, los países que antes tenían una baja demanda de paltas han abierto sus puertas a esta fruta. Este aumento de la demanda se ve favorecido por los atributos organolépticos, nutricionales y funcionales que se encuentran en las paltas, incluyendo un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs).

2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

Bill *et al.* (2014) menciona que la palta es una fruta rica en nutrientes, cuya composición depende del ecotipo, el cultivar, el grado de madurez y las condiciones de crecimiento. Slater *et al.* (1975) citados por Bill *et al.* (2014) mencionan que los carotenoides (70 por ciento luteínas) y la clorofila son responsables del color amarillo verdoso al amarillo brillante del mesocarpio. Lee *et al.* (2004) citados por Bill *et al.* (2014) mencionan que, la palta madura contiene vitaminas A, B, C, minerales, potasio, fósforo, magnesio, hierro y contiene altos niveles de bioactivos lipofílicos, como la vitamina E, los carotenoides y los esteroides, que muestran actividades antioxidantes y de captación de radicales.

Por otro lado, Yahia (2012) menciona que la palta es un fruto rico en grasas, contiene azúcares de siete carbonos (manoheptulosa y su azúcar-alcohol: el perseitol) y es relativamente rico en ciertas vitaminas, fibra dietética, minerales y sustancias nitrogenadas (Tabla 1). Así mismo, Yahia (2012) indica que la calidad del aceite de la palta es muy similar a la del aceite de oliva con aproximadamente un 75% de ácidos grasos monoinsaturados, 15% saturados y 10% de ácidos grasos poliinsaturados. Sin embargo, existe variación con la raza, el cultivar, la región de crecimiento y la temporada. La alta

monoinsaturación y la poliinsaturación y el bajo contenido en saturados lo convierten en un aceite saludable en términos de efecto sobre la enfermedad cardíaca, según Lerman *et al.* (1994) citados por Yahia (2012).

Tabla 1: Composición química de la palta

Componente	Cantidad
Agua %	74.4
Lípidos %	20.6
Proteínas %	1.8
Fibra %	1.4
Ceniza %	1.2
Azúcares %	
Glucosa	0.30
Fructosa	0.10
Sacarosa	0.10
Ácidos orgánicos %	
Ácido málico	0.32
Ácido cítrico	0.05
Ácido Oxálico	0.03
Vitaminas (mg/100g)	
Ácido ascórbico	11.0
Tiamina	0.07
Riboflavina	0.12
Ácido nicotínico	1.9
Vitamina B6	0.62
Ácido fólico	0.04
Biotina	0.006
Minerales (mg/100g)	
Potasio	480
Fósforo	27.0
Calcio	14.0
Magnesio	23.0
Sodio	2.0
Hierro	0.7
Zinc	0.5

Fuente: Yahia (2012)

Además, el aceite de palta contiene una gama de otros compuestos promotores de la salud tales como carotenoides, α -tocoferol y β -sitosterol. La porción comestible de la fruta es

rica en ácidos oleico, palmítico, linoleico y palmitoleico, mientras que el ácido esteárico está presente sólo en trazas (Yahia, 2012).

2.2 DESARROLLO FISIOLÓGICO DE LA PALTA

Blakey (2011) menciona que las paltas tienen cuatro etapas principales de desarrollo fisiológico: crecimiento, maduración fisiológica, maduración organoléptica/sensorial y senescencia (Figura 3). La división celular y la ampliación son parte del crecimiento y determinan el tamaño final de la fruta. El crecimiento y la maduración fisiológica, denominados colectivamente la etapa de desarrollo, solo ocurren antes de la cosecha. En las paltas, la etapa de maduración fisiológica se puede extender demorando la cosecha y permitiendo que la fruta acumule más aceite (Blakey, 2011).

Las paltas, a diferencia de otras frutas, no maduran sensorialmente en el árbol, sino solo una vez que se cosechan (Kassim *et al.*, 2013). El momento en que se cosechan las paltas juega un papel importante en la maduración y la vida útil esperada, de esta forma Kassim *et al.* (2013) mencionan que la cosecha demasiado temprana en la temporada, contribuye a una materia seca baja en la pulpa. Esto se asocia con maduración irregular, textura acuosa, fruta sin sabor, arrugada, ennegrecida y una baja concentración de aceite. De igual forma, Saucedo (1998) mencionado por Pérez *et al.* (2004), afirma que la calidad sensorial durante la maduración está muy relacionada con la etapa de desarrollo cuando se cosechan, las frutas cosechadas antes de la madurez fisiológica muestran un progreso de ablandamiento irregular, un sabor pobre y son más susceptibles a la descomposición.

Cabe resaltar que el proceso de respiración es predominantemente responsable de la maduración sensorial de la palta, siguiendo tres etapas, un mínimo pre-climatérico de la menor respiración, el máximo climatérico de la respiración más alta y una etapa post-climatérica sinónimo de disminución de la respiración. Es durante las etapas pre-climatérica y climatérica donde ocurren muchos de los cambios bioquímicos, organolépticos y reológicos con distintos procesos anabólicos y catabólicos que requieren grandes cantidades de energía, haciendo que la palta sea apetecible (Pérez *et al.*, 2004, Blakey, 2011).

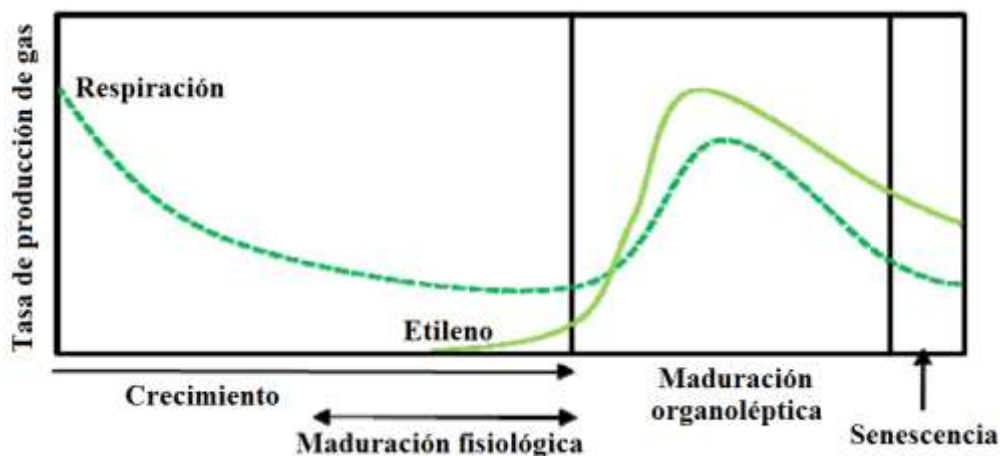


Figura 3: Etapas de desarrollo fisiológico de la palta.

FUENTE: Adaptado de Blakey (2011).

La senescencia es el período en que los procesos catabólicos superan los procesos anabólicos, lo que resulta en envejecimiento y necrosis (Blakey, 2011). Ya que durante la respiración, el oxígeno se gasta y el dióxido de carbono se libera acompañado de la producción de energía en forma de calor (Workneh y Osthoff, 2010, citados por Kassim *et al.*, 2013), Kassim *et al.* (2013) mencionan que un aumento en la frecuencia respiratoria acelera la senescencia y contribuye a la mala calidad de la fruta, por lo cual para mejorar el manejo de las paltas una vez cosechadas, es esencial disminuir las tasas de respiración reduciendo la temperatura, aumentando el dióxido de carbono y reduciendo las concentraciones de oxígeno dentro de los límites.

2.2.1 ÍNDICES DE MADUREZ FISIOLÓGICA Y COSECHA

La decisión de cuándo comenzar a cosechar la fruta de la palta es de gran importancia comercial. La cosecha de la fruta antes de alcanzar una etapa óptima puede conducir a una maduración y una calidad deficientes. Por otra parte, cuando la cosecha del fruto se lleva a cabo después del punto óptimo, su vida posterior a la cosecha podría ser disminuida. Por ello, para determinar este punto óptimo de cosecha se utilizan algunos índices, los más importantes son: el contenido de materia seca y aceite (Yahia, 2012).

Martínez y Moreno (1995) citados por Ozdemir y Topuz (2004) también mencionan que la madurez de la palta y el tiempo de recolección se determinan de acuerdo con marcadores

externos (color y tamaño) o midiendo el contenido de aceite en la pulpa. Sin embargo, informaron que determinar la madurez de la palta es difícil porque el comienzo de la maduración no se acompaña de cambios externos visibles. Ante esto mencionan que el contenido mínimo de aceite necesario para la comercialización de la palta es del 8 por ciento. Por otro lado, Kurlaender (1996), citado por Yahia (2012) menciona que para obtener un producto de alta calidad, se requiere un contenido de materia seca de 25 por ciento en la fruta, que equivale a aproximadamente a un 13 por ciento de contenido de aceite. Sin embargo, Yahia (2012) indica que, se pueden considerar otros índices complementarios, tales como el tamaño, el color de la piel, la firmeza y la ausencia de heridas, manchas, daños por insectos, residuos y otros contaminantes. Cuando están maduros, los principales índices de calidad son la ausencia de enfermedades, trastornos fisiológicos y daños físicos.

La enorme variación biológica inherente a las paltas Hass que ya están en un solo árbol exige experimentos considerados para muestrear adecuadamente la fruta para preguntas específicas de investigación. Así, con el fin de implementar una técnica no destructiva para segregar la fruta al final, es necesario identificar primero los marcadores adecuados para la predicción temprana de esta heterogeneidad de maduración post-cosecha. Con el fin de implementar tratamientos post-cosecha, que permitan sincronizar el proceso de maduración de frutas individuales dentro de un envío, es necesario comprender los procesos metabólicos involucrados en el proceso de sincronización de maduración post-cosecha (Hernández *et al.*, 2016).

2.2.2 MADURACIÓN SENSORIAL

La maduración sensorial es un proceso complejo que implica la participación activa de diferentes vías metabólicas tales como a: enzimas modificadoras de la pared celular y enzimas de biosíntesis de etileno que requieren energía. Los procesos de maduración son altamente dependientes de la síntesis continua de proteínas que permita proporcionar sustratos/intermedios a las principales vías metabólicas, tales como la biosíntesis de etileno y la respiración (Awad y Young, 1979). La palta durante la maduración se caracteriza por el ablandamiento de las frutas, debido al desmantelamiento de la pared celular

(despolimerización y solubilización) llevado a cabo por enzimas que trabajan sinérgicamente (Awad y Young, 1979).

Para que las frutas maduren, Blakey (2011) menciona que es necesario que las frutas acumulen suficiente energía y reservas de carbono de la planta madre para satisfacer los requisitos respiratorios y metabólicos posteriores a la cosecha. La maduración requiere grandes cantidades de energía debido a los numerosos procesos metabólicos que se requieren para lograr el ablandamiento. También se requiere una fuente de carbono adecuada para los procesos anabólicos, en particular la síntesis de enzimas modificadoras de la pared celular (Blakey, 2011). La fruta debe permanecer en la etapa pre-climática durante el almacenamiento en frío para garantizar que la calidad interna no se vea comprometida. La calidad de la fruta cambia rápidamente una vez que la fruta ingresa al climaterio y comercialmente, la fruta debe controlarse cuidadosamente durante la maduración para evitar su deterioro (Blakey, 2011).

Respecto al color de la piel de las paltas Hass, Cox *et al.* (2004) indican que esta cambia de color al madurar, pasando de verde a morado-negro. Este cambio de color es importante como indicador de madurez y se debe a una disminución inicial del contenido de clorofila, seguido por un aumento de los niveles de antocianina, exclusivamente la cianidina 3-O-glucósido.

2.3 MARCADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y METABOLÓMICOS EN LA MADURACIÓN DE LA PALTA HASS

Se conocen como metabolitos primarios a compuestos tales como carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos y ácidos orgánicos que están involucrados en el crecimiento y desarrollo, respiración y fotosíntesis, y síntesis de hormonas y proteínas. Estos metabolitos se encuentran en todas las especies vegetales dentro de amplios grupos filogenéticos y son producidos casi por las mismas rutas metabólicas (Hounsome *et al.*, 2008).

Las plantas producen una variedad de compuestos orgánicos que no participan directamente en el crecimiento ni en el desarrollo. Estas sustancias, llamadas tradicionalmente metabolitos secundarios, están distribuidas diferencialmente entre grupos

taxonómicos en el reino vegetal y se pueden clasificar en cuatro grupos principales: compuestos fenólicos y polifenólicos, terpenoides (que incluyen carotenoides, fitoesteroles, tocoferoles, entre otros), alcaloides y compuestos que contienen azufre (glucosinolatos) (Hounsome *et al.*, 2008).

Hurtado-Fernández *et al.* (2011) reportan que de 200 metabolitos analizados en diferentes variedades de paltas y en estado inmaduro y maduro comercialmente, 75 de estos están presentes en todas las variedades y ambos estados de madurez, tales como el perseitol, ácido quínico, ácido succínico, uridina, fenilalanina, ácido pantoténico, N-acetilfenilalanina, epicatequina, hexosa de ácido sinápico o ácido abscísico.

2.3.1 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y PÉRDIDA DE FIRMEZA

En diversas transiciones bioquímicas, como la síntesis de pigmentos, la producción de compuestos volátiles y el ablandamiento de los tejidos suele acompañar la maduración de muchas frutas. Según Giovannoni *et al.* (1989) citados por Wakabayashi (2000) el ablandamiento de la fruta es un proceso programado para el desarrollo y se produce por las modificaciones en la estructura de las paredes celulares, en particular por la degradación de los polímeros de la pared celular como las pectinas que son constituyentes principales de la lámina media y por lo tanto, contribuyen al mecanismo de adhesión celular. De esta forma Wakabayashi (2000) menciona que la degradación de las pectinas, particularmente la de los poliuronidos, puede causar el colapso de la adhesión celular y, por lo tanto, disminuir la resistencia del tejido.

Lazan *et al.* (1995) citados por Sañudo *et al.* (2008) mencionan que algunas de las enzimas relacionadas con la degradación de pectinas y hemicelulosas son: poligalacturonasa (PG), pectinmetilesterasa (PME), β -galactosidasa (β -Gal), xiloglucanasa y xilanasas, las cuales incrementan su actividad durante la maduración y se les considera responsables de la acumulación de pectinas solubles en agua y la disminución de pectinas unidas: iónica y covalentemente a la fase fibrilar, tal como se puede ver en la Figura 4.

Huber *et al.* (2001) mencionan que por un lado, la despolimerización de pectina es una característica constante de la poligalacturonasa que expresa la fruta, aunque la extensión de

la hidrólisis varía mucho entre las diferentes frutas. Por otro lado, la solubilización de la pectina es característica de todos los frutos carnosos, lo que indica que otros factores además de la poligalacturonasa contribuyen a la modificación estructural de las pectinas. Los niveles endógenos de poligalacturonasa y pectinmetilesterasa no siempre se correlacionan bien con las tendencias de despolimerización de pectina, lo que indica que la actividad de estas y otras enzimas probablemente esté restringida *in vivo*. Ante esto Huber *et al.* (2001) sugieren que la herida mecánica parece aliviar las restricciones en la hidrólisis, lo que resulta en una degradación de pectina más extensa.

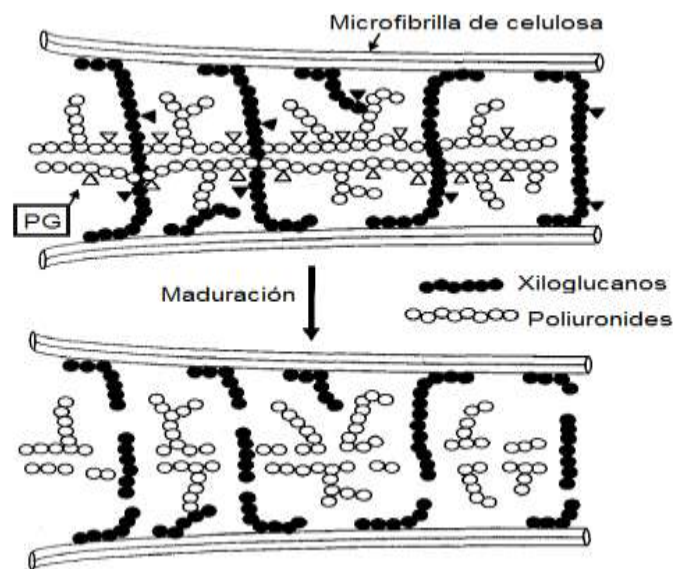


Figura 4: Representación esquemática de la degradación de poliuuronidos por acción de la PG durante la maduración de la fruta.

FUENTE: Adaptado de Wakabayashi (2000).

2.3.2 CARBOHIDRATOS

Liu *et al.* (1999) señalan que los azúcares de siete carbonos, la D-mannoheptulosa y el perseitol, son los principales carbohidratos no estructurales presentes en los tejidos de la palta. Los sólidos solubles totales también se encuentran como un componente importante de la biomasa de la palta joven durante las primeras etapas de desarrollo. Por lo tanto, el crecimiento temprano de la fruta depende específicamente de la acumulación de reservas de fructosa, glucosa, D-mannoheptulosa y perseitol. Aunque ante la baja concentración de azúcares de hexosa en el mesocarpio Blakey (2011) explica que puede deberse a la

inusualmente alta concentración de lípidos, porque la fructosa es un precursor en la síntesis de triglicéridos.

Contreras-Gutiérrez *et al.* (2013) mencionan que durante la maduración se producen diferentes procesos metabólicos que, requieren cierta energía que, en general es suministrada por la oxidación de carbohidratos y ácidos orgánicos, explicándose así la disminución de la concentración de perseitol a medida que la fruta de aguacate está creciendo y madurando, variando de 41.99 a 32.55 mg / kg. De esta forma Contreras-Gutiérrez *et al.* (2013) sugieren que probablemente, como consecuencia de la disminución del contenido de azúcar a medida que la fecha de cosecha se acerca, los frutos cosechados al comienzo de la temporada necesitan más tiempo para alcanzar el punto del climaterio que las paltas cosechadas más tarde en la temporada. La palta puede necesitar un suministro continuo de azúcares y algunos otros compuestos de las hojas, y una reducción de este suministro podría comenzar el proceso de maduración; por eso la cosecha de los frutos podría tener el mismo efecto induciendo la maduración (Contreras-Gutiérrez *et al.*, 2013).

Del mismo modo, Liu *et al.* (2002) propusieron que la mannoheptulosa puede ser un inhibidor de la maduración, pero las heptosas también pueden estar involucradas en la fisiología de la palta como fuentes de carbono y energía y la disminución de las heptosas puede deberse a su utilización en la respiración y al metabolismo durante la maduración. Por otro lado, Popp y Smirnoff (1995) citados por Tesfay (2009) mencionan que los alcoholes de azúcar son solutos osmóticamente activos, especialmente en respuesta al estrés abiótico, su concentración aumenta en respuesta al estrés para compensar la reducción del potencial de agua dentro de la célula. Tesfay (2009) afirma que el perseitol puede cumplir esta función, particularmente en la semilla y el mesocarpio donde el contenido de agua es relativamente bajo. Las ventajas del transporte de los alcoholes de azúcar son que estos compuestos son altamente solubles y también químicamente inertes. Además de funcionar como azúcar de transporte, se ha demostrado que los alcoholes de azúcar sirven como almacenamiento para la reducción de carbono (Teskay, 2009).

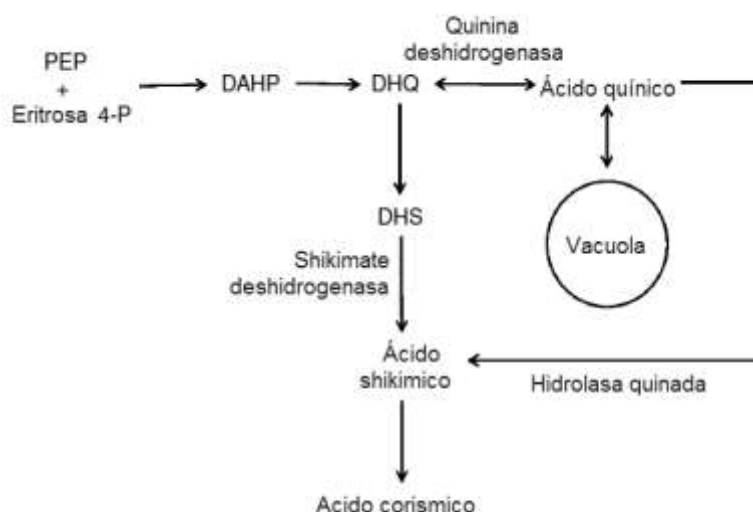
2.3.3 ÁCIDOS ORGÁNICOS

Vicente *et al.* (2009) mencionan que existen dos tipos de ácidos, los ácidos alifáticos (de cadena lineal) y los aromáticos. Los ácidos más abundantes en las frutas y verduras son los ácidos cítrico y málico (ambos alifáticos), mientras que los ácidos orgánicos aromáticos se encuentran también en ellas, pero en concentraciones muy bajas, teniendo como ejemplo al ácido benzoico que se encuentra en los arándanos, el ácido quínico en los plátanos y el ácido clorogénico en las papas. Los ácidos orgánicos juegan un papel importante en la relación de azúcar a ácido, que afecta el sabor de las frutas y verduras; además la distribución de ácidos dentro de una fruta no es uniforme.

Respecto a los ácidos orgánicos aromáticos presentes en la pulpa de las frutas, Walker y Famiani *et al.* (2018) mencionan que contienen un anillo de benceno, derivado de intermedios de la vía del shikimato. Esta vía se localiza en el plástido y consta de siete reacciones enzimáticas que convierten el fosfoenolpiruvato (PEP; producido por la glucólisis) y la eritrosa 4-fosfato (derivada de la vía de la pentosofosfato) en corismato (Widhalm y Dudareva 2015, citados por Walker y Famiani *et al.*, 2018). La vía del shikimato produce metabolitos que se usan en la síntesis de aminoácidos aromáticos, antocianinas, lignina y muchos otros metabolitos (Figura 5). El ácido quínico se acumula en varios órganos, como las hojas, los frutos y los tubérculos, y su concentración difiere mucho entre las especies de plantas. En aquellos tejidos en los que se ha determinado su ubicación subcelular, la mayor parte del ácido quínico se encuentra en la vacuola (Marsh *et al.*, 2009, citados por Walker y Famiani *et al.*, 2018). Así mismo, Walker y Famiani *et al.* (2018) reportan para el ácido quínico un rango de trazas hasta 13.3 mg/ g pulpa base fresca, entre algunas frutas, donde el arándano y el kiwi son las frutas con mayor contenido.

Respecto a los ácidos orgánicos alifáticos, Etienne *et al.* (2013), citados por Walker y Famiani *et al.* (2018) mencionan que este grupo se denomina: ácidos del ciclo de Krebs, porque la mayoría de ellos pueden actuar como intermedios del ciclo de Krebs. La mayor parte de los ácidos del ciclo de Krebs que se acumulan en las frutas, se sintetizan a partir de azúcares importados dentro de la fruta. Los azúcares entran en la glucólisis y se convierten en fosfoenolpiruvato (PEP), que luego se convierte en oxaloacetato (OAA) en

el citosol por la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC); el OAA luego se convierte en malato por malato deshidrogenasa citosólica. Si se está acumulando malato, se transporta a través del tonoplasto a la vacuola, en la que se almacena. En contraste, si se está acumulando citrato, una molécula de PEP se convierte en OAA por PEPC y una segunda PEP se convierte en acetyl CoA. Esta última y OAA se combinan luego con citrato sintasa en la mitocondria para producir citrato, que posteriormente se transporta a través de tonoplast a la vacuola, en la que se almacena, como se puede ver en la Figura 6. Así mismo, Walker y Famiani *et al.* (2018) reportan para el ácido málico un rango de 0.14 hasta 15.9 mg/g pulpa base fresca entre algunas frutas, donde la manzana y el ciruelo son las frutas con mayor contenido.



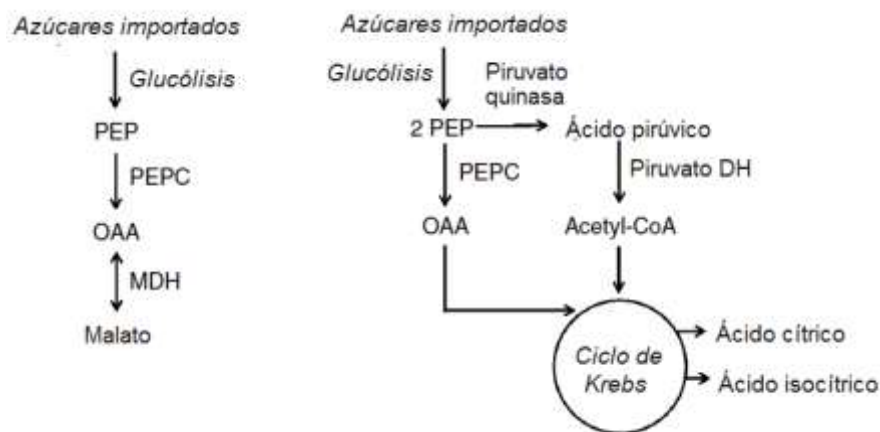
PEP = Fosfoenolpiruvato; DAHP = ácido 3-desoxi-D-arabino-heptulosónico 7-fosfato; DHS = ácido dehydroshikimic; DHQ = ácido dehidroquinico.

Figura 5: Esquema simplificado que muestra la ruta del shikimate y la síntesis de los ácidos quínico y shikimico.

FUENTE: Adaptado de Walker y Famiani *et al.* (2018).

El contenido de ácido orgánico de las frutas y verduras generalmente disminuye durante la maduración. Por ejemplo, el contenido de ácido cítrico de los melocotones clingstone disminuye más rápido que el contenido de ácido málico, mientras que el contenido de ácido málico de las manzanas y las peras disminuye más rápido que el contenido de ácido cítrico (Vicente *et al.*, 2009). De igual forma, Oms-Oliu *et al.* (2011) y Lee *et al.* (2016) reportan para el tomate y la mora respectivamente una mayor concentración de los ácidos

orgánicos en el estado inmaduro de las frutas, donde el progreso de la maduración se caracteriza por una disminución de los ácidos orgánicos. Oms-Oliu *et al.* (2011) explican que a medida que la fruta alcanza su madurez comercial, el aumento de la actividad catabólica de la enzima málica, que descarboxila el ácido L-málico a piruvato, y la actividad continuada de la malato deshidrogenasa y la citrato sintasa dan como resultado una disminución en los niveles de L-málico y la acumulación preferencial de ácido cítrico.



MDH = malato deshidrogenasa; OAA = oxaloacetato, PEP = fosfoenolpiruvato;
CoA = Coenzima A; PEPC = fosfoenolpiruvato carboxilasa.

Figura 6: Esquema simplificado que muestra la síntesis de los ácidos del ciclo de Krebs.

FUENTE: Adaptado de Walker y Famiani *et al.* (2018).

Por otro lado, Marsh *et al.* (2009) citados por Walker y Famiani *et al.* (2018) explica que el ácido quínico disminuye durante el desarrollo de la fruta debido a que funciona como un compuesto de almacenamiento que se utiliza posteriormente en la síntesis de fenólicos. Sin embargo, Walker y Famiani *et al.* (2018) mencionan que, incluso en las frutas donde no ocurre esta disminución del ácido quínico, continúa con esta función, explicando que esto se debe a que puede haber ocasiones en las que se produzcan efluentes a corto plazo de ácido quínico de la vacuola y se utilice, y períodos en que el ácido quínico se sintetiza y se transfiere a la vacuola.

López-Cobo *et al.* (2016) reportan tres ácidos orgánicos presentes en la pulpa de la palta Hass, donde el ácido cítrico predomina, seguido del ácido succínico y por último el ácido

quínico. Hurtado-Fernández *et al.* (2011) reportan al ácido quínico presente entre todas las variedades de las paltas estudiadas donde no encontraron alguna tendencia relacionada con el grado de madurez (1.25 y 1.80 mg/kg palta base seca (bs) para el estado verde y estado maduro respectivamente). Ácido succínico es otro ácido orgánico reportado una concentración más alta en el estado maduro (25.42 y 47.29 mg/kg palta bs para el estado verde y estado maduro respectivamente).

2.3.4 ÁCIDOS GRASOS

A medida que aumenta el aceite en el mesocarpio, el contenido de agua disminuye en la misma cantidad, por lo que el porcentaje total de aceite y agua permanece constante durante la vida de la fruta. Sin embargo, la biosíntesis de triglicéridos no comienza al inicio de la vida fisiológica de la fruta (Gaydou *et al.*, 1987 citados por Ozdemir y Topuz, 2004). La bioquímica del metabolismo de los lípidos en el aceite de las frutas es descrita por Salas *et al.*, 2000, citados por Ozdemir y Topuz, 2004, quienes mencionan que, el precursor más importante para la biosíntesis de ácidos grasos novo es el acetil-CoA. Se ha evaluado la participación necesaria de un cloroplasto acetil-CoA carboxilasa para la producción de ácidos grasos de cadena larga a partir de acetato de C₁₄ en tejidos de la palta. Los productos de síntesis de ácidos grasos son principalmente cadenas acilo saturadas C₁₆ o C₁₈. Sin embargo, la mayoría de los aceites vegetales son ricos en ciertos tipos de ácidos grasos insaturados, como el oleato y el linoleato. Esto se debe a que, las plantas tienen los mecanismos necesarios para introducir dobles enlaces en posiciones específicas de las cadenas de acilo producidas por las reacciones de síntesis de ácidos grasos. Entonces, en el estroma plastídico, hay una estearoil-ACP Δ 9-desaturasa muy activa. Esto significa que, en la mayoría de las especies de plantas, el estearato no se acumula y que el oleato es el producto principal de la formación de ácidos grasos novo (Salas *et al.*, 2000, citados por Ozdemir y Topuz, 2004).

Las paltas contienen cinco triglicéridos en cantidades significativas: ácidos palmítico (16: 0), palmitoleico (16: 1), oleico (18: 1), linoleico (18: 2) y linolénico (18: 3). El ácido oleico es el ácido graso más abundante en la fruta madura, seguido de palmítico, linoleico, palmitoleico y linolénico, pero las concentraciones relativas dependen de la ubicación de producción y del cultivar (Luza *et al.*, 1990, citados por Blakey, 2011).

2.3.5 TOCOFEROLES

Los tocoferoles y tocotrienoles, conocidos colectivamente como vitamina E, son antioxidantes lipofílicos, componentes dietéticos esenciales para los mamíferos y sintetizados exclusivamente por organismos fotosintéticos. Ambos, consisten de un anillo complejo de cromano hidrofílico y una cadena lateral isoprenoide hidrofóbica, diferenciándose solo en el grado de saturación de su cola hidrofóbica. Cada grupo está compuesto por cuatro miembros que se diferencian en el número y la posición de la metilación en el anillo aromático, nombrados como forma α , β , γ y δ , como se puede observar en la Figura 7. De las cuatro formas, el α -tocoferol es la principal forma de vitamina E presente en los tejidos de las plantas verdes, y tiene la mayor actividad de vitamina E (Caretto *et al.* 2010).

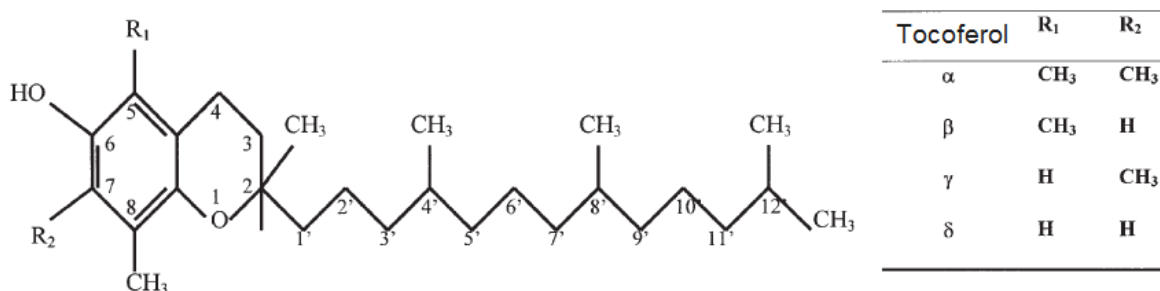


Figura 7: Estructura química de los tocoferoles

FUENTE: Munné-Bosch y Alegre (2002).

Caretto *et al.* (2010) indica que el contenido tocoferoles totales oscila entre 84 (banana) y 1.1 (peras) $\mu\text{g} / \text{g}$ de peso fresco entre las frutas frescas, donde la palta lidera el segundo lugar con 13 $\mu\text{g} / \text{g}$ de peso fresco, del cual el 92% corresponde al α -tocoferol.

En plantas superiores, la biosíntesis de α -tocoferol se localiza en plastos y más específicamente en cloroplastos de tejidos fotosintéticos (Caretto *et al.* 2010). Por otro lado, Munné-Bosch y Alegre (2002) mencionan que los tocoferoles son potentes antioxidantes, por lo que protegen la planta de la toxicidad del oxígeno, además de eliminar el radical peroxi lipídico antes de que pueda extraer el hidrógeno de los lípidos enfocados. Las cabezas de cromanol de los tocoferoles pierden un átomo de hidrógeno, que se da al radical peroxi lipídico, y luego se forman los radicales tocoferoxilo. El α -tocoferol puede ser regenerado por otros antioxidantes, como las procianidinas y el ácido ascórbico.

Las procianidinas (oligómeros de catequina) regeneran α -tocoferol a partir del radical α -tocoferoxilo bajo condiciones *in vitro*. El ácido ascórbico, en asociación con otros antioxidantes, puede reciclar el α -tocoferol de su estado radical α -tocoferolilo. Sin embargo, en ausencia de antioxidantes como el ácido ascórbico y el glutatión, que reciclan los radicales tocoferoxilo, los radicales pueden experimentar un acoplamiento radical con otros radicales peroxi lipídicos para formar aductos y pueden desproporcionarse a formar quinonas o pueden sufrir autoacoplamiento con otros radicales tocoferoxilo para formar dímeros y/o trímeros.

La transformación de los cloroplastos en cromoplastos durante la maduración de las frutas se asocia con varios eventos, como la pérdida de galactolípidos y una acumulación masiva de carotenoides paralela al aumento de la síntesis de α -tocoferol según Lichtenthaler, (1969) citado por Munné-Bosch y Alegre (2002). Por lo tanto, durante la maduración del fruto, aumentan los tocoferoles totales. Aunque las formas α y β aumentan considerablemente, el γ -tocoferol aumenta primero y luego disminuye durante las etapas posteriores (Abushita *et al.*, 1997, citados por Munné-Bosch y Alegre, 2002).

2.3.6 FITOESTEROLES

Los fitoesteroles son esteroides de origen vegetal con estructura química similar y funciones análogas al colesterol, que difieren únicamente en la presencia de sustituyentes (Piironen *et al.*, 2000). Los esteroides se pueden dividir en subgrupos según la estructura del sistema de anillos (número y ubicación de los dobles enlaces y la metilación del carbono posición cuatro) y cadena lateral (alquilación, dobles enlaces). Los esteroides más comunes en verduras, frutas y bayas son los 4-desmetilesteroides, como el sitosterol, el campesterol, el estigmasterol y los avenasteroides (Figura 8), mientras que los esteroides monometil y dimetilo sirven principalmente como precursores de los productos finales (Nes, 1987, citado por Piironen *et al.*, 2003). Los esteroides vegetales se presentan como esteroides libres y como conjugados unidos, es decir, ésteres de ácidos grasos (principalmente ácidos grasos C₁₆ y C₁₈), ésteres de ácidos fenólicos, glicósidos (más comúnmente con β -D-glucosa) y glucósidos acilados (esterificados en el grupo 6-hidroxi del resto azúcar) (Wojciechowski, 1991, citado por Piironen *et al.*, 2003).

Las proporciones de esteroides libres y ésteres de ácidos grasos varían ampliamente entre los diferentes aceites. Los esteroides libres predominaron en los aceites de soja, oliva y girasol, pero en los aceites de canola, palta y maíz, los esteroides libres representaron solo el 33 – 38 por ciento del total de esteroides vegetales (Phillips *et al.*, 1999, citados por Piironen *et al.*, 2000). Por otra parte, Piironen *et al.* (2003) mencionan el contenido total de esteroides vegetales oscila entre 116 (banana) y 228 (naranja) mg / kg de peso fresco en todas las frutas frescas, excepto de la palta, que contiene significativamente más esteroides, 752 mg / kg.

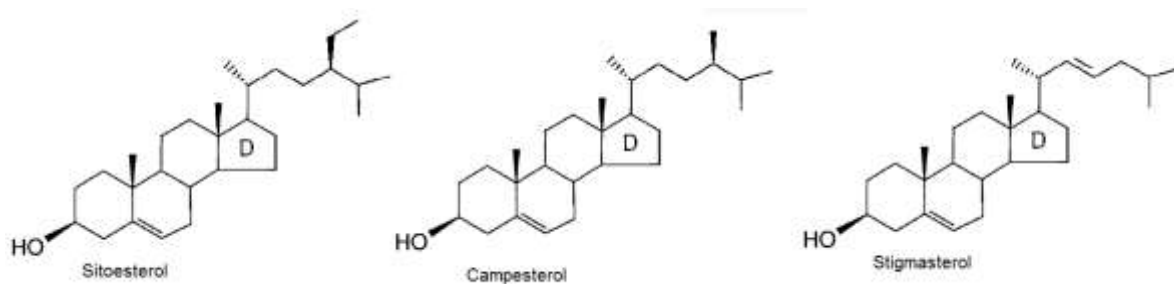


Figura 8: Estructura química de los principales fitoesteroides

FUENTE: Piironen *et al.* (2000).

Piironen *et al.* (2000) indican que la estabilidad de los esteroides durante el almacenamiento de los alimentos ha sido poco estudiada. Sin embargo, después de un almacenamiento prolongado, se pueden encontrar algunos productos de oxidación. La oxidación del colesterol ha sido ampliamente estudiada debido a los posibles efectos nocivos de sus productos de oxidación. Mucho no se sabe acerca de la oxidación de los esteroides vegetales, pero debido a las similitudes estructurales con el colesterol, su estabilidad frente a la oxidación también es de interés.

Cabe destacar que, según indica Dos Santos *et al.* (2014), la auto oxidación de los fitoesteroides es una reacción de radicales libres que se ve facilitada por la presencia de grupos hidroxilo hidrofílicos y dobles enlaces en sus estructuras químicas. El α -tocoferol, que es un eliminador de radicales libres, inhibe la oxidación de las grasas y los fitoesteroides, lo que ayuda a preservar la calidad del aceite.

2.3.7 COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios, que constituyen uno de los grupos más abundantes de metabolitos naturales y forman parte importante de las dietas humanas y animales (Bravo, 1998, citado por Tesfay, 2009). Los compuestos fenólicos poseen un anillo aromático que lleva uno o más grupos hidroxilo y sus estructuras pueden variar desde la de una molécula fenólica simple hasta la de un polímero complejo de alto peso molecular (Harborne, 1994, citado por Tesfay, 2009). Sin embargo, varios fenólicos vegetales existen conjugados con azúcares (principalmente glucosa), como glucósidos, o con otros restos. Un aumento en la acumulación de fenoles libres mejora el conjunto de antioxidantes de un tejido, mejorando así la calidad de la fruta después de la cosecha y posiblemente mejorando el beneficio para la salud de la fruta (Vattem y Shetty, 2002, citado por Tesfay, 2009). Los fenólicos de la palta se producen tanto en forma libre como conjugada. Según Tesfay (2009) los fenólicos libres se acumulan en la cáscara y la semilla de la fruta, mientras que el mesocarpio de la fruta acumula fenólicos conjugados.

Los ácidos fenólicos son una subclase de los fenólicos y poseen una funcionalidad de ácido carboxílico. Otra subclase, cuyos miembros abundan en frutas son los flavonoides, que incluyen las antocianinas (Robbins, 2003, citado por Walker y Famiani *et al.*, 2018). La mayoría de los ácidos fenólicos se basan en cualquiera de las dos estructuras de carbono: las estructuras hidroxicinámica e hidroxibenzoica. Los ácidos fenólicos basados en la estructura hidroxicinámica incluyen los ácidos: cinámico, cumárico, ferúlico y cafeico, mientras que los basados en la estructura del ácido hidroxibenzoico incluyen los ácidos: benzoico, salicílico, jeringo y gálico (Rothwell *et al.*, 2013, citados por Walker y Famiani *et al.*, 2018).

Golukcu y Ozdemir (2010) reportaron para la palta Hass el ácido protocatéquico, el ácido cafeico, la (-)- epicatequina y la rutina como los principales compuestos fenólicos. Aunque se observaron diferencias en la composición fenólica de la fruta, la tendencia general fue que los contenidos de ácido o-cumárico y de rutina aumentaron del primer al segundo período de cosecha y disminuyeron del segundo al tercer período de cosecha. En contraste, el contenido de quercetina de todos los cultivares aumentó constantemente durante el período de cosecha.

2.3.8 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Un antioxidante, es cualquier sustancia que, cuando está presente en concentraciones bajas en comparación con las de un sustrato oxidable, retrasa o evita significativamente la oxidación de ese sustrato (Halliwell, 1995, citado por Tesfay, 2009). Las especies reactivas de oxígeno son altamente reactivas debido a los electrones desapareados. Los antioxidantes limitan el daño celular causado por las especies reactivas de oxígeno, particularmente durante condiciones de estrés. Los antioxidantes son, por lo tanto, esenciales para el funcionamiento celular continuo. Existen antioxidantes no enzimáticos (ácido ascórbico, tocoferol y fenoles) y enzimáticos (superóxido dismutasa, catalasa, peroxidasa y glutatión peroxidasa) (Blakey, 2011).

Uno de los principales factores que afectan la actividad de los antioxidantes que capturan los radicales libres está relacionado con su comportamiento frente al agua y a los lípidos: por ejemplo, los antioxidantes hidrofílicos son a menudo menos eficaces en emulsiones de aceite-agua que los antioxidantes liposolubles, mientras que los antioxidantes liposolubles son menos eficaces en los sistemas cuyo componente principal es hidrofílico. Se han desarrollado muchos métodos *in vitro* para medir la capacidad antioxidante. Algunos de ellos no se correlacionan con la capacidad de inhibir el deterioro oxidativo de los alimentos, debido a que la actividad de los sistemas antioxidantes en los alimentos, no depende sólo de la reactividad química de los antioxidantes, sino también de factores como ubicación física, interacción con otros componentes de los alimentos e incluso condiciones ambientales (Brand-Williams *et al.*, 1995).

2.3.9 ÁCIDO ABCÍSIKO

Bower y Cutting (1988) mencionan que el ácido abscísico parece jugar un papel clave en la maduración de la fruta, pues autores como Lieberman *et al.* (1977) en su trabajo sobre tomate, manzana y palta, mostraron un aumento en el etileno y la maduración después de la aplicación de ABA antes del pico climatérico, pero la evolución declina si se aplica después del pico climatérico. Así, llegaron a la conclusión de que el ABA acelera el envejecimiento.

Gazit y Blumenfeld (1972), citados por Bower y Cutting (1988), informaron pocos cambios en el nivel de ABA durante el desarrollo del fruto, pero una vez que comenzó la maduración, se produjo un aumento considerable. Estos investigadores también encontraron que el aumento en ABA siguió de cerca la curva de etileno con picos al mismo tiempo. Además, la proporción de ABA libre (activo) a ABA unido permaneció aproximadamente igual, lo que indica que el ABA libre fue el resultado de la síntesis, no de la activación. Esto está de acuerdo con Milborrow y Robinson (1973), citados por Bower y Cutting (1988), quienes descubrieron que la maduración de la palta podría convertir el mevalonato marcado, que se cree que es un precursor de ABA.

Todavía se desconoce si ABA puede considerarse el desencadenante principal en la maduración de la fruta de aguacate o no. Bruinsma (1981), citado por Bower y Cutting (1988), consideró que el papel probable de ABA es la estimulación de la biosíntesis de etileno, o la alteración de la sensibilidad del tejido al etileno, una vez que los inhibidores de la maduración del árbol ya no están presentes.

2.4 DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Los diferentes trastornos se agrupan en externos o internos, también se clasifican en patológico, fisiológico o mecánico. De esta forma Swarts (1984) indica entre los más comunes el daño externo por hongos y la pudrición del extremo del tallo “*stem-end rot*” en los trastornos patológicos, mientras que en los desórdenes fisiológicos menciona al daño por frío, el ennegrecimiento vascular “*vascular blackening*”, la mancha pulpar “*pulp spot*”, el pardeamiento vascular “*vascular browning*”, el pardeamiento interno y la pulpa gris. A continuación, una breve descripción de cada trastorno según Swarts (1984), los cuales se pueden apreciar en la Figura 9:

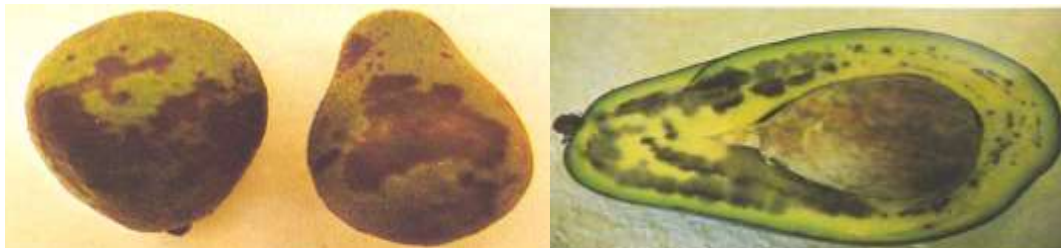
- a. El daño externo por hongos generalmente comienza con pequeñas manchas marrones aisladas en la piel, aumentan en tamaño y número hasta que se unen y se vuelven grandes, redondas a manchas marrones irregulares. La infección penetra la cáscara y se hace visible como un síntoma interno. A medida que la fruta madura, estos síntomas se desarrollan aún más, hasta que toda la fruta se ve afectada (Swarts, 1984).

- b. La pudrición del extremo del tallo es causado por hongos similares, pero en este caso entran en la fruta por el final del pedúnculo. El primer síntoma es visible como una decoloración de la carne por la punta que progresa a través de la pulpa, principalmente a través de los haces vasculares, hasta la base de la palta. A medida que se desarrolla la infección, puede verse también externamente (Swarts, 1984).
- c. En el daño por frío las temperaturas demasiado bajas hacen que después de unos días aparezcan manchas irregulares, claramente delineadas y de color marrón o negro intenso en la cáscara de la palta. El síntoma se limita a la cáscara y no penetra a la pulpa, un hecho que a menudo se usa para distinguir este trastorno del daño por hongos. Su gravedad es directamente proporcional a lo bajas que eran las temperaturas y la cantidad de tiempo que la fruta estuvo sometida a estas bajas temperaturas (Swarts, 1984).
- d. En el ennegrecimiento vascular solo los haces vasculares son negros cuando la fruta se abre y la decoloración se desarrolla hacia el exterior. Los síntomas se concentran en mayor grado por la punta (Swarts, 1984).
- e. La mancha pulpar son redondas de color grisáceo - negro a veces son visibles cuando se corta la fruta, pero generalmente solo se desarrollan después de que la fruta cortada ha sido expuesta a la atmósfera. La mancha pulpar depende en gran medida de la temporada y, por regla general, solo es evidente al comienzo de la temporada. La mancha pulpar y el ennegrecimiento vascular están relacionados bioquímicamente en que la decoloración es causada por la misma reacción. La única diferencia es que en la mancha pulpar, la reacción ocurre en la carne, mientras que en el ennegrecimiento vascular comienza en el tejido vascular (haces) y se mueve hacia afuera desde allí (Swarts, 1984).
- f. El pardeamiento vascular se asocia con un mal control de la temperatura (demasiado alto o demasiado bajo) y se describe específicamente una decoloración del haz vascular marrón que generalmente comienza por la base, un endurecimiento de los haces vasculares y un desarrollo de sabor desagradable. El síntoma ya es visible cuando se corta el aguacate, pero después se vuelve más pronunciado (Swarts, 1984).



a) Daño externo por hongos

b) Pudrición del extremo del tallo



c) Daño por frío

d) Ennegrecimiento vascular



e) Mancha pulpar

f) Pardeamiento vascular



g) Pardeamiento interno

h) Pulpa gris.

Figura 9: Trastornos patológicos y desórdenes fisiológicos en la palta.

FUENTE: Adaptado de Swarts (1984).

g. El pardeamiento interno solo se encuentra en paltas que se han almacenado durante un período considerable provocando la muerte del tejido y el síntoma es una reacción de

pardeamiento específica. En este caso, la muerte del tejido puede ser un proceso rápido que solo afecta a la pulpa, el cual pierde su capacidad de madurar, tiene mal olor si el problema es grave y se vuelve gomoso en lugar de ablandarse normalmente (Swarts, 1984).

- h. La pulpa gris es una decoloración gris distribuida uniformemente, este síntoma generalmente se asocia con senescencia o envejecimiento y es un proceso lento (Swarts, 1984).

El almacenamiento a baja temperatura se usa comúnmente para prolongar la vida útil de los productos frescos, sin embargo, esto resulta en una lesión por frío de las paltas tal como afirman Woolf *et al.* (1995) y Hofman *et al.* (2002). Se reportaron diferentes tipos de trastornos fisiológicos en la palta después de 2 a 4 semanas de almacenamiento en frío, de esta forma Eaks (1976) citado por Bill (2014) reporta que cuando la palta se expone a menos de 3-5 °C por más de 2 semanas, desarrolla pardeamiento vascular y pulpa gris. Por otro lado, Ornelas y Yahia (2004) reportan que el pardeamiento vascular fue el principal trastorno observado en paltas Hass almacenadas a 5 °C por 4-8 semanas, mientras que el pardeamiento interno fue muy bajo y solo se detectó en la séptima semana de almacenamiento.

Hofman *et al.* (2002) reportan una disminución de los desórdenes fisiológicos cuando a las paltas Hass se les somete a un previo tratamiento hidrotérmico antes de su almacenaje en refrigeración, mientras que Meir *et al.* (1995) reportan que las paltas almacenadas en atmósferas que contienen poco oxígeno y alto contenido de dióxido de carbono casi no tuvieron daño en la pulpa incluso después de 9 semanas de almacenamiento a 5°C.

2.5 TRATAMIENTOS POSTCOSECHA

Las prácticas postcosecha apuntan a prolongar el almacenamiento de la fruta, retrasando el proceso de senescencia y controlando la maduración de la fruta recogida en la etapa de madurez fisiológica pero no en la madurez sensorial. Esto se puede conseguir reduciendo su temperatura o cambiando la composición de gas del ambiente de almacenamiento disminuyendo las concentraciones de oxígeno y etileno e incrementando la concentración

de CO₂. La respiración de las frutas se utiliza a menudo para controlar la eficacia de estos controles (Blanke, 1991, citado por Kassim *et al.* (2013). A continuación, se describen algunos de los tratamientos post-cosecha más comunes.

2.5.1 PRE-ENFRIAMIENTO

Se recomienda pre-enfriar poco después de la cosecha para eliminar el calor del campo. El pre-enfriamiento ralentiza la tasa metabólica, la síntesis de etileno y su acción sobre la fruta, la pérdida de textura, la maduración de la fruta y las infecciones por hongos. Idealmente, no debe haber más de seis horas desde la cosecha hasta el enfriamiento previo, y cuando esto no es posible, no se debe permitir que la fruta cosechada alcance una temperatura interna mayor de 26 °C en el campo y durante el transporte a la empacadora. La refrigeración por aire forzado es el método más adecuado para el pre-enfriamiento de la palta. Se lleva a cabo hasta que la temperatura en la fruta alcanza 6-7 °C para las paltas Fuerte y Hass (Yahia, 2012).

2.5.2 ALMACÉN EN REFRIGERACIÓN

Zauberman *et al.* (1973) mencionan que las condiciones óptimas de almacenamiento recomendadas varían según la variedad de la palta, siendo las temperaturas de almacenamiento óptimas para la palta Hass 5 °C a 7 °C para los frutos de temporada temprana y de 4 °C a 5,5 °C para los frutos de temporada tardía. Después de 3 a 4 semanas de almacenamiento, la calidad de la fruta Hass se reduce y almacenar la fruta durante más de 6 semanas sigue siendo un desafío tal como afirman Zauberman *et al.* (1973). Es importante evitar las fluctuaciones de temperatura durante el transporte y almacenamiento. La humedad relativa óptima es del 85 a 95 por ciento de humedad relativa.

2.5.3 ATMÓSFERA MODIFICADA Y CONTROLADA (AM Y AC).

Se usan comúnmente para transportar palta por mar a mercados lejanos bajo refrigeración. Una óptima AM (Meir *et al.*, 1997) y AC (Meir *et al.*, 1995) retrasan el ablandamiento y

los cambios de color de la cáscara y reducen la respiración y las tasas de producción de etileno. De esta forma Meir *et al.* (1995) indican que la palta Hass de color verde se puede mantener a 5-7 °C en 2-5 por ciento de O₂ y 3-10 por ciento de CO₂ durante 9 semanas y luego madurar en ambiente a 20 °C a buena calidad.

Por otro lado Yahia (1998) recomienda la exclusión y/o eliminación de etileno del almacenamiento de la AC, mientras que los niveles elevados de CO₂ (mayor al 10 por ciento) pueden incrementar la decoloración de la piel y la pulpa y el desarrollo de sabor, especialmente cuando el O₂ es menor al uno por ciento.

2.5.4 TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO.

Janisiewicz y Cornway (2010) mencionan que los tratamientos térmicos postcosecha se recomiendan como tratamientos físicos no contaminantes y seguros para controlar las enfermedades durante el almacenamiento y la comercialización de fruta fresca. Además, los tratamientos térmicos tienen muchas ventajas sobre los tratamientos químicos: no dejan ningún residuo en la fruta, pueden implementarse en un corto período de tiempo, se controlan fácilmente y los patógenos pueden controlarse incluso después de ingresar a la fruta.

Asimismo, se ha demostrado que el tratamiento térmico previo al almacenamiento afecta de manera beneficiosa la calidad de la fruta durante el almacenamiento. Por último, Janisiewicz y Cornway (2010) mencionan que el calor se puede aplicar a las frutas y verduras mediante inmersiones con agua caliente, calor de vapor, aire caliente y seco o enjuague con agua caliente y cepillado.

Por otro lado Bill *et al.* (2014) mencionan que el uso de tratamientos térmicos poscosecha para controlar la descomposición durante el almacenamiento debe aplicarse dentro de un período corto después de la recolección para evitar la entrada o la penetración adicional del patógeno objetivo que se encuentra en la superficie o en las primeras capas de células debajo de la piel de la fruta. Cabe resaltar que las temperaturas de tratamiento y la duración son específicas del cultivar. De esta forma Bill *et al.* (2014) indican que los tratamientos térmicos inadecuados en términos de temperaturas más altas desfavorables o un aumento

en el tiempo de exposición podrían producir efectos indeseables en la calidad de los productos frescos.

El tratamiento con agua caliente se utiliza ampliamente en muchos países porque es relativamente fácil de usar y generalmente es rentable, además es más eficiente en la transferencia de calor que el aire. De esta forma Woolf (1997) determinó que un tratamiento con agua caliente de 38 °C durante 60 min fue el mejor en reducir las lesiones por frío y mantener la calidad de la palta Hass. Autores como Hofman *et al.* (2002), Blakey y Bower (2007) y Hernández *et al.* (2017) también se basaron en el rango de esos parámetros para evaluar la calidad de la palta Hass después de un almacenaje en frío comprobando la reducción de las lesiones por frío y cierta sincronización en la maduración.

Ante esto, Blakey y Bower (2007) explican que los tratamientos térmicos se han asociado con la síntesis de proteínas de choque térmico, esta situación habría estado protegiendo a la fruta y permitiendo la maduración normal después de la separación de almacenamiento en frío de la palta. Otra teoría que Blakey y Bower (2007) explican cómo el tratamiento hidrotérmico sincroniza la maduración, ellos indican que después de la tensión hay síntesis de las enzimas de desmontaje de la pared celular y/o la inducción de ácido abscísico.

2.5.5 COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA

Hernández *et al.* (2017) evaluaron tratamientos previos post-cosecha (choque de nitrógeno N₂ y tratamiento hidrotérmico) antes de la atmósfera controlada en la reducción de la heterogeneidad de maduración de la palta Hass y demostraron que, un tratamiento hidrotérmico a 38 °C por 1 hora seguido de almacenamiento en atmósfera controlada (4 kPa O₂ y 6 kPa CO₂) durante 30 días a 5 °C fue capaz de favorecer la sincronización de las paltas Hass para la fruta cosechada en temporada temprana y media, como se puede observar en la Figura 10.

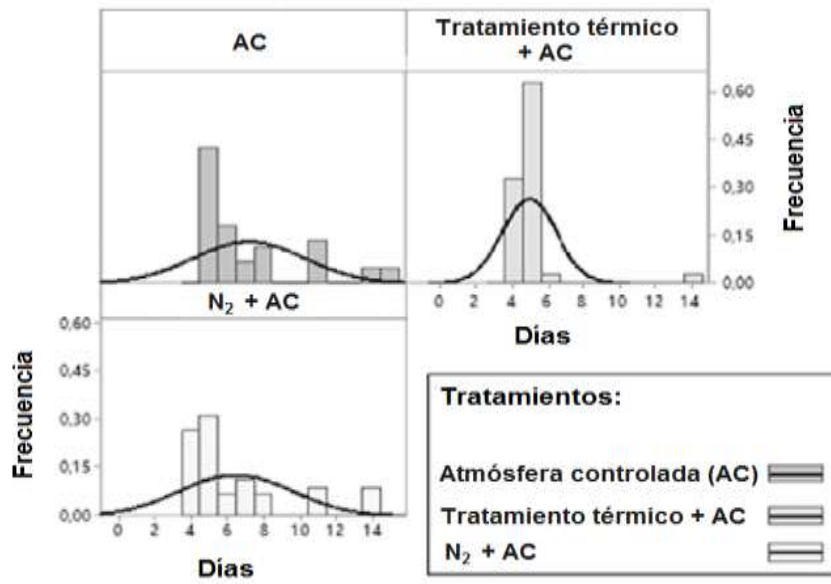


Figura 10: Histogramas con porcentaje de paltas Hass maduras (listas para comer) previamente sometidas a tres tratamientos postcosecha.

FUENTE: Adaptado de Hernández *et al.* (2017)

III. METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Biotecnología-Área Biotecnología Industrial & Bioprocesos (IBT) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 MATERIA PRIMA

Se utilizaron paltas (*Persea americana*) variedad Hass que se cosecharon en estado de madurez fisiológica (con un contenido mayor a 20 por ciento de materia seca) de 10 árboles pertenecientes a una hilera de una hectárea del cultivo en el Fundo Jorge Bustamante en Imperial-Cañete, para las tres cosechas, escogiendo las paltas que no estaban expuestas al sol, ni que presentaban coloración amarilla, manchas negras, cicatrices o malformaciones. Cada palta representó una unidad experimental.

3.3 MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

3.3.1 MATERIALES DE LABORATORIO

- Materiales de vidrio: placas Petri, fiolas, probetas, tubos de ensayo, vasos de precipitado, pipetas, microburetas, balones de evaporación, matraces Erlenmeyer, peras de decantación, viales para GC y HPLC, insertos. entre otros.
- Material de plástico: tubos para centrífuga, tubos Eppendorf, puntas para micropipeta, entre otros.

- Micropipetas de 20-200, 100-1000 y 500-5000 μL (Brand Alemania).
- Filtros PVDF 0.22 μm y filtro 0.20 μm (Millipore, Brasil).
- Otros: espátulas, cucharas, bolsas ziploc, papel filtro, magnetos, mortero, cuchillo, y tela organza.

3.3.2 REACTIVOS

- ABTS (Acido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonico)) (Sigma-Aldrich, USA)
- Acetato de sodio anhidro (J.T. Baker, México)
- Acetona (p.a. J.T. Baker, USA)
- Acetonitrilo (grado HPLC J.T. Baker, USA)
- Ácido acético glacial (J.T. Baker, USA)
- Ácido clorhídrico (J.T. Baker, México)
- Ácido galacturónico (Sigma, USA)
- Ácido poligalacturónico (Sigma, USA)
- Alcohol etílico absoluto (J.T. Baker, USA)
- Bisulfito de sodio (Mallinckrodt, México)
- BHT (Butil hidroxitolueno) (Sigma, USA)
- Carbazol (Sigma, USA)
- Carbonato de sodio (Merck, Alemania)
- Cloruro de sodio (Merck, Alemania)
- Cloroformo (Sigma, USA)
- Diclorometano (p.a. J.T. Baker, USA)
- DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico) (Sigma, USA)
- EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) (EMD Chemicals, USA)
- Estándar de β -sitosterol, campesterol, stigmasterol (Sigma, USA)
- Estándar de manoheptulosa (Sigma, USA)
- Estándar de perseitol (Chem cruz, USA)
- Estándar interno, ácido undecanoico (Sigma, USA)
- Estándar de α -tocoferol (Sigma, USA)

- Estándar de β -tocoferol, γ -tocoferol, δ -tocoferol (Supelco, USA)
- Éter de petróleo (J.T. Baker, USA)
- Fenol (Sigma, USA)
- Folin- Ciocalteau (p.a. Merck, Alemania)
- Hidróxido de sodio (Merck, Alemania)
- Hidróxido de potasio (Akso Nobel, USA)
- Hexano (p.a J.T. Baker, USA)
- Kit estándar azúcares-alcohol 47266 (Supelco, USA)
- Kit estándar azúcares CAR10 (Supelco, USA)
- Kit estándar ácidos orgánicos 47264 (Supelco, USA)
- Kit estándar tocoferoles (Sigma, USA)
- Metanol (J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metanol (grado HPLC J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metanol (grado MS J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Mezcla de estándar de ácidos grasos metilados RM-6 (Supelco, USA)
- Nitrógeno gaseoso (AGA)
- n-Hexano (grado HPLC J.T. Baker, USA)
- n-Heptano (p.a J.T. Baker, USA)
- Pectina cítrica (Ciprés Alimentos SRL, Perú)
- Persulfato de potasio (Merck, Alemania)
- 2-Propanol (p.a. Merck, Alemania)
- Sulfato de sodio anhidro (J.T. Baker, México)

3.3.3 EQUIPOS

- Agitador magnético (CAT, modelo M6, Alemania).
- Analizador de gases (OXIBABY, modelo G6, Alemania)
- Balanza analítica (OHAUS, modelo AR2140, USA)
- Balanza de precisión (OHAUS, modelo SC4010, China)
- Baño maría con agitación (GFL, modelo 1083, Alemania)
- Bomba de vacío (Vacuumbrand, modelo ME2C, Alemania)

- Centrífuga (Hettich, modelo Rotofix 32, Alemania)
- Centrífuga refrigerada (Hettich, modelo Mikro 220R, Alemania)
- Centrífuga refrigerada (Eppendorf, modelo 5430R, Alemania)
- Colorímetro (Konica Minolta, modelo R-400, Japon)
- Cocina eléctrica (Magefesa, Modelo MGF811, España)
- Congeladora (Electrolux, modelo H300, Brasil)
- Cromatógrafo de gases con detector de FID (Shimadzu, modelo GC-2010, Japón)
- Cromatógrafo líquido de alta performance (HPLC) con detector de fluorescencia (Waters, HPLC-modelo 2695; detector-modelo 2475, USA)
- Espectrofotómetro (ThermoSpectronic, modelo Genesys 10 UV, USA)
- Estufa al vacío (Vacucell, modelo VU 55, USA)
- Estufa al vacío (VWR, modelo 1400E-2, USA)
- Molino de mano (IKA, modelo A11B, USA)
- Penetrómetro/ Presionómetro (Fruit Pressure Tester, modelo FT 327, Italia)
- Potenciómetro (Thermo-Orion, modelo Star A211, USA)
- Refrigeradora (LG, modelo GR-482BEF, Corea)
- Rotavapor (Heidolph, modelo Laborotta 4000, Alemania)
- Termómetro (Traceable, modelo 4770, USA)
- Ultracongelador (GFL, modelo 6483, Alemania)
- Ultraturrax (Heidolph, modelo DiAx 900, Alemania)
- Vórtex (CAT, modelo VM2, Alemania)

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 TASA DE RESPIRACIÓN

La tasa de respiración se determinó a 20 °C en un sistema cerrado según Castellanos *et al.* (2016) con ligeras modificaciones. Las paltas, al término del almacenamiento en atmósfera controlada, individualmente se colocaron en recipientes de vidrio de 1.5 L, para posteriormente ser sellada herméticamente. Las concentraciones CO₂ (en porcentaje) se midieron después de una hora a temperatura ambiente en el espacio de cabeza con un

analizador electrónico de gases OXYBABY. Esos valores fueron llevados a la siguiente fórmula propuesta por Castellanos *et al.* (2016):

$$TR_{CO_2} \left(\frac{mg \ CO_2}{Kg * h} \right) = \frac{(CO_{2Frasco} - CO_{2Ambiente})(V_{Frasco} - V_{Palta})}{W_{palta} * t} * \rho_{CO_2}$$

Dónde: TR_{CO_2} es la tasa de respiración, t (1 hora) es el tiempo de las mediciones sucesivas. $(CO_{2Frasco} - CO_{2Ambiente})$ (% CO_2) es el volumen de CO_2 determinados a tiempo inicial y después de una hora, respectivamente. $(V_{Frasco} - V_{Palta})$ (mL) es el volumen del espacio de cabeza. W (Kg) es el peso de la palta y ρ_{CO_2} (1.81mg/mL) es la densidad del anhídrido carbónico a 23 °C y 1 atm.

3.4.2 FIRMEZA

La firmeza de la fruta se expresó en Newtons (N) utilizando el penetrómetro Fruit Pressure Tester (Modelo FT327) con un punzón de 11.3 mm de diámetro (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011). Cada determinación de firmeza se realizó a dos lados opuestos de la sección ecuatorial de las paltas a madurez comercial retirando un pedazo de cáscara. La madurez comestible se alcanza con una firmeza de fruta de 3.5 – 8.0 N en cada fruta independiente de acuerdo a lo reportado por Hernández *et al.* (2017).

3.4.3 PÉRDIDA DE PESO

Se registró el peso de las paltas con una balanza digital al inicio y al término del almacenamiento en atmósfera controlada y durante el tiempo en anaquel. La pérdida de peso fue expresado en porcentaje (%).

3.4.4 PARÁMETROS DE COLOR

Se utilizó el método CIELAB con un colorímetro tri-estímulo Kónica Minolta. El colorímetro fue calibrado con una placa blanca para calibración antes de realizar una serie

de mediciones. Se determinaron los valores de Luminosidad (L^*), valor del ángulo hue (h), croma (C) y ΔE . Las mediciones se realizaron en 6 puntos de la zona ecuatorial de cada fruto sin pelar, tanto en las paltas al término de su almacenaje en atmósfera controlada (estado verde) como de las paltas al final de su almacenaje en anaquel (estado maduro).

3.4.5 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

La humedad fue determinada de acuerdo con el método gravimétrico porcentual AOAC (2005) 950.46, por pérdida de peso en estufa a presión de vacío. Así, en una placa fueron pesados aproximadamente 5 gramos de mesocarpio de palta fresca, inmediatamente después fue colocada en la estufa a una temperatura de 70°C y 25 mm Hg de vacío hasta peso constante. La materia seca se calculó por diferencia del porcentaje de humedad respecto al 100 por ciento expresando el resultado en porcentaje.

3.4.6 CONTENIDO DE ACEITE

El contenido de aceite se determinó por el método de Soxhlet recomendado por la AOAC (2005) 2003.05, con éter de petróleo por 6 horas a temperatura no mayor a 40°C. El contenido de aceite se expresó en porcentaje de peso fresco de la pulpa (bh) así como en base seca (bs).

3.4.7 ACTIVIDAD PECTINMETILESTERASA (PME)

La actividad PME se determinó por el método propuesto por Awad y Young (1980). Para ello se mezcló 2 g de palta fresca pulverizada con nitrógeno líquido con 10 mL de NaCl 0.4 M, manteniendo la temperatura de extracción a 4 °C y agitación constante durante 15 min. Luego se centrifugó a 6000 RPM y 4 °C por 15 minutos y se recuperó el sobrenadante. La reacción se realizó a 37 °C por 15 min, mezclando 2.5 mL del sobrenadante y 25 mL de sustrato (pectina al 0.5 por ciento, NaCl 0.1M y pH 7.5) deteniendo la reacción en baño maría a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos. Se realizó un blanco para cada muestra inactivando la muestra en baño maría a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos. Luego se

tituló con NaOH 0.01 N hasta pH 7.5 y se anotó el gasto. Los resultados fueron expresados como micro-equivalentes de éster hidrolizado por minuto por gramo de muestra en base seca ($\mu\text{eq éster} / \text{min} \cdot \text{g palta bs}$).

3.4.8 ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA (PG)

La acción de la PG sobre el ácido poligalacturónico origina el incremento de los grupos reductores, la determinación de estos es proporcional a la actividad de esta enzima. Para la extracción de la enzima se siguió la metodología propuesta por Hernández *et al.* (2017), para ello se mezcló 100 mg de la palta fresca pulverizada con nitrógeno líquido con 1000 μL de solvente de extracción (acetato de sodio 0,1 M y pH 5 más β -mercaptoetanol 5 mM y cloruro de sodio 0,4 M) y 25 μL de PMSF (fluoruro de fenilmetilsulfonilo 20 mM) dejando en reposo por media hora, bajo agitación. Se centrifugó a 13000 RPM por 15 minutos y se filtró con papel filtro recuperando el sobrenadante. La actividad PG se determinó por el método reportado por Cutillas *et al.* (1993) y Bermejo-Prada *et al.* (2014) con algunas modificaciones. La reacción se realizó a 37 °C por 30 min, mezclando 200 μL del sobrenadante y 2 mL de sustrato (Ac. galacturónico al 1 por ciento, en buffer acetato de sodio 0.05 M y pH 5) deteniendo la reacción en baño maría a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos. Se realizó un blanco para cada muestra inactivando la muestra en baño maría a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos. Luego se determinó los azúcares reductores según método de Miller (1959), donde se hizo reaccionar 0.5 mL de la solución con 3 mL de DNS en baño maría a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos, luego se le añadió 1 mL de Sal de Rochelle y 10 mL de agua destilada y se procedió a leer la absorbancia a 550 nm. Para el blanco de esta reacción se usó agua destilada en lugar de la solución producto de la reacción enzimática. Una curva estándar con ácido galacturónico fue elaborada previamente. Los resultados se expresaron como micro moles de ácido galacturónico generados por minuto por gramo de palta en base seca ($\mu\text{mol AG} / \text{min} \cdot \text{g palta bs}$).

3.4.9 AZÚCARES, AZÚCARES ALCOHOL Y ÁCIDOS ORGÁNICOS

Se realizó utilizando el método adaptado por Hatoum *et al.* (2016). La extracción de metabolitos polares se realizó homogenizando 100 mg de palta fresca pulverizada con

nitrógeno líquido, 1000 μL de metanol grado MS frío, 750 μL de cloroformo grado HPLC y 1500 μL de agua miliQ, el conjunto se incubó a 70 °C durante 15 minutos a 120 RPM. Después se llevó a centrifugación a 7500 RPM durante 15 minutos a 4 °C y de la fase metanol se transfirió 200 μL a un nuevo Eppendorf. De este extracto acuoso se realizó una dilución 1/20 con acetonitrilo al 80 por ciento y se filtró con filtros millipore PVDF 0.22 μm para su análisis en LC-MS.

El análisis se realizó mediante cromatografía líquida acoplado a un detector de masas (LC-MS), utilizando una columna Shodex VG-50 2D (5 μm , 150 mm, 2.0 mm de DI) y guarda columna VG-50G 2A (5 μm , 10 mm, 2.0 mm de DI). Cada muestra fue analizada con un volumen de inyección de 5 μL . La fase móvil fue amoníaco 0.1 por ciento y acetonitrilo 100 por ciento a un flujo de 0.25 mL/min y 40 °C. Diferentes curvas estándar con los metabolitos: glucosa, fructosa, sacarosa, manohéptulosa, perseitol, ácido málico y ácido quínico fueron elaboradas previamente. Los resultados fueron expresados como mg del compuesto polar por gramo de palta base seca (mg/ g bs).

3.4.10 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

La composición de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases acoplado a un detector de ionización de llama (GC-FID), en forma de ésteres metílicos de ácidos grasos, de acuerdo con el método propuesto por Michotte (2009). Se pesó 250 mg de aceite extraído por el método de Soxhlet en un tubo de vidrio de 70 mL. Luego se adicionó 5 mL de KOH 0.1M, se mezcló y se llevó en baño maría a 70 °C por una hora, bajo agitación a los 5, 20 y 40 minutos. La mezcla se enfrió y se procedió con la metilación adicionando 2 mL de una solución de HCl 1.2 N en MeOH y se volvió a llevar a baño maría a 70°C por 20 minutos y posteriormente se enfriaron a 4 °C. Los ácidos grasos fueron separados adicionando 10 mL de hexano y 5 mL de agua MilliQ. A la fracción hexano se le adicionó estándar interno C11:0 (ácido undecanoico) (0.4 mg/mL) y el conjunto se diluyó con hexano a una dilución adecuada para luego ser pasada por el sistema GC-FID.

La columna utilizada fue un Zebron ZB-FAME (Agilent) (0.15 μm , 20 m x 0.18 mm de DI). Las corridas se realizaron a temperatura isotérmica de 260°C y el tiempo de corrida fue de 14 minutos. Las temperaturas del inyector y detector se fijaron en 250 y 260 °C,

respectivamente. El volumen de inyección fue de 1 μL y se utilizó Helio de alta pureza como gas portador. Los ésteres metílicos de ácidos grasos fueron identificados por comparación de sus tiempos de retención con los estándares conocidos previamente inyectados (palmítico, palmitoleico, oleico, linoleico, linolénico) y cuantificados mediante una curva estándar. Los resultados fueron expresados como porcentaje respecto al total de ácidos grasos presentes en el aceite de palta.

3.4.11 CONTENIDO Y PERFIL DE TOCOFEROLES

Se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Amaral *et al.* (2005). Dos gramos de palta fresca pulverizada con nitrógeno líquido fueron mezclados con 1 mL de solución de BHT (10 mg en 1 mL de n-hexano), luego se añadieron 4 mL de etanol, 8 mL de n-hexano y 4 mL de solución saturada de NaCl. Después la mezcla se centrifugó por 4 minutos a 6000 RPM y 4°C y, la fase superior fue recolectada y llevada a sequedad (aceite) bajo una corriente de nitrógeno gaseoso. Posteriormente, se diluyó 50 mg de aceite en 1.5 mL de n-hexano, la dilución fue secada con sulfato de sodio anhidro y luego filtrada con filtros milipore 0.20 μm , y transferido a un vial para el análisis.

La identificación y cuantificación se realizó por HPLC acoplado a un detector de fluorescencia, con una columna YMC-Pack Silica (3 μm , 250 x 4.6 mm de DI). La fase móvil estuvo compuesta por n-hexano/2-propanol/ácido acético (1000/6/5, v/v/v) a un flujo de 1.4 mL/min bajo condiciones isocráticas. El detector de fluorescencia fue programado a 290 y 330 nm para la longitud de onda de excitación y emisión, respectivamente. Los tocoferoles fueron identificados y cuantificados por comparación del tiempo de retención con estándares (alfa, beta, gamma y delta tocoferol) previamente inyectados. Los resultados se expresaron en μg de tocoferol por gramo palta base seca ($\mu\text{g/g}$ bs).

3.4.12 CONTENIDO Y PERFIL DE FITOESTEROLES

Se realizó de acuerdo a la metodología reportado por Duchateau *et al.* (2002) y da Costa *et al.* (2010). Brevemente, se pesó 100 mg de aceite previamente extraídos con el método de Soxhlet y se le agregó 500 μL de estándar interno (0.2 mg de 5 α -colestanol/mL de n-

heptano). Luego se adicionó 1 mL de una solución etanólica de KOH para la saponificación en baño maría 60 °C por 1.5 horas. La fracción insaponificable fue extraída por partición líquido-líquido con 1 mL de agua destilada y 5 mL de n-heptano. La fracción n-heptano fue recuperada. Los extractos de n-heptano fueron deshidratados con sulfato de sodio anhidro, evaporado a sequedad en un rotavapor a 40°C y finalmente el residuo obtenido fue recuperado en 1 mL de n-heptano, para posteriormente ser filtrado e inyectado al cromatógrafo de gases.

El análisis se realizó mediante cromatografía de gases con detector de ionización de flama (GC-FID). Se utilizó una columna Supelco SACTM-5 (0.2 µm, 30 m, 0.25 mm DI). La temperatura de corrida fue programada a 285°C por un tiempo de 40 minutos. Las temperaturas del inyector y detector fueron fijadas a 300°C. El gas empleado como transportador fue Helio y el volumen de inyección fue de 1 µL. Los fitoesteroles fueron identificados por comparación de los tiempos de retención con estándares (campesterol, β-sitosterol y estigmasterol) previamente inyectados. El contenido de fitoesteroles se expresó en miligramos por 100 gramos de palta base seca (mg/100 g bs).

3.4.13 CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

Los compuestos fenólicos fueron extraídos de acuerdo con el método propuesto por Villa-Rodríguez *et al.* (2011). Brevemente, se pesó 2 gramos de palta fresca pulverizada con nitrógeno líquido, se mezcló con 10 mL de diclorometano por 30 minutos y se centrifugó a 4000 RPM recuperando el sobrenadante que fue guardado para realizar las medidas de capacidad antioxidantes lipofílica y de otro lado el pellet, al cual se le añadió 10 mL de metanol al 80 por ciento y se agitó por una hora. Posteriormente se centrifugó a 6000 RPM por 15 minutos recuperando el sobrenadante y el pellet fue sujeto a una segunda extracción. Ambos sobrenadantes recuperados se mezclaron y se procedió a la determinación del contenido de compuestos fenólicos con el reactivo Folin Ciocalteu; siguiendo el método de Singleton y Rossi (1965). Para ello, se hizo reaccionar 250 µL de reactivo Folin Ciocalteu 1 N con 1250 µL de una solución de carbonato de sodio 0.5 M y 500 µL del sobrenadante de la muestra (diluido 1:5 con agua destilada). La mezcla se dejó reaccionar por 30 minutos bajo oscuridad. También se preparó un blanco con agua destilada en lugar de muestra. La absorbancia fue medida a 755 nm. Una curva estándar de

ácido gálico fue preparada previamente para los cálculos posteriores. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalentes (AGE)/g palta base seca (mg AGE / g bs).

3.4.14 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE (AOX) HIDROFÍLICA Y LIPOFÍLICA

Se realizó mediante el ensayo TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) recomendado por Arnao *et al.* (2001) con algunas modificaciones. A partir del sobrenadante de metanol recuperado en la extracción de compuestos fenólicos totales, para la capacidad antioxidante hidrofílica se reaccionó 150 μ L del extracto hidrofílico con 2850 μ L del reactivo ABTS, se dejó en reposo con agitación constante durante una hora en oscuridad. Luego se midió la absorbancia a 734 nm y para el blanco de la reacción se empleó metanol en lugar del extracto hidrofílico. A partir del sobrenadante de diclorometano recuperado en la extracción de compuestos fenólicos totales, se evaluó la capacidad antioxidante lipofílica, donde se hizo reaccionar bajo oscuridad 150 μ L de este extracto con 2850 μ L del reactivo ABTS y se dejó en reposo con agitación constante. Luego se midió la absorbancia a 734 nm, para el blanco de la reacción se empleó diclorometano en lugar del extracto lipofílico. Ambos resultados fueron calculados por medio de curvas estándar con Trolox y expresados como μ mol de trolox equivalente (TE) por gramo de palta en base seca (μ mol TE / g bh).

3.4.15. CONTENIDO DE ÁCIDO ABSÍCICO

El ácido absícico fue analizado y cuantificado usando el sistema UPLC Acquity HClass (Waters) equipado con un autoinyector, un detector PDA (detector de fotodiodo) y el software Empower. Se utilizó una columna Acquity BEH C₁₈ (1.7 μ m, 100 x 2.1 mm) (Waters) con un guarda columna BEH C₁₈ pre-column (1.7 μ m, 5 x 2.1 mm) a 30°C. La fase móvil estuvo compuesta por (A) ácido fórmico al 0.1% en agua MilliQ y (B) ácido fórmico en acetonitrilo. El gradiente empleado fue el siguiente: 2% de B por 2 min, 2-7% de B en 2 min, 7-12% de B en 11 min, 12-26% de B en 5 min y 26-55% de B en 5 min y 95% de B por 3 min. El flujo empleado fue de 0.2 mL/min. La cuantificación del ácido absícico se realizó a 260 nm, previa comparación del espectro de absorción del mismo con

un estándar previamente inyectado (tiempo de retención 23.89 min). Los resultados se expresaron en mg/100 gramos de muestra en base seca (b.s).

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las paltas variedad Hass, fueron recolectadas de 10 árboles, en tres fechas de cosechas (17 abril, 29 mayo y 17 julio del 2018, con un intervalo de mes y medio entre cada cosecha), en el Fundo Jorge Bustamante en Imperial-Cañete. El número de paltas por cosecha evaluadas en total fueron de 120 unidades, con un peso que osciló entre 220 y 320 gramos. Las paltas fueron seleccionadas (eliminando las paltas con signos de deterioro) e inmediatamente transportados al laboratorio de Biotecnología Industrial (IBT)-UNALM, donde se realizó la limpieza con escobillas, seguido de la aplicación del tratamiento hidrotérmico a 38°C por una hora (usando el baño maría con agitación - GFL) y posteriormente secadas con paños y agrupadas en mallas para facilitar su colocación dentro de la cámaras de atmósfera controlada (Figura 11),



Figura 11: Acondicionamiento de las muestras de palta para la evaluación de la postcosecha en atmósfera controlada

El almacenaje en la cámara de atmósfera controlada se llevó a cabo a 4 por ciento O₂, 6 por ciento CO₂ y 7 °C durante 15, 30 y 50 días. Para ello se usó un sistema automatizado con sensores y válvulas que regularon la entrada de los gases de nitrógeno, CO₂ y aire a fin de mantener el porcentaje establecido de oxígeno y CO₂, por medio del software TIA Portal en el cual se configuró un simulador con los porcentajes indicados. Con esta herramienta

se pudo monitorear a tiempo real, en la computadora, el porcentaje de cada gas medido con los sensores dentro de cada cámara (bidones azules con tapas herméticas) (Anexo 1). Cabe resaltar que estas cámaras de atmósfera controlada se ubicaron dentro de un ambiente refrigerado configurado a 7 °C y para cada periodo de almacenaje se usó una cámara independiente (Figura 12). Al término de los 15, 30 y 50 días de almacenamiento en atmósfera controlada, se retiraron 6 paltas por cada periodo para su posterior evaluación y acondicionamiento de la muestra.

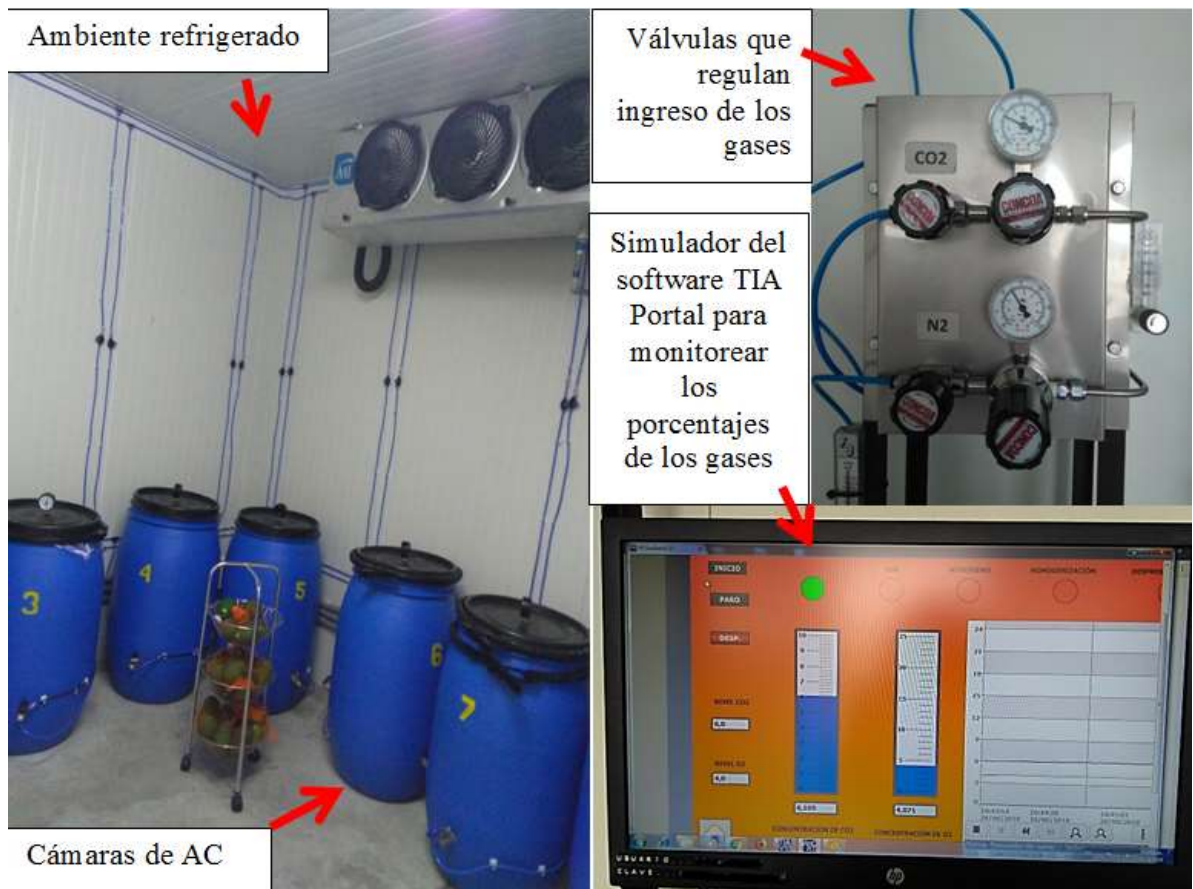


Figura 12: Sistema de atmósfera controlada

De otro lado, al término de los 15, 30 y 50 días de almacenamiento en atmósfera controlada, 30 paltas por cada periodo pasaron a condiciones de anaquel a 20°C y 80 por ciento de humedad relativa, a fin de determinar el tiempo de maduración de la palta en función a la firmeza de la misma. Así las paltas fueron almacenadas hasta alcanzar su madurez de consumo (Figura 13), que fue evaluada con la medida de la firmeza (entre 4 - 8 N según Hernández *et al.*, 2017) y se retiraron 6 paltas por cada periodo para su posterior evaluación y acondicionamiento de la muestra.

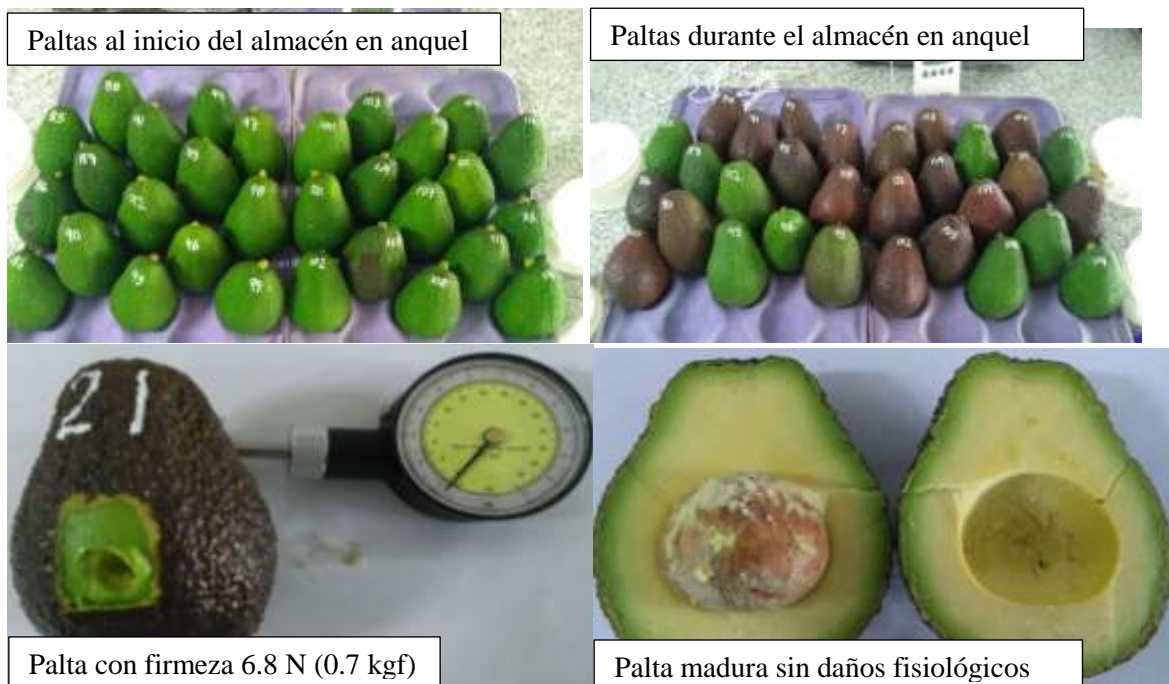


Figura 13: Paltas al inicio y final de vida en anaquel

La medida de la tasa de respiración, pérdida de peso, color y firmeza se realizó en las paltas en estado fresco. Posteriormente, se procedió a realizar el acondicionamiento de las paltas para los análisis enzimáticos y de metabolitos primarios y secundarios. Para ello, por cada toma de muestra, las paltas fueron partidas por la mitad, se le retiró la cáscara y la pulpa (mesocarpio) fue picada, congelada en nitrógeno líquido y pulverizada con el molino manual IKA, en todos los casos se procedió a trabajar lo más rápido posible para mantener la muestra.

Las muestras molidas bajo nitrógeno, se envasaron en bolsas ziploc y conservaron en congelación a temperatura de $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta su respectivo análisis (Figura 14).



Figura 14: Acondicionamiento de las paltas para las muestras de los análisis

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Cosecha	Tratamiento hidrotérmico	Después de almacenaje en atmósfera controlada (AC)	Luego de anaquel (A)
-	A 38 °C x 1h	Con 4% O ₂ y 6% CO ₂ a 7°C, 80 % de HR.	A 20°C y 70 % de HR
Temporada temprana (17 abril 2018)			
Temporada inetermedia (29 mayo 2018)			
Temporada tardía (17 julio 2018)			

Figura 15: Esquema experimental para el estudio de la influencia del tratamiento postcosecha en las características físico-químicas y metabolómicas de la palta

Se realizaron los análisis en las paltas a los cero días de cosecha, después de su almacenamiento en atmósfera controlada y después del almacén en anaquel, para cada cosecha y cada periodo de almacenaje en atmósfera controlada, como se observa en la Figura 15, donde cada círculo es una toma de muestra.

Análisis después del almacenamiento en atmósfera controlada: esta parte estuvo dirigida a la evaluación de la influencia del periodo de almacenamiento sobre las características fisiológicas (tasa de respiración y pérdida de peso), físico-químicas (color, materia seca y contenido de aceite), actividades enzimáticas (PME y PG); metabolitos: azúcares, azúcares alcohol, ácidos orgánicos, ácidos grasos, fitoesteroles, tocoferoles, compuestos fenólicos totales, ácido absísico y propiedades bioactivas-funcionales: la actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica en palta de tres fechas de cosecha. En esta etapa se simuló los

periodos de transporte de la exportación de palta a diferentes mercados: Estados Unidos (15 días), Unión Europea (30 días) y mercado asiático (50 días). Por lo tanto, para cada cosecha, las paltas fueron evaluadas en 4 grupos según su periodo en almacenaje: 0 (palta recién cosechada), 15, 30 y 50 días (lotes de 0 días, 15AC, 30AC y 50AC). Un total de 6 paltas (muestras biológicas) fueron evaluadas por cada grupo y para cada temporada de cosecha, para ser analizados de forma individual. Los resultados presentados por tanto corresponden al promedio de las 6 mediciones \pm desviación estándar.

Análisis después del almacén en anaquel con n días: Esta parte estuvo dirigida a la evaluación de la influencia de la maduración sobre las características físico-químicas (firmeza, color, materia seca y contenido de aceite), actividades enzimáticas (PME y PG); metabolitos: azúcares, azúcares alcohol, ácidos orgánicos, ácidos grasos, fitoesteroles, tocoferoles, compuestos fenólicos totales, ácido absícico y propiedades bioactivas-funcionales: la actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica en palta de tres fechas de cosecha. Las paltas fueron evaluadas en 3 grupos según el periodo en almacenaje del cual fueron sometidas luego a vida en anaquel: 15, 30 y 50 días (15AC+A, 30AC+A y 50AC+A). Un total de 6 paltas (muestras biológicas) fueron evaluadas por cada grupo en cada fecha de cosecha, para ser analizados de forma individual. Los resultados presentados por tanto corresponden al promedio de las 6 mediciones \pm desviación estándar. De otro lado, se elaboró un histograma de frecuencia en función al número de paltas que maduraron por día.

Se tomó como variable dependiente la heterogeneidad de maduración de un lote de palta durante el almacenaje en anaquel (expresada como la desviación estándar del promedio de los días que tomaron un lote en alcanzar su madurez comercial) y como variables independientes los contenidos de los marcadores en la palta Hass.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó utilizando un diseño completamente al azar DCA. Cuando la variable fue paramétrica (normalidad con prueba de bondad de ajuste y homogeneidad de varianzas con prueba de Levene's) se empleó un análisis de varianza (ANVA), seguido de la prueba de Tukey para la comparación de medias, mientras que cuando la variable fue no paramétrica

se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas se consideró un valor $p < 0,05$. Los factores evaluados fueron el tiempo de almacenamiento (0, 15, 30 y 50 días) y las tres fechas de cosechas. Las variables de respuesta evaluados fueron: La tasa de respiración, pérdida de peso, color, humedad, materia seca, contenido lipídico, actividades enzimáticas PME y PG, azúcares, azúcares alcohol, ácidos orgánicos, ácidos grasos, fitoesteroles, tocoferoles, compuestos fenólicos totales, la actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica y ácido absícico. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurión XV. Los promedios de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tuckey ($p \leq 0.05$).

De otro lado, con la finalidad de encontrar marcadores predictivos al momento de la cosecha de la palta var Hass, relacionados con la heterogeneidad al momento de alcanzar la madurez de consumo (representada como la desviación estándar del promedio de los días que toman las paltas Hass en alcanzar la madurez de consumo bajo condiciones de anaquel), se realizó el análisis multivariado: análisis discriminante de los mínimos cuadrados parciales (PLS-DA por sus siglas en inglés) usando el software Unscrambler X10.4 (Noruega).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA PALTA HASS

4.1.1 TASA DE RESPIRACIÓN

En la Figura 16 se observa el comportamiento seguido de la tasa de respiración (TR) de las paltas Hass al terminar su periodo de almacenaje en AC. En su mayoría, no hubo diferencia significativa entre la TR de los lotes de 0 días, 15AC, 30AC y 50AC (ver Anexo 2), lo cual indica una tendencia en la tasa de respiración de mantenerse constante durante todos los periodos de almacenaje para las tres cosechas, con valores entre 88.6 a 107.1 mg CO₂ /Kg*h; con excepción de los lotes 30AC y 50AC de la temporada intermedia donde se observó un incremento significativo de la tasa de respiración a 150.5 y 161.9 mg CO₂ / Kg*h, respectivamente.

Se observa que los valores obtenidos se asemejan a lo mencionado por Hernández *et al.* (2017) quienes reportaron valores de TR entre 100 - 175 mg CO₂ / Kg*h para paltas Hass sometidas a las mismas condiciones del presente estudio; también Pérez *et al.* (2004) reportaron un valor de 60 mL CO₂ / Kg*h (equivalente a 108.6 mg CO₂ / Kg*h) para paltas Hass a los cero días de un almacenaje a 20°C, subiendo hasta 176 mL CO₂ / Kg*h (equivalente a 318.9 mg CO₂ / Kg*h) en su pico climatérico, lo cual sugiere que las paltas durante su almacenaje en AC no llegaron a su pico climatérico y se mantuvieron en el rango de valor de cero días de almacenaje.

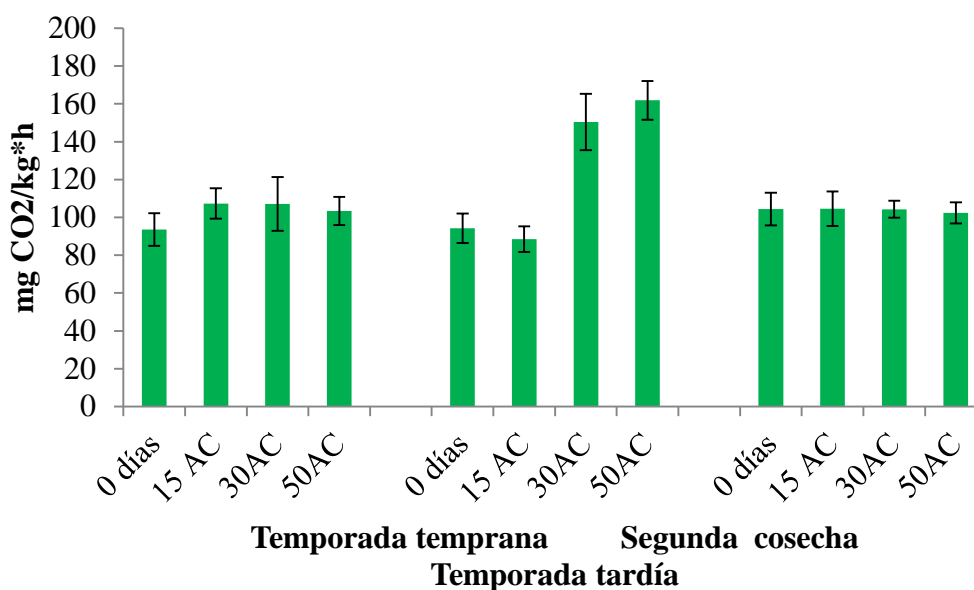


Figura 16: Tasa de respiración (mg CO₂ /Kg*h) de las paltas Hass procedentes de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C)

Las paltas Hass al haber sido expuestas a un tratamiento hidrotérmico seguido de un almacenamiento en atmósfera controlada habrían presentado un retraso en el incremento de su TR, tal como explica Blakey (2011) en la ontogenia de la palta, por lo cual sus cambios asociados a la maduración también se retrasan. Este retraso se evidenció hasta por 7 semanas que duró el almacenaje en AC (50 días) lo cual se asemeja a lo reportado por Meir *et al.* (1995) quienes lograron obtener sin cambios a la palta Hass cosechada hasta por nueve semanas dentro del almacenaje en atmosfera controlada con un bajo porcentaje de oxígeno (3 por ciento) y un porcentaje de dióxido de carbono elevado (3 – 8 por ciento).

De otro lado, Defilippi *et al.* (2015) reportan que el efecto de la temperatura durante el almacenaje influye considerablemente en la tasa de respiración, reportando que, esta tiende a mantenerse casi constante hasta por 16 días a temperaturas de 5 - 10°C. Del mismo modo, según lo que reportan Villa-Rodríguez *et al.* (2011) y Pérez *et al.* (2004) el tiempo necesario para alcanzar la máxima tasa de respiración se prolonga de 6 días hasta 17 días para una temperatura de almacenaje entre 15 a 10°C, respectivamente.

4.1.2 PÉRDIDA DE PESO.

En la Figura 17 se presentan la pérdida de peso de las paltas Hass luego de terminado tanto el almacenamiento en AC como su maduración en anaquel, para cada cosecha realizada. Al finalizar el periodo de almacenaje en AC, por diferentes tiempos, se encontró pérdidas de peso menores al 3 por ciento (ver Anexo 3), indicando ello que, durante el tiempo de almacenaje las paltas no sufrieron una gran deshidratación.

En anaquel y alcanzada la madurez, la pérdida de peso para la mayoría se encontró entre el 3 y 6 por ciento, con excepción de los lotes 15AC+A y 30AC+A de la temporada temprana, los cuales presentaron valores de 12.8 por ciento y 10.7 por ciento respectivamente; cabe indicar que, para todos los casos se evidenció una buena calidad de la palta (sin daños fisiológicos: oscurecimiento). Este comportamiento se asemeja a lo reportado por Eaks (1978), citado por Undurraga *et al.* (2007), donde luego de mantener la palta bajo un régimen de 5°C por 2 semanas, obtuvieron pérdidas de peso de 2.4 por ciento mientras que, al pasar a una temperatura de 20°C por 5 días la pérdida de peso aumentó a un 8.4 por ciento. Por otro lado, Pérez *et al.* (2004) reportaron una pérdida de peso de 4.3 por ciento para paltas Hass almacenadas a 20°C por 8 días, manteniéndose la calidad de la palta.

Las paltas de los lotes 15AC+A y 30AC+A de la temporada temprana, tomaron más tiempo en madurar, lo que hizo que estuvieran expuestas mayor tiempo a condiciones de anaquel, influyendo ella en su pérdida de peso. Arzate-Vázquez *et al.* (2011) mencionan que la pérdida de peso tiende a incrementarse en función al tiempo tomado para la maduración, reportando hasta 11.1 por ciento de pérdida de peso para paltas expuestas a 20°C y 75 por ciento HR, valor que se asemeja al máximo obtenido.

4.1.3 PARÁMETROS DE COLOR

En la Tabla 2, se presentan los valores de la luminosidad (L), el valor croma (C*) y el ángulo de hue (h°) de las paltas evaluadas. Se observa que, en general, los tres parámetros mostraron una tendencia a mantenerse constante durante los periodos de almacenaje en AC (ver Anexo 4), para las tres cosechas, obteniendo un rango de 34.33 a 37.35 (algo oscuro)

para la luminosidad; de 18.93 a 27.25 para el croma (algo de saturación) y de 121.85 a 126.24 para el hue (verde claro). Respecto a las paltas en anaquel, que procedieron de los diferentes tiempos de almacenamiento en AC, también presentaron al madurar parámetros de color similares; así la luminosidad estuvo en un rango entre 27.35 a 29.51 (muy oscuro); el croma entre 7.77 a 11.64 (plomizo por poca saturación) y el ángulo hue entre 30.33 a 59.45 (naranja rojizo), para las tres cosechas.

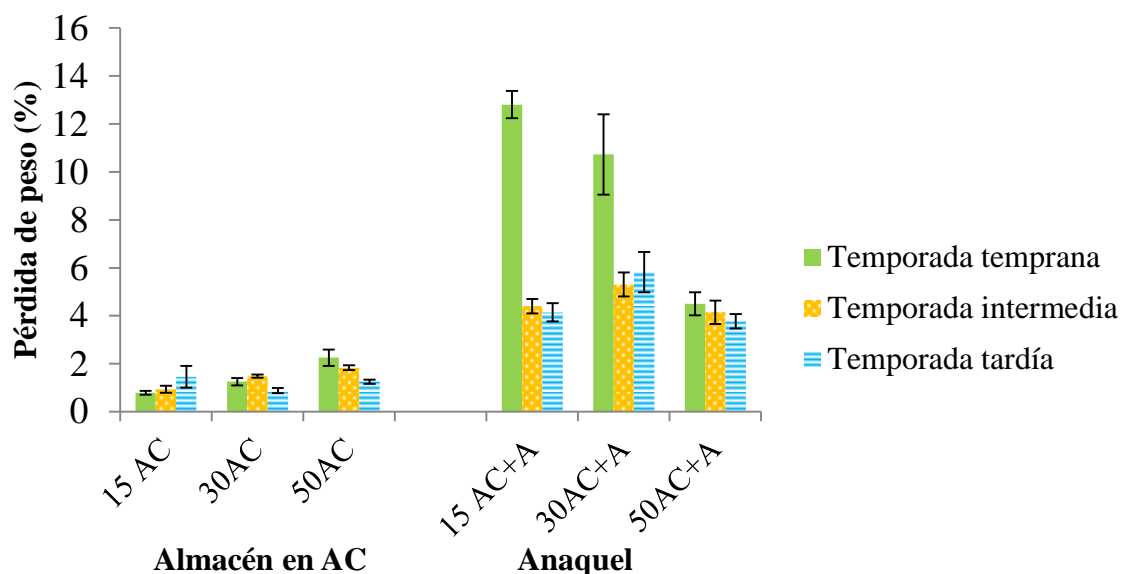


Figura 17: Pérdida de peso de la palta Hass procedentes de tres temporadas de cosecha, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar la madurez de consumo en anaquel

De esta forma se observó que, estos parámetros de color disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) al pasar la palta Hass del estado verde (almacenamiento en AC) al estado maduro (en anaquel), lo cual se reafirma con lo reportado por Cox *et al.* (2004), Villa-Rodríguez *et al.* (2011) y Meyer y Terry (2008) quienes reportan una disminución de los tres parámetros al pasar la palta Hass del estado verde al estado maduro, teniendo una disminución de 34 a 24 en la luminosidad, de 23 a 4 en el croma y de 120 a 60 en el ángulo hue; valores cercanos a los encontrados en el presente estudio. Cox *et al.* (2004), atribuyen este cambio de color en la cáscara de la palta Hass a la reducción inicial de la clorofila seguido de un incremento de la síntesis de antocianinas (cianidina 3-*O*-glucósido).

Tabla 2: Parámetros de color en cáscara de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Cosecha	Día		Días de almacenamiento en atmósfera controlada						Lotes en condiciones de vida en anaquel					
	0		15 AC		30 AC		50 AC		15AC+A		30AC+A		50AC+A	
Luminosidad (L)														
Temprana	36.73	± 0.39 ^{aA}	36.20	± 1.47 ^{aA}	34.38	± 0.85 ^{aA}	34.88	± 1.64 ^{aA}	28.01	± 1.67 ^{bA}	27.97	± 1.20 ^{bA}	28.63	± 1.39 ^{bA}
Intermedia	36.07	± 1.50 ^{aA}	34.41	± 2.01 ^{aA}	34.82	± 1.34 ^{aA}	35.41	± 1.18 ^{aA}	29.51	± 2.03 ^{bA}	28.72	± 1.24 ^{bA}	28.89	± 1.12 ^{bA}
Tardía	37.35	± 1.56 ^{aA}	34.33	± 0.65 ^{bA}	35.54	± 1.26 ^{abA}	35.76	± 1.75 ^{abA}	28.96	± 1.94 ^{cA}	27.35	± 1.03 ^{cA}	28.38	± 0.56 ^{cA}
Croma (C*)														
Temprana	21.86	± 0.93 ^{aA}	20.15	± 1.62 ^{ab}	21.49	± 2.56 ^{ab}	23.37	± 2.42 ^{ab}	8.58	± 1.45 ^{bA}	7.77	± 2.52 ^{bb}	9.96	± 2.09 ^{bA}
Intermedia	21.43	± 2.55 ^{abA}	18.93	± 3.42 ^{bb}	23.70	± 2.43 ^{abB}	24.09	± 1.64 ^{abB}	9.53	± 2.30 ^{cA}	11.64	± 1.85 ^{cA}	9.15	± 1.29 ^{cA}
Tardía	21.76	± 3.21 ^{bA}	25.54	± 2.15 ^{abA}	27.25	± 2.37 ^{aA}	26.23	± 1.50 ^{aA}	10.19	± 2.36 ^{cA}	8.57	± 1.45 ^{cA}	9.41	± 1.62 ^{cA}
Ángulo hue (h°)														
Temprana	126.24	± 0.50 ^{aA}	125.87	± 0.68 ^{aA}	125.27	± 1.29 ^{aA}	124.30	± 0.80 ^{aA}	59.45	± 3.24 ^{bA}	57.52	± 10.11 ^{bA}	40.25	± 9.03 ^{cA}
Intermedia	125.17	± 1.13 ^{aA}	125.88	± 0.94 ^{aA}	123.63	± 1.54 ^{abB}	123.71	± 0.92 ^{aA}	58.75	± 10.54 ^{bA}	34.97	± 5.10 ^{cB}	40.70	± 6.30 ^{cA}
Tardía	122.92	± 2.16 ^{ab}	122.41	± 0.44 ^{ab}	121.85	± 0.89 ^{ab}	122.20	± 1.18 ^{ab}	54.60	± 9.54 ^{bA}	30.33	± 7.05 ^{cB}	44.17	± 5.69 ^{bA}
Diferencia de color (ΔE)														
Temprana			2.45	± 1.21 ^{cA}	3.13	± 1.25 ^{cB}	3.57	± 0.99 ^{cAB}	21.87	± 1.09 ^{bA}	22.80	± 1.67 ^{abB}	24.75	± 1.88 ^{aA}
Intermedia			3.83	± 2.59 ^{cA}	3.39	± 1.68 ^{cB}	3.13	± 1.41 ^{cB}	20.07	± 2.64 ^{bA}	25.48	± 1.21 ^{aA}	23.60	± 0.93 ^{aA}
Tardía			5.13	± 1.29 ^{cA}	6.11	± 1.79 ^{cA}	5.13	± 1.08 ^{cA}	21.63	± 2.35 ^{bA}	25.77	± 1.38 ^{aA}	23.72	± 0.98 ^{abA}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma fila y letras en mayúscula diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) para parámetros de color.

Respecto a la diferencia de color (ΔE), según la norma ISO 12647-2 que brinda las bases respecto a los colores en general, indica que el ojo humano no detecta diferencia con una ΔE de 1 o 2, pero con 3 y en determinados colores, como el color de la piel o el gris, comienza a detectar una sutil diferencia de tono, siendo 5 el tope para una clara diferenciación. Por ello se puede afirmar que, las paltas al término del almacenaje en AC, para los diferentes periodos, no mostraron diferenciación de color respecto al día 0 (muestra inicial) en el caso de la temporada temprana e intermedia (valores entre 2.45 a 3.83) mientras que las paltas de la temporada tardía (valores entre 5.13 a 6.11) ya muestran un indicio de diferenciación de color al ojo humano. Por otro lado, las paltas al final del almacén en anaquel, presentaron un rango entre 20.07 a 25.77 para las tres cosechas, valores que notablemente presentan una diferenciación de color al ojo humano.

4.1.4 MATERIA SECA Y CONTENIDO DE ACEITE

El porcentaje de materia seca (MS) de las paltas Hass (Figura 18), presentó una tendencia a aumentar conforme transcurrió el tiempo de cosecha (mayor tiempo de permanencia en el árbol), observándose una diferencia significativa entre la temporada temprana y tardía (ver Anexo 5). Por otro lado, no hubo diferencia significativa en los porcentajes de MS entre las paltas Hass almacenadas en AC a diferentes periodos, respecto a las paltas Hass que alcanzaron su madurez en anaquel. Así se encontraron valores entre 20.0 a 21.8; 22.9 a 24.9 y 23.8 a 26.4 por ciento, para la temporada temprana, intermedia y tardía, respectivamente, lo cual se afirma con lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011), Meyer y Terry (2008) y Landahl *et al.* (2009) quienes mencionan que la MS de las paltas Hass en estado verde y estado maduro no presenta diferencia significativa con un rango entre 22.76 y 25.82 por ciento para paltas Hass peruanas (La Libertad) de cosecha temprana. Se puede observar que este rango de MS se asemeja más a lo reportado para la temporada intermedia realizada, ante esto, Blackey (2011) explica que una cosecha demasiado temprana resulta en un bajo porcentaje de materia seca y por ende, en un bajo porcentaje de aceite. Por otro lado, se observó que los valores de porcentaje de MS de la temporada temprana cumplen con el estándar mínimo comercial establecido, tal como indican Lee y Coggins (1982), quienes reportaron como características en palta Hass un rango mínimo de materia seca entre 18.8 y 20.6 por ciento.

Al igual que la materia seca, el porcentaje de aceite de la palta (Figura 18), tendió a incrementarse conforme transcurrió el tiempo de cosecha (de 52.11 a 64.59 por ciento bs, para la temporada temprana y tardía respectivamente). De otro lado, los porcentajes de aceite de las paltas Hass, tanto en los periodos de almacenaje en AC, como al final del almacenaje en anaquel, tendieron a mantenerse constante conforme transcurrió el tiempo de cosecha; así la temporada tardía se mantuvo en un rango de 64.59 a 69.23 por ciento (bs) mientras que la temporada temprana presentó una mayor variación de entre 48.82 a 65.07 por ciento (bs). Esta mayor variación en la temporada temprana se debió a que los lotes 15AC+A y 30AC+A presentaron contenidos significativamente mayores (ver Anexo 5), lo que sería explicado por la mayor pérdida de peso que tuvo en anaquel (Figura 17), resultando, en un mayor porcentaje de aceite. Al respecto, Berger y Galletti (1987) mencionados por Mondaca (2003), señalan que el aumento del contenido de aceite en la palta sería causado por un proceso de deshidratación acompañado por una pérdida de peso. Por otro lado, Landahl *et al.* (2009) también reportaron un rango de 10.89 a 14.90 por ciento (bh) para paltas Hass en estado verde y maduro, lo cual se asemeja a lo obtenido para la temporada temprana. Cabe destacar que el bajo contenido de aceite obtenido en las paltas almacenadas en AC de la temporada temprana, cumplen con el mínimo necesario para su comercialización, el cual es de 8 por ciento (bh) según Ozdemir y Topuz (2004).

Por lo tanto, entre todos los lotes analizados el mayor cambio que se apreció, tanto para el porcentaje de MS como del aceite, fue el incremento conforme transurre el tiempo de cosecha (Figura 18), lo cual se afirma con lo reportado por Donetii y Terry (2014), quienes reportan 21.39, 22.38 y 26.50 por ciento de MS para la cosecha temprana, intermedia y tardía, respectivamente, de paltas Hass peruanas de la Región La Libertad, mientras que Ozdemir y Topuz (2004) reportan 11.0, 13.4 y 19.6% en contenido de aceite para la temporada temprana, intermedia y tardía, respectivamente, en paltas Hass de Turquía. Cabe resaltar que el porcentaje de materia seca y contenido de aceite en las paltas Hass, dependen del lugar de origen/producción del fruto. Al respecto, Donetii y Terry (2014) y Landahl *et al.* (2009) comparan estos contenidos entre paltas Hass de Perú, Chile y España, donde demostraron que las paltas peruanas presentan menor contenido de MS y aceite.

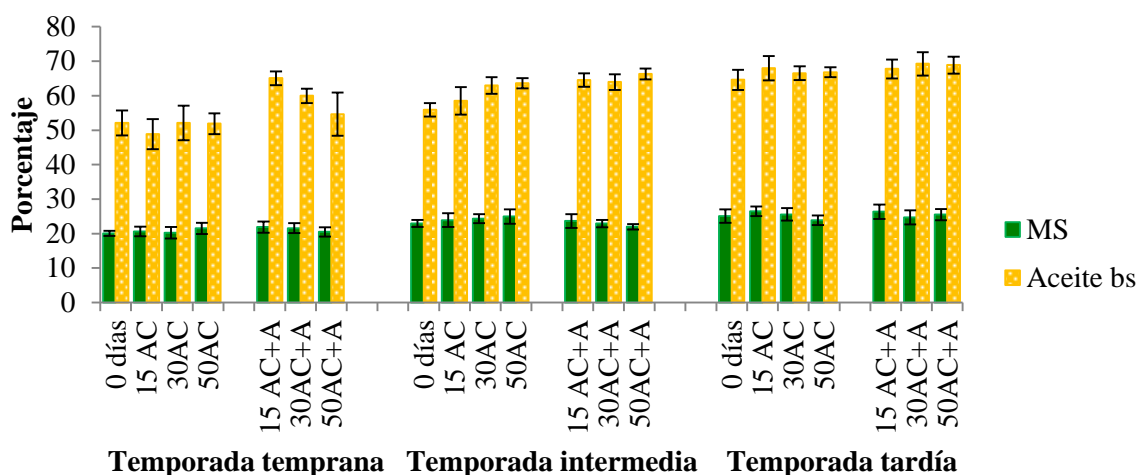


Figura 18: Porcentaje de materia seca y contenido de aceite de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

4.2 ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS

4.2.1 ACTIVIDAD PECTINMETILESTERASA Y ACTIVIDAD POLIGALACTURONASA

En la Figura 19 se presentan los resultados encontrados para las medidas de las actividades enzimáticas pectinmetil esterasa (PME) y poligalacturonasa (PG). Se observa que la actividad de la PME en la palta Hass disminuye significativamente conforme pasa del estado verde, al final del almacenamiento en AC (con un rango entre 6.56 a 9.69 U/g palta bs), al estado maduro, al final del almacenamiento en anaquel (con un rango entre 2.15 a 2.67 U/g palta bs). Este comportamiento se repite durante las tres cosechas, donde se observa que para el caso de las paltas en anaquel no hay diferencia significativa entre las tres cosechas, sin embargo para el caso de las paltas almacenadas en AC, se observa una mayor variación entre las cosechas con una cierta tendencia a disminuir conforme avanzan las cosechas (ver Anexo 6). Respecto a la actividad de la PG de la palta Hass, se observó que aumentó significativamente conforme pasa del estado verde (4.34 – 8.53 U/g palta bs)

al estado maduro (25.47 – 36.30 U/g palta bs), contrario al comportamiento de la actividad PME.

La disminución de la actividad PME y el aumento de la actividad PG tras la maduración completa de la palta Hass es explicado por Awad y Young (1979), quienes demostraron que la actividad de la PME de la palta tiende a disminuir conforme la tasa de etileno aumenta (inicio de maduración), mientras que la actividad de PG no se detectó en la etapa pre-climatérica de la palta, pero que ésta aumentó drásticamente durante la etapa climatérica y post-climatérica, jugando un rol esencial en el ablandamiento de la palta. De esta manera Awad y Young (1979) indican que, existe una relación cercana entre el rápido aumento de las enzimas despolimerizantes de la pared celular y el aumento de la respiración y la producción de etileno. También, Wakabayashi *et al.* (2000) explican que, la palta al inicio de la maduración presenta una alta actividad PME ya que está eliminando las cadenas laterales y ésteres metílicos de los ácidos galacturónicos esterificados generando el aumento en el tamaño de los poros de la pared celular y la modificación de polímeros, de esta forma en la palta madura por completo, la actividad de PG recién aumenta ya que mejora su accesibilidad al sustrato péctico.

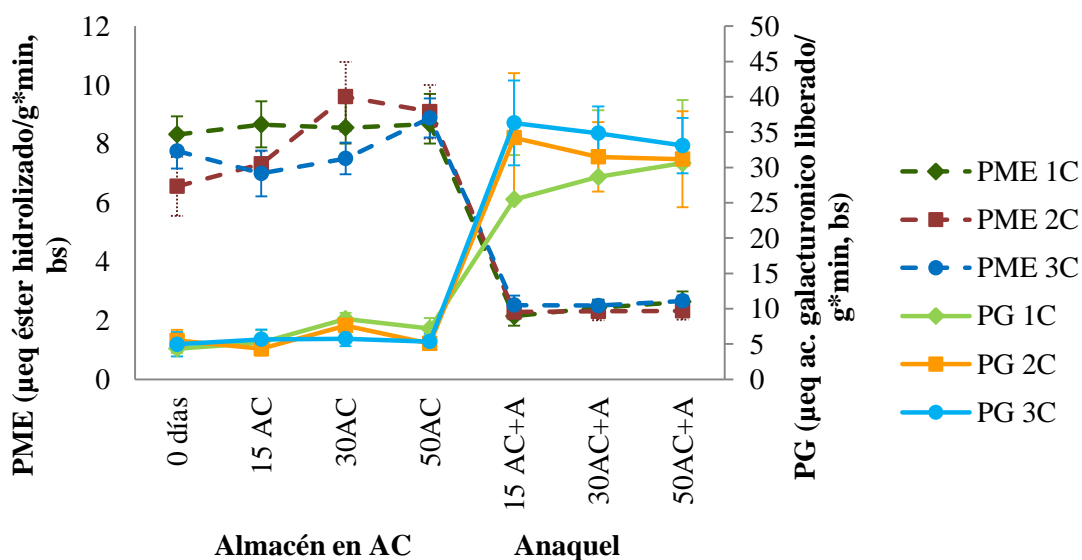


Figura 19: Actividad pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Debido a las condiciones que fueron sometidas las paltas (tratamiento hidrotérmico y almacenaje en atmósfera controlada refrigerada), es posible que, de alguna forma la acción del etileno sobre estas enzimas se haya retrasado hasta el final del almacenaje, habiendo hecho posible que por ello la actividad de ambas enzimas hayan mostrado una tendencia a permanecer constante en los 3 periodos de almacenaje en atmósfera controlada.

De igual forma, Jeong y Huber (2004) reportan que cuando a la palta se le inhibe la acción del etileno usando 1-metilciclopropeno, la actividad PG permanece sin cambios por el tiempo adicional que tarda en madurar y se ve incrementa hacia al final de la maduración. Jeong y Huber (2004) también indican que la actividad PME permanece sin cambios en el tiempo adicional que tarda la palta en madurar, disminuyendo al final de la maduración.

Por otro lado, Hernández *et al.* (2017) quienes trabajaron con paltas Hass bajo condiciones similares al presente estudio, no encontraron diferencias significativas para la actividad de la PG y de la PME conforme transcurrieron los días de almacenaje. Zauberman y Schiffman-Nadel (1972) señalan que, según se incrementa el porcentaje de aceite en la palta (paltas con más tiempo en el árbol) la disminución de la actividad de la PME al madurar la palta es menos abrupta, es decir, a menor porcentaje de aceite en la palta, mayor será la disminución de la actividad de la PME al madurar.

Con respecto a la PG, Zauberman y Schiffman-Nadel (1972) indican que las paltas con mayor porcentaje de aceite presentan un mayor incremento de la actividad PG. Según esto, se espera que en las paltas de la última cosecha la actividad de la PME al inicio de la maduración sea menor respecto a la temporada temprana, mientras que la actividad de la PG en las paltas maduras de la última cosecha sea mayor respecto a la temporada temprana. Sin embargo en este estudio se encontró que para ambas enzimas no hay diferencia significativa entre las tres cosechas lo cual puede ser explicado debido al bajo rango de variación del contenido de aceite entre las cosechas.

4.3 METABOLITOS PRIMARIOS

4.3.1 AZÚCARES Y AZÚCARES ALCOHOL

Entre los azúcares predominantes encontrados en la palta Hass bajo estudio, se encontraron en orden de importancia, según su cantidad, a: la manoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa y sacarosa, respectivamente (Tabla 3). Destacan en especial, la manoheptulosa y el perseitol (azúcar-alcohol), ambos azúcares de siete carbonos, característicos de la palta. Tomando en consideración, el contenido de los azúcares citados arriba, de forma global se observó que, ellos tienden a sufrir una disminución conforme avanza el tiempo de cosecha, así los valores de manoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa y sacarosa, pasaron de 87.4 a 22.0; 32.6 a 21.0; 2.3 a 0.8; 3.3 a 2.0 y de 2.2 a 1.5 mg/g (bs), entre la temporada temprana y tardía, respectivamente; siendo la disminución en algunos casos más pronunciada que en otra (ver Anexo 7).

Liu *et al.* (1999) explican que los azúcares solubles totales comprendidos por la manoheptulosa, perseitol, fructosa y glucosa son componentes importantes en la biomasa de la palta al inicio de su desarrollo, mejorando la captación de agua celular lo que resulta en un alto contenido de agua (por ende en un bajo porcentaje de materia seca), pero durante el crecimiento de la palta, acompañado por el incremento de contenido de aceite, estos azúcares van decreciendo en concentración.

De esta forma se espera que a mayor porcentaje de materia seca y aceite menor contenido de estos azúcares, por ello se observa que las paltas en estado verde de la temporada temprana (menor contenido de materia seca y aceite) tienden a reportar los mayores contenidos de estos azúcares respecto a las paltas de la temporada intermedia y tardía (mayor contenido de materia seca y aceite). Donetii y Terry (2014) reportaron esta tendencia a disminuir entre cosechas para la manoheptulosa de palta Hass peruana en estado verde, con 115.0; 96.6 y 53.4 mg/g palta desgrasada para la cosecha temprana, intermedia y tardía respectivamente; (equivalente a 57.5, 48.3 y 26.7 mg/g palta bs respectivamente, según lo reportado por Meyer y Terry, 2008); lo mismo para el caso del perseitol, con valores de 41.7; 39.3 y 34.4 mg/g para la cosecha temprana, intermedia y tardía respectivamente (equivalente a 20.85, 19.65 y 17.2 mg/g palta bs respectivamente

según lo reportado por Meyer y Terry, 2008). Los valores citados son cercanos a lo presentado en la Tabla 3. Además, Donetii y Terry (2014) y Landahl *et al.* (2009) indican que las paltas de Perú tienden a tener manoheptulosa más alta que la palta de España que presentan mayor porcentaje de materia seca (30.68 - 32.77%).

Observando la evolución de los azúcares de la palta Hass entre los periodos de almacenamiento en AC, se observa que la manoheptulosa y el perseitol, tienden a disminuir progresivamente, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento; dicha disminución continuó hasta cuando los distintos lotes de palta alcanzaron la madurez bajo condiciones de anaquel, así en estado maduro las paltas presentaron contenidos entre 0.52 y 8.0; 0.13 y 10.4; 0.4 y 2.0; y 1.1 y 2.9 mg/g (bs), para la manoheptulosa, el perseitol, glucosa y fructosa, respectivamente. Respecto al contenido de la sacarosa, de forma general, presentó una tendencia a mantenerse constante durante los periodos de almacenamiento en AC y en anaquel alcanzado el estado maduro, con un rango entre 1.51 y 4.21 mg/g (bs).

La disminución significativa de la manoheptulosa y perseitol a los 50 días de almacenaje en AC se debería a que estos azúcares contribuyen como fuente de energía de carbono utilizada por el proceso respiratorio, tal como sugieren Liu *et al.* (1999) quienes presentaron una disminución significativa de la manoheptulosa; así como de la suma de los azúcares glucosa, fructosa y sacarosa a la sexta semana de almacenaje a 5°C.

Por otro lado, Blakey *et al.* (2012), Liu *et al.* (2002), Meyer y Terry (2008), Landahl *et al.* (2009) y Donetii y Terry (2014) encontraron para la manoheptulosa y perseitol una tendencia a disminuir al llegar a su estado de madurez comercial, mientras que no observaron un patrón perceptible para el desarrollo de la concentración de sacarosa durante la maduración. Respecto a la fructosa y glucosa, su presencia se encontraba en el límite de detección por lo que no lo consideraron en su estudio. De esta forma, Landahl *et al.* (2009) mencionan que la manoheptulosa tuvo una concentración de 32.56 mg/g palta bs al inicio de almacenaje a 12°C (en estado verde) y de 8.58 mg/g palta bs a los diez días de almacenaje (al estado maduro). Cabe resaltar que la manoheptulosa presenta una disminución más abrupta que el perseitol, lo cual es concordante con lo reportado por Mayer y Terry (2010) quienes encontraron cantidades sustanciales de perseitol en todas las paltas analizadas, mientras que por el contrario, la manoheptulosa solo estuvo presente en

altas concentraciones en la palta de la temporada temprana, mientras que estuvo casi ausente en la fruta de la temporada tardía.

Ante el consumo de estos azúcares después de la maduración Liu *et al.* (1999) sugieren que la palta tiene un mecanismo enzimático para metabolizar los azúcares de siete carbonos al llegar a esa etapa. Por otro lado, Liu *et al.* (2002) mencionan que el agotamiento de manoheptulosa del mesocarpio de la palta durante la maduración podría confirmar la participación de este azúcar como un factor inhibidor del ablandamiento en la palta. De igual forma, Landahl *et al.* (2009) encontraron una heterogeneidad considerable de la concentración de manoheptulosa en el tejido del fruto desde el extremo del tallo hasta la base, con la mayor concentración en la región cercana al pedúnculo, por ello en base a que la manoheptulosa se metaboliza en las hojas y que este azúcar se transporta a través del floema durante el crecimiento de la fruta, Landahl *et al.* (2009) sugieren a la manoheptulosa como factor inhibidor de la maduración debido al hallazgo del mesocarpio más duro en la región cercana al pedúnculo de la palta.

Contreras-Gutiérrez *et al.* (2013) indican que, a consecuencia de la disminución del contenido de estos azúcares a medida que la fecha de cosecha se acerca, los frutos cosechados al comienzo de la temporada necesitan más tiempo para alcanzar el punto del climaterio (y por ende más tiempo en madurar) que las paltas cosechadas más tarde en la temporada.

Respecto a la concentración de sacarosa reportada en la Tabla 3, resultan ser valores menores a lo reportado por Liu *et al.* (2002) y Meyer y Terry (2008) con rangos entre 15 y 10 y 17.72 y 15.91 mg/g palta (bs) para palta Hass en estado verde y maduro respectivamente; sin embargo se asemejan a los valores encontrados por Blakey *et al.* (2012) entre 1.5 y 4 mg/ g palta (bs) para paltas de tres periodos de cosechas y en los estados verde y maduro. Por otro lado, los valores de glucosa y fructosa cuantificados, resultaron ser mayores a lo reportado por Blakey *et al.* (2012) quienes encontraron cantidades menores a 2 y 1.2 mg/g palta (bs) para la glucosa y fructosa, respectivamente en paltas de tres periodos de cosechas y en los estados verde y maduro.

Tabla 3: Cambios en el contenido de azúcares en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Cosecha	Día 0	Días de almacenamiento en atmósfera controlada			Lotes en condiciones de vida en anaquel		
		15 AC	30 AC	50 AC	15AC+A	30AC+A	50AC+A
Perseitol mg/g palta bs							
Temprana	32.62 ± 7.05 ^{aA}	31.32 ± 6.58 ^{aA}	17.52 ± 5.46 ^{bcA}	20.41 ± 2.98 ^{bA}	0.13 ± 0.04 ^{dC}	0.25 ± 0.10 ^{dB}	10.47 ± 1.90 ^{cA}
Intermedia	22.03 ± 6.58 ^{aAB}	20.68 ± 3.30 ^{abB}	18.15 ± 1.42 ^{aA}	16.40 ± 3.54 ^{abAB}	8.73 ± 2.50 ^{bcA}	7.30 ± 0.88 ^{cA}	7.60 ± 2.04 ^{cAB}
Tardía	21.06 ± 3.49 ^{abB}	20.80 ± 2.17 ^{abB}	19.58 ± 1.06 ^{aA}	13.22 ± 2.81 ^{bbB}	5.42 ± 0.91 ^{cA}	6.80 ± 1.86 ^{cA}	7.10 ± 0.85 ^{cB}
Manoheptulosa mg/g palta bs							
Temprana	87.40 ± 15.89 ^{aA}	69.17 ± 13.18 ^{abA}	56.31 ± 14.14 ^{bA}	48.31 ± 18.04 ^{bA}	0.98 ± 0.27 ^{cB}	0.52 ± 0.18 ^{cC}	4.13 ± 1.73 ^{cAB}
Intermedia	54.08 ± 18.70 ^{abB}	47.08 ± 8.32 ^{abA}	33.72 ± 5.45 ^{abB}	31.18 ± 13.40 ^{bAB}	7.53 ± 1.31 ^{cA}	8.05 ± 1.19 ^{cA}	6.58 ± 0.72 ^{cA}
Tardía	22.09 ± 5.32 ^{acC}	14.93 ± 6.71 ^{abB}	17.02 ± 4.50 ^{abB}	9.91 ± 3.19 ^{bcB}	1.63 ± 0.59 ^{dB}	1.65 ± 0.59 ^{dB}	2.60 ± 1.44 ^{cdB}
Glucosa mg/g palta bs							
Temprana	2.34 ± 0.58 ^{bcA}	3.25 ± 0.50 ^{bA}	4.23 ± 0.91 ^{aA}	4.28 ± 0.53 ^{aA}	0.40 ± 0.14 ^{dB}	0.73 ± 0.13 ^{dA}	2.03 ± 0.22 ^{cA}
Intermedia	ND	3.86 ± 0.04 ^{aA}	3.74 ± 0.69 ^{aA}	2.18 ± 0.75 ^{bbB}	0.86 ± 0.02 ^{cAB}	0.78 ± 0.18 ^{cA}	0.80 ± 0.08 ^{cB}
Tardía	0.82 ± 0.39 ^{dB}	4.08 ± 0.61 ^{bA}	3.12 ± 0.46 ^{cA}	4.98 ± 0.47 ^{aA}	1.39 ± 0.51 ^{dA}	0.78 ± 0.18 ^{dA}	1.21 ± 0.30 ^{dB}
Fructosa mg/g palta bs							
Temprana	3.37 ± 0.83 ^{bA}	3.68 ± 0.55 ^{bA}	5.05 ± 0.76 ^{aA}	4.65 ± 0.41 ^{aA}	1.57 ± 0.22 ^{cA}	1.88 ± 0.33 ^{cA}	2.99 ± 0.29 ^{bA}
Intermedia	1.07 ± 0.46 ^{cB}	4.35 ± 0.10 ^{aA}	3.75 ± 0.75 ^{abB}	2.35 ± 0.06 ^{bcC}	1.82 ± 0.34 ^{cA}	1.67 ± 0.26 ^{cAB}	1.90 ± 0.23 ^{cB}
Tardía	2.07 ± 0.56 ^{cB}	3.78 ± 0.43 ^{aA}	2.97 ± 0.25 ^{bbB}	3.99 ± 0.38 ^{abB}	1.77 ± 0.27 ^{cdA}	1.17 ± 0.11 ^{dB}	1.56 ± 0.23 ^{cdB}
Sacarosa mg/g palta bs							
Temprana	2.26 ± 0.78 ^{abB}	ND	ND	3.06 ± 1.00 ^{aA}	ND	ND	3.26 ± 0.83 ^{aA}
Intermedia	3.59 ± 0.42 ^{abA}	ND	3.89 ± 0.23 ^{aA}	2.81 ± 0.66 ^{bA}	3.49 ± 0.21 ^{abA}	3.92 ± 0.05 ^{aA}	4.21 ± 0.13 ^{aA}
Tardía	1.52 ± 0.20 ^{bbB}	ND	2.39 ± 0.60 ^{abB}	ND	2.34 ± 0.24 ^{abB}	2.50 ± 0.70 ^{abB}	1.51 ± 0.31 ^{bbB}

ND: no detectado. Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma fila y letras en mayúscula diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) para cada azúcar.

4.3.2 ÁCIDOS ORGÁNICOS

Los ácidos orgánicos detectados y cuantificados en la palta Hass fueron el ácido málico y quínico (Figura 20). La concentración de ambos ácidos orgánicos muestra una tendencia a ir disminuyendo conforme más tiempo permanece en el árbol al momento de su cosecha (de la temporada temprana a la tardía), con valores que van de 7.43 a 5.82 y de 2.14 a 0.47 mg/g (bs), para el ácido málico y quínico, respectivamente; siendo en este último la disminución significativa (ver Anexo 8).

De forma global, al evaluar el contenido del ácido málico, por cada cosecha, se observa que muestra tendencia a no sufrir un gran cambio, entre las paltas que fueron sometidas al almacenamiento en AC por diferentes tiempos (4.69 a 7.43 mg/g, bs), como cuando las paltas maduraron en anaquel (4.80 a 8.35 mg/g, bs). En el caso del ácido quínico se observa también de forma global, una tendencia a no sufrir un cambio mayor, tomando en consideración el tiempo de cosecha, sea cuando la palta estuvo en almacenamiento en AC como cuando la palta maduró en anaquel, con valores entre 1.83 a 2.44; 0.58 a 0.84 y 0.40 a 0.79 mg/g (bs), para el primer, segundo y tercer tiempo de cosecha respectivamente; exceptuando a las paltas 50AC+A de la temporada intermedia que presenta un contenido de 1.29 mg/g (bs).

Yahia (2012) reporta al ácido málico como el ácido orgánico de mayor porcentaje en la palta, con un 0.32 por ciento en la composición de la misma (aproximadamente 12.8 mg/g, bs). Respecto al ácido quínico, Contreras-Gutiérrez *et al.* (2013) reportaron una disminución del ácido quínico durante la maduración comercial de la palta, explicando que durante la maduración se producen diferentes procesos metabólicos que requieren cierta energía, en general, suministrada por la oxidación de carbohidratos y ácidos orgánicos, obteniendo para la palta variedad Reed en el inicio y al final de la maduración cantidades de 0.16 y 0.07 mg/g (bs). Por otro lado, López-Cobo *et al.* (2016) indicaron que no se encontraron diferencias significativas para el ácido quínico de la palta Hass al pasar de una maduración comercial óptima a una sobre-maduración con cantidades de 0.12 y 0.10 mg /100g (bs), respectivamente. De igual forma, Hurtado-Fernández *et al.* (2011) no encontraron para el ácido quínico tendencia alguna relacionada al grado de madurez de la palta Hass, lo cual se asemeja a lo obtenido en el presente estudio. En cuanto al ácido

málico, Walker y Famiani *et al.* (2018) encontraron una tendencia a disminuir conforme las frutas maduran.

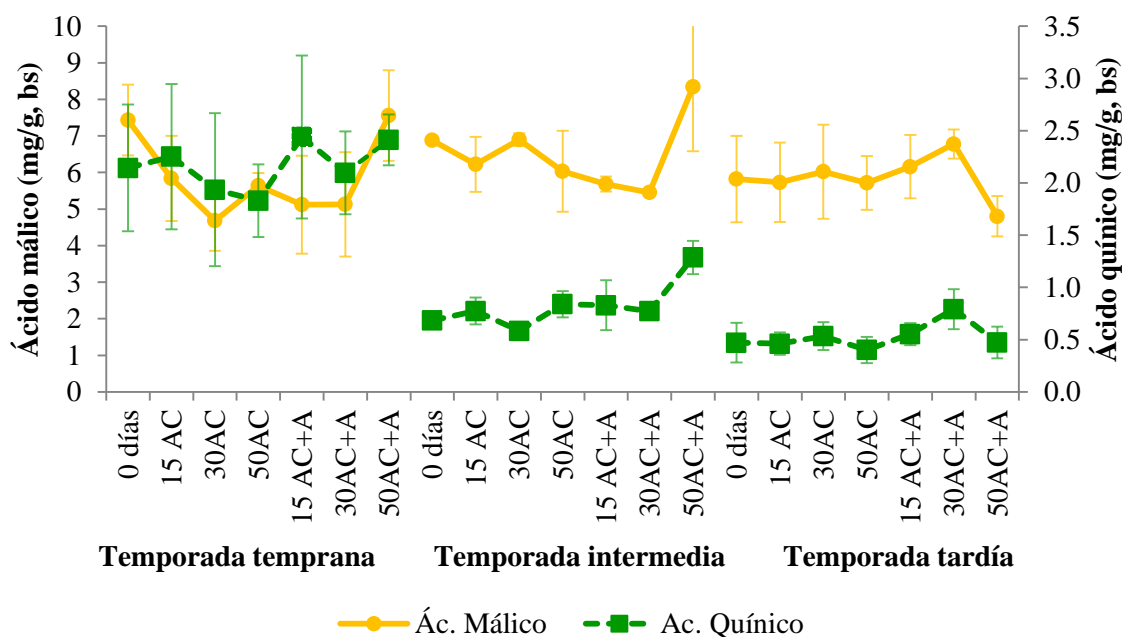


Figura 20: Contenido del ácido málico y ácido quínico (mg/ g palta bs) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

4.3.3 ÁCIDOS GRASOS

En la Tabla 4 se presenta el perfil de los principales ácidos grasos encontrados en la palta Hass, expresados en porcentaje. Tomando en consideración el porcentaje de los ácidos grasos de mayor a menor participación, para los tres tiempos de cosecha (día cero) se encontró a: el ácido oleico > ácido palmítico > ácido palmitoleico > ácido linoleico > ácido iso-oleico > ácido linolénico (con 34.15 a 40.75; 25.07 a 30.76; 13.32 a 15.75; 11.86 a 15.99; 5.07 a 6.99 y 0.46 a 0.99%, respectivamente). Plaza *et al.* (2009) cuantificaron al isómero del ácido oleico (iso-oleico) como ácido cis-vaccénico con un porcentaje de participación de 9% y Pedreschi *et al.* (2014) lo cuantifica como el ácido oleico 2 con un

porcentaje de participación de 6% cantidades similares a las concentraciones encontradas en este estudio.

Al comparar los porcentajes de participación de los ácidos grasos, entre las tres cosechas, se observó que el ácido oleico tienden a aumentar significativamente entre la temporada temprana a la tardía (ver Anexo 9), pasando de 34.15 – 36.83% a 38.05 – 40.75%. De igual forma, el ácido iso-oleico aumenta pasando de 5.07 – 5.70% a 6.47 – 6.99%. Mientras estos ácidos aumentan, se observa una disminución significativa entre la temporada temprana a la tardía para el ácido palmítico (pasando de 27.88 – 30.76% a 25.07 – 27.15%), para el ácido linoleico (pasando de 14.21 – 15.99% a 11.86 – 13.21%) y el ácido linolénico (pasando de 0.67 – 0.99% a 0.46 – 0.60%). Por otro lado, el ácido palmitoleico tiende a mantenerse constante entre las tres cosechas en un rango de 13.32 – 15.75%.

Landahl *et al.* (2009) mencionan que, el perfil de ácidos grasos de las paltas Hass de Perú son diferentes significativamente respecto a las paltas Hass de procedencia Chilena y Española, donde la palta peruana alcanzó valores promedios de 43; 28; 15; 13 y 1.2 % de ácido oleico, palmítico, linoleico, palmitoleico y linolénico, resultados que se asemejan a lo encontrado en el presente estudio (donde oleico corresponde a la suma del oleico + iso-oleico).

Respecto al ácido oleico, Ozdemir y Topuz (2004) reportaron que el ácido oleico fue el único ácido graso que continuó incrementando conforme los periodos de cosecha avanzaban, obteniendo un incremento de 47.2% a 59.9%. De igual forma, Donetii y Terry (2014) mencionan que su contenido depende del área de cultivo y de la fecha de cosecha, obteniendo para paltas Hass de España un incremento del contenido de ácido oleico de 54% a 60% entre la cosecha temprana y tardía, respectivamente, mientras que para las paltas de Perú el contenido de ácido oleico fue mucho menor, reportando 44%, 47% y 40% para la cosecha temprana, intermedia y tardía, respectivamente. Un similar comportamiento se observó en los resultados obtenidos.

El segundo ácido graso predominante fue el palmítico, el cual tiende a disminuir conforme aumenta la madurez de la palta (mayor porcentaje de materia seca), de esta forma Donetii y Terry (2014) reportan un 27%, 26% y 23% de ácido palmítico para la cosecha temprana, intermedia y tardía de la palta peruana, siendo más alto a lo obtenido para las

paltas de Chile que oscila entre 16-14%. Los valores reportados en la Tabla 4 resultan ser mayores en 2 a 3 unidades. Ante esto, Donetti y Terry (2014) mencionan que las diferencias encontradas en la composición del aceite podrían ser una consecuencia de las diferentes condiciones climáticas, la composición del suelo y las prácticas de cultivo de las áreas de donde las paltas se obtuvieron durante la cosecha. Ozdemir y Topuz (2004) mencionan que se muestra una disminución regular para los otros ácidos grasos, excepto el ácido linoleico, sin embargo en el presente estudio fue el ácido palmitoleico el cual no varió al avanzar los tiempos de cosecha.

De otro lado, también se observa que los porcentajes de participación de los diferentes ácidos grasos tienden mantenerse constante, por tiempo de cosecha, entre las paltas en almacenamiento en AC (estado verde) y cuando alcanzan la madurez comercial en anaquel. Meyer y Terry (2008) y Pedreschi *et al.* (2016) reportan que el perfil de ácidos grasos no cambia conforme la palta pasa a su madurez comercial, por lo cual un incremento de sus concentraciones estaría más relacionado a un aparente incremento del contenido de aceite.

Así mismo, Tabee *et al.* (2008) mencionados por Berastegi *et al.* (2012) señalaron que la estabilidad contra la oxidación de los ácidos grasos no solo depende del grado de insaturación del aceite, sino que dependen de la cantidad de antioxidantes presentes en la fracción insaponificable tales como el α -tocoferol y fitoesteroles.

Por otro lado, Meyer y Terry (2010) reportaron que la composición de los ácidos grasos de la palta en la cosecha tardía (materia seca de 26.71%) se mantuvo relativamente sin cambios durante el almacenaje de 26 días a 5 °C, sin embargo, en la cosecha temprana, la proporción de algunos ácidos grasos mostró cambios significativos durante el almacenaje de 21 días a 5° C, con una disminución de los ácidos palmítico y palmitoleico y un aumento del ácido linolénico. En los resultados obtenidos en la Tabla 4, no se observaron diferencias significativas entre todos los periodos de almacenaje porque a diferencia de lo reportado por Meyer y Terry (2010) las paltas del presente estudio fueron almacenadas en AC que mantuvo sin cambios a la palta Hass. Además, se demuestra que la aplicación de un tratamiento hidrotérmico a las paltas antes de su almacenaje en atmósfera controlada no afectó el perfil de ácidos grasos de la palta, tal como fue demostrado por Hernández *et al.* (2017) donde no encontraron diferencias significativas entre el perfil de ácidos grasos de

Tabla 4: Porcentaje de participación de los principales ácidos grasos en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Ácidos grasos %	Cosecha	Lotes en almacenamiento en atmósfera controlada								Lotes en condiciones de vida en anaquel					
		0 días		15AC		30AC		50AC		15AC+A		30AC+A		50AC+A	
Palmítico	Temprana	30.09	± 1.05 ^{abA}	29.22	± 1.75 ^{abA}	29.77	± 1.85 ^{abA}	30.76	± 1.67 ^{aA}	28.80	± 1.17 ^{abA}	27.88	± 1.33 ^{bA}	28.26	± 1.53 ^{abA}
	Intermedia	29.35	± 0.83 ^{aA}	28.71	± 1.09 ^{abAB}	27.52	± 0.88 ^{abAB}	26.79	± 1.26 ^{bB}	26.35	± 1.28 ^{bB}	27.40	± 1.89 ^{abA}	26.96	± 1.84 ^{abAB}
	Tardía	25.07	± 2.68 ^{ab}	27.15	± 1.18 ^{ab}	26.52	± 2.31 ^{ab}	26.11	± 1.29 ^{ab}	26.05	± 0.87 ^{ab}	26.51	± 1.62 ^{aA}	25.59	± 1.57 ^{ab}
Palmitoleico	Temprana	14.35	± 0.67 ^{aA}	13.32	± 0.73 ^{ab}	14.41	± 1.99 ^{aA}	14.84	± 0.62 ^{aA}	14.55	± 0.72 ^{aA}	14.43	± 1.62 ^{aA}	14.57	± 1.76 ^{aAB}
	Intermedia	15.32	± 1.04 ^{aA}	15.13	± 0.68 ^{aA}	15.23	± 1.48 ^{aA}	15.02	± 2.09 ^{aA}	15.31	± 1.52 ^{aA}	15.34	± 1.19 ^{aA}	15.75	± 1.06 ^{aA}
	Tardía	13.95	± 2.06 ^{aA}	15.03	± 1.64 ^{aA}	14.63	± 1.32 ^{aA}	14.76	± 1.34 ^{aA}	15.21	± 1.07 ^{aA}	14.35	± 1.04 ^{aA}	13.44	± 1.08 ^{ab}
Oleico	Temprana	34.84	± 1.52 ^{ab}	36.83	± 1.90 ^{aAB}	36.13	± 2.83 ^{aA}	34.15	± 0.57 ^{aC}	36.12	± 1.43 ^{aA}	36.21	± 2.02 ^{ab}	34.56	± 1.74 ^{ab}
	Intermedia	34.56	± 2.12 ^{ab}	34.90	± 0.47 ^{ab}	36.23	± 1.51 ^{aA}	36.71	± 1.93 ^{ab}	36.53	± 2.03 ^{aA}	35.66	± 1.79 ^{ab}	35.53	± 2.18 ^{ab}
	Tardía	40.75	± 2.49 ^{aA}	38.56	± 1.84 ^{aA}	38.99	± 3.11 ^{aA}	40.15	± 1.53 ^{aA}	38.05	± 1.45 ^{aA}	39.06	± 1.43 ^{aA}	40.35	± 1.31 ^{aA}
Iso-oleico	Temprana	5.17	± 0.46 ^{ab}	5.17	± 0.41 ^{ab}	5.53	± 0.92 ^{ab}	5.07	± 0.46 ^{ab}	5.56	± 0.60 ^{ab}	5.65	± 0.51 ^{ab}	5.70	± 0.28 ^{ab}
	Intermedia	5.78	± 0.26 ^{bB}	6.22	± 0.55 ^{abA}	6.43	± 0.38 ^{abAB}	6.60	± 0.60 ^{abA}	6.66	± 0.52 ^{aA}	6.18	± 0.43 ^{abAB}	6.67	± 0.50 ^{aA}
	Tardía	6.97	± 0.77 ^{aA}	6.47	± 0.30 ^{aA}	6.75	± 0.62 ^{aA}	6.61	± 0.39 ^{aA}	6.99	± 0.18 ^{aA}	6.71	± 0.55 ^{aA}	6.83	± 0.61 ^{aA}
Linoleico	Temprana	14.83	± 1.37 ^{aA}	14.75	± 1.16 ^{aA}	14.80	± 1.79 ^{aA}	14.51	± 1.22 ^{aA}	14.21	± 0.60 ^{aA}	15.02	± 1.86 ^{aA}	15.99	± 1.61 ^{aA}
	Intermedia	14.38	± 1.18 ^{aAB}	14.41	± 0.96 ^{aA}	14.02	± 0.79 ^{aAB}	14.26	± 0.99 ^{aA}	14.45	± 0.46 ^{aA}	14.73	± 0.81 ^{aA}	14.40	± 1.49 ^{aAB}
	Tardía	12.71	± 1.51 ^{ab}	12.31	± 1.02 ^{ab}	12.62	± 0.55 ^{ab}	11.86	± 1.16 ^{ab}	13.13	± 0.73 ^{ab}	12.81	± 1.04 ^{ab}	13.21	± 1.06 ^{ab}
Linolénico	Temprana	0.72	± 0.07 ^{abA}	0.73	± 0.07 ^{abA}	0.73	± 0.17 ^{abA}	0.67	± 0.07 ^{bA}	0.76	± 0.06 ^{abA}	0.82	± 0.14 ^{abA}	0.93	± 0.18 ^{aA}
	Intermedia	0.62	± 0.09 ^{aAB}	0.64	± 0.11 ^{aA}	0.57	± 0.05 ^{aAB}	0.63	± 0.06 ^{aA}	0.70	± 0.06 ^{aA}	0.69	± 0.07 ^{aAB}	0.69	± 0.07 ^{ab}
	Tardía	0.56	± 0.13 ^{ab}	0.49	± 0.05 ^{ab}	0.49	± 0.05 ^{ab}	0.50	± 0.07 ^{ab}	0.58	± 0.07 ^{ab}	0.57	± 0.08 ^{ab}	0.60	± 0.07 ^{ab}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma fila y letras en mayúscula diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) para cada ácido graso.

paltas Hass de Chile sometidas a las mismas condiciones del presente estudio y sometidas a solo un almacenaje en AC (30 días en atmósfera controlada de 4% O₂ y 6% CO₂ a 5°C).

4.4 METABOLITOS SECUNDARIOS

4.4.1 TOCOFEROLES

En las paltas Hass analizadas se detectó y cuantificó como principales tocoferoles al α -tocoferol y β -tocoferol (Figura 21). El contenido de α -tocoferol y β -tocoferol, se encontraron en rangos entre 61.06 a 70.20 y 20.74 a 23.06 $\mu\text{g/g}$ (bs) entre el primer y tercer tiempo de cosecha. Bajo condiciones de almacenamiento en AC, para los tres tiempos de cosecha, el α -tocoferol muestra una tendencia a mantenerse casi constante (52.35 a 63.77 $\mu\text{g/g}$, bs); mientras que cuando la palta alcanza la madurez en anaquel (cambio del estado verde a maduro), globalmente, se observa un incremento significativo (ver Anexo 10).

En el caso del β -tocoferol se observó también que, durante los periodos de almacenaje, este compuesto presenta una tendencia a mantenerse constante dentro del rango 20.74 – 23.07 $\mu\text{g/g}$ (bs) para las tres cosechas, con la excepción de los lotes de 15 y 30 días de almacenamiento de AC, de la temporada temprana al mostrar valores más bajos (16.51 y 16.31 $\mu\text{g/g}$, bs, respectivamente) y de los lotes de 50 días de almacenamiento en AC de la temporada intermedia y tardía con los mayores valores (28.93 y 27.10 $\mu\text{g/g}$, bs, respectivamente). Respecto al cambio de estado verde en almacenamiento en AC a estado maduro en anaquel, al igual que el caso del α -tocoferol, se observó un aumento significativo del β -tocoferol, para todas las cosechas.

Autores como Chun *et al.* (2006), Lu *et al.* (2009), Pedreschi *et al.* (2014) y Corzzini *et al.* (2016) reportan como principal tocoferol de la palta Hass al α -tocoferol. Lu *et al.* (2009) obtuvo para el α -tocoferol una tendencia a aumentar de 20.13 a 27.05 $\mu\text{g/g}$ (aproximadamente de 80.52 a 108.2 $\mu\text{g/g}$, bs) según avanzan las temporadas de cosecha (de enero a septiembre) debido ello, probablemente al incremento de aceite en la palta. En los resultados obtenidos en la Figura 21, no se apreció esta tendencia a aumentar, debiéndose probablemente, a que las fechas de cosecha evaluadas fueron más

cortas (de abril a julio) en comparación al estudio de Lu *et al.* (2009). Chun *et al.* (2006) reportaron 1.93 mg de α -tocoferol por 100 g palta comestible (aproximadamente 77.2 $\mu\text{g/g}$, bs), valor que se asemeja más a lo reportado.

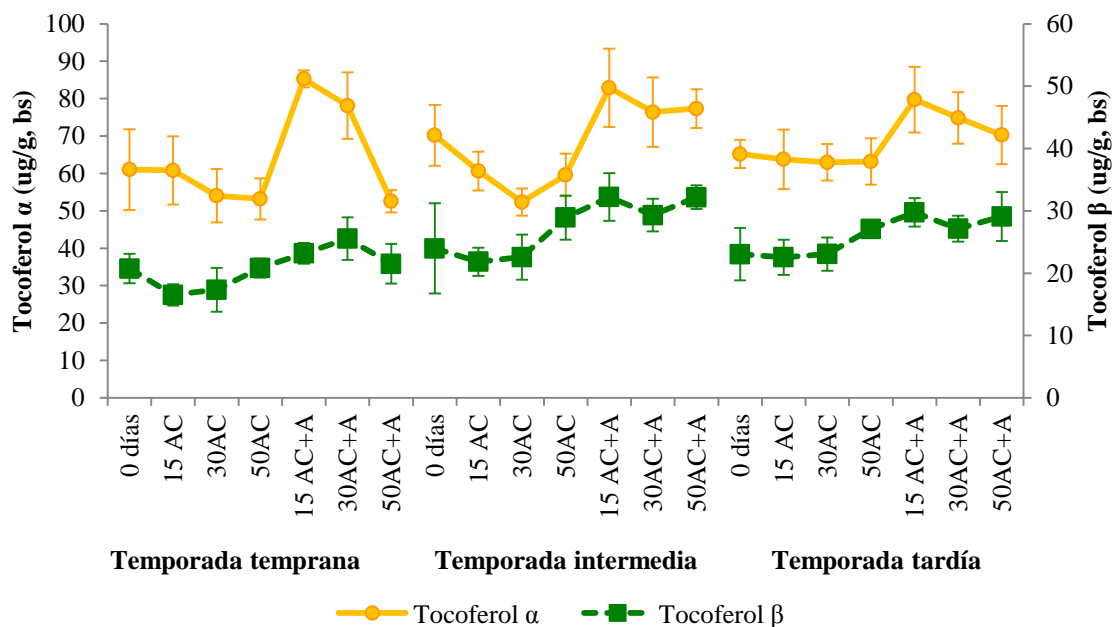


Figura 21: Contenido del α -tocoferol y β -tocoferol en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O_2 y 6% CO_2 a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Si bien se observa que el α -tocoferol está presente en mayor concentración en la palta respecto a otros tocoferoles, autores como Chun *et al.* (2006) y Corzzini *et al.* (2016) encontraron al γ -tocoferol como el segundo tocoferol de importancia, seguido por el β -tocoferol (con valores entre 2.4 a 0.83 $\mu\text{g/g}$, bs) y por último el δ -tocoferol, ellos en paltas Hass de procedencia de EE.UU y Brasil; mientras que Pedreschi *et al.* (2014) reportaron para paltas Hass maduras de Chile un rango de 34.4 – 41.9 $\mu\text{g/g}$ (bs) para el β -tocoferol, siendo el segundo tocoferol de importancia presente en la palta, lo cual tiende a asemejarse a lo reportado en este estudio. Esta variación en el perfil de tocoferoles encontrado con las paltas Hass analizadas sugiere que, al igual que el perfil de ácidos grasos, la participación de estos compuestos, guardaría dependencia de las condiciones climáticas, la composición del suelo y las prácticas de cultivo de las áreas donde las paltas fueron cultivadas.

Ornelas y Yahia (2004) indican que hay una tendencia de los tocoferoles totales a disminuir durante 56 días de almacenaje a 5°C tanto para paltas tratadas térmicamente y sin tratar antes del almacenaje, esa tendencia a disminuir conforme aumentan los tiempos de almacenaje no se apreció de forma significativa, pues el almacenaje de las paltas en atmósfera controlada se mantuvo casi sin cambios a la palta estudiada. Ante el incremento de los tocoferoles en la palta madura, Lee *et al.* (2016) encontraron un similar comportamiento en las moras al ir alcanzando la madurez, con incrementos significativos de vitaminas tales como ácido ascórbico y δ -tocoferol, explicando que estas vitaminas son antioxidantes importantes que protegen contra el estrés oxidativo y los secuestradores de oxígeno que reaccionan rápidamente con los radicales libres. Munné-Bosch y Alegre (2002) también indican que durante la maduración de las frutas los tocoferoles totales tienden a aumentar debido a la transformación de los cloroplastos en cromoplastos lo cual incrementa la acumulación excesiva de carotenoides y síntesis del α -tocoferol.

4.4.2 FITOESTEROLES

En la palta Hass se detectaron y cuantificaron a dos fitoesteroles, el β -sitosterol que se presentó en mayor cantidad (140.87-201.04 mg/100g, bs), seguido del campesterol (23.42-30.69 mg/100g, bs), no existiendo cambios significativos en su contenido en función al tiempo de cosecha (Figura 22).

Bajo condiciones de almacenamiento en AC, se observa que el β -sitosterol tiende a incrementar conforme transcurren los días de almacenamiento, efecto que se observa en especial para las paltas de la temporada intermedia (de 150 a 182 mg/100g, bs) y tardía (de 164 a 182 mg/100g, bs), mientras que para la temporada temprana este tiende a ser constante (de 155 a 147 mg/100g, bs). Cuando las paltas alcanzaron su madurez de consumo en anaquel, para los diferentes tratamientos y para las diferentes temporadas de cosecha, se observó un incremento significativo del β -sitosterol (ver Anexo 11).

Respecto al campesterol, presentó un comportamiento similar al β -sitosterol, durante los periodos de almacenaje, así en la temporada temprana muestra una tendencia constante (de 23.42 a 24.82 mg/100g, bs), mientras que para la temporada intermedia y tardía se observa

una tendencia a incrementarse conforme aumenta el tiempo en almacenaje en AC. Con respecto a las paltas que alcanzaron su madurez en anaquel, se observó de forma general que, el campesterol, tiende a mantenerse constante entre todas las paltas de las tres cosechas (rango entre 26.06 y 31.77 mg/100g, bs).

Plaza *et al.* (2009) reportan al β -sitosterol como el fitoesterol más abundante en la palta Hass a madurez comercial, seguido del campesterol y en menor concentración el stigmasterol (212.9; 23.2 y 2.4 mg/100g, bs, respectivamente). Del mismo modo, Piironen *et al.* (2003) exponen que la palta, a madurez comercial, es la fruta con mayor contenido de β -sitosterol y campesterol, con valores de 240.47 y 15.95 mg/100g (bs). Duester (2001) encontró una tendencia a aumentar el contenido del β -sitosterol y campesterol entre paltas maduras adquiridas en los meses de enero a mayo, obteniendo un incremento de 66.17 a 86.60 mg/100g (aproximadamente 264.67 a 346.40 mg/100g, bs) para el β -sitosterol y un incremento de 4.93 a 5.30 mg/100g (aproximadamente 19.73 a 21.20 mg/100g, bs) para el campesterol.

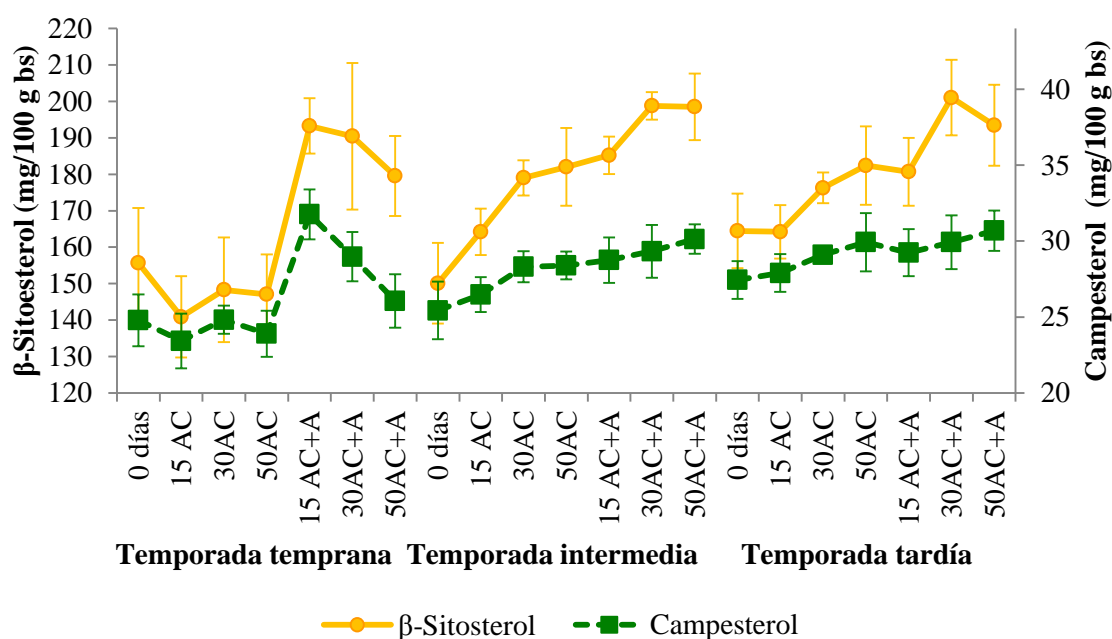


Figura 22: Contenido del β -sitosterol y campesterol en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Respecto a los cambios al alcanzar la madurez comercial, Piironen *et al.* (2000) mencionan que estudios en tomate reportan un gran incremento de esteroides libres y glicósidos al madurar la fruta, mientras que estudios en manzanas y pimentones mostraron pequeños cambios. Whitaker (1990) explica, que en la etapa verde-madura del tomate ya contiene todo el precursor necesario (ácido mevalónico) para la posterior síntesis de esteroides en la etapa final de maduración. Por otro lado, Piironen *et al.* (2000) indican un incremento del total de esteroides, en tomate, tanto durante almacenaje a 2 °C como a 15 °C.

4.4.3 COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) tiende a disminuir conforme avanza el tiempo de la cosecha de la palta pasando de 1.06 a 0.77 mg AGE/g, bs, para la temporada temprana y tardía, respectivamente (Figura 23), lo cual coincide con Tesfay *et al.* (2010), quienes encontraron una tendencia de los fenólicos totales a disminuir conforme la palta se desarrolla en el árbol, siendo mayor esta disminución en la pepa de la palta mientras que, en el mesocarpio permanece su contenido en valores más bajos y casi constante, explicando que los altos contenidos de fenólicos en el inicio del desarrollo de la fruta es un mecanismo de protección. Por ello, conforme aumenta la materia seca, los compuestos fenólicos tienden a disminuir. Sin embargo, en la Figura 23, se observa esta disminución solo para la temporada temprana, ello debido probablemente al poco incremento de la materia seca.

Bajo condiciones de almacenamiento en AC a los diferentes tiempos, se observa que, los CFT por temporada de cosecha, permanecen constantes (ver Anexo 12), con valores entre 1.0-1.06; 0.79-0.86 y 0.76-0.81 mg AGE/g, (bs), para el primer, segundo y tercer tiempo de cosecha, respectivamente. Al madurar, los CFT en las paltas Hass, se incrementan para la temporada intermedia y tardía (0.93-1.15 y 0.92-0.90 mg AGE/g, bs, respectivamente), mientras que tiende a permanecer constante para la temporada temprana (1.02-1.14 mg AGE/g, bs).

Estos valores se asemejan a lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011), quienes encontraron que, el estado de madurez organoléptico de la palta afecta significativamente a los compuestos fenólicos totales incrementándose al madurar, pasando de 0.52 a 0.97

mg AGE/g (bs) de la palta verde a la madura. Rodríguez-Carpena *et al.* (2011) también indican para la palta Hass con madurez comercial un valor de CFT de 0.92 mg AGE/g (bs).

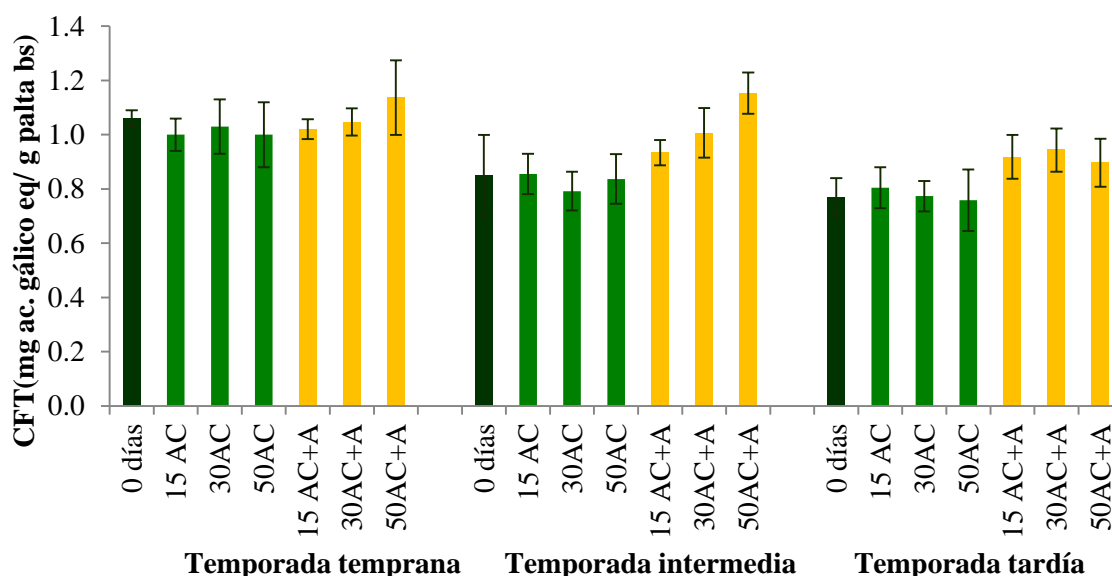


Figura 23: Contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Villa-Rodríguez *et al.* (2011) explican que la maduración de la palta se da con el pico de etileno y, como la enzima fenilalanina amoniaco liasa (PAL), que participa en la ruta biosintética de los compuestos fenólicos, aumenta su actividad con la producción de etileno, es que se obtiene el incremento de los fenólicos al madurar las paltas. Por este mismo motivo se puede explicar la tendencia a mantenerse constante durante los periodos de almacenaje ya que la conservación en atmósfera controlada evita el incremento del etileno influyendo en la actividad de la PAL.

4.4.4 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE HIDROFÍLICA Y LIPOFÍLICA *in vitro*.

En la Figura 24 se presentan los resultados de las actividades antioxidantes hidrofílicas (AOX-H) y lipofílicas (AOX-L), de las paltas Hass evaluadas. Con respecto a la AOX-H,

se encontró que sus valores no sufren cambios en función al tiempo de cosecha (de 15.81 a 15.86 $\mu\text{mol TE/g}$, bs), mientras que, la AOX-L, que fue aproximadamente 5 veces menos que la AOX-H (ver Anexo 13), tendió a disminuir conforme transcurrió el tiempo de cosecha (de 3.19 a 2.80 $\mu\text{mol TE/g}$, bs).

Bajo condiciones de almacenamiento en AC por tiempo de cosecha, los valores de la AOX-H tendieron a mantenerse estables (15.4 a 16.4; 14.0 a 15.1 y 13.8 a 15.8 $\mu\text{mol TE/g}$, bs; para las paltas de la temporada temprana, intermedia y tardía, respectivamente). Sin embargo, se observa un incremento significativo de esta propiedad, en las paltas al pasar del almacenamiento en AC (14.02 - 16.47 $\mu\text{mol TE/g}$, bs) al estado maduro al final del almacenamiento en anaquel (18.24 - 21.66 $\mu\text{mol TE/g}$, bs). La AOX-L, siguió un comportamiento similar a la AOX-H, aumentando ligeramente al pasar del estado verde bajo almacenamiento en AC (2.80 - 3.98 $\mu\text{mol TE/g}$, bs) al estado maduro en anaquel (3.44 - 4.63 $\mu\text{mol TE/g}$, bs) para las tres cosechas, manteniéndose casi constante durante los periodos de almacenaje.

Corral-Aguayo *et al.* (2008) mencionan que por lo general las frutas presentan mayor AOX-H que la AOX-L, lo cual se asemeja a lo reportado; sin embargo, Corral-Aguayo *et al.* (2008) reportaron que la palta presenta la menor AOX-H y la mayor AOX-L respecto a otras frutas, con valores de 222.1 y 31.8 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ palta fresca (correspondiendo a 6.53 y 0.94 $\mu\text{mol TE/g}$, bs) respectivamente, para palta Hass en estado de madurez comercial, por el mecanismo TEAC, valores que resultan 3 veces menor a lo reportado en la Figura 24.

Por otro lado, si bien se observa una tendencia de aumentar la AOX-H y AOX-L al alcanzar la madurez comercial, Villa-Rodríguez *et al.* (2011) encontraron una tendencia a mantenerse constante para AOX-H durante la maduración de la palta a través de los mecanismos de reacción antioxidante DPPH, TEAC y ORAC mientras que, para la AOX-L variaron dependiendo del mecanismo de reacción (aumenta con DPPH, disminuye con TEAC y permanece constante con ORAC).

Tesfay *et al.* (2010) reportaron una tendencia de la AOX total a disminuir conforme la palta se desarrolla en el árbol, explicando que esta disminución está sujeta al comportamiento de metabolitos con propiedades antioxidantes. La tendencia de ambas

actividades antioxidantes a aumentar con la maduración de la palta se explicaría por el incremento encontrado, al madurar las paltas, de los tocoferoles, fitoesteroles y compuestos fenólicos, los mismos que poseen propiedades antioxidantes.

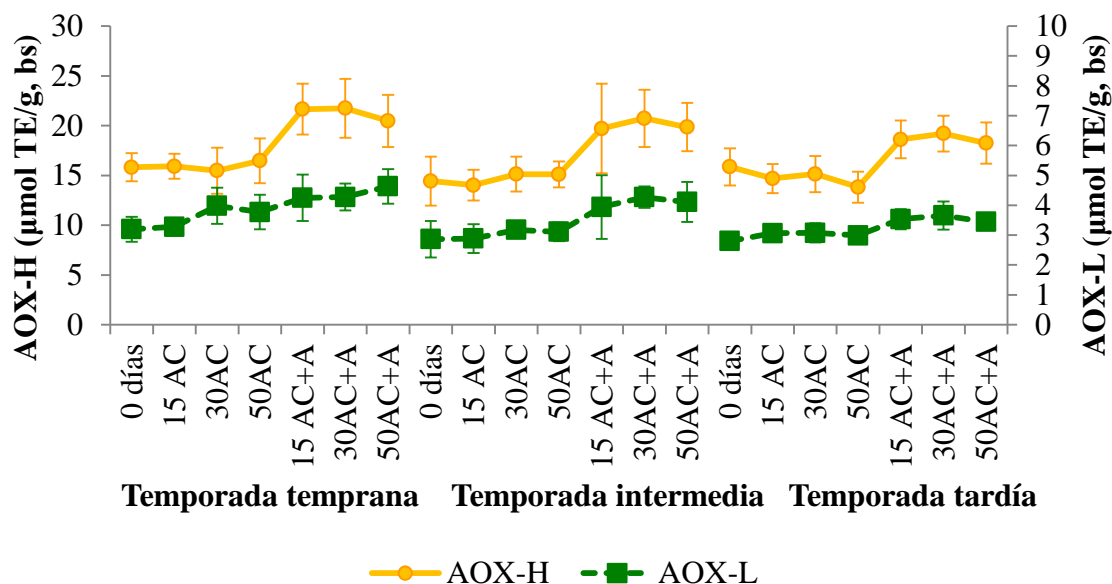


Figura 24: Actividad antioxidante hidrofílica (AOX-H) y lipofílica (AOX-L) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

Tabla 5: Correlación Pearson entre la actividad antioxidante y algunos metabolitos

Coefficiente Pearson (r)	1° Cosecha	2° Cosecha	3° Cosecha
Fenólicos totales y actividad antioxidante hidrofílica ABTS	0.52	0.67	0.82
Tocoferoles totales y actividad antioxidante lipofílica ABTS	0.17	0.65	0.49
Fitoesteroles y actividad antioxidante lipofílica ABTS	0.47	0.64	0.40

Correlación de Pearson (r) es significativa al nivel $p < 0.01$.

Se determinó el coeficiente de correlación Pearson entre la AOX-H y CFT, AOX-L y tocoferoles totales, AOX-L y fitoesteroles totales para las tres cosechas (Tabla 5), en todos

los casos la correlación fue positiva. Se observa que el coeficiente Pearson entre los fenólicos totales y la actividad antioxidante hidrofílica presenta una correlación moderada, moderada y alta para la temporada temprana, intermedia y tardía respectivamente, notándose un incremento al avanzar las cosechas. Rodríguez-Carpena *et al.* (2011) reportó un $r = 0.87$ para el método ABTS y los compuestos fenólicos presentes en la palta Hass indicando que los compuestos fenólicos de los extractos de la palta juegan un papel importante en sus efectos antioxidantes contra los radicales libres.

El coeficiente Pearson entre los tocoferoles totales y la actividad antioxidante lipofílica presenta una correlación baja, moderada y media para la temporada temprana, intermedia y tardía respectivamente, mientras que, entre los fitoesteroles y la actividad antioxidante lipofílica presenta una correlación media, moderada y media para la temporada temprana, intermedia y tardía. Estos resultados indican que no sólo los tocoferoles y fitoesteroles de forma aislada juegan un papel importante en la actividad antioxidante lipofílica de la palta, sino también otros compuestos y/o antioxidantes, como los ácidos grasos insaturados, podrían estar actuando sinérgicamente, lo cual se confirma con lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011) quienes obtuvieron valores de coeficientes de correlación altos entre los principales ácidos grasos de la palta y su actividad antioxidante.

4.4.5. ÁCIDO ABSCÍSIKO

En la Figura 25, se muestra el contenido de ácido abscísico (ABA) en palta Hass almacenadas en AC y posterior maduración en anaquel. Se observó una tendencia a aumentar su contenido al pasar la palta de su estado verde a su estado maduro (ver Anexo 14). Por otro lado se observó que el contenido de ABA se mantuvo constante entre las tres cosechas y los tres periodos de almacenaje en atmósfera controlada en un rango de 0.10 a 0.43 mg/100 g, bs. Del mismo modo, el contenido de ABA se mantuvo constante entre todos los lotes de la palta en anaquel, dentro de un rango de 0.80 a 2.67 mg/100 g, bs. Del mismo modo, Cutting *et al.* (1986) indicaron un incremento del contenido del ABA alcanzando su máxima concentración en la madurez organoléptica de la palta Fuerte, obteniendo para una cosecha temprana un incremento de 4 a 13 mg/g palta fresca y para una cosecha tardía un incremento de 4 a 19.5 mg/g palta fresca.

Lurie *et al.* (1986), citados por Bower y Cutting (1988), mencionan que una vez cosechada la fruta se produce una pérdida considerable de agua de la fruta por transpiración, lo que podría conducir a la acumulación de ABA. Adato y Gazit (1974), citados por Bower y Cutting (1988), encontraron que cuanto mayor es la pérdida diaria de agua de las paltas cosechados, más rápida es la maduración. Por ello se observa que mientras las paltas se encuentran almacenadas en la atmosfera controlada, donde la pérdida de agua es mínima, el contenido de ABA también es bajo, pero, ya al pasar a condiciones de anaquel para su maduración, se evidencia el incremento del ABA.

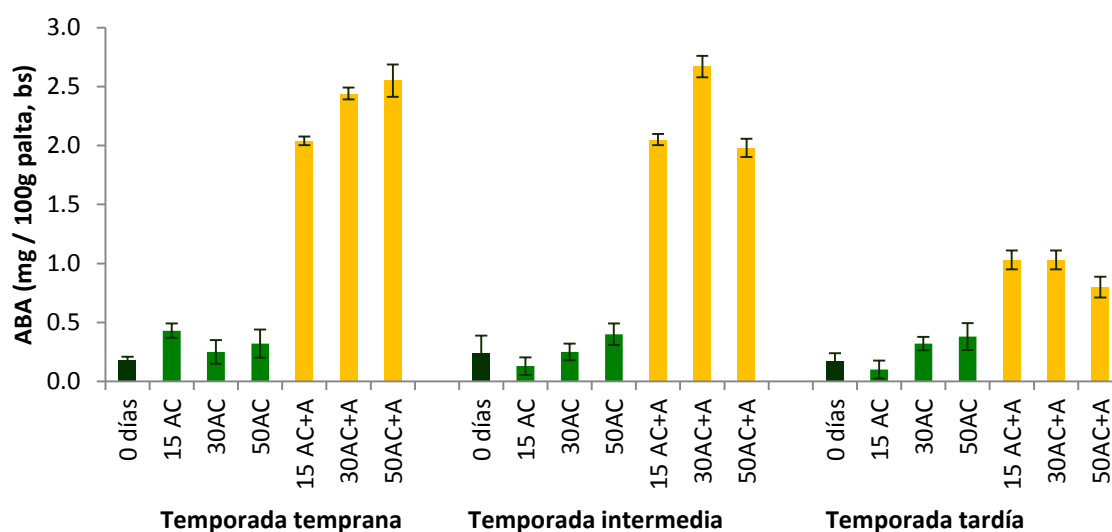


Figura 25: Contenido de ácido abscísico (ABA) en pulpa de palta Hass procedente de tres temporadas de cosecha, al día cero, sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h) y almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (4% O₂ y 6% CO₂ a 7°C) y al alcanzar su respectiva madurez de consumo en anaquel

4.5 HETEROGENEIDAD EN LA MADURACIÓN DE LAS PALTAS

Se evaluó la heterogeneidad de la maduración de las paltas Hass, en anaquel, a través de la elaboración de histogramas de frecuencia (Figura 26) contabilizando en el tiempo el número de paltas que alcanzaron la madurez comestible en función a sus valores de firmeza. Las paltas maduras presentaron valores promedios de firmeza de 4.92 ± 0.53 , 4.65 ± 0.61 y 4.65 ± 0.73 N para la temporada temprana, intermedia y tardía, respectivamente,

valores que están dentro de los rangos alcanzados Arzate-Vázquez *et al.* (2011), quienes reportan que durante los 12 días que toma el proceso de madurez de la palta Hass a 20°C y 75% HR, la firmeza de la palta decrece de 75.43 a 2.63 N, así como el rango reportado por Hofman *et al.* (2002), quienes trabajaron con paltas Hass de temporada tardía, reportando un tiempo promedio de 7 días con un rango de firmeza de 4 - 6 N a condiciones de 20°C luego de ser sometidas a un tratamiento hidrotérmico de 38°C por una hora y un almacenaje de 16 días a 1°C.

El tiempo para alcanzar la madurez comestible, bajo condiciones de anaquel (20°C, HR: 70%), para el caso de la temporada temprana (Figura 26 a-c) va disminuyendo conforme aumenta el tiempo de almacenaje en AC, teniendo un 63 por ciento de paltas maduras entre los 16 - 20 días, un 77 por ciento entre los 14 - 18 días y un 63 por ciento entre los 6 - 10 días para los lotes de palta almacenados en AC por 15, 30 y 50 días en AC, respectivamente. En el caso de la temporada intermedia (Figura 26 d-f) se observa que el tiempo para alcanzar la madurez comestible tiende a concentrarse en menos días conforme aumenta el tiempo de almacenaje en AC, teniendo un 80 por ciento de paltas maduras entre los 6 - 14 días, un 70 por ciento entre los 8-12 días y un 87 por ciento entre los 8-10 días para los lotes de palta almacenados en AC por 15, 30 y 50 días en AC, respectivamente.

Finalmente, en la temporada tardía (Figura 26 g-i) se observa que el tiempo para alcanzar la madurez comestible se concentra al día 8, así las paltas maduraron en un 70, 73 y 67 por ciento, para los lotes de palta almacenados en AC por 15, 30 y 50 días en AC, respectivamente. De forma general se observa que a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento disminuye el tiempo en alcanzar madurez de consumo, del mismo modo, a medida que avanzan las cosechas de una temporada a otra, este tiempo también se acorta, siendo en la temporada tardía donde el tiempo en alcanzar la madurez de consumo de las paltas se produce en menor tiempo en comparación a las paltas procedentes de la temporada temprana e intermedia.

De forma general, se observó que las paltas en la temporada temprana tardaron entre 12 a 20 días en madurar, ante lo cual, Bill *et al.* (2014) afirman que las paltas al comienzo de la temporada de cosecha pueden tardar de 10 a 12 días en madurar a 20 °C, mientras que las paltas cosechadas al final de la temporada pueden madurar dentro de los 5 a 6 días en las mismas condiciones, que en el caso de la temporada tardía analizada, fue de 8 días. De

igual forma, Hernández *et al.* (2017) reportan que durante la cosecha temprana de la palta Hass el tiempo para alcanzar la madurez comestible es amplio (con una firmeza de 3.40 N) mientras que en la cosecha intermedia este tiempo se reduce considerablemente (con una firmeza de 4.62 N).

Además, Blakey (2011) menciona que la cosecha demasiado temprana en la temporada contribuye a una materia seca baja, lo cual se asocia con una maduración irregular y una baja concentración de aceite. Por otro lado, para Ouma (2001) un tratamiento hidrotérmico a 38°C retrasa el número de días para alcanzar la máxima evolución de etileno mientras que la tasa de respiración se mantiene sin cambios, la pérdida de peso se reduce y el número de días para alcanzar la maduración a 21 °C aumenta. Todo esto explica el amplio tiempo tomado en la maduración comestible para la temporada temprana de las paltas Hass, el cual va disminuyendo conforme pasa a la temporada intermedia y tardía del año. En cuanto a los daños fisiológicos, se encontró que estos se presentaron en porcentajes entre el 5 y 7% de las paltas evaluadas, así en la temporada temprana e intermedia se evidenció el pardeamiento vascular o “*vascular browning*” y la pudrición del extremo del tallo o “*stem-end rot*” mientras que en la temporada tardía solo se evidenció una palta con pudrición del extremo del tallo, como se detalla en la Figura 27.

Como último punto, se buscó encontrar marcadores predictivos (características químicas, enzimáticas, metabolitos primarios y secundarios y AOX-H y -L) a cosecha, que pudieran estar relacionados con la heterogeneidad que presentaron las paltas al momento de alcanzar la madurez de consumo (“*ready to eat*”), empleando el análisis multivariado PLS-DA. Para ello, por tiempo de almacenamiento (15, 30 y 50 días) se determinó el promedio de los días que demoraron las paltas (n=30) en madurar (AverRTE) y la desviación estándar de los mismos (RTEDEV), bajo esta condición mientras mayor valor tenga la desviación estándar, ello quiere decir que más heterogéneo es el lote de palta al madurar, siendo por ello la respuesta a relacionar el valor de la desviación estándar (RTEDEV) con los diferentes marcadores evaluados (citados arriba). Los resultados del análisis multivariado se presentan en las Figuras 28, 29 y 30 para los días 15, 30 y 50 de almacenamiento, respectivamente

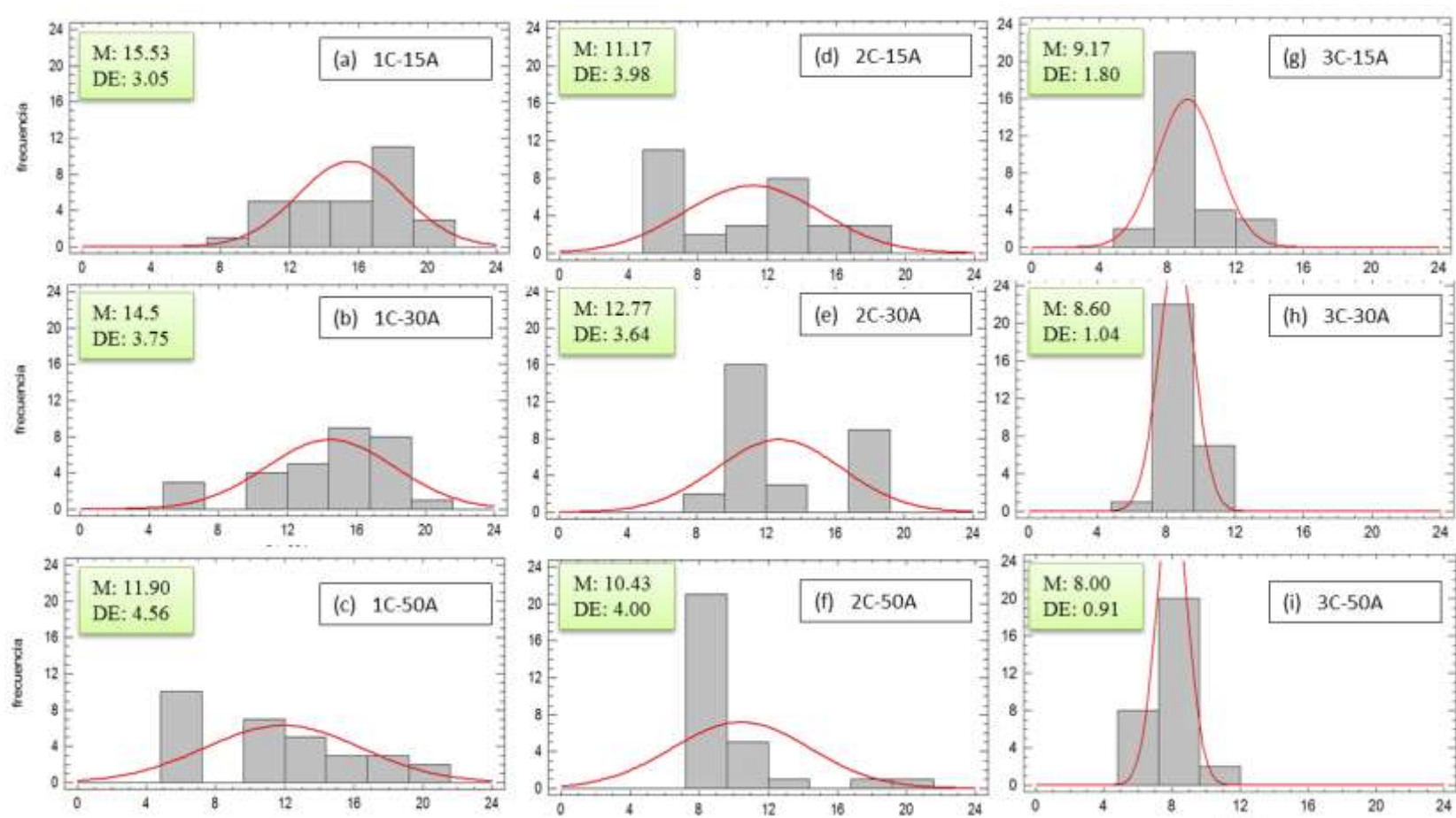


Figura 26: Histograma del número de días para alcanzar la madurez de consumo de palta Hass sometida a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h), procedentes de tres cosechas, almacenadas por 15, 30 y 50 días en atmósfera controlada (6% CO₂ y 4% O₂ a 7°C) al alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-8N), respectivamente. Paltas corresponden a la temporada temprana (1C-15/50A), intermedia (2C-15/50A) y tardía (3C-15/50A)






TEMPORADA TEMPRANA		
15AC+Anaquel	30AC+Anaquel	50AC+Anaquel
<p>> 95 % en buen estado (29 de 30)</p>  <p>Pardeamiento vascular</p>	<p>> 93 % en buen estado (28 de 30)</p>  <p>Pudrición del extremo del tallo</p>  <p>Pardeamiento vascular</p>	<p>> 93 % en buen estado (28 de 30)</p>  <p>Pudrición del extremo del tallo y pardeamiento vascular</p>  <p>Pardeamiento vascular</p>

Figura 27: Daños fisiológicos encontrados en los lotes de las paltas Hass en anaquel durante las tres cosechas







TEMPORADA INTERMEDIA		
15AC+Anaquel	30AC+Anaquel	50AC+Anaquel
<p>100 % en buen estado</p> 	<p>> 95 % en buen estado (29 de 30)</p>  <p>Pardeamiento vascular</p>	<p>> 95 % en buen estado (29 de 30)</p>  <p>Pudrición del extremo del tallo</p>
TEMPORADA TARDÍA		
15AC+Anaquel	30AC+Anaquel	50AC+Anaquel
<p>100 % en buen estado</p> 	<p>> 95 % en buen estado (29 de 30)</p>  <p>Pudrición del extremo del tallo</p>	<p>100 % en buen estado</p> 

Figura 27: Daños fisiológicos encontrados en los lotes de las paltas Hass en anaquel durante las tres cosechas

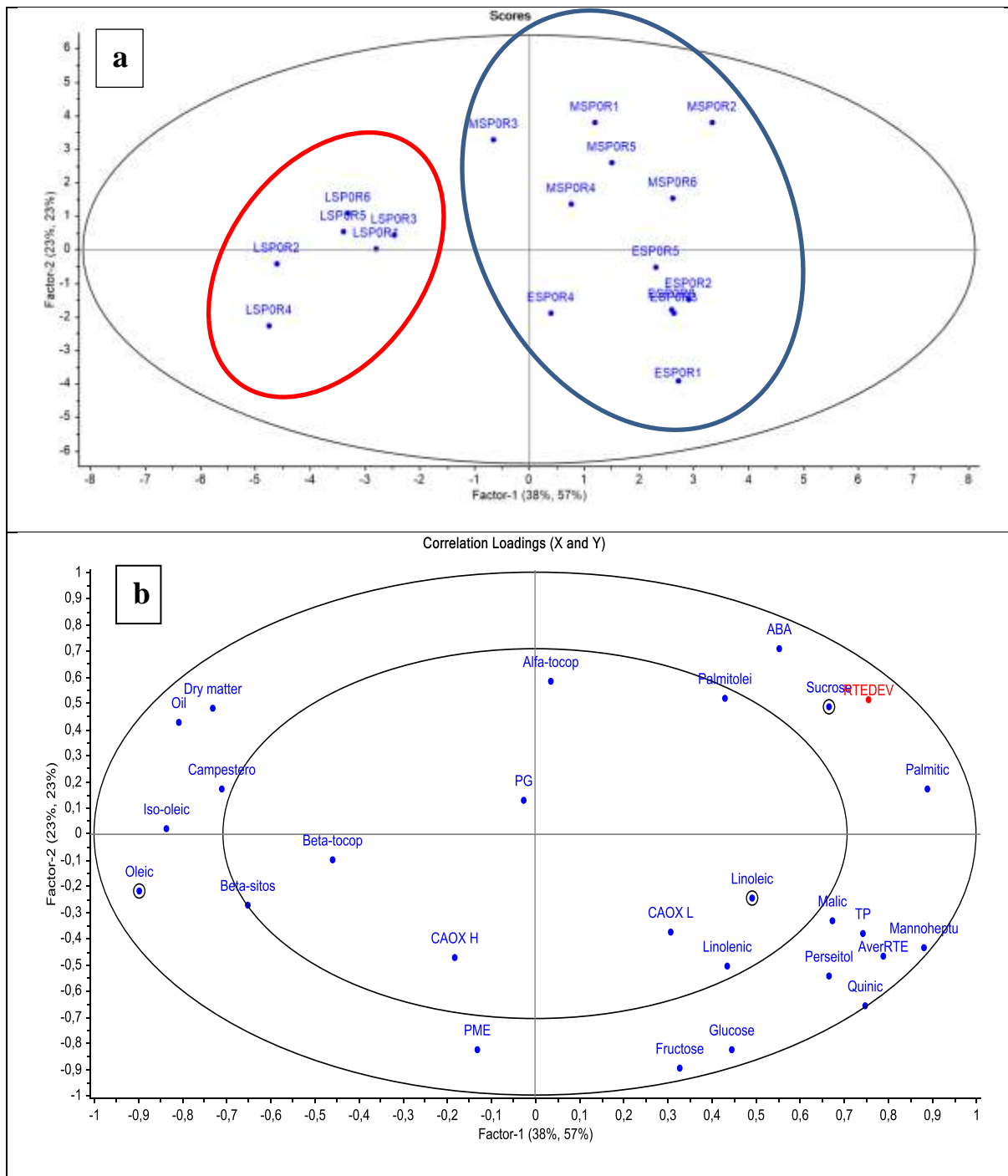


Figura 28: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 15 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP)

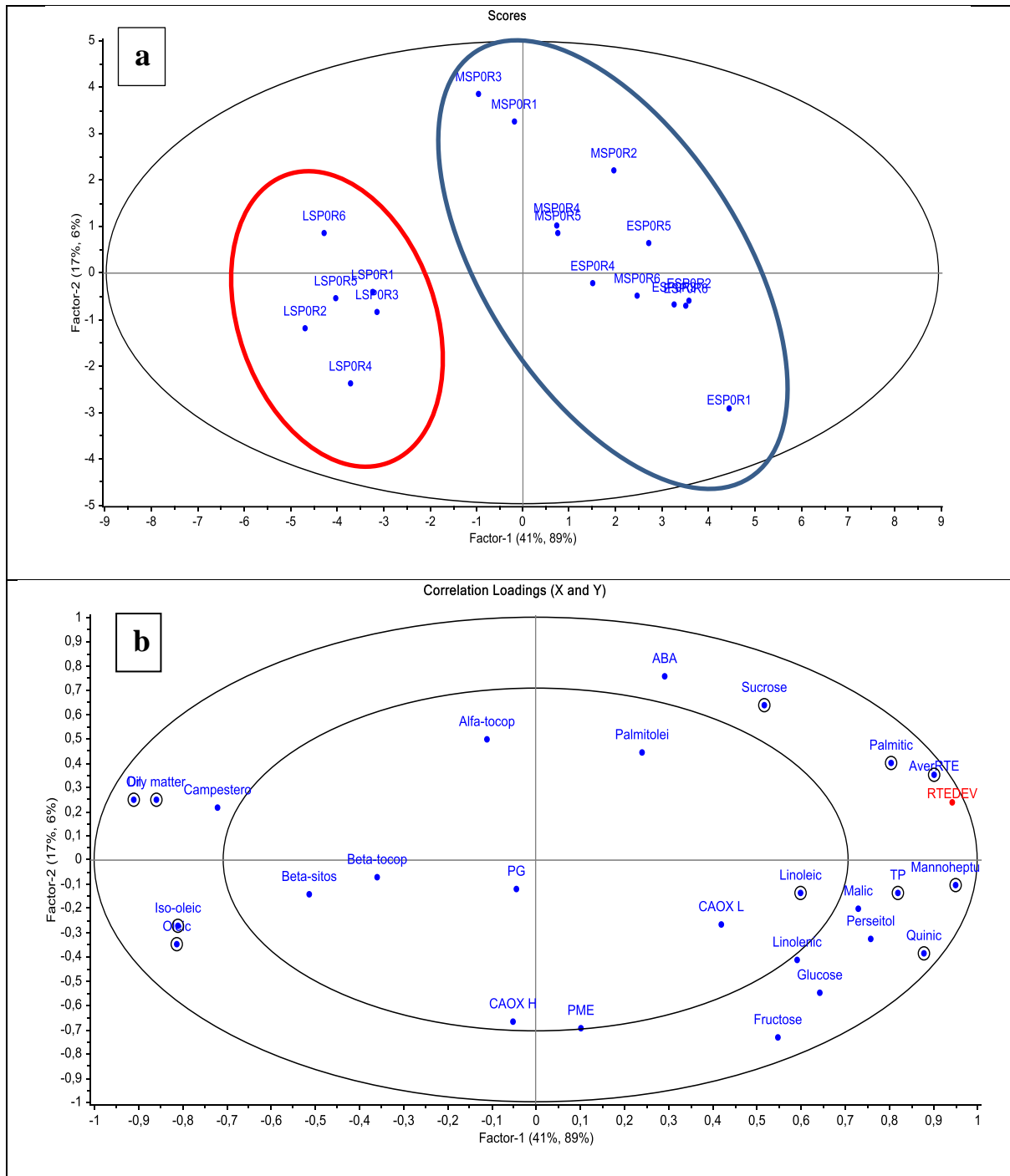


Figura 29: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 30 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP)

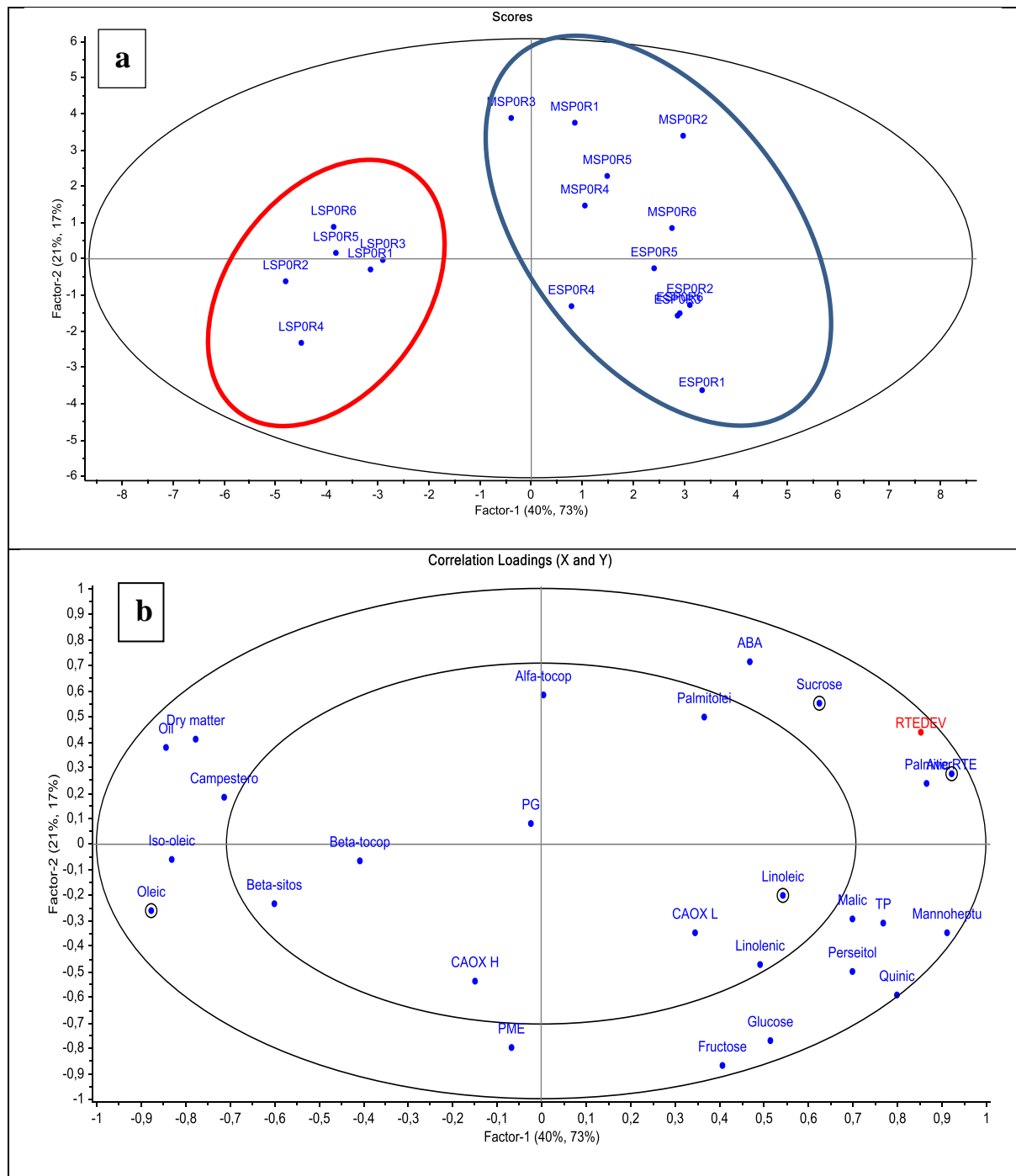


Figura 30: Análisis multivariante PLS de los 25 marcadores (físico-químicos, enzimáticos y metabolitos primarios y secundarios) de la palta al momento de la cosecha, más el promedio y desviación estándar del tiempo tomado para alcanzar su madurez comercial de las paltas sometidas previamente a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 hora) seguido de un almacenamiento por 50 días en atmósfera controlada, procedentes de tres temporadas: temprana (ESP), intermedia (MSP) y tardía (LSP)

De los resultados encontrados en las Figuras 28a, 29a y 30a, se observa en primera instancia que, se forman dos agrupaciones (clusters) que se encuentran separados, el primero (en azul) corresponde a las paltas cosechadas en la temporada temprana e intermedia (ESP y MSP), y la segunda agrupación (en rojo) corresponde a las paltas de la temporada tardía (LSP), lo que indicaría que ambas agrupaciones muestran diferentes comportamientos al momento de alcanzar la madurez de consumo, para las paltas bajo un almacenamiento de 15 o 30 o 50 días en AC, posterior al tratamiento hidrotérmico aplicado.

De otro lado, en las Figuras 28b, 29b y 30b, se observa en primer lugar que, el análisis del PLS discrimina a las variables que resultan ser más significativas en el proceso evaluado, siendo aquellas que se encuentran en la región ocupada entre los dos círculos. Adicionalmente se observa que la variable respuesta a evaluar RTEDEV (en rojo) se presenta cercano a los marcadores sacarosa (sucrose), ácido palmítico (palmitic) y el ácido abscísico (ABA), lo que indicaría que estos marcadores están directamente relacionados con la heterogeneidad de la palta, sea que haya seguido ella un almacenamiento de 15 o 30 o 50 días en AC, posterior al tratamiento hidrotérmico aplicado y esta respuesta se da en las paltas cosechadas en la temporada temprana e intermedia (obsérvese por superposición de las Figuras a y b, línea vertical central a la derecha).

Por otro lado, los marcadores contrarios a respuesta RTEDEV, son los ácidos oleico (oleic) e iso-oleico (iso-oleic), indicando que ellos están indirectamente relacionados con la heterogeneidad de la palta al momento de madurar y esta respuesta se asocia a las paltas cosechadas en la temporada tardía (obsérvese por superposición de las Figuras a y b, línea vertical central a la izquierda).

V. CONCLUSIONES

1. Del análisis multivariante PLS-DA, se encontró como principales marcadores altamente correlacionados con la heterogeneidad de la palta a: la sacarosa, ácido abscísico, ácido palmítico, manoheptulosa, CFT y ácido orgánico quínico; mientras que, como principales marcadores inversamente relacionados con la heterogeneidad a: los ácidos oleico e iso-oleico, materia seca y contenido de aceite.
2. Conforme transcurren las temporadas de cosecha de la palta Hass: aumentó el contenido de materia seca, aceite, ácido graso oleico, iso-oleico, el β -tocoferol, el β -sitosterol y campesterol; disminuyó el contenido de manoheptulosa, perseitol, sacarosa, el ácido orgánico quínico, los ácidos grasos palmítico, linoleico y linolénico, los compuestos fenólicos totales, la actividad antioxidante lipofílica y el ácido abscísico; y, no se observó diferencias significativas en las actividades enzimáticas PME y PG, el contenido de glucosa, fructosa, ácido orgánico málico, ácido graso palmitoleico, α -tocoferol y la actividad antioxidante hidrofílica.
3. El tiempo de almacenaje en atmósfera controlada no influyó en la variación de los metabolitos manteniéndose casi constantes a excepción de la manoheptulosa y perseitol que disminuyeron; mientras que, el β -sitosterol y campesterol aumentaron.
4. La palta al alcanzar su madurez de consumo presentó: una disminución de la actividad enzimática PME, el contenido de manoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa; un aumento de la actividad enzimática de la PG, el contenido del α -tocoferol, β -tocoferol, β -sitosterol, campesterol, los compuestos fenólicos totales, el ácido abscísico y la actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica; y, no presentó variación en el contenido de: materia seca, aceite, sacarosa, los ácidos grasos y los ácidos orgánicos quínico y málico.

VI. RECOMENDACIONES

- Analizar el comportamiento de estos marcadores identificados, en paltas Hass peruanas de diferentes orígenes (costa norte, sierra).
- Evaluar estos marcadores identificados en paltas Hass, sometidas a otros tratamientos postcosecha y su relación con la heterogeneidad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Amaral, J.; Casal, S.; Torres, D.; Seabra, R.; Oliveira, B. (2005). Simultaneous Determination of Tocopherols and Tocotrienols in Hazelnuts by a Normal Phase Liquid Chromatographic Method. *Analytical Sciences*, 21: 1545-1549. Doi: 10.2116/analsci.21.1545
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. Horwitz, W (ed.). 18 ed. Washington, Estados Unidos.
- Arnao, M.; Cano, A.; Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 73: 239-244. Doi: 10.1016/S0308-8146(00)00324-1
- Arzate-Vázquez, I.; Chanona-Pérez, J.; Perea-Flores, M.; Calderón-Domínguez, G.; Moreno-Armendáriz, M.; Calvo, H.; ... Gutiérrez-López, G. (2011). Image Processing Applied to Classification of Avocado Variety Hass (*Persea americana* Mill.) During the Ripening Process. *Food Bioprocess Technology*, 4: 1307–1313. Doi: 10.1007/s11947-011-0595-6
- Awad, M. & Young, R. (1979). Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectinmethylesterase in avocado (*Persea americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. *Plant Physiology*, 64: 306–308. Doi: 10.1104/pp.64.2.306
- Awad, M. & Young, R. (1980). Avocado Pectinmethylesterase Activity in Relation to Temperature, Ethylene, and Ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(5): 638-641. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/54fa/4fad2960e60fa6a4bbfd1558252611c09f2c.pdf>
- Berasategi, I.; Barriuso, B.; Ansorena, D.; Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132: 439–446. Doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.018

- Bermejo-Prada, A.; Van, S.; Otero, L.; Houben, K.; Van, A.; Hendrickx, M. (2014). Kinetics of thermal and high-pressure inactivation of avocado polygalacturonase. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 51 - 58. Doi: 10.1016/j.ifset.2014.05.005
- Bill, M.; Sivakumar, D.; Thompson, A.; Korsten, L. (2014). Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International*, 30: 169–202. Doi: 10.1080/87559129.2014.907304
- Blakey, R. (2011). Management of avocado postharvest physiology. Tesis Doctorado en Filosofía en Agricultura. Pietermaritzburg, Sudáfrica. Recuperado de <https://researchspace.ukzn.ac.za/xmlui/handle/10413/7893>
- Blakey, R. & Bower, J. (2007). The feasibility of a hot water treatment for South African avocados (*Persea americana* [Mill] cv. Hass), South African Avocado Growers Association Yearbook, 30: 66-68. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/230818425_The_feasibility_of_a_hot_water_treatment_for_South_African_avocados_Persea_americana_Mill_cv_Hass
- Blakey, R.; Tesfay, S.; Bertling, I.; Bower, J. (2012). Changes in sugars, total protein and oil in Hass avocado (*Persea americana* Mill.) fruit during ripening. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87: 381–397. Doi: 10.1080/14620316.2012.11512880
- Bower, J. & Cutting, J. (1988). Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews*, 10: 229-271. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/HorticulturalReviews/HortRev_1988_PG_229-271.pdf
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. (1995). Use of free a Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittell-Wissenschaft. Technologie. Food Science and Technology*, 28: 25-30. Doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Castellanos, D.; Mendoza, R.; Gavara, R.; Herrera, A. (2016). Respiration and Ethylene Generation Modeling of ‘Hass’ Avocado and Feijoa Fruits and Application in Modified Atmosphere Packaging. *International Journal of Food Properties*, Doi: 10.1080/10942912.2016.1160921
- Caretto, S.; Nisi, R.; Paradiso, A.; De Gara, L. (2010). Tocopherol production in plant cell cultures. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54: 726–730. Doi: 10.1002/mnfr.200900397

- Chirinos, R.; Campos, D.; Costa, N.; Arbizu, C.; Pedreschi, R.; Larondelle, Y. (2008). Phenolic profiles of Andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 106: 1285-1298. Doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.024
- Chun, J.; Lee, J.; Ye, L.; Exler, J.; Eitenmiller, R. (2006). Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 196–204. Doi: 10.1016/j.jfca.2005.08.001
- Contreras-Gutiérrez, P.; Hurtado-Fernández, E.; Gómez-Romero, M.; Ignacio, J.; Carrasco-Pancorbo, A.; Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Determination of changes in the metabolic profile of avocado fruits (*Persea americana*) by two CE-MS approaches (targeted and non-targeted). *Electrophoresis journal*, 34: 2928-2942. Doi: 10.1002/elps.201200676
- Corral-Aguayo, R.; Yahia, E.; Carrillo-López, A.; González-Aguilar, G. (2008). Correlation between Some Nutritional Components and the Total Antioxidant Capacity Measured with Six Different Assays in Eight Horticultural Crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 10498–10504. Doi: 10.1021/jf801983r
- Corzzini, S.; Barros, H.; Grimaldi, R.; Cabral, F. (2016). Extraction of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *Journal of Food Engineering*, 194: 40-45. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.09.004
- Cox, K.; McGhie, T.; White, A.; Woolf, A. (2004). Skin colour and pigment changes during ripening of Hass avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31: 287–294. Doi: 0.1016/j.postharvbio.2003.09.008
- Cutillas-Iturralde, A.; Zarra, I.; Lorences, E. (1993). Metabolism of cell Wall polysaccharides from persimmon fruit. Pectin solubilization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. *Physiologia Plantarum*, 89: 369-375. Doi: 10.1111/j.1399-3054.1993.tb00168.x
- Cutting, J.; Hofman, P.; Lishman, A.; Wolstenholme, B. (1986). Abscisic acid, isopentenyladenine and isopentenyladenosine concentrations in ripening fruit as determined by radioimmunoassay. *Acta Horticulturae*, 179: 793-800. Doi: 10.17660/ActaHortic.1986.179.133
- Da Costa, P.; Ballus, C.; Texeiro - Filho, J.; Texeira, H. (2010). Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Research International*, 43: 1603-1606. Doi: 10.1016/j.foodres.2010.04.025

- Defilippi, B.; Ferreyra, R.; Rivera, S.; Robledo, P. (2015). Optimización de la calidad de palta Hass: herramientas para enfrentar nuevos desafíos. Boletín INIA, 307: 43-67. Recuperado de http://www.avocadosource.com/papers/Bulletins/DefilippiBruno2015_Chapter1.pdf
- Donetti, M. & Terry, L. (2014). Biochemical markers defining growing area and ripening storage of imported avocado fruit cv. Hass. *Journal of Food Composition and Analysis*, 34: 90–98. Doi: 10.1016/j.jfca.2013.11.011
- Dos Santos, M.; Alicieo, T.; Pereira, C.; Ramis-Ramos, G.; Mendonça, C. (2014). Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: influence of the drying processes and extraction methods. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 91(1): 19-27. Doi: 10.1007/s11746-013-2289-x
- Ducheteau, G.; Bauer - Plank; C.; Louter, A.; Van Der Ham, M.; Boerma, J.; Van Rooijen, J.; Zandbelt, P. (2002). Fast and accurate method for total 4- desmethyl sterol(s) content in spreads, fat – blends, and raw materials. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79 (3): 273-278. Doi: 10.1007/s11746-002-0473-y
- Duester, K. (2001). Avocado fruit is a rich source of beta-sitosterol. *The American Dietetic Association*, 101 (4):404-405. Doi: 10.1016/S0002-8223(01)00102-X
- Flores, D. (2010). Cultivo de palto. Manual práctico para productores. SN Power Proyecto Cheves. Perú. Recuperado de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/MANUAL_CULTIVO_PALTO.pdf
- Golukcu, M. & Ozdemir, F. (2010). Changes in phenolic composition of avocado cultivars during harvesting time. *Chemistry of Natural Compounds*, 46: 112–115. Doi: 10.1007/s10600-010-9541-5
- Hatoum, D.; Hertog, M.; Geeraerd, A.; Nicolai, B. (2016). Effect of browning related pre- and postharvest factors on the ‘Braeburn’ apple metabolome during CA storage. *Postharvest Biology and Technology*, 111: 106–116. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2015.08.004
- Hernández, I.; Fuentealba, C.; Olaeta, J.; Lurie, S.; Defilippi, B.; Campos-Vargas, R.; Pedreschi, R. (2016). Factors associated with postharvest ripening heterogeneity of Hass avocados (*Persea americana* Mill). *Fruits*, 71(5): 259–268. Doi: 10.1051/fruits/2016016
- Hernández, I.; Fuentealba, C.; Olaeta, J.; Poblete-Echeverría, C.; Defilippi, B.; González-Agüero, M... Pedreschi, R. (2017). Effects of heat shock and nitrogen shock pre-

- treatments on ripening heterogeneity of Hass avocados stored in controlled atmosphere. *Scientia Horticulturae*, 225: 408–415. Doi: 10.1016/j.scienta.2017.07.025
- Hofman, P.; Stubbings, B.; Adkins, M.; Meiburg, G.; Woolf, A. (2002). Hot water treatments improve ‘Hass’ avocado fruit quality after cold disinfestation. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 183–192. Doi: 10.1016/S0925-5214(01)00131-4
- Hounsome, N.; Hounsome, B.; Tomos, D.; Edward-Jones, G. (2008). Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science*, 73(4): 48-65. Doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00716.x
- Huber, D.; Karakurt, Y.; Jeong, J. (2001). Pectin degradation in ripening and wounded fruits. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegeta*, 13(2): 224-241. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbfv/v13n2/9369.pdf>
- Hurtado-Fernández, E.; Pacchiarotta, T.; Gómez-Romero, M.; Schoenmaker, B.; Derks, R.; Deelder, A. (2011). Ultra high performance liquid chromatography–time of flight mass spectrometry for analysis of avocado fruit metabolites: Method evaluation and applicability to the analysis of ripening degrees. *Journal of Chromatography A*, 1218(42): 7723–7738. Doi: 10.1016/j.chroma.2011.08.059
- Janisiewicz, W. & Cornway, W. (2010). Combining biological control with physical and chemical treatments to control fruit decay after harvest. *Stewart Postharvest Review*, 1(3): 1-16. Doi: 10.2212/spr.2010.1.3
- Jeong, J. & Huber, D. (2004). Suppression of Avocado (*Persea americana* Mill.) Fruit Softening and Changes in Cell Wall Matrix Polysaccharides and Enzyme Activities: Differential Responses to 1-MCP and Delayed Ethylene Application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(5): 752-759. Doi: 10.21273/JASHS.129.5.0752
- Kassim, A.; Workneh, T.; Bezuidenhout, C. (2013). A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research*, 8(21): 2385-2402. Doi: 10.5897/AJAR12.1248
- Landahl, S.; Meyer, M.; Terry, L. (2009). Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15): 7039-7047. Doi: 10.1021/jf803669x
- Lee, K. & Coggins, C. (1982). Dry Weight Method for Determination of Avocado Fruit Maturity. *California Avocado Society Yearbook*, 66: 67-70. Recuperado de

http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_66_1982/cas_1982_pg_67-70.pdf

- Lee, K.; Oh, T.; Kim, S.; Kim, H.; Chung, H.; Min, D... Choi, H. (2016). Comprehensive metabolic profiles of mulberry fruit (*Morus alba* Linnaeus) according to maturation stage. *Food Science and Biotechnology*, 25(4): 1035-1041. Doi: 10.1007/s10068-016-0167-7
- Liu, X.; Robinson, P.; Madore, M.; Witney, G.; Arpaia, M. (1999). 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124 (6): 676–681. Doi: 10.21273/JASHS.124.6.676
- Liu, X.; Sievert, J.; Arpaia, M.; Madore, M. (2002). Postulated Physiological Roles of the Seven-carbon Sugars, Mannoheptulose, and Perseitol in Avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(1): 108–114. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/ASHS/ASHS_2002_127_PG_108-114.pdf
- López-Cobo, A.; Gómez-Caravaca, A.; Pasini, F.; Caboni, M.; Segura-Carretero, A.; Fernández-Gutiérrez, A. (2016). HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and byproducts of avocado. *Food Science and Technology*, 73: 505-513. Doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.049
- Lu, Q.; Zhang, Y.; Wang, Y.; Wang, D.; Lee, R.; Gao, K.; Byrns, R.; Heber, D. (2009). California Hass Avocado: Profiling of Carotenoids, Tocopherol, Fatty Acid, and Fat Content during Maturation and from Different Growing Areas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 10408–10413. Doi: 10.1021/jf901839h
- Meir, S.; Akerman, M.; Fuchs, Y.; Zauberman, G. (1995). Further studies on the controlled atmosphere storage of avocados. *Postharvest Biology and Technology*. 5(4):323-330. Doi: 10.1016/0925-5214(94)00032-N
- Meir, S.; Naiman, D.; Akerman, M.; Hyman, J.; Zauberman, G.; Fuchs, Y. (1997). Prolonged storage of 'Hass' avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 12: 51–60. Doi: 10.1016/S0925-5214(97)00038-0
- Meyer, M. & Terry, L. (2008). Development of a rapid method for the sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado

- mesocarp tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16): 7439–7445.
Doi: 10.1021/jf8011322
- Meyer, M. & Terry, L. (2010). Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chemistry*, 121: 1203–1210. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.02.005
- Michotte, D. (2009). Etude de la stabilité oxydative de l'huile de lin en présence de composés phénoliques naturels. *Mémoire Bioingénieur en Agronomie, orientation Sciences, Technologie et Qualité des Aliments. Université Catholique de Louvain*.50p.
- Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.Chem*, 31: 426-428. Doi: 10.1021/ac60147a030
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). La Palta “Producto Estrella de Exportación” Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional. MINAGRI-DGPA. Perú
- Ministerio de Agricultura y Riego. (6, abril, 2019). Calendario de siembras y cosechas [en línea]. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/calendario/>
- Mondaca, C. (2003). Comportamiento de paltas var. Hass almacenadas en atmosfera controlada. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Recuperado de http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/M-N-O/MondacaClaudio2003.pdf
- Munné-Bosch, S. & Alegre, L. (2002). The function of tocopherols and tocotrienols in plants. *Critical Review in Plant Sciences*, 21(1): 31-57. Doi: 10.1080/0735-260291044179
- Oms-Oliu, G.; Hertog, M.; Van de Poel, B.; Ampofo-Asiama, J.; Geeraerd, A.; Nicolai, B. (2011). Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 7–16. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2011.04.010
- Ornelas, J. & Yahia, E. (2004). Effects of prestorage dry and humid hot air treatments on the quality, triglycerides and tocopherol contents in ‘Hass’ avocado fruit. *Journal of Food Quality*, 27: 115-126. Doi: 10.1111/j.1745-4557.2004.tb00642.x
- Ouma, G. (2001). Heat treatments affect postharvest quality of avocado. *HortScience*, 36(3): 504. [Abstract]

- Ozdemir, F. & Topuz, A. (2004). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, 86(1): 79-83. Doi: 10.1016/j.foodchem.2003.08.012
- Pedreschi, R.; Muñoz, P.; Robledo, P.; Becerra, C.; Defilippi, B.; van Eekelen, H.; Mumm, R.; Westra, E. (2014). Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 172–179. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2014.01.024
- Pérez K.; Mercado J.; Soto-Valdez H. (2004). Note. Effect of Storage Temperature on the Shelf Life of Hass Avocado (*Persea americana*). *Food Science and Technology International*, 10(2):73-77. Doi: 10.1177/1082013204043763
- Piironen, V.; Lindsay, D.; Miettinen, T.; Toivo, J.; Lampi, A. (2000). Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 939–966. Doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<939::AID-JSFA644>3.0.CO;2-C
- Piironen, V.; Toivo, J.; Puupponen-Pimiä, R.; Lampi, A. (2003). Plant sterols in vegetables, fruits and berries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 330–337. Doi: 10.1002/jsfa.1316
- Plaza, L.; Sánchez-Moreno, C.; De Pascual-Teresa, S.; De Ancos, B.; Pilar, M. (2009). Fatty Acids, Sterols, and Antioxidant Activity in Minimally Processed Avocados during Refrigerated Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 3204–3209. Doi: 10.1021/jf900541r
- Rodríguez-Carpena, J.; Morcuende, D.; Andrade, M.; Kylli, P.; Estévez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 5625–563. Doi: 10.1021/jf1048832
- Sañudo, A.; Siller, J.; Osuna, T.; Muy Rangel, D.; López, G.; Osuna, J.; Greve, C.; Labavitch, J. (2008). Pectin solubilization and depolymerization during papaya fruit softening. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (2): 149-155. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/rbfv/v13n2/9369.pdf>
- Sistema Integrado de Información de Comercio exterior. (21, febrero, 2017). Aguacates (paltas), frescas o secas. Recuperado de http://www.siicex.gob.pe/siicex/porta15ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfic

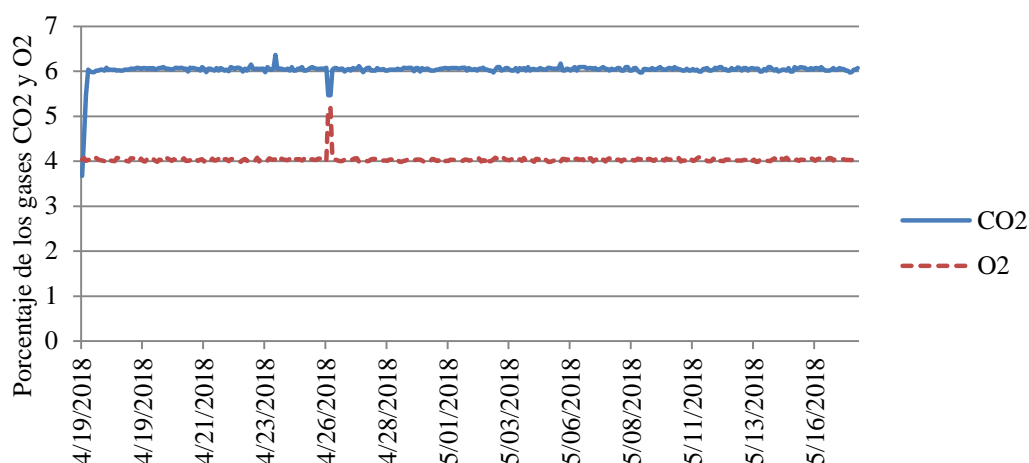
haproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=%20145%20&pnomproducto=%20
Palta

- Singleton, L. & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdeic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Swarts, D. (1984). Post harvest problems of avocados - Let's talk the same language. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 7: 15–19. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/SAAGA/SAAGA_1984/SAAGA_1984_PG_15-18.pdf
- Tesfay, S. (2009). Special carbohydrates of avocado - Their function as 'sources of energy' and 'anti-oxidants', *Horticultural Science*. University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, pp. 91-117.
- Tesfay, S.; Bertling, I.; Bower, J. (2010). Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85 (2) 106–112.
- Undurraga, P.; Olaeta, J.; San Martín, J. (2007). Efecto del quiebre de temperatura en el comportamiento de palta (*Persea americana* Mill.) CV. Hass en almacenamiento refrigerado. *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate)*. Viña Del Mar, Chile. Recuperado de http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/A-B-C/CanessaPietro0000.pdf
- Vicente, A.; Manganaris, G.; Ortiz, C.; Sozzi, G.; Crisosto, C. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables en Postharvest Handling. Capítulo 5. Elsevier. Doi: 10.13140/2.1.3302.4960 .
- Villa-Rodríguez, J.; Molina-Corral, J.; Ayala-Zavala, F.; Olivas, G.; González-Aguilar, G. (2011). Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International*, 44(5): 1231-1237. Doi: 10.1016/j.foodres.2010.11.012
- Wakabayashi, K. (2000). Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *Journal of Plant Research*, 113: 231–237. Doi: 10.1007/PL00013932
- Walker, R. & Famiani, F. (2018). Organic Acids in Fruits: Metabolism, Functions and Contents. *Horticultural Reviews*, 45: 371-430. Doi: 10.1002/9781119431077.ch8

- Whitaker, B. (1990). Changes in lipids of tomato fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Phytochemistry*, 30(3): 757-761. Doi: 10.1016/0031-9422(91)85247-W
- Woolf, A. (1997). Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38 °C water treatments. *HortScience*, 32(7): 1247-1251. Doi: 0.21273/HORTSCI.32.7.1247
- Woolf, A.; Requejo-Tapiaa, C.; Cox, K.; Jackman, R.; Gunson, A.; Arpaia, M.; White, A. (2005). 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 43–60. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2004.07.009
- Woolf, A.; Watkins, C.; Bowen, J.; Lay-Yee, M.; Maindonald, J.; Ferguson, I. (1995). Reducing External Chilling Injury in Stored 'Hass' Avocados with Dry Heat Treatments. *Journal American Society Horticulture Science*, 120(6): 1050-1056. Doi: 10.21273/JASHS.120.6.1050
- Wu, C.; Roan, S.; Hsiung, T.; Chen, I.; Shyr, J.; Wakana, A. (2011). Effect of harvest maturity and heat pretreatment on the quality of low temperature storage avocados in Taiwan. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 56(2): 255-262. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/688b/fc40d027aa644ab3d6b5524b275232bf4b96.pdf?_ga=2.202310546.2080787209.1595818013-690422728.1555429892
- Yahia, E. (1998). Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Reviews*, 22:123–183. Doi: 10.1002/9780470650738.ch4
- Yahia, E. (2012). *Crop Post-Harvest: Science and Technology*. Chapter 8: Avocado. First Edition. Blackwell Publishing. Pp. 159-186. Doi: 10.1002/9781444354652.ch8
- Zauberman, G. & Schiffman-Nadel, M. (1972). Pectin Methylesterase and Polygalacturonase in Avocado Fruit at Various Stages of Development. *Plant Physiology*, 49: 864-865. Doi: 10.1104/pp.49.5.864
- Zauberman, G.; Schiffman-Nadel, M.; Yanko, U. (1973). Susceptibility to chilling injury of three avocado cultivars at various stages of ripening. *HortScience*, 8: 511-523. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/HortScience/HortSci_1973_8_PG_511-512.pdf

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: PORCENTAJE SE LOS GASES CO₂ Y O₂ DENTRO DE LA CÁMARA DE AC DURANTES LOS 30 DÍAS DE ALMACENAMIENTO DE LAS PALTAS HASS DE LA TEMPORADA INTERMEDIA.



ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - TASA DE RESPIRACIÓN DE LAS PALTAS HASS AL FINALIZAR SU PERIODO DE ALMACENAJE DE CÁMARAS DE ATMÓSFERA CONTROLADA.

Tasa de respiración (mg CO₂ /Kg*h) de las paltas Hass procedentes de tres cosechas, al finalizar su periodo de almacenaje en atmósfera controlada

Cosecha	Tasa de respiración (mg CO ₂ /Kg*h) a 20°C			
	día 0	15 días	30 días	50 días
Temprana	93.58 ± 8.57 ^{aA}	107.34 ± 8.04 ^{ab}	107.13 ± 14.18 ^{aA}	103.40 ± 7.38 ^{aA}
Intermedia	94.25 ± 7.82 ^{aA}	88.57 ± 6.76 ^{aA}	150.47 ± 14.93 ^{bB}	161.91 ± 10.22 ^{bB}
Tardía	104.40 ± 8.70 ^{aA}	104.59 ± 9.13 ^{ab}	104.31 ± 4.43 ^{aA}	102.41 ± 5.63 ^{aA}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma fila y letras en mayúscula diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para la tasa de respiración de los lotes de la temporada temprana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	658.33	3	219.44	2.20	0.1215
Intra grupos	1896.0	19	99.787		
Total (Corr.)	2554.3	22			

Tabla ANOVA para la tasa de respiración de los lotes de la temporada intermedia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25666.	3	8555.2	78.83	0.0000
Intra grupos	2170.5	20	108.52		
Total (Corr.)	27836.	23			

Pruebas de Múltiple Rangos para la tasa de respiración de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE Casos Media Grupos Homogéneos

15 V	6	88.575	X
0 D	6	94.252	X
30 V	6	150.47	X
50 V	6	161.91	X

Tabla ANOVA para la tasa de respiración de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18.728	3	6.2428	0.12	0.9481
Intra grupos	1052.0	20	52.601		
Total (Corr.)	1070.8	23			

ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PÉRDIDA DE PESO DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.

Tabla de resultados para la pérdida de peso

Etapa	Lote	Pérdida de peso (%)					
		Temporada temprana		Temporada intermedia		Temporada tardía	
Almacén en AC, estado verde.	15AC	0.79	± 0.08 ^{eB}	0.93	± 0.15 ^{dB}	1.46	± 0.45 ^{cA}
	30AC	1.25	± 0.16 ^{deB}	1.48	± 0.07 ^{cdA}	0.88	± 0.11 ^{cC}
	50AC	2.25	± 0.34 ^{dA}	1.84	± 0.11 ^{cB}	1.26	± 0.09 ^{cC}
Aunque, estado maduro	15AC+A	12.80	± 0.57 ^{aA}	4.40	± 0.30 ^{bB}	4.14	± 0.38 ^{bB}
	30AC+A	10.73	± 1.67 ^{bA}	5.31	± 0.50 ^{aB}	5.82	± 0.84 ^{aB}
	50AC+A1	4.50	± 0.48 ^{cA}	4.15	± 0.48 ^{bAB}	3.77	± 0.30 ^{bB}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PARÁMETROS DE COLOR: LUMINOSIDAD (L), CROMA (C*) Y ÁNGULO HUE (h°) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.

Prueba de Kruskal-Wallis para la luminosidad de los lotes de la temporada temprana

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	36.333
15 V	6	33.833
30 V	6	24.5
50V	6	27.333
_15 A	6	9.0
_30 A	6	8.1667
_50 A	6	11.333

Estadístico = 33.992 Valor-P = 0.0000067523

Pruebas de Múltiple Rangos para la luminosidad de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	27.971	X
_15 A	6	28.006	X
_50 A	6	28.628	X
30 V	6	34.381	X
50V	6	34.877	X
15 V	6	36.197	X
0 D	6	36.728	X

Tabla ANOVA para la luminosidad de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	399.1	6	66.517	28.39	0.0000
Intra grupos	82.003	35	2.3429		
Total (Corr.)	481.11	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para la luminosidad de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	28.723	X
_50 A	6	28.894	X
_15 A	6	29.507	X
15 V	6	34.414	X
30 V	6	34.824	X
50V	6	35.412	X
0 D	6	36.071	X

Tabla ANOVA para la luminosidad de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	616.45	6	102.74	57.07	0.0000
Intra grupos	63.011	35	1.8003		
Total (Corr.)	679.46	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para la luminosidad de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	27.352	X
_50 A	6	28.381	X
_15 A	6	28.962	X
15 V	6	34.332	X
30 V	6	35.535	XX
50V	6	35.764	XX
0 D	6	37.352	X

Tabla ANOVA para el croma de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1770.6	6	295.1	71.89	0.0000
Intra grupos	143.68	35	4.1051		
Total (Corr.)	1914.3	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el croma de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	7.7681	X
_15 A	6	8.5833	X
_50 A	6	9.9589	X
15 V	6	20.154	X
30 V	6	21.487	X
0 D	6	21.862	X
50V	6	23.37	X

Tabla ANOVA para el croma de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1588.4	6	264.73	49.79	0.0000
Intra grupos	186.1	35	5.3171		
Total (Corr.)	1774.5	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el croma de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_50 A	6	9.1489	X
_15 A	6	9.5281	X
_30 A	6	11.636	X
15 V	6	18.927	X
0 D	6	21.428	XX
30 V	6	23.703	X
50V	6	24.091	X

Tabla ANOVA para el croma de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2681.3	6	446.89	94.51	0.0000
Intra grupos	165.49	35	4.7284		
Total (Corr.)	2846.8	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el croma de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	8.5664	X
_50 A	6	9.41	X
_15 A	6	10.191	X
0 D	6	21.761	X
15 V	6	25.538	XX
50V	6	26.232	X
30 V	6	27.254	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el ángulo hue de los lotes de la temporada temprana

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	35.833
15 V	6	32.833
30 V	6	29.667
50V	6	23.667
_15 A	6	12.667
_30 A	6	11.667
_50 A	6	4.1667

Estadístico = 35.104 Valor-P = 0.0000041148

Pruebas de Múltiple Rangos para el ángulo hue de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_50 A	6	40.246	X
_30 A	6	57.52	X
_15 A	6	59.453	X
50V	6	124.3	X
30 V	6	125.27	X
15 V	6	125.87	X
0 D	6	126.24	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el ángulo hue de los lotes de la temporada intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	33.0
15 V	6	37.167
30 V	6	26.333
50V	6	25.5
_15 A	6	15.167
_30 A	6	5.0
_50 A	6	8.3333

Estadístico = 35.994 Valor-P = 0.000002764

Pruebas de Múltiple Rangos para el ángulo hue de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	34.967	X
_50 A	6	40.695	X
_15 A	6	58.75	X
30 V	6	123.63	X
50V	6	123.71	X
0 D	6	125.17	X
15 V	6	125.88	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el ángulo hue de los lotes de la temporada tardía

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	35.167
15 V	6	30.5
30 V	6	26.833
50V	6	29.5
_15 A	6	14.167
_30 A	6	4.1667
_50 A	6	10.167

Estadístico = 33.606 Valor-P = 0.0000080135

Pruebas de Múltiple Rangos para el ángulo hue de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	30.332	X
_50 A	6	44.173	X
_15 A	6	54.602	X
30 V	6	121.85	X
50V	6	122.2	X
15 V	6	122.41	X
0 D	6	122.92	X

ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y DE ACEITE DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.

Tabla de resultados de la materia seca y contenido de aceite, en porcentaje, de las paltas Hass a 0 días de cosecha, paltas Hass sometidas a tratamiento hidrotérmico (38°C por 1 h), seguido de almacenaje en atmósfera controlada por 15, 30 y 50 días (6% CO₂ y 4% O₂ a 7°C) y paltas Hass después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo, procedentes de tres temporadas de cosecha.

Cosecha	Día		Días de almacenamiento en atmósfera controlada						Lotes en condiciones de vida en anaquel					
	0		15 AC		30 AC		50 AC		15AC+A	30AC+A	50AC+A			
Materia seca (%)														
Temprana	20.08	± 0.77 ^{aC}	20.61	± 1.38 ^{aC}	20.26	± 1.68 ^{aB}	21.51	± 1.64 ^{aB}	21.88	± 1.60 ^{aB}	21.58	± 1.45 ^{aB}	20.50	± 1.37 ^{aB}
Intermedia	22.96	± 1.00 ^{abB}	23.91	± 2.03 ^{abB}	24.35	± 1.27 ^{abA}	24.94	± 2.11 ^{aA}	23.64	± 2.03 ^{abAB}	22.92	± 1.08 ^{abAB}	21.98	± 0.79 ^{bbB}
Tardía	25.10	± 1.93 ^{aA}	26.48	± 1.42 ^{aA}	25.57	± 1.79 ^{aA}	23.84	± 1.37 ^{aAB}	26.35	± 2.09 ^{aA}	24.68	± 2.03 ^{aA}	25.53	± 1.62 ^{aA}
Aceite bh (%)														
Temprana	10.47	± 0.90 ^{bcC}	10.10	± 1.50 ^{cC}	10.59	± 1.64 ^{bcB}	11.18	± 1.29 ^{bcB}	14.24	± 1.24 ^{abB}	12.96	± 1.22 ^{abB}	11.26	± 1.99 ^{bcC}
Intermedia	13.31	± 1.49 ^{bbB}	14.03	± 1.98 ^{abB}	15.33	± 0.97 ^{abA}	15.84	± 1.06 ^{aA}	15.26	± 1.45 ^{abB}	14.66	± 1.05 ^{abB}	14.57	± 0.50 ^{abB}
Tardía	16.24	± 1.77 ^{aA}	18.01	± 1.64 ^{aA}	17.03	± 1.54 ^{aA}	15.93	± 1.09 ^{aA}	17.88	± 1.98 ^{aA}	17.13	± 2.11 ^{aA}	17.61	± 1.73 ^{aA}
Aceite bs (%)														
Temprana	52.11	± 3.62 ^{cB}	48.82	± 4.39 ^{cC}	52.08	± 4.99 ^{cB}	51.89	± 3.02 ^{cC}	65.07	± 1.98 ^{aA}	59.96	± 2.09 ^{abB}	54.63	± 6.25 ^{bcB}
Intermedia	55.90	± 1.92 ^{bbB}	58.46	± 3.99 ^{bbB}	62.96	± 2.46 ^{aA}	63.58	± 1.47 ^{aB}	64.53	± 1.94 ^{aA}	63.94	± 2.29 ^{aB}	66.31	± 1.58 ^{aA}
Tardía	64.59	± 2.93 ^{aA}	67.96	± 3.54 ^{aA}	66.52	± 1.98 ^{aA}	66.79	± 1.42 ^{aA}	67.76	± 2.73 ^{aA}	69.23	± 3.37 ^{aA}	68.89	± 2.47 ^{aA}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma fila y letras en mayúscula diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) para parámetros de color.

Tabla ANOVA para el porcentaje de materia seca de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18.641	6	3.1069	1.49	0.2093
Intra grupos	72.841	35	2.0812		
Total (Corr.)	91.482	41			

Prueba de Kruskal-Wallis para el porcentaje de materia seca de los lotes de la temporada intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	18.667
15 V	6	23.333
30 V	6	28.833
50 V	6	31.0
_15 A	6	22.667
_30 A	6	17.5
_50 A	6	8.5

Estadístico = 13.626 Valor-P = 0.034109

Pruebas de Múltiple Rangos para el porcentaje de materia seca de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_50 A	6	21.977	X
_30 A	6	22.922	XX
0 D	6	22.955	XX
_15 A	6	23.64	XX
15 V	6	23.911	XX
30 V	6	24.349	XX
50 V	6	24.94	X

Tabla ANOVA para el porcentaje de materia seca de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	30.783	6	5.1305	1.64	0.1661
Intra grupos	109.65	35	3.1329		
Total (Corr.)	140.44	41			

Tabla ANOVA para el porcentaje de aceite de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	81.807	6	13.635	6.64	0.0001
Intra grupos	71.905	35	2.0544		
Total (Corr.)	153.71	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el porcentaje de aceite de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	6	10.104	X
0 D	6	10.468	XX
30 V	6	10.593	XX
50 V	6	11.179	XX
_50 A	6	11.264	XX
_30 A	6	12.957	XX
_15 A	6	14.244	X

Tabla ANOVA para el porcentaje de aceite de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	26.42	6	4.4033	2.64	0.0321
Intra grupos	58.302	35	1.6658		
Total (Corr.)	84.721	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el porcentaje de aceite de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	13.309	X
15 V	6	14.03	XX
_50 A	6	14.569	XX
_30 A	6	14.664	XX
_15 A	6	15.26	XX
30 V	6	15.329	XX
50 V	6	15.838	X

Tabla ANOVA para el porcentaje de aceite de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	22.918	6	3.8197	1.29	0.2876
Intra grupos	103.7	35	2.9629		
Total (Corr.)	126.62	41			

ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA PECTINMETILESTERASA (PME) Y POLIGALACTURONASA (PG) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS.

Tabla de resultados para la actividad PME

Etapa	Lote	PME U/g palta bs					
		Temporada temprana		Temporada intermedia		Temporada tardía	
Almacén en AC, estado verde	día 0	8.32	± 0.62 ^{aA}	6.56	± 0.59 ^{bB}	7.76	± 1.00 ^{abA}
	15AC	8.66	± 0.79 ^{aA}	7.32	± 0.78 ^{bB}	7.00	± 0.43 ^{bB}
	30AC	8.55	± 1.09 ^{aAB}	9.60	± 0.54 ^{aA}	7.51	± 1.18 ^{bB}
	50AC	8.68	± 1.02 ^{aA}	9.10	± 0.66 ^{aA}	8.88	± 0.91 ^{aA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	2.15	± 0.26 ^{bA}	2.29	± 0.32 ^{cA}	2.52	± 0.24 ^{cA}
	30AC+A	2.44	± 0.27 ^{bA}	2.31	± 0.20 ^{cA}	2.51	± 0.30 ^{cA}
	50AC+A1	2.63	± 0.36 ^{bA}	2.33	± 0.18 ^{cA}	2.67	± 0.29 ^{cA}

PME expresado en μ -equivalentes de éster hidrolizado por gramo en base seca por minuto (U/g bs). Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Prueba de Kruskal-Wallis para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada temprana

Lote	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	6	28.167
15 V	6	32.167
30 V	6	30.5
50 V	6	31.167
_15 A	6	5.6667
_30 A	6	10.333
_50 A	6	12.5

Estadístico = 31.457 Valor-P = 0.000020728

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
_15 A	6	2.1477	X
_30 A	6	2.4362	X
_50 A	6	2.6298	X
0 D	6	8.3185	X
30 V	6	8.5507	X
15 V	6	8.6584	X
50 V	6	8.6794	X

Tabla ANOVA para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	387.28	6	64.547	242.22	0.0000
Intra grupos	9.327	35	0.26649		
Total (Corr.)	396.61	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	2.2919	X
_30 A	6	2.3126	X
_50 A	6	2.3285	X
0 D	6	6.5578	X
15 V	6	7.3178	X
50 V	6	9.0968	X
30 V	6	9.6014	X

Prueba de Kruskal-Wallis para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada tardía

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	30.667
15 V	6	25.833
30 V	6	28.5
50 V	6	37.0
_15 A	6	8.1667
_30 A	6	9.3333
_50 A	6	11.0

Estadístico = 33.014 Valor-P = 0.000010419

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PME de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	2.5064	X
_15 A	6	2.5247	X
_50 A	6	2.6671	X
15 V	6	6.9968	X
30 V	6	7.5052	X
0 D	6	7.7594	XX
50 V	6	8.8807	X

Tabla de resultados para la actividad PG

Etapa	Lote	PG U/g palta bs		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	4.36 ± 2.13 ^{dA}	5.50 ± 1.51 ^{cA}	4.96 ± 1.72 ^{bA}
	15AC	5.20 ± 1.78 ^{cdA}	4.34 ± 0.93 ^{cA}	5.66 ± 1.39 ^{bA}
	30AC	8.53 ± 0.89 ^{bA}	7.62 ± 1.41 ^{bA}	5.76 ± 1.04 ^{bB}
	50AC	7.19 ± 1.48 ^{bcA}	5.08 ± 0.63 ^{cB}	5.34 ± 1.15 ^{bB}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	25.47 ± 6.28 ^{aB}	34.22 ± 9.14 ^{aAB}	36.30 ± 6.01 ^{aA}
	30AC+A	28.66 ± 9.45 ^{aA}	31.50 ± 4.91 ^{aA}	34.84 ± 3.78 ^{aA}
	50AC+AI	30.62 ± 8.91 ^{aA}	31.17 ± 6.79 ^{aA}	33.11 ± 3.92 ^{aA}

PG expresado en μmol de ácido galacturónico liberado por gramo en base seca por minuto (U/g bs). Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Prueba de Kruskal-Wallis para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada temprana

Lote	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	6	6.6667
15 V	6	9.0
30 V	6	19.167
50 V	6	15.167
_15 A	6	31.833
_30 A	6	33.667
_50 A	6	35.0

Estadístico = 34.241 Valor-P = 0.0000060424

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0 D	6	4.3593	X
15 V	6	5.1971	X
50 V	6	7.1895	X
30 V	6	8.534	X
_15 A	6	25.474	X
_30 A	6	28.658	X
_50 A	6	30.623	X

Prueba de Kruskal-Wallis para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	12.0
15 V	6	6.6667
30 V	6	20.667
50 V	6	10.667
_15 A	6	34.333
_30 A	6	33.333
_50 A	6	32.833

Estadístico = 34.346 Valor-P = 0.0000057689

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	6	4.3374	X
50 V	6	5.0787	X
0 D	6	5.4974	X
30 V	6	7.6161	X
_50 A	6	31.168	X
_30 A	6	31.499	X
_15 A	6	34.222	X

Prueba de Kruskal-Wallis para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada tardía

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	9.1667
15 V	6	14.167
30 V	6	14.5
50 V	6	12.167
_15 A	6	34.5
_30 A	6	34.0
_50 A	6	32.0

Estadístico = 30.997 Valor-P = 0.000025386

Pruebas de Múltiple Rangos para la actividad enzimática de la PG de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	4.96	X
50 V	6	5.3408	X
15 V	6	5.6635	X
30 V	6	5.7603	X
_50 A	6	33.106	X
_30 A	6	34.838	X
_15 A	6	36.3	X

ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE AZÚCARES Y AZÚCAR ALCOHOL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la temprana

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	38.0
15 V	6	31.333
30 V	6	28.0
50V	6	24.667
_15 A	6	9.0
_30 A	6	4.0
_50 A	6	15.5

Estadístico = 36.67 Valor-P = 0.0000020422

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	0.52167	X
_15 A	6	0.98	X
_50 A	6	4.1317	X
50V	6	48.308	X
30 V	6	56.31	X
15 V	6	69.17	XX
0 D	6	87.398	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	12.5
15 V	2	12.5
30 V	2	8.5
50V	2	8.5
_15 A	2	3.5
_30 A	2	5.0
_50 A	2	2.0

Estadístico = 11.943 Valor-P = 0.063256

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la intermedia

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_50 A	2	6.58	X
_15 A	2	7.525	X
_30 A	2	8.05	X
50V	2	31.175	X
30 V	2	33.715	XX
15 V	2	47.08	XX
0 D	2	54.08	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la tardía

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	37.167
15 V	6	28.667
30 V	6	32.333
50V	6	23.667
_15 A	6	8.3333
_30 A	6	8.5
_50 A	6	11.833

Estadístico = 34.073 Valor-P = 0.0000065123

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de manoheptulosa de los lotes de la tardía

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	1.6333	X
_30 A	6	1.6533	X
_50 A	6	2.595	XX
50V	6	9.9083	XX
15 V	6	14.927	XX
30 V	6	17.015	XX
0 D	6	22.092	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de perseitol de los lotes de la temprana

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	36.333
15 V	6	35.833
30 V	6	23.333
50V	6	26.0
_15 A	6	4.5
_30 A	6	8.5
_50 A	6	16.0

Estadístico = 37.372 Valor-P = 0.0000014901

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de perseitol de los lotes de la temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	0.12833	X
_30 A	6	0.24833	X
_50 A	6	10.467	X
30 V	6	17.518	XX
50V	6	20.41	X
15 V	6	31.315	X
0 D	6	32.623	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de perseitol de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	11.5
15 V	2	11.5
30 V	2	10.0
50V	2	9.0
_15 A	2	4.5
_30 A	2	3.0
_50 A	2	3.0

Estadístico = 10.286 Valor-P = 0.11312

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de perseitol de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	2	7.295	X
_50 A	2	7.6	X
_15 A	2	8.73	XX
50V	2	16.395	XX
30 V	2	18.145	X
15 V	2	20.68	X
0 D	2	22.03	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de perseitol de los lotes de la temporada tardía

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	33.833
15 V	6	34.333
30 V	6	32.167
50V	6	21.667
_15 A	6	5.6667
_30 A	6	10.0
_50 A	6	12.833

Estadístico = 35.429 Valor-P = 0.0000035591

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de perseitol de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	5.4167	X
_30 A	6	6.8017	X
_50 A	6	7.1017	X
50V	6	13.217	X
30 V	6	19.583	X
15 V	6	20.8	X
0 D	6	21.058	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada temprana

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	20.0
15 V	6	28.333
30 V	6	34.667
50V	6	36.833
_15 A	6	3.5
_30 A	6	9.5
_50 A	6	17.667

Estadístico = 37.48 Valor-P = 0.0000014197

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	0.395	X
_30 A	6	0.73333	X
_50 A	6	2.03	X
0 D	6	2.3417	XX
15 V	6	3.2467	X
30 V	6	4.225	X
50V	6	4.2767	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
15 V	2	10.5
30 V	2	10.5
50V	2	7.5
_15 A	2	4.0
_30 A	2	3.5
_50 A	2	3.0

Estadístico = 9.3077 Valor-P = 0.097403

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	2	0.775	X
_50 A	2	0.8	X
_15 A	2	0.855	X
50V	2	2.18	X
30 V	2	3.74	X
15 V	2	3.855	X

Tabla ANOVA para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	105.2	6	17.533	91.87	0.0000
Intra grupos	6.6794	35	0.19084		
Total (Corr.)	111.88	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de glucosa de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	0.78	X
0 D	6	0.81667	X
_50 A	6	1.205	X
_15 A	6	1.3933	X
30 V	6	3.1183	X
15 V	6	4.08	X
50V	6	4.9783	X

Tabla ANOVA para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	60.744	6	10.124	35.78	0.0000
Intra grupos	9.9032	35	0.28295		
Total (Corr.)	70.647	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	1.5733	X
_30 A	6	1.88	X
_50 A	6	2.9867	X
0 D	6	3.37	X
15 V	6	3.6833	X
50V	6	4.645	X
30 V	6	5.0517	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	1.5
15 V	2	13.25
30 V	2	11.75
50V	2	9.5
_15 A	2	5.75
_30 A	2	4.5
_50 A	2	6.25

Estadístico = 12.024 Valor-P = 0.061429

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	2	1.065	X
_30 A	2	1.665	XX
_15 A	2	1.82	XX
_50 A	2	1.9	XX
50V	2	2.345	X
30 V	2	3.75	X
15 V	2	4.35	X

Tabla ANOVA para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	44.696	6	7.4494	61.91	0.0000
Intra grupos	4.2117	35	0.12034		
Total (Corr.)	48.908	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de fructosa de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	6	1.1717	X
_50 A	6	1.555	XX
_15 A	6	1.7717	XX
0 D	6	2.065	X
30 V	6	2.9683	X
15 V	6	3.78	X
50V	6	3.99	X

Tabla ANOVA para el contenido de sacarosa de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.935	2	1.4675	1.94	0.1838
Intra grupos	9.8583	13	0.75833		
Total (Corr.)	12.793	15			

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de sacarosa de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	5.5
30 V	2	8.0
50V	2	1.5
_15 A	2	4.5
_30 A	2	8.0
_50 A	2	11.5

Estadístico = 9.1538 Valor-P = 0.10308

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de sacarosa de los lotes de la temporada intermedia

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
50V	2	2.805	X
_15 A	2	3.49	XX
0 D	2	3.59	XX
30 V	2	3.89	X
_30 A	2	3.915	X
_50 A	2	4.205	X

Tabla ANOVA para el contenido de sacarosa de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.8532	4	1.4633	7.02	0.0006
Intra grupos	5.2121	25	0.20848		
Total (Corr.)	11.065	29			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de sacarosa de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
_50 A	6	1.5067	X
0 D	6	1.5183	X
_15 A	6	2.3367	X
30 V	6	2.3883	X
_30 A	6	2.4983	X

ANEXO 8: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS MÁLICO Y QUÍNICO DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para el ácido málico

Etapa	Lote	Ácido málico mg/ g palta bs		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	7.43 ± 0.97 ^{aA}	6.88 ± 0.02 ^{abA}	5.82 ± 1.18 ^{abA}
	15AC	5.84 ± 1.17 ^{abA}	6.22 ± 0.75 ^{bA}	5.73 ± 1.08 ^{abA}
	30AC	4.69 ± 0.83 ^{bA}	6.90 ± 0.17 ^{abA}	6.02 ± 1.29 ^{abA}
	50AC	5.64 ± 0.35 ^{abA}	6.03 ± 1.11 ^{bA}	5.72 ± 0.74 ^{abA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	5.12 ± 1.34 ^{bA}	5.68 ± 0.21 ^{bA}	6.16 ± 0.87 ^{abA}
	30AC+A	5.13 ± 1.43 ^{bA}	5.45 ± 0.06 ^{bA}	6.78 ± 0.40 ^{aA}
	50AC+AI	7.56 ± 1.24 ^{aA}	8.35 ± 1.77 ^{aA}	4.80 ± 0.55 ^{bB}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para el contenido de ácido málico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	47.108	6	7.8514	6.49	0.0001
Intra grupos	42.334	35	1.2095		
Total (Corr.)	89.442	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido málico de los lotes de la temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30 V	6	4.686	X
_15 A	6	5.1197	X
_30 A	6	5.1314	X
50 V	6	5.6395	XX
15 V	6	5.8395	XX
0 D	6	7.4335	X
_50 A	6	7.5604	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido málico de los lotes de la intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	10.5
15 V	2	6.0
30 V	2	10.0
50 V	2	5.0
_15 A	2	5.0
_30 A	2	2.5
_50 A	2	13.5

Estadístico = 10.4 Valor-P = 0.10879

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido málico de los lotes de la intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	2	5.4525	X
_15 A	2	5.6826	X
50 V	2	6.0327	X
15 V	2	6.2239	X
0 D	2	6.879	XX
30 V	2	6.9	XX
_50 A	2	8.3491	X

Tabla ANOVA para el contenido de ácido málico de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	12.677	6	2.1128	2.47	0.0426
Intra grupos	29.949	35	0.85569		
Total (Corr.)	42.626	41			

Tabla de resultados para el ácido quínico

Etapa	Lote	Ácido quínico mg/ g palta bs		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	2.14 ± 0.61 ^{aA}	0.68 ± 0.02 ^{bB}	0.47 ± 0.19 ^{bB}
	15AC	2.25 ± 0.70 ^{aA}	0.77 ± 0.13 ^{bB}	0.46 ± 0.11 ^{bB}
	30AC	1.93 ± 0.73 ^{aA}	0.58 ± 0.08 ^{bB}	0.53 ± 0.13 ^{abB}
	50AC	1.83 ± 0.35 ^{aA}	0.84 ± 0.13 ^{bB}	0.40 ± 0.13 ^{bB}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	2.44 ± 0.78 ^{aA}	0.83 ± 0.24 ^{bB}	0.55 ± 0.11 ^{abB}
	30AC+A	2.10 ± 0.40 ^{aA}	0.77 ± 0.05 ^{bB}	0.79 ± 0.19 ^{aB}
	50AC+A	2.41 ± 0.24 ^{aA}	1.29 ± 0.16 ^{aB}	0.47 ± 0.15 ^{bC}

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE	Casos	Media	Grupos Homogéneos
_50 A	6	4.8041	X
50 V	6	5.7171	XX
15 V	6	5.731	XX
0 D	6	5.8197	XX
30 V	6	6.0215	XX
_15 A	6	6.1593	XX
_30 A	6	6.7785	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada temprana

LOTE	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	6	19.667
15 V	6	23.667
30 V	6	18.667
50 V	6	13.833
_15 A	6	26.0
_30 A	6	20.0
_50 A	6	28.667

Estadístico = 5.9291 Valor-P = 0.43118

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	2	5.0
15 V	2	7.5
30 V	2	1.5
50 V	2	9.5
_15 A	2	7.5
_30 A	2	8.0
_50 A	2	13.5

Estadístico = 9.4286 Valor-P = 0.15087

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30 V	2	0.58421	X
0 D	2	0.68298	X
_30 A	2	0.77262	X
15 V	2	0.77353	X
_15 A	2	0.82969	X
50 V	2	0.8404	X
_50 A	2	1.2869	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada tardía

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	18.333
15 V	6	17.833
30 V	6	22.5
50 V	6	12.0
_15 A	6	25.167
_30 A	6	36.667
_50 A	6	18.0

Estadístico = 14.769 Valor-P = 0.022135

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido quínico de los lotes de la temporada tardía

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
50 V	6	0.40092	X
15 V	6	0.46208	X
0 D	6	0.47108	X
_50 A	6	0.47229	X
30 V	6	0.53362	XX
_15 A	6	0.55283	XX
_30 A	6	0.79184	X

ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla ANOVA para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	36.09	6	6.015	2.64	0.0330
Intra grupos	77.572	34	2.2815		
Total (Corr.)	113.66	40			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_30 A	5	27.879	X
_50 A	6	28.255	XX
_15 A	6	28.801	XX
15 V	6	29.215	XX
30 V	6	29.774	XX
0 D	6	30.091	XX
50V	6	30.762	X

Tabla ANOVA para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	41.77	6	6.9616	3.79	0.0052
Intra grupos	64.28	35	1.8366		
Total (Corr.)	106.05	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
_15 A	6	26.346	X
50V	6	26.789	X
_50 A	6	26.964	XX
_30 A	6	27.396	XX
30 V	6	27.519	XX
15 V	6	28.707	XX
0 D	6	29.348	X

Tabla ANOVA para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	16.538	6	2.7563	0.90	0.5048
Intra grupos	106.99	35	3.0568		
Total (Corr.)	123.53	41			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	8.4418	6	1.407	0.87	0.5276
Intra grupos	55.054	34	1.6192		
Total (Corr.)	63.496	40			

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada intermedia

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	21.833
15 V	6	20.167
30 V	6	21.333
50V	6	17.0
_15 A	6	21.667
_30 A	6	22.0
_50 A	6	26.5

Estadístico = 1.8916 Valor-P = 0.92939

Tabla ANOVA para el contenido de ácido palmítico de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	13.952	6	2.3254	1.17	0.3429
Intra grupos	69.379	35	1.9823		
Total (Corr.)	83.331	41			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido oleico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	36.498	6	6.083	1.83	0.1224
Intra grupos	112.98	34	3.323		
Total (Corr.)	149.48	40			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido oleico de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	23.851	6	3.9752	1.22	0.3196
Intra grupos	114.05	35	3.2587		
Total (Corr.)	137.91	41			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido oleico de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	36.607	6	6.1012	1.55	0.1898
Intra grupos	137.4	35	3.9256		
Total (Corr.)	174.0	41			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido isoleico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.3626	6	0.39376	1.29	0.2901
Intra grupos	10.415	34	0.30631		
Total (Corr.)	12.777	40			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido isoleico de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.8244	6	0.6374	2.84	0.0231
Intra grupos	7.8438	35	0.22411		
Total (Corr.)	11.668	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido isoleico de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	5.7798	X
_30 A	6	6.1791	XX
15 V	6	6.2228	XX
30 V	6	6.4324	XX
50V	6	6.5956	XX
_15 A	6	6.6626	X
_50 A	6	6.6715	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido isoleico de los lotes de la temporada tardía

<i>LOTE</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	6	23.167
15 V	6	13.667
30 V	6	23.167
50V	6	18.333
_15 A	6	29.833
_30 A	6	19.333
_50 A	6	23.0

Estadístico = 6.113 Valor-P = 0.41066

Tabla ANOVA para el contenido de ácido linoleico de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	11.226	6	1.871	0.93	0.4831
Intra grupos	68.067	34	2.002		
Total (Corr.)	79.293	40			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido linoleico de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.6733	6	0.27889	0.28	0.9428
Intra grupos	34.918	35	0.99767		
Total (Corr.)	36.592	41			

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de ácido linoleico de los lotes de la temporada tardía

LOTE	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	6	20.333
15 V	6	16.667
30 V	6	22.667
50V	6	10.667
_15 A	6	27.167
_30 A	6	24.333
_50 A	6	28.667

Estadístico = 9.3666 Valor-P = 0.15399

Tabla ANOVA para el contenido de ácido linolénico de los lotes de la temporada temprana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.25763	6	0.042938	3.14	0.0148
Intra grupos	0.46544	34	0.013689		
Total (Corr.)	0.72307	40			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ácido linolénico de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE	Casos	Media	Grupos Homogéneos
50V	6	0.67157	X
0 D	6	0.71953	XX
30 V	6	0.72553	XX
15 V	6	0.72703	XX
_15 A	6	0.76474	XX
_30 A	5	0.82054	XX
_50 A	6	0.92803	X

Tabla ANOVA para el contenido de ácido linolénico de los lotes de la temporada intermedia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.076862	6	0.01281	2.32	0.0544
Intra grupos	0.19324	35	0.0055211		
Total (Corr.)	0.2701	41			

Tabla ANOVA para el contenido de ácido linolénico de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.071419	6	0.011903	1.85	0.1184
Intra grupos	0.22566	35	0.0064474		
Total (Corr.)	0.29708	41			

ANEXO 10: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE α -TOCOFEROL Y β -TOCOFEROL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para el alfa tocoferol

Etapa	Lote	α -tocopherol ($\mu\text{g/g}$ palta bs)		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	61.06 \pm 10.79 ^{bA}	70.20 \pm 8.15 ^{bcA}	65.22 \pm 3.80 ^{bA}
	15AC	60.82 \pm 9.11 ^{bA}	60.67 \pm 5.19 ^{bcA}	63.77 \pm 7.93 ^{bA}
	30AC	54.03 \pm 7.15 ^{bB}	52.35 \pm 3.66 ^{cB}	62.99 \pm 4.86 ^{bA}
	50AC	53.22 \pm 5.52 ^{bB}	59.59 \pm 5.67 ^{bcAB}	63.18 \pm 6.21 ^{bA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	85.29 \pm 2.24 ^{aA}	82.91 \pm 10.51 ^{aA}	79.75 \pm 8.78 ^{aA}
	30AC+A	78.13 \pm 8.90 ^{aA}	76.40 \pm 9.32 ^{aA}	74.87 \pm 6.90 ^{abA}
	50AC+A	52.57 \pm 3.00 ^{bB}	77.36 \pm 5.18 ^{aA}	70.31 \pm 7.79 ^{abA}

Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para el contenido de α -tocopherol de los lotes de la temporada temprana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6098.0	6	1016.3	19.02	0.0000
Intra grupos	1870.6	35	53.447		
Total (Corr.)	7968.7	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de α -tocopherol de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
_50 A	6	52.572	X
50V	6	53.223	X
30 V	6	54.03	X
15 V	6	60.818	X
0 D	6	61.06	X
_30 A	6	78.127	X
_15 A	6	85.285	X

Tabla ANOVA para el contenido de α -tocopherol de los lotes de la temporada intermedia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4516.5	6	752.76	14.52	0.0000
Intra grupos	1815.0	35	51.856		
Total (Corr.)	6331.5	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de α -tocoferol de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
30 V	6	52.35	X
50V	6	59.593	XX
15 V	6	60.673	XX
0 D	6	70.203	XX
_30 A	6	76.397	X
_50 A	6	77.357	X
_15 A	6	82.91	X

Tabla ANOVA para el contenido de α -tocoferol de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1542.7	6	257.11	5.51	0.0004
Intra grupos	1586.3	34	46.655		
Total (Corr.)	3129.0	40			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de α -tocoferol de los lotes de la ardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
30 V	6	62.987	X
50V	5	63.184	X
15 V	6	63.77	X
0 D	6	65.215	X
_50 A	6	70.308	XX
_30 A	6	74.872	XX
_15 A	6	79.745	X

Tabla de resultados para el beta tocoferol

Etapa	Lote	β -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ palta bs)		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	20.74 \pm 2.35 ^{bcA}	21.52 \pm 4.05 ^{bA}	23.06 \pm 4.20 ^{bA}
	15AC	16.51 \pm 1.71 ^{cdB}	21.83 \pm 2.25 ^{bA}	22.55 \pm 2.83 ^{bA}
	30AC	16.31 \pm 2.46 ^{dB}	22.58 \pm 3.64 ^{bA}	23.07 \pm 2.68 ^{bA}
	50AC	20.83 \pm 1.52 ^{bcB}	28.93 \pm 3.54 ^{aA}	27.10 \pm 0.79 ^{abA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	23.19 \pm 1.68 ^{abB}	32.22 \pm 3.81 ^{aA}	29.75 \pm 2.28 ^{aA}
	30AC+A	25.54 \pm 3.42 ^{aA}	29.32 \pm 2.61 ^{aA}	27.14 \pm 2.07 ^{abA}
	50AC+A	21.50 \pm 3.19 ^{abB}	32.18 \pm 1.90 ^{aA}	29.10 \pm 3.94 ^{aA}

Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	402.43	6	67.072	11.30	0.0000
Intra grupos	207.69	35	5.9339		
Total (Corr.)	610.12	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30 V	6	16.313	X
15 V	6	16.512	XX
0 D	6	20.743	XX
50V	6	20.83	XX
_50 A	6	21.503	XX
_15 A	6	23.186	XX
_30 A	6	25.543	X

Tabla ANOVA para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	837.08	6	139.51	13.53	0.0000
Intra grupos	360.89	35	10.311		
Total (Corr.)	1198.0	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	21.517	X
15 V	6	21.829	X
30 V	6	22.574	X
50V	6	28.931	X
_30 A	6	29.317	X
_50 A	6	32.183	X
_15 A	6	32.214	X

Tabla ANOVA para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	330.58	6	55.097	6.43	0.0001
Intra grupos	291.41	34	8.5708		
Total (Corr.)	621.99	40			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -tocoferol de los lotes de la tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	6	22.55	X
0 D	6	23.056	X
30 V	6	23.066	X
50V	5	27.102	XX
_30 A	6	27.136	XX
_50 A	6	29.096	X
_15 A	6	29.75	X

ANEXO 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE FITOESTEROLES β -SITOSTEROL Y CAMPESTEROL DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para el beta sitosterol

Etapa	Lote	β -sitosterol mg/100 g palta bs		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	155.67 \pm 15.05 ^{bcA}	150.08 \pm 11.06 ^{dA}	164.45 \pm 10.24 ^{dA}
	15AC	140.87 \pm 11.18 ^{cB}	164.21 \pm 6.37 ^{cA}	164.21 \pm 7.30 ^{dA}
	30AC	148.30 \pm 14.35 ^{cB}	179.05 \pm 4.83 ^{bA}	176.27 \pm 4.22 ^{cdA}
	50AC	147.06 \pm 10.93 ^{cB}	182.01 \pm 10.68 ^{bA}	182.40 \pm 10.74 ^{bcA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	193.27 \pm 7.59 ^{aA}	185.23 \pm 5.13 ^{abAB}	180.70 \pm 9.33 ^{bcdB}
	30AC+A	190.44 \pm 20.11 ^{aA}	198.80 \pm 3.80 ^{aA}	201.04 \pm 10.36 ^{aA}
	50AC+A	179.56 \pm 10.97 ^{abB}	198.54 \pm 9.15 ^{aA}	193.46 \pm 11.11 ^{abAB}

Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla ANOVA para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la temporada temprana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	17572.	6	2928.7	16.28	0.0000
Intra grupos	6296.9	35	179.91		
Total (Corr.)	23869.	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE	Casos	Media	Grupos Homogéneos
15 V	6	140.87	X
50 V	6	147.06	X
30 V	6	148.3	X
0 D	6	155.67	XX
_50 A	6	179.56	XX
_30 A	6	190.44	X
_15 A	6	193.27	X

Tabla ANOVA para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la temporada intermedia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11241.	6	1873.6	30.89	0.0000
Intra grupos	2123.0	35	60.657		
Total (Corr.)	13364.	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0 D	6	150.08	X
15 V	6	164.21	X
30 V	6	179.05	X
50 V	6	182.01	X
_15 A	6	185.23	XX
_50 A	6	198.54	X
_30 A	6	198.8	X

Tabla ANOVA para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6805.5	6	1134.2	13.04	0.0000
Intra grupos	3045.1	35	87.002		
Total (Corr.)	9850.5	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de β -sitosterol de los lotes de la tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

LOTE	Casos	Media	Grupos Homogéneos
15 V	6	164.21	X
0 D	6	164.45	X
30 V	6	176.27	XX
_15 A	6	180.7	XXX
50 V	6	182.4	XX
_50 A	6	193.46	XX
_30 A	6	201.04	X

Tablas de resultados para el campesterol

Etapa	Lote	Campesterol mg/100 g palta bs					
		Temporada temprana		Temporada intermedia		Temporada tardía	
Almacén en AC, estado verde	día 0	24.78	± 1.71 ^{cB}	25.43	± 1.90 ^{cAB}	27.44	± 1.24 ^{bA}
	15AC	23.42	± 1.80 ^{cB}	26.47	± 1.15 ^{bcA}	27.90	± 1.25 ^{bA}
	30AC	24.82	± 0.93 ^{cB}	28.31	± 1.03 ^{abA}	29.09	± 0.46 ^{abA}
	50AC	23.90	± 1.52 ^{cB}	28.39	± 0.92 ^{abA}	29.93	± 1.92 ^{abA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	31.77	± 1.65 ^{aA}	28.75	± 1.50 ^{abB}	29.24	± 1.54 ^{abB}
	30AC+A	28.98	± 1.63 ^{aA}	29.33	± 1.74 ^{aA}	29.93	± 1.77 ^{abA}
	50AC+A	26.06	± 1.76 ^{cB}	30.13	± 0.97 ^{aA}	30.69	± 1.33 ^{aA}

Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla ANOVA para el contenido de campesterol de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	333.84	6	55.64	21.91	0.0000
Intra grupos	88.863	35	2.5389		
Total (Corr.)	422.7	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de campesterol de los lotes de la temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	6	23.42	X
50 V	6	23.896	X
0 D	6	24.784	X
30 V	6	24.816	X
_50 A	6	26.058	X
_30 A	6	28.975	X
_15 A	6	31.766	X

Tabla ANOVA para el contenido de campesterol de los lotes de la temporada intermedia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	95.876	6	15.979	8.59	0.0000
Intra grupos	65.115	35	1.8604		
Total (Corr.)	160.99	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de campesterol de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	25.426	X
15 V	6	26.471	XX
30 V	6	28.31	XX
50 V	6	28.391	XX
_15 A	6	28.745	XX
_30 A	6	29.329	X
_50 A	6	30.13	X

Tabla ANOVA para el contenido de campesterol de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	48.517	6	8.0861	3.97	0.0039
Intra grupos	71.335	35	2.0381		
Total (Corr.)	119.85	41			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de campesterol de los lotes de la tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>LOTE</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	6	27.442	X
15 V	6	27.896	X
30 V	6	29.093	XX
_15 A	6	29.235	XX
_30 A	6	29.928	XX
50 V	6	29.932	XX
_50 A	6	30.69	X

ANEXO 12: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES (CFT) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para los CFT

Etapa	Lote	Compuestos fenólicos totales (mg AGE/ g palta bs)		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	1.06 ± 0.03 ^{aA}	0.85 ± 0.15 ^{bcB}	0.77 ± 0.07 ^{bcB}
	15AC	1.00 ± 0.06 ^{aA}	0.86 ± 0.07 ^{bcB}	0.81 ± 0.08 ^{abcB}
	30AC	1.03 ± 0.10 ^{aA}	0.79 ± 0.07 ^{cB}	0.77 ± 0.06 ^{bcB}
	50AC	1.00 ± 0.12 ^{aA}	0.84 ± 0.09 ^{cAB}	0.76 ± 0.11 ^{cB}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	1.02 ± 0.04 ^{aA}	0.93 ± 0.05 ^{bcAB}	0.92 ± 0.08 ^{abB}
	30AC+A	1.05 ± 0.05 ^{aA}	1.01 ± 0.09 ^{abA}	0.94 ± 0.08 ^{aA}
	50AC+A	1.14 ± 0.14 ^{aA}	1.15 ± 0.08 ^{aA}	0.90 ± 0.09 ^{abcB}

CFT expresado en mg de ácido gálico equivalente/ g palta bs. Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de CFT de los lotes de la temporada temprana

Lote	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	4	24.25
15 V	6	13.25
30 V	6	21.417
50 V	6	17.833
_15 A	6	17.167
_30 A	6	22.167
_50 A	6	28.667

Estadístico = 6.6397 Valor-P = 0.35545

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de CFT de los lotes de la temporada intermedia

Lote	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	4	14.875
15 V	6	15.75
30 V	6	8.5833
50 V	6	13.833
_15 A	6	23.583
_30 A	6	28.417
_50 A	6	36.583

Estadístico = 24.713 Valor-P = 0.00038579

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de CFT de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
30 V	6	0.79167	X
50 V	6	0.83667	X
0 D	4	0.85	XX
15 V	6	0.855	XX
_15 A	6	0.93333	XX
_30 A	6	1.0067	XX
_50 A	6	1.1533	X

Tabla ANOVA para el contenido de CFT de los lotes de la temporada tardía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.21372	6	0.03562	5.17	0.0008
Intra grupos	0.22732	33	0.0068884		
Total (Corr.)	0.44104	39			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de CFT de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
50 V	6	0.75833	X
0 D	4	0.77	XX
30 V	6	0.77333	XX
15 V	6	0.805	XXX
_50 A	6	0.89667	XXX
_15 A	6	0.91833	XX
_30 A	6	0.94333	X

ANEXO 13: ANÁLISIS ESTADÍSTICO - ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE HIDROFÍLICA (AOX-H) Y LIPOFÍLICA (AOX-L) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para la AOX-H

Etapa	Lote	Actividad antioxidante hidrofílica ($\mu\text{mol TE/ g palta bs}$)		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	15.81 \pm 1.41 ^{cA}	14.44 \pm 2.46 ^{bcA}	15.86 \pm 1.85 ^{abcA}
	15AC	15.91 \pm 1.25 ^{cA}	14.02 \pm 1.54 ^{cA}	14.69 \pm 1.46 ^{cA}
	30AC	15.47 \pm 2.30 ^{cA}	15.13 \pm 1.74 ^{bcA}	15.13 \pm 1.81 ^{bcA}
	50AC	16.47 \pm 2.25 ^{bcA}	15.10 \pm 1.31 ^{bcA}	13.81 \pm 1.57 ^{cA}
Aunque, estado maduro	15AC+A	21.66 \pm 2.56 ^{aA}	19.71 \pm 4.50 ^{abA}	18.60 \pm 1.90 ^{aA}
	30AC+A	21.75 \pm 2.95 ^{aA}	20.74 \pm 2.88 ^{aA}	19.20 \pm 1.80 ^{aA}
	50AC+A	20.47 \pm 2.63 ^{abA}	19.85 \pm 2.44 ^{abA}	18.24 \pm 2.08 ^{abA}

AOX-H expresado en $\mu\text{mol Trolox equivalente/ g palta bs}$. Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada temprana

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	294.12	6	49.021	9.16	0.0000
Intra grupos	176.59	33	5.3513		
Total (Corr.)	470.72	39			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30 V	6	15.47	X
0 D	4	15.814	XX
15 V	6	15.911	X
50 V	6	16.469	XX
_50 A	6	20.468	XX
_15 A	6	21.657	X
_30 A	6	21.746	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	4	11.75
15 V	6	9.3333
30 V	6	14.5
50 V	6	14.167
_15 A	6	27.167
_30 A	6	33.333
_50 A	6	30.333

Estadístico = 24.484 Valor-P = 0.0004254

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada intermedia

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	6	14.02	X
0 D	4	14.438	XX
50 V	6	15.102	XX
30 V	6	15.128	XX
_15 A	6	19.71	XX
_50 A	6	19.855	XX
_30 A	6	20.736	X

Tabla ANOVA para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	164.35	6	27.392	8.57	0.0000
Intra grupos	105.45	33	3.1955		
Total (Corr.)	269.8	39			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-H de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
50 V	6	13.812	X
15 V	6	14.685	X
30 V	6	15.134	XX
0 D	4	15.857	XXX
_50 A	6	18.242	XX
_15 A	6	18.604	X
_30 A	6	19.198	X

Tabla de resultados para la AOX-L

Etapa	Lote	Actividad antioxidante lipofílica ($\mu\text{mol TE/ g palta bs}$)		
		Temporada temprana	Temporada intermedia	Temporada tardía
Almacén en AC, estado verde	día 0	3.19 \pm 0.41 ^{ba}	2.86 \pm 0.61 ^{bcA}	2.80 \pm 0.20 ^{da}
	15AC	3.28 \pm 0.27 ^{ba}	2.88 \pm 0.49 ^{ca}	3.06 \pm 0.28 ^{bcdA}
	30AC	3.98 \pm 0.60 ^{abA}	3.18 \pm 0.10 ^{abcB}	3.08 \pm 0.32 ^{bcdB}
	50AC	3.77 \pm 0.58 ^{abA}	3.11 \pm 0.31 ^{bcB}	2.99 \pm 0.16 ^{cdB}
Aunque, estado maduro	15AC+A	4.25 \pm 0.78 ^{abA}	3.94 \pm 1.07 ^{abcA}	3.53 \pm 0.34 ^{abA}
	30AC+A	4.28 \pm 0.45 ^{abA}	4.27 \pm 0.36 ^{aA}	3.66 \pm 0.47 ^{abB}
	50AC+A	4.63 \pm 0.58 ^{aA}	4.11 \pm 0.67 ^{abAB}	3.44 \pm 0.16 ^{abcB}

AOX-L expresado en $\mu\text{mol Trolox equivalente/ g palta bs}$. Los valores presentados son el promedio \pm desviación estándar (n=6). Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de AOX-L de los lotes de la temprana

Lote	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0 D	4	7.5
15 V	6	8.6667
30 V	6	21.5
50 V	6	17.667
_15 A	6	25.667
_30 A	6	26.833
_50 A	6	31.333

Estadístico = 19.576 Valor-P = 0.0032943

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-L de los lotes de la temprana

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

Lote	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0 D	4	3.1948	X
15 V	6	3.2767	X
50 V	6	3.7714	XX
30 V	6	3.979	XX
_15 A	6	4.2475	XX
_30 A	6	4.276	XX
_50 A	6	4.6332	X

Prueba de Kruskal-Wallis para el contenido de AOX-L de los lotes de la intermedia

<i>Lote</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
0 D	4	12.0
15 V	6	10.0
30 V	6	15.833
50 V	6	13.0
_15 A	6	25.0
_30 A	6	33.667
_50 A	6	31.167

Estadístico = 23.876 Valor-P = 0.0005505

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-L de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Bonferroni

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	4	2.8642	X
15 V	6	2.8841	X
50 V	6	3.1099	XX
30 V	6	3.1778	XXX
_15 A	6	3.944	XXX
_50 A	6	4.1071	XX
_30 A	6	4.2703	X

Tabla ANOVA para el contenido de AOX-L de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3.3105	6	0.55176	6.19	0.0002
Intra grupos	2.9438	33	0.089205		
Total (Corr.)	6.2543	39			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de AOX-L de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Lote</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0 D	4	2.7984	X
50 V	6	2.9904	XX
15 V	6	3.0635	XXX
30 V	6	3.0754	XXX
_50 A	6	3.4439	XXX
_15 A	6	3.5347	XX
_30 A	6	3.6558	X

ANEXO 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO – CONTENIDO DEL ÁCIDO ABCÍSIICO (ABA) DE LAS PALTAS HASS EN ESTADO VERDE Y MADURO DURANTE LAS TRES COSECHAS

Tabla de resultados para el contenido de ABA

Etapa	Lote	Contenido de ácido abscísico (ABA) en mg/100g (b.s)					
		Temporada temprana		Temporada intermedia		Temporada tardía	
Almacén en AC, estado verde	día 0	0.18	± 0.03 ^{cAB}	0.24	± 0.02 ^{cdA}	0.17	± 0.04 ^{bB}
	15 AC	0.43	± 0.03 ^{cA}	0.13	± 0.01 ^{dB}	0.10	± 0.01 ^{bB}
	30 AC	0.25	± 0.01 ^{cA}	0.25	± 0.10 ^{cdA}	0.32	± 0.05 ^{bA}
	50 AC	0.32	± 0.16 ^{cA}	0.40	± 0.09 ^{cA}	0.38	± 0.08 ^{bA}
Anaquel, estado maduro	15AC+A	2.04	± 0.17 ^{bA}	2.05	± 0.08 ^{bA}	1.03	± 0.05 ^{aB}
	30AC+A	2.44	± 0.32 ^{abA}	2.67	± 0.15 ^{aA}	1.03	± 0.25 ^{aB}
	50AC+A	2.55	± 0.01 ^{aA}	1.98	± 0.10 ^{bB}	0.80	± 0.24 ^{aC}

ABA expresado en mg/100g palta bs. Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3).

Letras en minúscula de superíndices diferentes en la misma columna y letras en mayúscula diferente en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Tabla ANOVA para el contenido de ABA de los lotes de la temporada temprana

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	22.086	6	3.681	163.89	0.0000
Intra grupos	0.31445	14	0.022461		
Total (Corr.)	22.401	20			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ABA de los lotes de la temporada temprana

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

DATA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0 D	3	0.18	X
30 V	3	0.25	X
50V	3	0.32	X
15 V	3	0.43	X
_15 A	3	2.035	X
_30 A	3	2.44	XX
_50 A	3	2.55	X

Tabla ANOVA para el contenido de ABA de los lotes de la temporada intermedia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	21.071	6	3.5118	447.97	0.0000
Intra grupos	0.10975	14	0.0078393		
Total (Corr.)	21.18	20			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ABA de los lotes de la intermedia

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>DATA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	3	0.13	X
0 D	3	0.24	XX
30 V	3	0.25	XX
50V	3	0.395	X
_50 A	3	1.975	X
_15 A	3	2.045	X
_30 A	3	2.67	X

Tabla ANOVA para el contenido de ABA de los lotes de la temporada tardía

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.8741	6	0.47901	25.33	0.0000
Intra grupos	0.2647	14	0.018907		
Total (Corr.)	3.1388	20			

Pruebas de Múltiple Rangos para el contenido de ABA de los lotes de la temporada tardía

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>DATA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 V	3	0.1	X
0 D	3	0.165	X
30 V	3	0.315	X
50V	3	0.38	X
_50 A	3	0.8	X
_30 A	3	1.03	X
_15 A	3	1.03	X