

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“CARACTERÍSTICAS METABOLÓMICAS DURANTE LA
MADURACIÓN DE PALTA (*Persea americana*) cv. Hass
PROCEDENTE DE TRES COSECHAS SOMETIDAS A
REFRIGERACIÓN”**

**Presentada por:
FÉLIX TERÁN HILARES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Lima – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“CARACTERÍSTICAS METABOLÓMICAS DURANTE LA
MADURACIÓN DE PALTA (*Persea americana*) cv. Hass
PROCEDENTE DE TRES COSECHAS SOMETIDAS A
REFRIGERACIÓN”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Presentada por:

FÉLIX TERÁN HILARES

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Eduardo Morales Soriano
PRESIDENTE

Dr. David Campos Gutiérrez
ASESOR

Dra. Ana Aguilar Gálvez
CO-ASESOR

Mg Sc. Francisco Salas Valerio
MIEMBRO

Mg. Sc. Beatriz Hatta Sakoda
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi familia por creer siempre en mí y
por todo el amor, la paciencia y el apoyo
incondicional

AGRADECIMIENTO

A mis asesores Dr. David Campos y Dra. Ana Aguilar y a la Dra. Rosana Chirinos por la confianza depositada en mí para el desarrollo de esta investigación y darme la oportunidad de formar parte de su prestigioso centro de investigación IBT-UNALM. Agradezco muchísimo sus enseñanzas, su comprensión y la paciencia brindada durante este proceso y dejo mi gratitud, respeto y admiración por su arduo espíritu de investigación, disciplina y constancia.

A los miembros de mi comité consejero: el Mg. Sc. Eduardo Morales Soriano, el Mg. Sc. Francisco Salas Valerio y a la Mg. Sc. Beatriz Hatta por el tiempo dedicado a revisar esta investigación, sus consejos y la motivación a lo largo de la maestría.

A mis padres Pablo y Gregoria, a mis hermanos Eduardo, Ruly, Wilson y Ronald por su amor, apoyo incondicional y porque están siempre conmigo.

A Shendy por su amor, comprensión y por darme fortalezas durante la investigación. Agradecer también a Lucas quien me dio la motivación y fuerzas para cerrar este ciclo.

A Adelayda y Cinthya, por su amistad, paciencia y buena disposición durante la realización de la etapa experimental. También a mis compañeros del Instituto de Biotecnología: Sílfi, Sofía, Diego, Marianela, Irina y Alison, por su amistad y apoyo durante nuestra convivencia en el laboratorio.

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

A todos mis amigos y amigas, gracias por su tiempo y entusiasmo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Palta	3
2.1.1. Generalidades	3
2.1.2. Maduración	3
2.1.3. Composición química	4
2.1.4. Condiciones de almacenaje post-cosecha.....	6
2.1.5. Producción y exportación	8
2.2. Metabolitos primarios	9
2.2.1. Carbohidratos no estructurales	9
2.2.2. Ácidos orgánicos	11
2.2.3. Ácidos grasos.....	12
2.3. Metabolitos secundarios	13
2.3.1. Compuestos fenólicos.....	14
2.3.2. Tocoferoles	15
2.3.3. Fitoesteroles.....	17
2.3.4. Ácido abscísico.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.2. Materia prima	20
3.3. Materiales, equipos y reactivos.....	20
3.3.1. Materiales	20
3.3.2. Equipos	20
3.3.3. Reactivos.....	22

3.4. Métodos.....	24
3.4.1. Determinación de la tasa de respiración	24
3.4.2. Determinación de la pérdida de peso	24
3.4.3. Determinación de la firmeza.....	24
3.4.4. Análisis de color	25
3.4.5. Determinación de materia seca	25
3.4.6. Determinación de lípidos	25
3.4.7. Determinación de pectinmetilesterasa	25
3.4.8. Determinación de poligalacturonasa.....	26
3.4.9. Determinación de compuestos fenólicos totales	27
3.4.10. Determinación de la capacidad antioxidante <i>in vitro</i>	28
3.4.11. Determinación de ácido abscísico	28
3.4.12. Determinación de ácidos grasos	29
3.4.13. Determinación de tocoferoles	30
3.4.14. Determinación de fitoesteroles	31
3.4.15. Determinación de azúcares y ácidos orgánicos	31
3.4.16. Determinación de la composición de la pared celular	32
3.5. Metodología experimental.....	33
3.5.1. Almacenamiento en refrigeración.....	34
3.5.2. Almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel	35
3.6. Análisis estadístico	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Características fisiológicas de palta cv. Hass.....	38
4.1.1. Tasa de respiración	38
4.1.2. Pérdida de peso	40
4.2. Características físico-químicas de palta cv. Hass	41
4.2.1. Color de la cáscara.....	41

4.2.2. Contenido de materia seca y lípidos	45
4.3. Actividad enzimática y azúcares de la pared celular de palta cv. Hass	46
4.3.1. Actividad enzimática	46
4.3.2. Azúcares de la pared celular	49
4.4. Metabolitos primarios de palta cv. Hass	52
4.4.1. Azúcares y ácidos orgánicos.....	52
4.4.2. Ácidos grasos.....	57
4.5. Metabolitos secundarios de palta cv. Hass	60
4.5.1. Perfil de fitoesteroles	60
4.5.2. Perfil de tocoferoles	62
4.5.3. Compuestos fenólicos	65
4.5.4. Ácido abscísico	68
4.6. Capacidad antioxidante de palta cv. Hass	70
4.7. Análisis en mapa de calor	73
4.8. Evaluación de la heterogeneidad en la maduración de palta cv. Hass.....	74
V. CONCLUSIONES	78
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
VIII. ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición en 100 gramos de la porción comestible de palta cv. Hass.....	5
Tabla 2: Color de cáscara de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	44
Tabla 3: Contenido de materia seca y fracción lipídica de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.....	47
Tabla 4: Actividad pectinmetilesterasa y poligalacturonasa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	48
Tabla 5: Azúcares de la pared celular de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15 y 30 en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	51
Tabla 6: Cambios en el contenido de azúcares en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.....	55
Tabla 7: Contenido de ácidos orgánicos en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.....	56
Tabla 8: Composición porcentual de ácidos grasos de aceite de palta cv. Hass procedentes de tres cosecha, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	59

Tabla 9: Composición de fitoesteroles de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	61
Tabla 10: Composición de tocoferoles de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, determinados a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	63
Tabla 11: Compuestos fenólicos en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosecha, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	67
Tabla 12. Contenido de ácido abscísico (ABA) en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	69
Tabla 13: Capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica de la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosecha, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	72
Tabla 14: Cuantificación del porcentaje de paltas cv. Hass de tres cosechas en estado de madurez de consumo (firmeza 4-13 N), que resultaron con presencia de pardeamiento enzimático (vascular y de pulpa), posterior al almacenamiento en frío (7 °C y 90 por ciento de HR) durante 22, 37 y 57 días en refrigeración.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema general de las rutas metabólicas de los metabolitos primarios en plantas	9
Figura 2. Estructuras químicas de azúcares de 7 carbonos	10
Figura 3: Ruta biosintética de los ácidos quínico, málico, cítrico y succínico en plantas... 12	
Figura 4: Esquema general de la síntesis de compuestos fenólicos vegetales a través de la vía del ácido shikímico y fenilpropanoide.....	15
Figura 5. Estructura química de tocoferoles	16
Figura 6. Estructura química de los esteroides, que muestra la cadena lateral (R) del colesterol y los fitoesteroides más comunes	17
Figura 7: S -(+)- Ácido abscísico	18
Figura 8: Esquema general de la síntesis de ácido abscísico (ABA).....	19
Figura 9: Diseño experimental para el estudio fisicoquímico y metabolómico post-cosecha de palta cv. Has.....	37
Figura 10: Tasa de respiración de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR)... 39	
Figura 11: Pérdida de peso de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.	41
Figura 12: Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta cv. Hass.....	57
Figura 13: Mapa de calor de las 25 características principales agrupados por tendencia, incremento de rojo y disminución de azul, en palta cv. Hass en tres cosechas durante 0, 15 y 30 días de refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR) y posterior al almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (4-13N), respectivamente.	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Ecuaciones de curvas estándar empleadas en cada determinación analítica	98
ANEXO II: Resultados de los análisis por unidad experimental	100

RESUMEN

Palta cv. Hass (*Persea americana*) es una fruta de gran relevancia económica para el Perú, ya que lidera la exportación de frutas. Su demanda se debe a los atributos sensoriales, nutricionales y funcionales que están estrechamente relacionados con el tipo y la cantidad de metabolitos que contiene. En el presente trabajo de investigación se evaluaron cambios en los metabolitos primarios y secundarios y las características físico-químicas de palta cv. Hass proveniente de tres cosechas (primera, segunda y tercera) almacenada en refrigeración (7 °C y 90 %HR) por 0, 15, 30 y 50 días y posterior maduración en anaquel (19-20 °C y 60-70 %HR). Se encontraron diferencias significativas en las características físico-químicas, como el incremento en el contenido de materia seca y lípidos entre cosechas, mostrando una fuerte correlación positiva, los parámetros de color (L, C y h°) tienden a disminuir en el almacenamiento en refrigeración. La actividad pectinmetilesterasa (PME) disminuye durante la refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel, contrario a la actividad poligalacturonasa (PG). Durante el almacenaje, los metabolitos polares cambiaron sustancialmente comparado con los apolares; así, el contenido de manoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa, ácido málico y cítrico en la pulpa de la fruta, mostraron una tendencia a la disminución, mientras que el contenido del ácido succínico aumentó entre las cosechas, durante la refrigeración y posterior maduración en anaquel. El contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante incrementaron con la maduración, no obstante, disminuye entre cosechas. El perfil de ácidos grasos permanece invariable durante todo el proceso; mientras se observa una ligera acumulación de fitosteroles y tocoferoles durante la maduración en anaquel.

Palabras claves: palta, metabolitos, azúcares, ácidos orgánicos, ácidos grasos, fitoesteroles, tocoferoles, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

ABSTRACT

Avocado cv. Hass (*Persea americana*) is a leading yet potential export-revenue generator fruit for Peru. This is in high demand mainly due to its sensory, nutritional and even functional attributes that are greatly related to the type and amount of metabolites it contains. Therefore, in this research, the important changes in the primary and secondary metabolites and the physicochemical characteristics of avocado cv. Hass from three types of crops (first, second and third) stored in refrigeration (7 °C and 90% RH) for 0, 15, 30 and 50 days and subsequent maturation on shelf (19-20 °C and 60-70% RH) has been studied. Significant differences were found in the physicochemical characteristics, such as the increase in the dry matter and the lipid contents between crops, showing a strong positive correlation. Moreover, the color parameters (L, C and h °) were found to decrease in the refrigeration storage. Pectinmethylesterase activity (PME) decreased during refrigeration and subsequent shelf storage, contrary to polygalacturonase activity (PG). During storage, polar metabolites changed substantially compared to apolar ones. Thus, the content of mannoheptulose, perseitol, glucose, fructose, malic and citric acid in the pulp of the fruit, showed a tendency to decrease, while the content of succinic acid increased between the harvests, during refrigeration and subsequent maturation in shelf. The contents of phenolic compounds and antioxidant capacity increased with maturation, however, it decreased between crops. The fatty acid profile remained unchanged throughout the process; while a slight accumulation of phytosterols and tocopherols was observed during shelf maturation.

Keywords: avocado, metabolites, sugars, organic acids, fatty acids, phytosterols, tocopherols, phenolic compounds and antioxidant capacity.

I. INTRODUCCIÓN

La palta (*persea americana*) es una fruta extensamente consumida en todo el mundo, debido a sus atributos sensoriales, nutricionales y sobre todo funcionales (Duarte *et al.*, 2016), este último relacionados a una reducción en el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer por su capacidad de inhibir el efecto de los radicales libres (Chirinos *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013). Las propiedades funcionales de la palta están atribuidos a los metabolitos primarios (azúcares de siete carbonos, manoheptulosa y perseitol) y principalmente secundarios (ácidos grasos insaturados, tocoferoles, fitoesteroles y compuestos fenólicos) (Donetti y Terry, 2014; Dreher y Davenport, 2013; Yahia y Woolf, 2011). Los niveles de estos metabolitos primarios y secundarios, además, de las características fisicoquímicas son afectados por varios factores, como el grado de crecimiento y desarrollo, las condiciones agroclimáticas y el manejo post-cosecha (Lu *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2012).

El Perú es uno de los principales países productores y exportadores de palta a nivel mundial, debido a que sus condiciones agroclimáticas presentan una ventaja competitiva para la producción de palta durante todo el año en relación con México, Chile, República Dominicana, Indonesia y Estados Unidos, países que dominaron la producción y exportación de la palta hasta la última década. Los principales mercados de exportación de la palta cv. Hass peruana son Países Bajos, Estados Unidos, España y recientemente Asia, cuyos mercados parecen incrementar potencialmente su consumo de esta fruta en el futuro. No obstante, el tiempo y condiciones de envío y la heterogeneidad en la maduración son los principales problemas que deben resolverse para garantizar la calidad de la palta para los consumidores.

La palta es clasificada como una fruta climatérica, debido al incremento en la actividad respiratoria y biosíntesis de etileno durante el proceso de maduración, no obstante, se ha demostrado que el proceso de maduración de la palta sólo empezará una vez sean cosechadas (Bill *et al.*, 2014; Ozdemir y Topuz, 2004). La alta actividad respiratoria de

la palta, condiciona el tiempo de vida útil relativamente corta (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011); no obstante, el almacenamiento en refrigeración es una alternativa para prolongar la vida útil de la fruta, haciendo posible el envío a diferentes mercados internacionales seguido de maduración en anaquel (puestas en vitrina para la venta) conservando su calidad (Bill *et al.*, 2014). No obstante, largos periodos de almacenamiento en anaquel podrían resultar en daños por frío, concomitante con la aparición del pardeamiento de la pulpa generando sabores y olores poco agradables (Chaplin *et al.*, 1982).

El proceso de maduración de la palta cv. Hass conlleva modificaciones fisiológicas y fisicoquímicas como: el incremento de la biosíntesis de etileno y actividad respiratoria, el cambio de color de verde a morado/negro de la cáscara, y el ablandamiento de la fruta (Chen *et al.*, 2017; Cox *et al.*, 2004; Villa-Rodríguez *et al.*, 2011). Los metabolitos también son modificados durante la maduración de la palta, como la disminución significativa de manoheptulosa y su forma polirol, perseitol, asociado a la utilización como sustrato en la respiración celular (Blakey *et al.*, 2012; Sandra *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2002; Tesfay *et al.*, 2010), la variación en los ácidos grasos (Meyer y Terry, 2010; Ozdemir y Topuz, 2004; Pedreschi *et al.*, 2014; Villa-Rodríguez *et al.*, 2011), fitoesteroles (Robayo, 2016), tocoferoles (Saini, 2017), compuestos fenólicos, capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012) y el perfil de compuestos fenólicos (Contreras-Gutiérrez *et al.*, 2013). Sin embargo, aún existe una deficiencia en la comprensión de los cambios fisiológicos y metabólicos de la palta durante el proceso de refrigeración y su posterior maduración, siendo necesario caracterizar su composición y entender los mecanismos de biosíntesis y degradación de estos para planificar un manejo post-cosecha.

El presente trabajo tuvo como objetivos evaluar los cambios de las características físico-químicas y metabólicas de palta cv. Hass provenientes de tres cosechas, en los periodos de almacenamiento en refrigeración, seguido de anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (Firmeza de 4-13 Newton).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Palta

2.1.1. Generalidades

La palta (*Persea americana*) pertenece a la familia de las lauráceas, tiene su origen en la zona central de México y Guatemala, posteriormente por el intercambio comercial entre las civilizaciones nativas se distribuyó y adaptó a América del Sur, extendiéndose hasta Ecuador, Perú y Chile, cultivándose durante 4000-6500 años. La denominación de aguacate derivado de Ahuacatel (reflejando la forma como testículos de la fruta) fue por los aztecas en México, mientras que en Perú, Ecuador y Chile se conoce como palta (Yahia y Woolf, 2011; Galindo-Tovar *et al.*, 2008; Williams, 1977). Es una fruta consumida a nivel mundial debido a su excelente sabor, textura única, alto valor nutricional y la presencia de compuestos bioactivos relacionados con la salud (Pedreschi *et al.*, 2016).

El cultivar comercial más dominante de palta a nivel mundial es el Hass, debido a su alta productividad y excelente calidad de pulpa, fue desarrollado en California y patentado por Rudolph Hass en 1920 (Yahia y Woolf, 2011). Es un híbrido que posee 85 a 90 por ciento de genes de raza Guatemalteca y el resto de la raza Mexicana, que le confieren una cáscara más gruesa y mayor resistencia al frío, respectivamente (Bergh y Ellstrand, 1986). El fruto se caracteriza por su forma variada entre periforme y ovoide, de tamaño mediano (200 a 300 g), de cáscara rugosa, medianamente gruesa y de color verde que se torna morado al madurar, de pulpa cremosa que envuelve en su interior una semilla redondeada de color claro que aparece recubierta de una capa delgada y leñosa de color marrón (Yahia y Woolf, 2011).

2.1.2. Maduración

Es el conjunto de procesos complejos de desarrollo que está acompañado de cambios observables en la fruta, durante este proceso la fruta desarrolla una serie de características

físico-químicas que permiten definir dos estados de madurez (fisiológica y de consumo o comercial). La madurez fisiológica es el estado de desarrollo en el cual se alcanza el mayor crecimiento del fruto y la madurez de consumo corresponde al punto en el cual el fruto ha desarrollado las características de color, sabor y aroma que el consumidor desea (Arias y Toledo, 2000).

De acuerdo a su patrón de respiración y producción de etileno en el inicio de la maduración, la palta es una fruta típicamente climatérica (Yahia y Woolf, 2011; Velásquez, 2006); sin embargo, carece de capacidad para madurar en el árbol, posiblemente debido a un flujo de componentes inhibidores que se transportan de las hojas al fruto (Bertling y Bower, 2005; Liu *et al.*, 1999, 2002; Tingwa y Young, 1975). Durante la maduración la palta experimenta diferentes cambios fisiológicos, como el incremento de la tasa de respiración, la pérdida de la firmeza por medio de las enzimas pectinasas (principalmente poligalacturonasa y pectinesterasa), el cambio de color de la cáscara de verde a morado es característico de la variedad Hass, este cambio de color es debido a la disminución de la clorofila y carotenoides y un aumento en el contenido de antocianinas en la cáscara (cianidina 3-O-glucósido) (Cox *et al.*, 2004; Villa-Rodríguez *et al.*, 2011).

Varios criterios son utilizados como indicadores de madurez fisiológica de la palta para el momento de la cosecha, los más importantes son el contenido de materia seca (mayor a 21 por ciento) y su correlación con el contenido de aceite (mayor a 9 por ciento) (Pedreschi *et al.*, 2014), incluye el tamaño, el color de cáscara y el tiempo después de floración que son aplicados con limitaciones (Domínguez, 2014). El control de dichos parámetros permite cumplir con las normas mínimas y garantizar la buena calidad de consumo, además de reducir los problemas logísticos en los mercados de destino generados por la heterogeneidad en la maduración.

2.1.3. Composición química

La composición química de la palta estará en función de la variedad, edad fisiológica y las condiciones agroclimáticas. Sin embargo, aporta todos los elementos nutritivos como proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales en forma balanceada como muestra la Tabla 1 (Dreher y Davenport, 2013; Yahia y Woolf, 2011). La palta está constituida en general de 70-78 por ciento de agua y de 11-20 por ciento de aceite. Su valor nutricional es

único debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados que puede alcanzar aproximadamente el 69 por ciento del total de aceite presente en la pulpa, de este en general el 13.6 por ciento corresponden a los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) y el 55.4 por ciento a los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) (Takenaga *et al.*, 2008).

Tabla 1: Composición en 100 gramos de la porción comestible de palta cv. Hass

Componentes	Dreher y Davenport (2013)	Yahia y Woolf (2011)
Agua (g)	72.3	74.4
Proteína (g)	1.96	1.8
Lípidos (g)	15.4	20.6
Carbohidratos (g)	8.64	ND
Azúcares, total (g)	0.3	0.5
Fibra dietaria, total (g)	6.8	1.4
Ceniza (g)	1.66	1.2
Almidón (g)	0.11	ND
Criptoxantina (mg)	0.027	0.16
Vitamina C (mg)	8.8	11
Niacina (mg)	1.91	2.16
Ácido pantoténico (mg)	1.46	1.14
Vitamina B6 (mg)	0.29	0.62
Colina (mg)	14.2	ND
Folato (µg)	89	40
Potasio (mg)	507	480
Fosforo (mg)	54	27
Magnesio (mg)	29	23
Hierro (mg)	0.61	0.7

ND: No determinado

Los principales ácidos grasos presentes en el aceite de palta son: oleico (47-69 por ciento), palmítico (13-27 por ciento), palmitoleico (3-12 por ciento), linoleico (13-16 por ciento), linolenico (0.4-1.0 por ciento) (Pedreschi *et al.*, 2016; Donetti y Terry, 2014; Ozdemir y Topuz, 2004). La composición de los ácidos grasos en el aceite varía de acuerdo al lugar de producción (condiciones agroclimáticas) y la edad fisiológica. Así las palta de origen Chileno, Peruano y de España contienen entre 57-61, 54-60 y 40-47 por ciento de ácido oleico, respectivamente (Donetti y Terry, 2014). Esta cualidad podría utilizarse como un marcador de origen de la fruta.

Además, a diferencia de otras frutas la porción comestible de palta contiene otros compuestos bioactivos como azúcares de siete carbonos (C7) (Manoheptulosa y perseitol) (Pedreschi *et al.*, 2016; Donetti y Terry, 2014), tocoferoles (α -, β -, γ - y δ -tocoferol), fitoesteroles (β -sitosterol, campesterol y estigmasterol), carotenoides y compuestos fenólicos, que poseen actividades antioxidantes inhibiendo los radicales libres (Chirinos *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2004).

2.1.4. Condiciones de almacenaje post-cosecha

La vida útil de una fruta después de la cosecha, depende en buena parte de la temperatura y la humedad relativa a la cual está expuesta (puede ser desde el pre enfriado, almacenamiento, transporte y exhibición). En general, a mayor temperatura de exposición aumenta la velocidad de respiración, producción de etileno y disminuye la vida útil de la fruta (Cox *et al.*, 2004; Moreno, 2005; Ozdemir y Topuz, 2004); mientras que las bajas temperaturas inhiben enzimas involucradas en la síntesis de etileno, carbohidratos y ácidos orgánicos (Bills *et al.*, 2014), en consecuencia, la velocidad de respiración y la producción de etileno disminuyen, incrementando la vida útil de la fruta (Cox *et al.*, 2004; Moreno, 2005; Ozdemir y Topuz, 2004; Villa-Rodríguez *et al.*, 2011).

Kader y Arpaia (1999) demostraron que la temperatura de almacenamiento para prolongar la vida útil de la palta depende del grado de madurez, recomiendan una temperatura de 5 a 13 °C para paltas recién cosechadas (en madurez fisiológica) y de 2 a 4 °C para paltas en madurez de consumo, mientras que la humedad relativa es de 90 a 95 por ciento para ambos casos. El manejo de las bajas temperaturas es la herramienta más efectiva para mantener la calidad de la palta y extender la vida de anaquel y facilitar la distribución a los diferentes mercados de destino, llevándola a un estado de actividad fisiológica reducida, para mantener la firmeza y la calidad hasta que ésta sea removida del almacenamiento en frío, para luego así retomar su funcionamiento fisiológico normal a temperatura ambiente (Blakey, 2011), y finalmente ser capaz de madurar con toda normalidad. Por otro lado, las bajas temperaturas no frenan en la misma extensión todos los aspectos del metabolismo en la palta, el efecto global es el establecimiento de un desequilibrio metabólico que se traduce en ausencia de un sustrato esencial, o en la acumulación de productos tóxicos, lo que conduce a un funcionamiento anormal de las células y en último término, a la pérdida de la integridad y

estructura celular, en consecuencia ocasionando disfunción fisiológica conocida como daños por frío (Chaplin *et al.*, 1982).

Los daños por frío son desordenes fisiológicos del tejido celular causados por el mal manejo del frío y el periodo prolongado del almacenaje de la fruta en refrigeración, se manifiesta tanto en la cáscara como en la pulpa. Los síntomas de los daños por frío en la cáscara de la fruta, corresponde a puntuaciones necróticas si el daño es leve, en cambio si el daño es severo conduce a manchas irregulares de color pardo-negro claramente definidos, estos síntomas se intensifican cuando las frutas son retiradas del frío. En el caso de la pulpa de la fruta, son diversos los síntomas como: ablandamiento inadecuado, pulpa gris, pardeamiento de pulpa y de haces vasculares. En general, los daños se producen a nivel de la membrana celular afectando su integridad estructural y plantean que las bajas temperaturas modificarían la distribución de los lípidos en la membrana causando áreas gelificadas y otras fluidas, debido a que los ácidos grasos saturados tienden a solidificarse más fácilmente por efecto de las bajas temperaturas, mientras que el pardeamiento es debido a la acción de la enzima polifenoloxidasas transformando los fenoles en quinonas y melaninas (Artés, 2002). Los daños por frío pueden conducir a desarrollar sabores y aromas desagradables, incapacidad para madurar y mayor susceptibilidad a pudriciones. Además, son varios los factores de pre cosecha y post cosecha que influyen sobre la aparición y severidad del desorden, entre ellos, el cultivar, estado de madurez, lugar de producción, el tiempo y la temperatura de almacenaje (Pantastico *et al.*, 1979).

La modificación de la composición de la atmósfera de almacenamiento de las frutas junto a una refrigeración es una alternativa más eficiente para mejorar el tiempo de almacenamiento y período de comercialización, incluyendo la reducción del daño por frío y desórdenes fisiológicos (Eksteen *et al.*, 1992). Se ha determinado, que la palta Hass puede conservarse de 5 a 7 °C en 2 por ciento de O₂ y de 3 a 5 por ciento de CO₂ por 9 semanas, y finalmente madurarse al ambiente a 20 °C para alcanzar buena calidad, junto con esto recomiendan la eliminación del etileno del almacenamiento en atmósferas controladas, y que concentraciones mayores a 10 por ciento de CO₂ pueden incrementar el pardeamiento de la cáscara y pulpa, además de la generación de sabores desagradables, especialmente cuando el O₂ se encuentra en concentraciones inferiores a uno por ciento (Kader y Arpaia, 1999). Por otro lado, investigaciones actuales recomiendan conservar paltas Hass a una temperatura de 7 °C en 4 por ciento de O₂ y de 6 por ciento de CO₂ (Pedreschi *et al.*, 2014; Fuentealba

et al., 2017). Para asegurar la calidad bajo estas condiciones de almacenamiento recomiendan almacenar hasta cuatro semanas como máximo (Bill *et al.*, 2014).

2.1.5. Producción y exportación

El Perú presenta ventajas competitivas en relación a los principales productores y exportadores mundiales (México, Chile, Republica Dominicana, Indonesia, Estados Unidos, entre otros) por sus condiciones agroclimáticas ideales para la producción de palta durante todo el año. Sin embargo, la mayor cantidad de producción se encuentra entre los meses de abril a julio de cada año. En el 2017, las regiones productoras de palta más importante en el Perú fueron La Libertad (25.9 por ciento), Lima (21.2 por ciento), Ica (13.6 por ciento), Junín (12 por ciento), Ancash (9.1 por ciento) y otros (18 por ciento), con un rendimiento en promedio de 11.05 t/Ha, liderado por las zonas andinas de Arequipa (19.2 t/Ha) y La libertad (15.3 t/Ha), seguida por la costa de Ica (14.5 t/Ha) y Lima (10.7 t/Ha) (MINAGRI, 2018).

La palta es una fruta reconocida a nivel mundial y en los últimos años incrementó notablemente su demanda, actualmente la palta es uno de los productos más importantes del agro del Perú, al ubicarse dentro de los 10 primeros productos de exportación, junto con el cobre y el oro. La sociedad de comercio exterior (COMEXPERÚ, 2018) indicó que las exportaciones de palta peruana fueron las que más crecieron dentro de los cinco principales países exportadores en los últimos cuatro años, llegando a ubicarse como el tercer mayor exportador de palta en el mundo, de acuerdo al ranking 2016 del Centro de Comercio Internacional (ITC). Además, señala que los envíos de palta peruana en los primeros seis meses del 2017 ascendieron a 364 millones de dólares hacia 26 destinos, principalmente los Países Bajos (37.4 por ciento), EE.UU. (28.9 por ciento) y España (15.4 por ciento). La exportación de palta es integra e inmediatamente después de la cosecha, en general se realiza por vía marítima y en condiciones de refrigeración y atmosferas controladas, con un tiempo de envío de 15-25 días en el caso de EE.UU, 30-35 días tratándose de los mercados de Europa y hasta los 50 días al mercado Asiático (SIICEX, 2016).

2.2. Metabolitos primarios

Los metabolitos primarios son aquellos compuestos orgánicos que se encuentran involucrados en el crecimiento y desarrollo, la respiración y la fotosíntesis, y la síntesis de hormonas y proteínas de las plantas, incluye a los carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos y ácidos orgánicos. La Figura 1 muestra un esquema general de las rutas metabólicas de los metabolitos primarios en plantas. Estos metabolitos son producidos utilizando casi las mismas vías bioquímicas y se encuentran en todas las especies dentro de amplios grupos filogenéticos (Hounsome y Hounsome, 2011; Hounsome *et al.*, 2018).

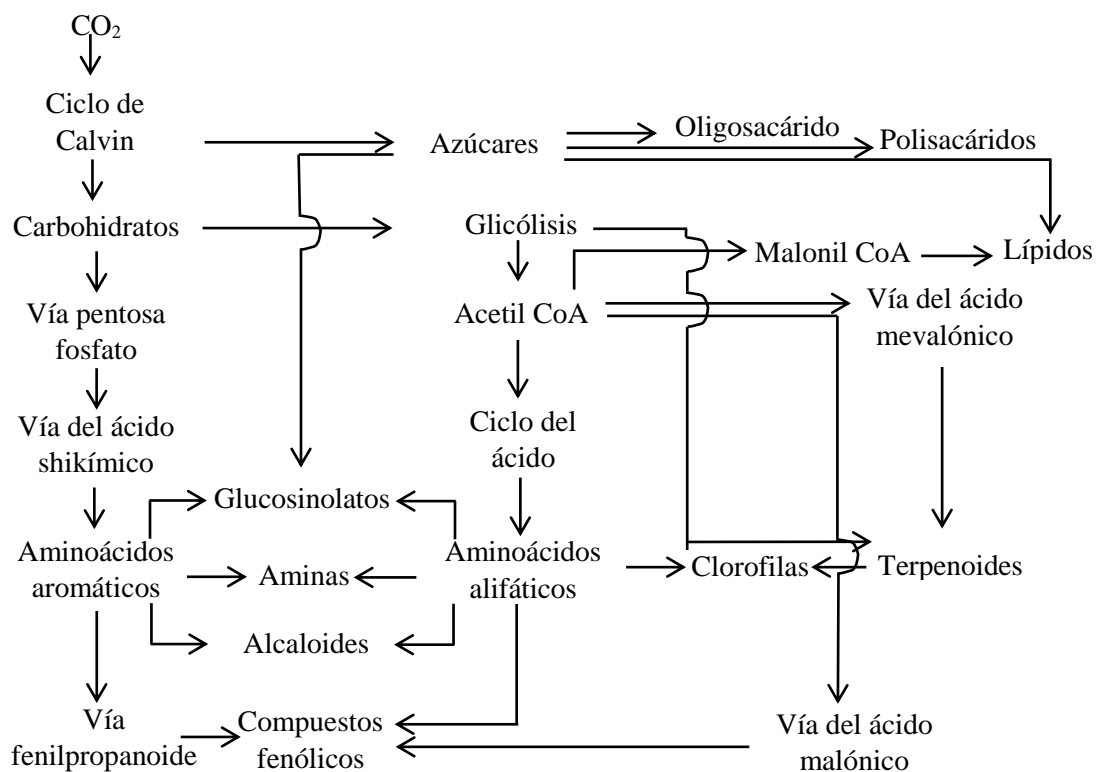


Figura 1: Esquema general de las rutas metabólicas de los metabolitos primarios en plantas

Fuente: Adaptado de Hounsome *et al.* (2018)

2.2.1. Carbohidratos no estructurales

Los carbohidratos no estructurales comprenden a los azúcares que son la fuente principal de energía en un sistema de plantas, se originan en el ciclo de Calvin y consisten en carbono, hidrógeno y oxígeno. En las plantas, los azúcares se encuentran como monosacáridos (glucosa, fructosa, galactosa, etc.), disacáridos (sacarosa, maltosa, etc.) y azúcares alcohol

(sorbitol, manitol, myo-inositol, etc.) (Hounsome *et al.*, 2018). Los principales monosacáridos encontrados en frutas son la glucosa y fructosa cuya concentración varía de especie a especie, otros monosacáridos son encontrados en cantidades traza, mientras que la sacarosa es el principal disacárido dominante en las frutas (Belitz *et al.*, 2009). Sin embargo, en particular la palta es una fruta que está constituida principalmente por azúcares de 7 carbonos, mannoheptulosa (cetoazúcar) y perseitol (poliol) (Tsfay, 2009; Liu *et al.*, 1999; 2002), cuyas estructuras se muestran en la Figura 2 (Royal Society of Chemistry).

Las rutas bioquímicas para la síntesis de los azúcares de 7 carbonos se sugieren que se forma a partir del ciclo de Calvin (Liu *et al.*, 2002). Su presencia en el floema y la disminución de su contenido a medida que aumenta la madurez de la palta, sugiere que estos azúcares de 7 carbonos puede representar la principal fuente de energía en la fruta, además, el perseitol está identificado como un carbohidrato de almacenamiento que se convierte fácilmente en mannoheptulosa (Tsfay, 2009). Además, recientes investigaciones atribuyen como la principal fuente de capacidad antioxidante en la pulpa de palta, a la mannoheptulosa (Tsfay *et al.*, 2010).

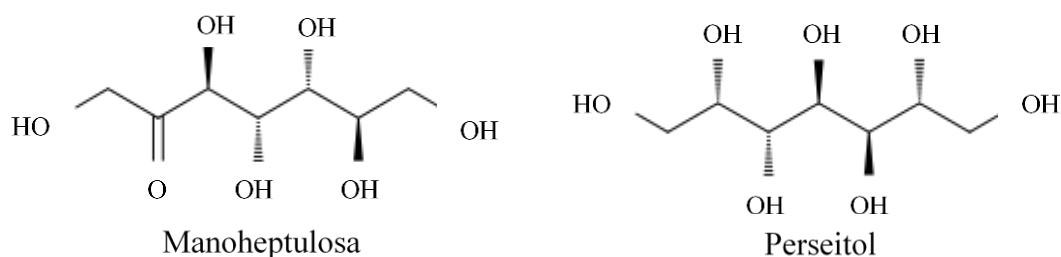


Figura 2. Estructuras químicas de azúcares de 7 carbonos

La concentración de los azúcares principales presentes en la palta cambia según el tipo de cultivar (se reportó que el cv. Hass presenta mayores cantidades de azúcares de 7 carbonos), el grado de desarrollo y las condiciones de producción (Donneti, 2011; Liu *et al.*, 1999). La disminución significativa de las heptosas durante la maduración, sugiere un posible papel inhibitorio en la maduración de palta (Blakey, 2011; Donetti y Terry, 2012; Liu *et al.*, 2002; Tsfay *et al.*, 2010). Mientras que la sacarosa, glucosa y fructosa son importantes durante el crecimiento y desarrollo de la palta antes de la cosecha, y se requieren principalmente para el transporte de carbono, la síntesis de celulosa y lípidos (Meyer y Terry, 2010). Por otro lado, Roth *et al.* (2009) postularon que la mannoheptulosa puede ser responsable del efecto

hipoglucémico por la disminución de la glucólisis a través de la inhibición de la hexoquinasa. Además, la manoheptulosa y el perseitol son reportados como azúcares con actividad anticancerígena (Board *et al.*, 1995; Ishisu *et al.*, 2002).

2.2.2. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos son un grupo de compuestos que tienen grupos carboxílicos y se clasifican en alifáticos (cadena lineal) y aromáticos. Los ácidos mayoritarios en frutas son el málico y el cítrico (alifáticos), mientras que solo en las uvas se restringe el ácido tartárico como ácido principal seguido del málico (Belitz *et al.*, 2009). Los ácidos orgánicos tienen funciones importantes como potenciadores del sabor y agentes antimicrobianos naturales. Además, confieren a las frutas y verduras una acidez y junto con los azúcares afectan el sabor al actuar sobre la percepción del dulzor (Kader, 2018). La relación de azúcar y ácido es particularmente útil como indicador de madurez para muchas frutas (Eskin y Hoehn, 2013).

Los ácidos orgánicos generalmente se acumulan en las primeras etapas del desarrollo de la fruta y posteriormente son utilizados como sustratos respiratorios durante la maduración de la fruta (Diakou *et al.*, 2000). Muchos de estos ácidos orgánicos como el ácido cítrico, isocítrico, oxálico, succínico y málico son intermediarios del ciclo de Krebs, también conocido como ciclo del ácido cítrico o de los ácidos tricarboxílicos. El ácido quínico se sintetiza mediante la vía del shikimato, es derivado a partir del fosfoenolpirúvico, pasando por ácido 3-desoxi-D-arabino-heptulosónico (DHAP) y ácido 3-deshidroquinico (3-DHQ) (Figura 3) (Famiani *et al.*, 2015; Koshiro *et al.*, 2015).

En la mayoría de las frutas, la mayor parte de la pulpa se compone de células de parénquima, y a su vez la gran mayoría de estas se constituye de una vacuola grande. En gran medida los ácidos del ciclo de Krebs se encuentran almacenados en estas vacuolas (Etienne *et al.*, 2013). Hurtado-Fernández *et al.* (2014) reportaron en palta cultivar Hass 53.3 mg y 35 mg de ácido quínico por 100 g de pulpa de palta en madurez fisiológica y de consumo, respectivamente. Así mismo, Yahia y Woolf (2011) reportan en palta madura, una concentración de 320 mg de ácido málico, 50 mg de ácido cítrico y 30 mg de ácido oxálico por 100 g de peso fresco. Los ácidos orgánicos son importantes para los procesos biológicos, debido a su participación en diversas vías fundamentales del metabolismo y catabolismo de las plantas y los animales

como productos intermedios o finales, desempeñando una función clave (Hounsome *et al.*, 2018).

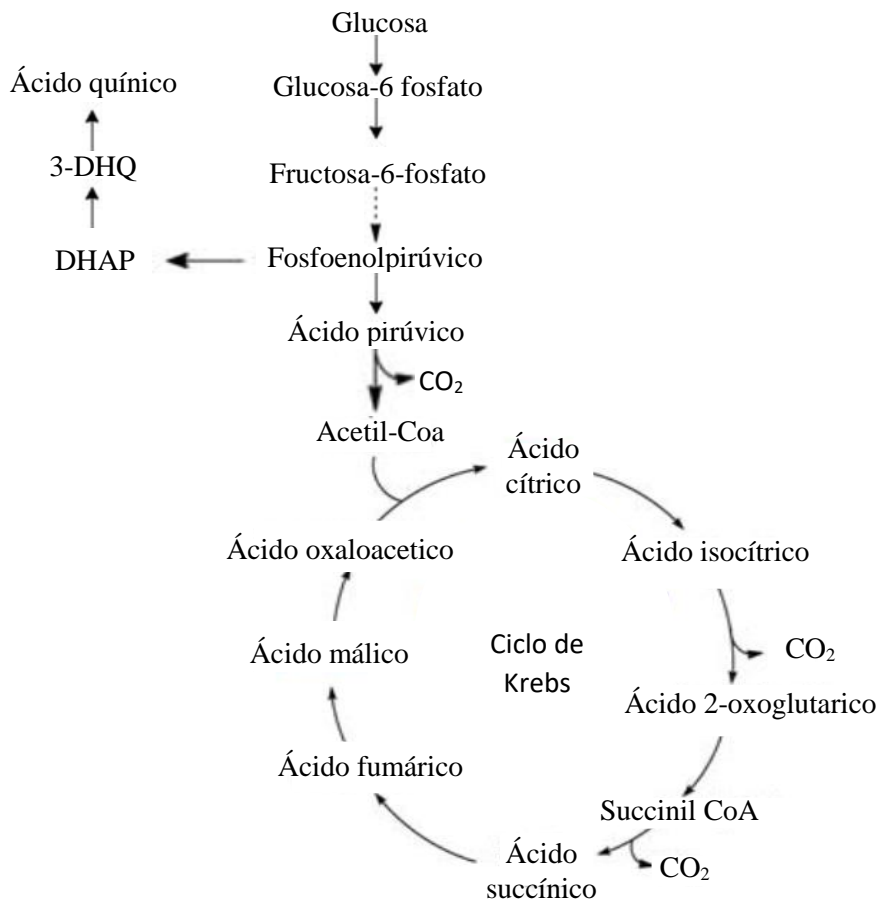


Figura 3: Ruta biosintética de los ácidos quínico, málico, cítrico y succínico en plantas
Fuente: Adaptado de Koshiro *et al.* (2015)

2.2.3. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son moléculas orgánicas de cadena lineal, que consiste de un grupo carboxílico hidrófilo unido a una cadena hidrocarbonada hidrofóbica y una de las clasificaciones se basa en el número de sus dobles enlaces como: ácidos grasos saturados (SFAs) que no presentan insaturaciones (ácido cáprico, mirístico, palmítico, esteárico, etc.), ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) que tienen un doble enlace (ácido oleico, palmitoleico, etc.) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) aquellos que tienen dos o más de dos enlaces dobles (ácido linoleico, α -linolénico, ácido araquidónico, etc.) (Belitz *et al.*, 2009; Hounsome *et al.*, 2018).

En las plantas los ácidos grasos son sintetizados a partir del acetil-CoA en el citosol, que se produce a partir del piruvato en la glucólisis (Hounsome *et al.*, 2018), contienen de 4 a 26 moléculas de carbonos, pero el ácido oleico (18:1) y el ácido linoleico (18:2) son los más prevalentes en la naturaleza (Belitz *et al.*, 2009). El aceite de oliva y otras grasas ricas en ácidos grasos insaturados son reconocidos por ayudar a reducir el colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) al mismo tiempo que protegen el colesterol HDL (lipoproteína de alta densidad), además están implicados en la absorción de las vitaminas A y D, la coagulación de la sangre y la respuesta inmune. La diferencia entre los aceites de diferentes orígenes es su composición, así, las grasas derivadas de fuentes animales como, mantequilla, crema y quesos madurados tienen una alta proporción de grasas saturadas, mientras que los aceites de fuentes vegetales, como el aceite de oliva y la canola, tienen la más baja (Vicente *et al.*, 2009).

De acuerdo con Belitz *et al.* (2009) las fracciones lipídicas de las frutas consisten de triacilgliceroles, glicolípidos, fosfolípidos, carotenoides, triterpenos y ceras. Además, solo los frutos secos contienen altas cantidades de lípidos. La palta también es una fruta con alto contenido lipídico, generalmente representa el 70 por ciento de la materia seca. La fracción del aceite de palta está compuesto principalmente de ácido oleico (50-60 por ciento), ácido palmítico (15-20 por ciento), ácido palmitoleico (6-10 por ciento), ácido linoleico (11-15 por ciento) y ácido α -linolénico (aproximadamente uno por ciento) (Ozdemir y Topuz, 2004; Landahl *et al.*, 2009). La composición del aceite de palta varía de acuerdo con el origen y periodo de cosecha, siendo el ácido oleico el que varía significativamente. Las paltas Chilenas contienen mayor cantidad de ácido oleico (57-61 por ciento) seguido por las paltas de España (54-60 por ciento) y finalmente las paltas de Perú (40-47 por ciento) (Donetti y Terry, 2014).

2.3. Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos orgánicos derivados biosintéticamente de metabolitos primarios, no tienen una función directa en los procesos de crecimiento ni de desarrollo. Sin embargo, tienen funciones importantes como la protección de las plantas a microorganismos y herbívoros, atraer polinizadores y dispersores de semillas y actuar como moléculas de señal en condiciones de estrés (Hounsome y Hounsome, 2011; Lobo *et al.*, 2018). Su distribución es restringida en el reino vegetal a un determinado género, familia e

incluso a algunas especies, se acumulan en cantidades menores que los metabolitos primarios y no se sintetizan a través de las rutas metabólicas comunes a todas las plantas (Ávalos y Pérez-Urria, 2009). Estos metabolitos incluyen cuatro grupos principales: Terpenoides (Fitoesteroles, tocoferoles, hormonas, entre otros), polifenóles y compuestos fenólicos, alcaloides y glucosinolatos (compuestos azufrados) (Hounsome y Hounsome, 2011).

2.3.1. Compuestos fenólicos

Son moléculas características de las plantas que consisten en al menos un anillo aromático unido con uno o más grupos hidroxilos, y sus estructuras varían desde una molécula fenólica sencilla hasta un polímero de alto peso molecular (Balasundram *et al.*, 2006; Vermerris y Nicholson, 2008). Estos compuestos desempeñan un papel importante proporcionando protección contra patógenos y depredadores (Caretto *et al.*, 2015). También contribuyen con el color y las características sensoriales de las frutas y verduras. En algunos productos los compuestos fenólicos pueden contribuir a la astringencia y al sabor amargo a pesar de la presencia en bajas concentraciones, y su acumulación en frutas es mayor en la cáscara que en la pulpa (Vicente *et al.*, 2009).

La síntesis de los compuestos fenólicos se muestra en la Figura 4. Los compuestos fenólicos son derivados de dos procesos catabólicos en la célula vegetal, estos son la glucólisis y la vía pentosa fosfato, obteniendo productos intermediarios tales como el ácido fosfoenolpiruvato y eritrosa 4-fosfato, respectivamente. Estos productos intermediarios son condensados en DHAP (3-Deoxi-D-arabino-heptulosa 7 heptosa), siendo la molécula que da inicio a la ruta del ácido shikímico, posteriormente resulta en la biosíntesis del ácido clorísmico que puede servir para la síntesis de aminoácidos aromáticos tales como fenilalanina y tirosina, los cuales son precursores de importantes grupos de compuestos fenólicos mediante la vía fenilpropanoide (Vermerris y Nicholson, 2008).

Los compuestos fenólicos presentes en las frutas y verduras presentan capacidad antioxidantes, y este depende de la estructura, en particular del número y las posiciones de los grupos hidroxilo y la naturaleza de las sustituciones en los anillos aromáticos (Balasundram *et al.*, 2006). En la fisiología humana, los compuestos fenólicos son vitales en las respuestas de defensa, tales como la actividad antioxidante, antialérgico, antiinflamatorios, antitrombótico, cardioprotector y efecto vasodilatador, estos beneficios

están asociados por el alto consumo de frutas y verduras (Chirinos *et al.*, 2013; Lin *et al.*, 2016).

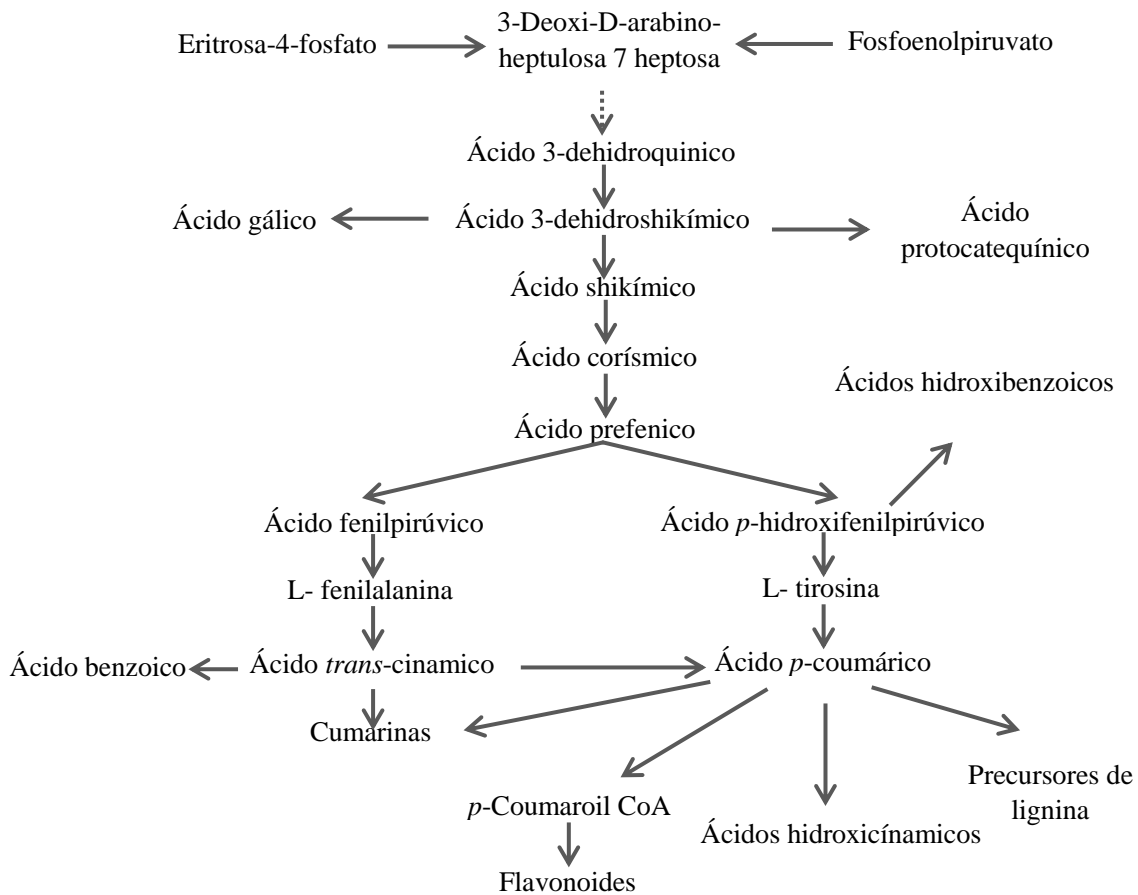


Figura 4: Esquema general de la síntesis de compuestos fenólicos vegetales a través de la vía del ácido shikímico y fenilpropanoide

Fuente: Adaptado de Lobo *et al.* (2018)

2.3.2. Tocoferoles

Los tocoferoles son compuestos bioactivos lipofílicos, constituidos por un anillo de cromanol (con un grupo hidroxilo) y una cadena lateral saturada alifática de 16 carbonos (incluye dos grupos metilo en el medio y otros dos más al extremo) (DellaPenna y Mène-Saffrané, 2011; Lobo *et al.*, 2018). Existen cuatro homólogos de tocoferoles, entre ellos α , β , γ y δ , que difieren en el grado de metilación en el anillo cromanol, como se muestra en la Figura 5 (Shahidi y De Camargo, 2016; Spika *et al.*, 2016). La síntesis de los tocoferoles es única de los organismos fotosintéticos como las plantas, las algas y algunas cianobacterias,

han sido detectados en hojas, semillas, raíces, tubérculos, frutos, tallos, hipocótilos y cotiledones de plantas superiores (DellaPenna, 2005).

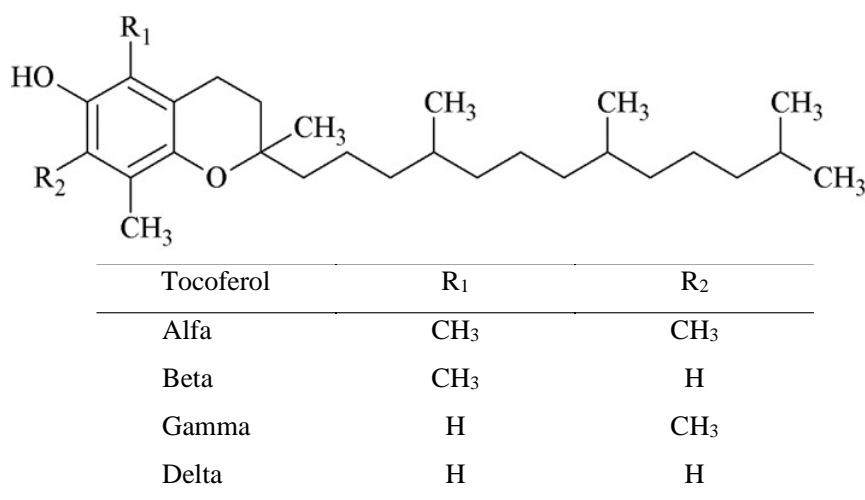


Figura 5. Estructura química de tocoferoles, la Tabla indica el número y la posición de los grupos metilo en el anillo aromático

Fuente: Adaptado de Spika *et al.* (2016)

Los tocoferoles muestran una fuerte actividad antioxidante, que confiere protección contra la peroxidación de los lípidos, eliminando los radicales peroxi de los ácidos grasos insaturados o al reaccionar con oxígeno singlete y otras especies reactivas de oxígeno (ROS). Los tocoferoles presentan actividad antioxidante dependiendo de su estructura (homólogos). La actividad antioxidante *in vitro* de los tocoferoles disminuye en el orden $\delta > \gamma > \beta > \alpha$, mientras que la actividad de la vitamina E, *in vivo*, disminuye en el orden $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ (Wanasundara y Shahidi, 2005). La mayor actividad de vitamina E del α -tocoferol puede explicarse por su retención preferente e incorporación a las lipoproteínas por la proteína de transferencia del α -tocoferol hepática, lo que resulta en niveles más altos de plasma y tejido (Schwartz *et al.*, 2008).

El contenido y composición de los tocoferoles dependen principalmente del tipo de alimento vegetal, las condiciones agroclimáticas, etc. No obstante, los niveles de tocoferoles totales son abundantes en las semillas oleaginosas, aceitunas, nueces, cacahuetes, almendras y palta, predominando el α - y γ - tocoferol (Vicente *et al.*, 2009). Debido a su potencial antioxidante y diversas funciones a nivel molecular, se cree que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de ciertos tipos de cáncer (Saldeen y Saldeen, 2005).

2.3.3. Fitoesteroles

Los fitoesteroles son compuestos bioactivos constituyente de todos los alimentos vegetales, estos se originan en la biosíntesis de isoprenoides. Los fitoesteroles se asemejan al colesterol en vertebrados en términos de ambas funciones: estabilización de bicapas de fosfolípidos en membranas de células vegetales y estructura con núcleo tetracíclico (1,2-ciclopentanoperhidrofenantreno) con una cadena lateral como muestra la Figura 6 (Lagarda *et al.*, 2006; Lobo *et al.*, 2018).

En la naturaleza existen más de 200 tipos de fitoesteroles distribuidos en el reino vegetal, representado cerca del 95 y 98 por ciento por β -sitosterol (24- α -etil-colesterol), campesterol (24- α -metilcolesterol) y estigmasterol (D22,24- α -etilcolesterol) (Cantrill y Kawamura, 2008; Liu, 2007). Se encuentran distribuidos en tallos, frutos y hojas vegetales. Las principales fuentes son los aceites vegetales, semillas oleaginosas, cereales, legumbres y frutos secos, además, constituyen la mayoría de la fracción insaponificable de los aceites vegetales (Valenzuela y Ronco, 2004).

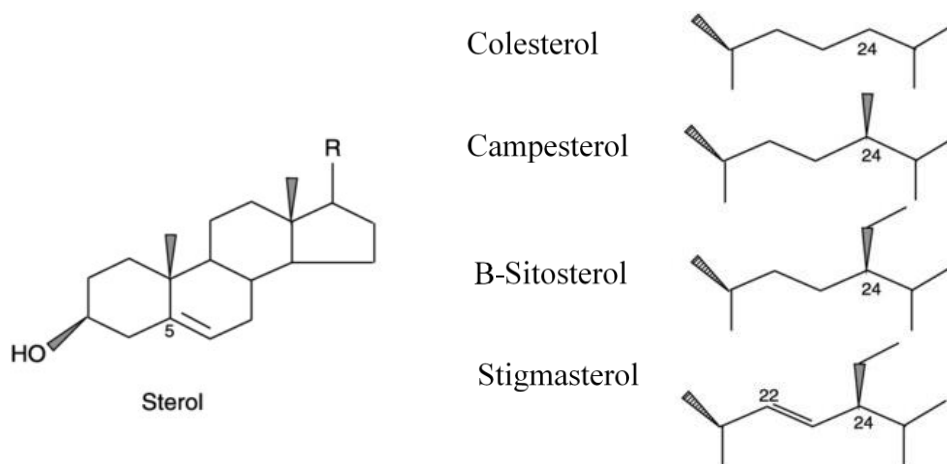


Figura 6. Estructura química de los esteroides, que muestra la cadena lateral (R) del colesterol y los fitoesteroides más comunes

Fuente: Adaptado de Segura *et al.* (2006)

El interés del consumo de los fitoesteroides se deriva en el potencial de disminuir los niveles de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el plasma, lo que los hace útiles para el desarrollo de algunos alimentos enriquecidos con estos esteroides vegetales (Lagarda *et al.*, 2006; Piironen *et al.*, 2000).

2.3.4. Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) es una fitohormona con 15 átomos de carbono, 20 de hidrogeno y 4 de oxígeno. Es un sesquiterpenoide que tiene un átomo de carbono asimétrico y óptimamente activo en C1. Existen dos conformaciones posibles (enantiomeros) del ácido abscísico, dependiendo de la colocación espacial del carbono C1; sin embargo, en la naturaleza solo se encuentra en la forma S-(+)- ABA, o forma positiva (Figura 7) (Cutler *et al.*, 2010; Finkelstein, 2013). Es también una de las hormonas más importantes presentes en las plantas debido a su importancia en la dormancia de las semillas, la senescencia y las adaptaciones al estrés, incrementado su síntesis en presencia de estrés hídrico (Cutler *et al.*, 2010).

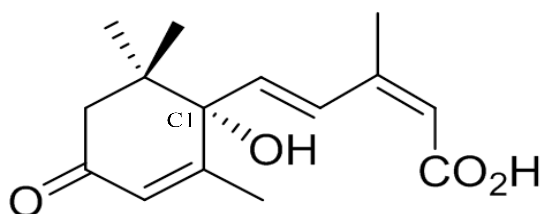


Figura 7: S -(+)- Ácido abscísico

Fuente: Cutler *et al.* (2010)

El ácido abscísico se sintetiza (Figura 8) en los plastidios de las células vegetales por una vía indirecta, a partir de piruvato y gliceraldehido-3-fosfato (GA3P), dos moléculas muy comunes, derivados de la degradación de la glucosa. Estas moléculas se condensan para formar un compuesto de 5 carbonos, denominado isopentil pirofosfato (IPP), que entra en la ruta del mevalonato hasta la formación de un compuesto intermediario 40 carbonos (primer carotenoide), el cual sufre una serie de reacciones de oxidación hasta obtener la neoxantina, el precursor real del ácido abscísico. Esta neoxantina se transforma en xantonina (de 15 átomos de carbono) a través de la enzima NCED (9-cis-epoxicarotenoide dioxigenasa), la cual posteriormente se lleva al citosol y da lugar al propiamente llamado ácido abscísico (Finkelstein, 2013; Xiong y Zhu, 2003).

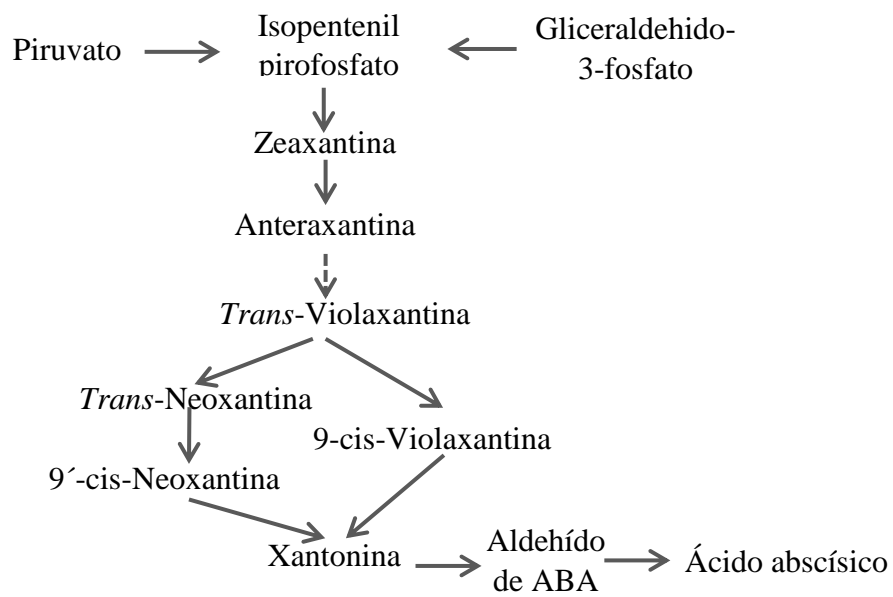


Figura 8: Esquema general de la síntesis de ácido abscísico (ABA)

Fuente: Adaptado de Finkelstein (2013)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Biotecnología Industrial & Bioprocesos del Instituto de Biotecnología (IBT) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. Materia prima

Se utilizaron 450 paltas variedad Hass cosechadas a partir de 50 paltos del campo de cultivo del Programa de Investigación y Proyección Social en Frutales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3. Materiales, equipos y reactivos

3.3.1. Materiales

- Materiales de plástico: puntas para micropipeta, tubos para centrífuga, etc.
- Materiales de vidrio: fiolas, proßs, placas petri, tubos de ensayo, etc.
- Membrana celulósica para diálisis de 10 mm de diámetro, corte de peso molecular 14000 (Sigma-Aldrich, USA)
- Micropipetas de 20-200 μL , 100-1000 μL y 500-5000 μL (Brand, Alemania)
- Otros: cuchillos, espátulas, bolsas ziploc, magnetos, mortero, tela organza, etc.

3.3.2. Equipos

- Agitador magnético (CAT, modelo M6, Alemania)
- Agitador térmico (Biometra GmbH, modelo TS1, 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)
- Bloque de calentamiento (Benchmark, modelo BSH1004, USA)
- 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, Japón)
- Congeladora (Electrolux, modelo H300, Brasil)
- Cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama (GC-FID) (Shimadzu, modelo GC-2010, Japón)
- Cromatógrafo de gases (GC) (Thermo scientific, modelo Trace 1310, Milan-Italia) con detector de masas (MS/MS) (Thermo scientific, modelo TSQ 8000 Evo, USA)
- Cromatógrafo líquido de alta performance (HPLC) (Waters, modelo 2695, USA) con detector de fluorescencia (Waters, modelo 2475, USA)
- Cromatógrafo líquido de ultra performance (UPLC) con detector de matriz de fotodiodos (PDA) y detector evaporativo de dispersión de luz (ELS) (Waters, modelo ACQUITY UPLC H-Class; USA)
- Cromatógrafo líquido de ultra alta performance (UHPLC) (Thermo scientific, modelo Ultimate 3000, Alemania) con detector de masas (MS/MS) (Thermo scientific, modelo TSQ Quantum Access Max, Thermo Scientific, San Jose, CA, USA)
- Espectrofotómetro (ThermoSpectronic, modelo Genesys 10 UV, USA)
- Evaporador centrifugo (Labconco, modelo centrivap, USA)
- Estufa al vacío (Vacucell, modelo VU 55, USA)
- Estufa al vacío (VWR, modelo 1400E-2, USA)
- Estufa (Venticell, modelo 22, Alemania)
- Generador de nitrógeno (PEAK scientific, modelo N118LA, Escosia)
- Molino de laboratorio (IKA, modelo A11B, USA)
- Penetrómetro/ Presionómetro (EFFEGI, modelo FT 327, Italia)
- Potenciómetro (Thermo-Orion, modelo Star A211, USA)
- Refrigeradora (LG, modelo GR-482BEF, Corea)
- Rotavapor (Heidolph, modelo Laborotta 4000, Alemania)
- Ultracongelador (GFL, modelo 6483, Alemania)

- Ultrasonido (BRANSONIC, modelo 3510R-DTH, USA)
- Ultraturrax (Heidolph, modelo DiAx 900, Alemania)
- Vórtex (CAT, modelo VM2, Alemania)

3.3.3. Reactivos

- Acetato de amonio (Merck, Alemania)
- Acetato de sodio anhidro (p.a. Merck, Alemania)
- Acetona (J.T. Baker, USA)
- Acetonitrilo (grado HPLC J.T. Baker, USA)
- Acetonitrilo (grado MS J.T. Baker, USA)
- Ácido acético glacial (p.a. Fermont, México)
- Ácido clorhídrico (J.T. Baker, México)
- Ácido fórmico (p.a. Merck, Alemania)
- Ácido poligalacturónico P-3850 (Sigma, Inglaterra)
- Ácido trifluoroacético (Sigma-Aldrich, USA)
- Ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) D-0550 (Sigma, USA)
- Bisulfito de sodio (Mallinckrodt, México)
- Butil hidroxitolueno (BHT) (Sigma, USA)
- Carbonato de sodio (J.T. Baker, USA)
- Cloroformo (p.a. Fermont, México)
- Cloruro de sodio (Merck, Alemania)
- Clorhidrato de metoxiamina 226904 (Sigma-Aldrich, Reino Unido)
- Diclorometano (Grado HPLC, Merck, Alemania)
- Diclorometano (p.a. J.T. Baker, USA)
- Estándar de ácido D-galacturónico 48280 (Sigma-Aldrich, Eslovaquia)
- Estándar de α -tocoferol 258024 (Sigma, Alemania)
- Estándar de β -tocoferol (Supelco, USA)
- Estándar de γ -tocoferol (Supelco, USA)
- Estándar de δ -tocoferol (Supelco, USA)
- Estándar de β -sitosterol 51270 (Sigma, USA)
- Estándar de campesterol (Sigma, USA)
- Estándar de estigmasterol 52424 (Sigma, Suiza)
- Estándar 5α -colestanol C8003 (Sigma, Israel)

- Estándar de manoheptulosa 97318 (Sigma-Aldrich, Reino Unido)
- Estándar de perseitol (Chem cruz, USA)
- Estándar de myo-inositol (Sigma, Alemania)
- Estándar de ácido abscísico (Sigma-Aldrich, USA)
- Estándar interno, Fenil- β -D-glucopiranosido (Aldrich, USA)
- Estándar interno, ácido undecanoico (Sigma, USA)
- Etanol (p.a. J.T. Baker, USA)
- Éter de petróleo (J.T. Baker, USA)
- Fenol (Mallinckrodt, USA)
- Folin- Ciocalteau (p.a. Merck, Alemania)
- Hexano (grado HPLC J.T. Baker, USA)
- Hexano (p.a J.T. Baker, USA)
- Hidróxido de sodio (Merck, Alemania)
- Hidróxido de potasio (Akso Nobel, USA)
- Kit estándar ácidos orgánicos 47264 (Supelco, USA)
- Kit estándar de ácidos grasos metilados RM-6 (Supelco, USA)
- Kit estándar azúcares-alcohol 47266 (Supelco, USA)
- Kit estándar azúcares CAR10 (Supelco, USA)
- Metanol (grado HPLC J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metanol (grado MS J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- Metanol (J.T. Baker, Trinidad y Tobago)
- N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide (BSTFA) 15222 (Sigma-Aldrich, Suiza)
- n-Heptano (p.a J.T. Baker, Corea del sur)
- Persulfato de potasio (Merck, Alemania)
- Piridina 270970 (Sigma-Aldrich, India)
- Sulfato de sodio anhidro (J.T. Baker, México)
- Tartrato de sodio y potasio (Merck, Alemania)
- 2-propanol (grado HPLC J.T. Baker, México)
- 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) A1888 (Sigma-Aldrich, USA)
- 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) (Sigma-Aldrich, India)

3.4. Métodos

3.4.1. Determinación de la tasa de respiración

Se determinó a 23 °C en un sistema cerrado según Castellanos *et al.* (2016) con mínimas modificaciones. Se colocaron y sellaron herméticamente cada palta en recipientes de vidrio de 1.5 L. Las concentraciones CO₂ fueron medidas al inicio y después de 1 h en el espacio de cabeza del sistema con un analizador electrónico de gases OXYBABY. La tasa de respiración fue expresada como miligramos de anhídrido carbónico generados por hora por kilogramo de palta en base húmeda (mg CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹), y calculada según la ecuación descrita a continuación:

$$TR_{CO_2} \left(\frac{mg \ CO_2}{Kg * h} \right) = \frac{(Y_{CO_2(f)} - Y_{CO_2(i)}) * V}{W * t} * \rho_{CO_2}$$

Dónde: $Y_{CO_2(i)}$ y $Y_{CO_2(f)}$, son el porcentaje de anhídrido carbónico (%) determinados a tiempo inicial y después de 1 h, respectivamente. V, es el espacio de cabeza formado (mL). W, es el peso de la palta (Kg). t, es el tiempo que la palta permanece en el recipiente (h) y ρ_{CO_2} , es la densidad del anhídrido carbónico (1.81mg/mL) a 23 °C y 1 atm.

3.4.2. Determinación de la pérdida de peso

Se determinó después de finalizar los periodos de refrigeración (15, 30 y 50 días), y cuando las palta alcanzaron la madurez de consumo (4-13N) en condiciones de anaquel después de cada periodo de refrigeración. Los pesos de cada palta fueron registrados con una balanza de precisión y la pérdida de peso fue expresado en porcentaje (%), respecto al peso de la palta recién cosechada.

3.4.3. Determinación de la firmeza

Se utilizó una prueba de compresión y penetración con un presionómetro/penetrómetro modelo FT 327 con un puntal de 11.3 mm de diámetro nominal. La firmeza fue medida en

dos puntos opuestos en la zona ecuatorial de cada palta en madurez de consumo. Los resultados de la firmeza fueron expresados en Newton (N).

3.4.4. Análisis de color

Se realizó por el método CIELAB con un colorímetro triestímulo Konica Minolta. El colorímetro se calibró con azulejo blanco antes de cada serie de mediciones. Las mediciones de color se realizaron en seis puntos aleatorios de cada palta y se determinaron los valores de Luminosidad (L^*), valor rojo-verde (a^*), valor amarillo-azul (b^*), valor del ángulo hue (h) y valor de croma (C).

En el caso de la pulpa, se procedió a cortar la palta en dos mitades y seguidamente se observó los cambios ocurridos a nivel de pulpa.

3.4.5. Determinación de materia seca

Se determinó de acuerdo con el Método 920.151 (AOAC, 2007). En una placa se pesaron aproximadamente 5 g de pulpa de palta, inmediatamente fue colocada en una estufa a 70 °C y a una presión de vacío de 0.8 bar, hasta peso constante. Los resultados del contenido de materia seca fueron expresados como porcentaje (%).

3.4.6. Determinación de lípidos

Se determinó por el método de Soxhlet recomendado por la AOAC (2007). Se pesó 2 g de materia seca, previamente obtenida de la pulpa de palta (ítem 3.4.5.), se trituró y empaquetó en cartuchos de papel filtro. Posteriormente, el cartucho fue transferido a un extractor Soxhlet, donde se mantuvo bajo reflujo durante 6 h, utilizando éter de petróleo como solvente de extracción. El contenido de lípidos se expresó como porcentaje en base húmeda (% bh).

3.4.7. Determinación de pectinmetilesterasa

La actividad pectinmetilesterasa (PME) se determinó por el método de titulación potenciométrica para determinar la concentración de grupos carboxil libres formados por la acción de la enzima sobre la pectina según Awad y Young, (1980) con ligeras

modificaciones. Previamente, se homogenizó 2 g de pulpa de palta congelada con 10 mL de solución de NaCl 0.4 M durante 15 min, seguidamente se centrifugó a 3980 g por 15 min, y el sobrenadante fue recuperado y denominado extracto enzimático, estas operaciones se realizaron a 4 °C, luego, la reacción enzimática se realizó mezclando 2.5 mL del extracto enzimático con 25 mL de sustrato (solución de pectina al 0.5 por ciento, conteniendo NaCl 0.1 M y ajustado el pH a 7.5 con NaOH 0.1 N). La mezcla fue incubada a 37 °C bajo agitación durante 15 min. La reacción se detuvo llevando la mezcla a ebullición durante 5 min. A la mezcla de reacción se añadió un volumen necesario de NaOH 0.01 N para mantener el pH 7.5 durante 3 min. Se realizó blancos para cada muestra con extractos enzimáticos inactivados. La actividad PME fue expresada como micro-equivalentes de éster hidrolizado por minuto por gramo de palta en base seca ($\mu\text{eq éster}/\text{min} \cdot \text{g bs}$), y calculada según la ecuación descrita a continuación.

$$\text{UPME} \left(\frac{\mu\text{eq} - \text{g}}{\text{min} * \text{g ms.}} \right) = \frac{G * N * V}{A * t * P} * 1000$$

Dónde: UPME, son las unidades de pectinmetilesterasa expresados en microequivalentes-gramo de éster hidrolizado por minuto por gramo de palta de materia seca; G, gasto de la titulación con NaOH 0.01 N (mL); N, normalidad del NaOH utilizado en la titulación; V, volumen total de extracto enzimático (mL); t, tiempo de reacción (min); A, alícuota de extracto enzimático empleado en la reacción (mL); P, peso de la muestra (g).

3.4.8. Determinación de poligalacturonasa

La actividad poligalacturonasa (PG) se determinó por el método espectrofotométrico a 550 nm midiendo los azúcares reductores tras la acción de la enzima sobre el ácido poligalacturónico según Bermejo-Prada *et al.* (2014) con algunas modificaciones. Previamente, se homogenizó 1 g de pulpa de palta congelada con 6 mL de etanol al 95 por ciento, durante 60 min a 4 °C. La mezcla fue centrifugada a 3980 g por 15 min a 4 °C, y el sobrenadante fue descartado. Al residuo sólido se añadió 4 mL de buffer acetato de sodio 0.05 M a pH 3, y se agitó durante 60 min a 4 °C. La mezcla fue centrifugada bajo las mismas condiciones, y el sobrenadante fue descartado. Estas etapas de lavado fueron necesarias por el alto contenido de lípidos de la muestra, para la eliminación de las pectinas solubles, las proteínas débilmente unidas y componentes celulares de bajo peso molecular para reducir la

cantidad de grupos reductores en el extracto final. El residuo sólido fue mezclado con buffer acetato de sodio 0.05 M a pH 6 conteniendo NaCl 1.8 M durante 3 h a 4 °C, para extraer las enzimas PG de la pared celular unidas iónicamente, seguido por una centrifugación bajo las mismas condiciones y la recuperación del sobrenadante (extracto enzimático). Posteriormente, 0.6 mL del extracto enzimático fue dializado en una membrana celulósica, empleando buffer acetato de sodio 0.05 M a pH 5 durante 16 h a 4 °C. Para la reacción enzimática, se homogenizó 0.2 mL de extracto enzimático dializado y 2 mL de sustrato (solución de ácido poligalacturónico al 1 por ciento en buffer acetato de sodio 0.05 M a pH 5), se incubó a 37 °C en agitación, durante 30 min. La reacción se detuvo por ebullición durante 5 minutos. Se realizó blancos para cada muestra con extractos enzimáticos inactivados. Ambas mezclas de reacción fueron utilizadas para el análisis de azúcares reductores.

El análisis de azúcares reductores se determinó por el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) de acuerdo con Miller (1959). Se mezcló 0.5 mL de solución previamente obtenida con 3 mL de solución de DNS, seguidamente se llevó a ebullición durante 5 minutos. A la mezcla se añadió 1 mL de sal de Rochelle y 10 mL de agua destilada, se agitó y se midió en un espectrofotómetro a 550 nm. La concentración de ácidos reductores se determinó por medio de una curva estándar de ácido galacturónico (Anexo I). Una unidad enzimática (U) fue expresada como micromoles de ácido galacturónico generados por minuto por gramo de palta en base seca (U/g bs).

3.4.9. Determinación de compuestos fenólicos totales

Se determinó por el método espectrofotométrico propuesto por Singleton y Rossi (1965). Previamente, los compuestos fenólicos fueron extraídos según el método propuesto por Shivashankara *et al.* (2004) con ligeras modificaciones. Se homogenizó 2 g de pulpa de palta congelada con 10 mL de metanol al 80 por ciento, durante 60 min. La mezcla fue centrifugada a 2665 g durante 15 min, y el sobrenadante fue conservado a -20 °C. El residuo sólido se mezcló con 5 mL de metanol al 80 por ciento, en agitación durante 30 min y centrifugó bajo las mismas condiciones. Ambos sobrenadantes (extracto hidrofílico) fueron mezclados y conservados a -20 °C hasta su respectivo análisis. Los compuestos fenólicos se determinaron por reacción colorimétrica de 500 µL del sobrenadante diluido con 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu 1 N y 1250 µL de solución de carbonato de sodio 0.7 M, durante

30 min en reposo. En las operaciones realizadas las muestras fueron protegidas de la luz. La absorbancia fue medida a 755 nm con blanco de agua destilada. El contenido de compuestos fenólicos se expresó en miligramos de ácido gálico equivalente por gramo de palta en base seca (mg AGE/g bs).

El residuo sólido restante se utilizó para extraer los compuestos lipofílicos con 15 mL de diclorometano, en agitación durante 30 min. La mezcla fue centrifugada a 2665 g durante 15 min, y el sobrenadante (extracto lipofílico) fue conservado a -20 °C hasta su análisis.

3.4.10. Determinación de la capacidad antioxidante *in vitro*

Se realizó mediante el ensayo TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) recomendado por Arnao *et al.* (2001) en los extractos hidrofílicos y lipofílicos con algunas modificaciones. Para la capacidad antioxidante hidrofílica se reaccionó 150 µL del extracto hidrofílico (ver ítem 3.4.9) con 2850 µL del reactivo ABTS, se agitó durante 30 minutos en oscuridad. Luego se midió la absorbancia a 734 nm. Para la capacidad antioxidante lipofílica se reaccionó 150 µL de extracto lipofílico (ver ítem 3.4.9) con 2850 µL del reactivo ABTS, se agitó durante 3 horas en oscuridad. Luego, se midió la absorbancia a 734 nm. Ambos resultados fueron calculados por medio de curvas estándar de trolox (Anexo I). La capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica se expresaron como µmol de trolox equivalente por gramo de palta en base seca (µmol trolox equivalente/g bs).

3.4.11. Determinación de ácido abscísico

El análisis de ácido abscísico (ABA) se realizó por UPLC-PDA, la extracción fue llevada a cabo de acuerdo al método propuesto por Shivashankara *et al.* (2004) con ligeras modificaciones: se homogenizó 6 g de pulpa de palta congelada con 35 mL de metanol al 80 por ciento, utilizando un Ultra turrax DiAx 900 (Heidolph, Alemania) durante 60 min. El homogenizado fue centrifugado a 2665 g por 15 min, seguidamente el sobrenadante fue recuperado y almacenado a -20 °C. La torta se volvió a extraer con 5 mL de metanol al 80 por ciento, en agitación durante 30 min. La mezcla fue centrifugada bajo las mismas condiciones. Se mezclaron ambos sobrenadantes, la mezcla se volvió a centrifugar a 2665 g durante 10 min. El sobrenadante fue evaporado al vacío y el residuo obtenido fue disuelto

en 1 mL de metanol al 50 por ciento. El extracto recuperado se conservó a -20 °C hasta su respectivo análisis. En las operaciones realizadas las muestras fueron protegidas de la luz.

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en una columna de fase reversa Acquity UPLC BEH C18 (1.7 µm, 100 mm, 2.1 mm de DI) con precolumna BEH C18 (1.7 µm, 5 mm, 2.1 mm de DI) a 30 °C. La fase móvil estuvo compuesta por Agua (Solvente A) y Acetonitrilo (Solvente B), ambos con 0.1 por ciento de ácido fórmico. Se utilizó un gradiente de elución como sigue: 98 por ciento de A durante dos minutos, luego disminuido gradualmente a 93 por ciento al minuto 4, 88 por ciento al minuto 15, 74 por ciento al minuto 20, 45 por ciento al minuto 25, 5 por ciento al minuto 26 y mantenido hasta el minuto 29, 98 por ciento al minuto 30 y hasta el minuto 33, con un flujo de 0.2 mL/min. El volumen de inyección fue de 2 µL, y la detección se monitoreo en UV-Vis (200 a 700 nm). El ácido abscísico fue identificado por comparación del tiempo de retención y espectro de absorción con su estándar sintético puro y cuantificado mediante una curva de calibración. Los resultados fueron expresados en mg de ácido abscísico por 100 g de palta en base seca (mg ABA/100 g bs).

3.4.12. Determinación de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos se determinó por GC-FID, en forma de esteres metílicos de ácidos grasos, de acuerdo con el método propuesto por Meurens *et al.* (2005) con algunas modificaciones. Previamente, se homogenizó 250 mg de la fracción lipídica extraído con el método de Soxhlet (Item 3.4.6.) con 5 mL de KOH 0.1M en un tubo de vidrio. La mezcla se llevó a baño maría a 70 °C durante 60 min, con agitación a los 5, 20 y 40 min. A la mezcla fría se adiciono 2 mL de una solución de HCl 1.2 N en MeOH, se agitó y se volvió a llevar a baño maría a 70°C por 20 min, con agitación a los 10 min (etapa de metilación). La mezcla fue enfriada a 4 °C, seguidamente los ácidos grasos metilados fueron extraídos por partición líquido-líquido con 10 mL de hexano y 5 mL de agua MilliQ, se agito y se mantuvo en reposo durante una noche a 4 °C. Posteriormente, 75 µL de la fase hexano (fase superior de la mezcla) con 500 µL de estándar interno C11:0 (0.4mg/mL) fue enrasado en una fiola de 5 mL con hexano. La mezcla fue conservada a -20°C hasta su análisis. En todas las operaciones realizadas las muestras fueron protegidas de la luz.

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en una columna Agilent Zebron ZB-FAM (0.15 μm , 20 m x 0.18 mm de DI). La temperatura del horno se programó como sigue: inicialmente a 80 °C por 1.5 min, aumentada a 160 °C a una velocidad de 40 °C/ min, secuencialmente aumentado a 185 °C a una velocidad de 6 °C/min, y a 260 °C a una velocidad de 18 °C/min, mantenido en un periodo isotérmico de 260 °C por 2 min. Las temperaturas del inyector y detector se fijaron en 250 y 260 °C, respectivamente. El volumen de inyección fue de 1 μL , la inyección fue en modo Split de 20 y se utilizó Helio de alta pureza como gas portador. Los ésteres metílicos de ácidos grasos fueron identificados mediante comparación de sus tiempos de retención con estándares conocidos previamente inyectados y cuantificados mediante curvas estándar (Anexo II). Los resultados se expresaron como porcentaje de participación respecto al total de ácidos grasos presentes en el aceite de palta.

3.4.13. Determinación de tocoferoles

La composición de tocoferoles se determinó por HPLC acoplado a un detector de fluorescencia, de acuerdo con la metodología propuesta por Amaral *et al.* (2005) con algunas modificaciones. Previamente, se homogenizó 2 g de pulpa de palta congelada con 1 mL de solución de BHT (10 mg en 1 mL de hexano), seguidamente se añadieron 4 mL de etanol, 8 mL de hexano y 4 mL de solución saturada de NaCl, con agitación de 1 minuto después de la adición de cada uno de los reactivos mencionados. La mezcla fue centrifugada a 1770 g durante 4 min a 4 °C. La fase superior fue llevada a sequedad bajo un flujo de nitrógeno gaseoso y se obtuvo un extracto lipofílico (aceite). Posteriormente, 100 mg del extracto lipofílico fue diluido en 3 mL de hexano, la dilución fue deshidratado con sulfato de sodio anhidro, filtrado y transferido a un vial para el análisis.

El análisis cromatográfico se llevó a cabo en una columna YMC-Pack Silica (3 μm , 250 mm, 4.6 mm de DI). La fase móvil estuvo compuesta por 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 nm para la longitud de onda de excitación y 330 nm para la longitud de onda de emisión. Los tocoferoles fueron identificados mediante comparación de sus tiempos de retención con los estándares conocidos previamente inyectados y cuantificados mediante curvas estándar (Anexo II). Los resultados se expresaron en mg de tocoferol por 100 g de palta en base seca (mg/100 g bs).

3.4.14. Determinación de fitoesteroles

La composición de fitoesteroles se determinó por GC-FID utilizando la metodología reportada por Duchateau *et al.* (2002) y da Costa *et al.* (2010). Previamente, se saponificaron 100 mg de extracto lipofílico (aceite) extraído con el método de Soxhlet (Ítem 3.4.6.) en una solución etanólica de KOH a 60 °C por 90 min, seguidamente se añadió 500 µL de estándar interno (0.2 mg de β-colesterol/mL de heptano). La fracción insaponificable fue extraída por partición líquido-líquido con 1 mL de agua destilada y 5 mL de heptano. La fracción de heptano fue recuperada, y seguidamente se repitió la extracción en la fracción acuosa dos veces más con 5 y 4 mL de heptano. Los extractos de heptano recuperados fueron deshidratados con sulfato de sodio anhidro, concentrados a 1 mL, y posteriormente filtrados y analizados.

El análisis cromatográfico se realizó en una columna Supelco SACTM-5 (0.2 µm, 30 m, 0.25 mm de DI). La temperatura del horno se programó como sigue: inicialmente a 250 °C por 2 min, aumentada a 285 °C por 32 min. Las temperaturas del inyector y detector fueron fijadas a 300 °C. El volumen de inyección fue de 2 µL, la inyección fue en modo Split de 20. Los fitoesteroles se identificaron mediante comparación de sus tiempos de retención con los estándares conocidos previamente inyectados y cuantificados mediante curvas estándar (Anexo II). Los resultados fueron expresados en miligramos de fitoesterol por kilogramo de palta en base seca (mg/kg bs).

3.4.15. Determinación de azúcares y ácidos orgánicos

Se realizó por GC- MS/MS, después de la derivatización de los azúcares y ácidos orgánicos (metabolitos polares) con N, O-bis (trimetilsilil) trifluoroacetamida (BSTFA) según la metodología adaptado por Hatoum *et al.* (2016). Previamente, la extracción de metabolitos polares se realizó homogenizando 100 mg de pulpa de palta congelada, 1000 µL de metanol frío, 40 µL de estándar interno (2.91 mg de fenil – β-D-glucopiranosido/ mL de metanol), 750 µL de cloroformo y 1500 µL de agua MilliQ. La mezcla fue incubada en agitación a 70 °C durante 15 min, seguidamente se centrifugó a 6603 g a 4 °C durante 15 min. Luego, 250 µL de la fase metanol fue llevado a sequedad en un evaporador centrífugo a 40 °C. El residuo seco fue disuelto con 120 µL de clorhidrato de metoxiamina (20 mg /mL de piridina) e incubado en agitación a 30 °C durante 90 min (Metoxiaminación). Posteriormente, la mezcla

se derivatizó con 120 μL de BSTFA a 37 $^{\circ}\text{C}$ en agitación por 30 min, y transferido a un vial con inserto para su análisis.

El análisis cromatográfico se realizó en una columna capilar Agilent HP-5MS UI (0.25 μm , 30 m, 0.25mm de DI). Cada muestra fue inyectada dos veces, 0.5 μL por cada inyección. La primera fue una inyección Split de 150, principalmente para azúcares y la segunda una inyección Splitless para ácidos. Para ambos casos, las temperaturas de inyección e interface fueron de 230 y 325 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Se utilizó Helio como gas portador a un flujo constante de 8.28 mL/s (para Split) y 0.15 mL/s (para Splitless). La temperatura programada en el GC para el método Split comenzó isotérmicamente a 90 $^{\circ}\text{C}$ durante 2 minutos, y luego se aumentaron las velocidades como sigue; 0.83 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 160 $^{\circ}\text{C}$, luego 0.17 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 180 $^{\circ}\text{C}$, luego 0.83 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 215 $^{\circ}\text{C}$, luego 0.17 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 230 $^{\circ}\text{C}$, luego 0.83 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 255 $^{\circ}\text{C}$, luego 0.17 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 290 $^{\circ}\text{C}$, y finalmente 0.83 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ hasta 325 $^{\circ}\text{C}$ donde se mantuvo durante 5 min, el tiempo total de corrida fue de 34.5 minutos. Para el método Splitless la temperatura programada comenzó isotérmicamente a 50 $^{\circ}\text{C}$ durante 2 min, y luego se aumentó a 325 $^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de 0,17 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ donde se mantuvo durante 5 min, el tiempo total de corrida fue de 17.3 minutos. Los espectros de masas fueron registrados en el rango de 35-500 m/z a 3.12 ciclos de exploración por segundo. La fuente de iones MS y las temperaturas **cuadrupolares** fueron de 230 $^{\circ}\text{C}$ y 150 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Los metabolitos encontrados en los extractos de palta, fueron identificados mediante los tiempos de retención de estándares auténticos, confirmados con su espectro de masas. Los resultados fueron expresados en mg por g de peso seco (mg/g bs).

3.4.16. Determinación de la composición de la pared celular

La composición de la pared celular se determinó utilizando un sistema UHPLC-MS/MS. Previamente, se preparó un residuo insoluble en alcohol (RIA) de acuerdo con el método propuesto por Fry (1988) con algunas modificaciones. Se homogenizó 2 g de con 32 mL de etanol al 80 por ciento. El homogenizado se llevó a ebullición durante 20 min, enfriado a temperatura ambiente y centrifugado a 2665 g durante 15 min. El residuo sólido restante se homogenizó con 10 mL de etanol al 80 por ciento, se agitó durante 30 min y seguidamente se llevó a centrifugación bajo las mismas condiciones, esta etapa se repitió dos veces más. Luego, el residuo sólido restante fue homogenizado con 10 mL de etanol al 95 por ciento, el homogenizado fue agitado en vortex durante 5 min y centrifugado bajo las mismas

condiciones. Seguidamente, al residuo sólido se añadió 10 mL de acetona, se agitó en vortex durante 5 min y finalmente fue centrifugado bajo las mismas condiciones. Para obtener el RIA, el residuo sólido restante fue secado a 40 °C durante 6 horas.

La hidrólisis del RIA se realizó de acuerdo con Saez-Aguayo *et al.* (2017). Se hidrolizaron 5 mg del RIA con 500 µL de ácido trifluoroacético (TFA) 2 M a 121 °C durante 60 min. Luego, el TFA fue evaporado a 60 °C con nitrógeno gaseoso. El residuo sólido se lavó 2 veces con 700 µL de 2-propanol y seguidamente se secó con nitrógeno gaseoso. El residuo fue resuspendido en 500 µL de acetonitrilo al 50 por ciento en agua MilliQ y sonificado durante 20 min. Finalmente, el residuo resuspendido fue centrifugado, filtrado, diluido con acetonitrilo al 80 por ciento y almacenado hasta su análisis.

El análisis cromatográfico se realizó en una columna Shodex HILICpak VG-50 2D (5 µm, 150 mm, 2 mm de DI) a 40 °C y el volumen de inyección fue de 5 µL. La fase móvil estuvo compuesta por una solución de amonio al 0.1 por ciento (Solvente A) y Acetonitrilo (Solvente B). Se utilizó un gradiente de elución como sigue: 80 por ciento de B durante dos minutos, luego disminuido gradualmente a 10 por ciento al minuto 12 y mantenido hasta el minuto 15, luego aumentado gradualmente a 80 por ciento al minuto 15.5 y mantenido hasta el minuto 25.5, con un flujo de 0.25 mL/min. Los análisis del espectrómetro de masas se llevaron a cabo utilizando ionización por electrospray (ESI) en modo negativo, bajo las siguientes condiciones: voltaje de ionización, 4000V; temperatura de vaporización, 200 °C; presión de gas de envoltura (N₂), 30 (unidad arbitraria); presión de gas auxiliar (N₂), 5 (unidad arbitraria) y temperatura de capilar, 300 °C. La detección de los espectros de masas se realizó en modo SIM (Selected Ion Monitorization) a m/z 149.0, 163.0, 179.0 y 193.0. Los azúcares neutros (rhamnosa, arabinosa + xylosa y galactosa) y ácidos (ácido galacturónico) fueron identificados por comparación de los tiempos de retención y sus masas correspondientes, y cuantificados mediante curvas de calibración con estándares puros. Los resultados fueron expresados en mg por g de residuo insoluble en alcohol (mg/g RIA).

3.5. Metodología experimental

Las paltas cv. “Hass” empleadas en esta investigación se colectaron de 50 árboles, en 3 cosechas (primera, segunda y tercera que corresponden a los meses de inicios de Mayo, fines de Junio y fines de Julio, respectivamente) en el 2017, del campo de cultivo del Programa

de Investigación y Proyección Social en Frutales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El número de paltas evaluadas por cosecha fue de 150 unidades con un peso que osciló entre 200 y 350 g. Es importante recalcar que en las tres cosechas se emplearon los mismos árboles para la colecta de las frutas. Las paltas fueron seleccionadas (eliminando las paltas con signos de deterioro) e inmediatamente transportados al laboratorio de Biotecnología Industrial & Bioprocesos del IBT-UNALM, donde se procedió con la limpieza (eliminación de restos de polvo) y el acondicionamiento de las muestras (puestas en jabas de plástico, las cuales estuvieron envueltas en bolsas de papel con agujeros y rodeado de mallas) para su respectivo estudio. Por cada toma de muestra, las paltas fueron partidas por la mitad, se le retiró la cáscara (exocarpio) y el hueso (pepa), mientras que la pulpa (mesocarpio) fue trozada, congelada en nitrógeno líquido y pulverizada, en todos los casos se procedió a trabajar rápidamente para mantener la muestra evitando cambios drásticos. Las muestras molidas bajo nitrógeno, se envasaron en bolsas ziploc y conservaron a -80 °C, hasta su respectivo análisis.

En el estudio se simuló la exportación de palta cv. Hass a los mercados de Estados Unidos, Europa y Asia bajo condiciones de refrigeración y su posterior maduración en anaquel. El estudio fue dividido en dos etapas para cada cosecha (Figura 9), que se detallan a continuación.

3.5.1. Almacenamiento en refrigeración

Esta etapa simula los periodos promedio de transporte en la exportación de palta a los diferentes mercados: EEUU (15 días), UE (30 días) y Asia (50 días). Por lo tanto, esta etapa está dirigida a la evaluación de la influencia del periodo de almacenamiento bajo refrigeración (7 °C, 90 por ciento de Humedad Relativa), sobre las características fisiológicas (tasa de respiración y pérdida de peso), físico-químicas (color, materia seca, lípidos, pared celular), actividades enzimáticas (PME y PG), capacidades antioxidantes (hidrofílica y lipofílica) y metabolitos (azúcares, ácidos orgánicos, ácidos grasos, compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles y ácido abscísico). Se tomaron 10 paltas de cada tratamiento (periodo de transporte) para ser analizados de forma individual.

3.5.2. Almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel

Esta etapa simula la distribución de la palta una vez llegada a los diferentes puertos de destino (EEUU, UE y Asia) hacia los supermercados en condiciones de refrigeración por 7 días adicionales a los periodos de transporte. Posteriormente, las paltas son retiradas de refrigeración y llevadas a condiciones de anaquel hasta alcanzar su madurez de consumo. Por lo tanto, esta etapa está enfocada en determinar el tiempo necesario de almacenamiento (19-20 °C y 60-70 por ciento de Humedad Relativa) para alcanzar su madurez de consumo “ready to eat”, que será confirmada con la medida de la firmeza entre 4-13N (Pedreschi *et al.*, 2014) utilizando un presionómetro. Las paltas maduras que provienen de cada cosecha y cada periodo de almacenamiento fueron utilizadas para el estudio de sus características fisiológicas (pérdida de peso y desorden fisiológico), físico-químicas (color, firmeza, materia seca, lípidos y pared celular), actividades enzimáticas (PME y PG), capacidades antioxidantes (hidrofílica y lipofílica) y metabolitos (azúcares, ácidos orgánicos, ácidos grasos, compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles y ácido abscísico).

3.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se dividió en dos partes: La primera etapa, corresponde a la evaluación del comportamiento físico-químico/metabólico post-cosecha, para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, los factores evaluados fueron: cosechas y periodos de almacenamiento. Las variables de respuesta evaluados fueron: La tasa de respiración, pérdida de peso, color, materia seca, lípidos, pared celular, actividades enzimáticas (PME y PG), capacidades antioxidantes (hidrofílica y lipofílica), azúcares, ácidos orgánicos, ácidos grasos, compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles y ácido abscísico. El número de repeticiones fueron 2, 3, 6 y 10 cuando correspondan, donde una repetición es una unidad biológica. La segunda etapa, corresponde a la evaluación de la heterogeneidad de la maduración, se utilizó el método de comparaciones múltiples para desviación estándar. Las variables utilizadas para la comparación múltiple fueron las tres cosechas (primera, segunda y tercera). La variable de respuesta fue los días que demoró cada palta en alcanzar la madurez de consumo, en función a la medida de la firmeza (4-13 N).

Los resultados obtenidos de los diferentes análisis fueron sometidos a las pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene's), en caso se

cumplan los supuestos, se procedió con un análisis de varianza (ANVA), seguidamente con un análisis de múltiples rangos mediante la prueba Tukey; caso contrario, se aplicó Kruskal-Wallis, seguidamente la prueba de múltiples rangos de Bonferroni. Se consideró un valor $p < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurion XVIII versión 18.1.06 (Statgraphics Technologies Inc., Warrenton, VA, Estados Unidos).

Etapas del estudio				
Cosechas	Simulación de las etapas de exportación de palta cv. Hass			
	Refrigeración/transporte (7 °C y 90 %HR)	Refrigeración/distribución (7 °C y 90 %HR)	Almacenamiento en anaquel (19-20 °C y 60-70 %HR)	
50 paltas	Primera Cosecha (23 de mayo, 2017)	0 días	7 días	Días (n): hasta alcanzar la madurez de consumo (4-13N).
		15 días (45 paltas)	7 días	
		30 días (45 paltas)	7 días	
	Segunda Cosecha (14 de junio, 2017)	0 días	7 días	Días (n): hasta alcanzar la madurez de consumo (4-13N).
		15 días (45 paltas)	7 días	
		30 días (45 paltas)	7 días	
	Tercera Cosecha (13 de julio, 2017)	0 días	7 días	Días (n): hasta alcanzar la madurez de consumo (4-13N).
		15 días (45 paltas)	7 días	
		30 días (45 paltas)	7 días	
Análisis	<p>En cada toma de muestra se analizaron 10 paltas y se procedió a determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características fisiológicas: tasa de respiración y pérdida de peso • Físico-químicas: color de cáscara, contenido de materia seca, contenido de lípidos y composición de la pared celular • Actividades enzimáticas: Pectinmetilesterasa (PME) y Poligalacturonasa (PG) • Metabolitos primarios: contenido de azúcares, ácidos orgánicos y ácidos grasos • Metabolitos secundarios y compuestos bioactivos: Contenido de compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles, ácidos abscísico, capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica ABTS+ 		<p>En cada toma de muestra se analizaron 10 paltas y se procedió a determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características fisiológicas: pérdida de peso y desorden fisiológico de pulpa • Físico-químicas: color de cáscara, contenido de materia seca, contenido de lípidos y composición de la pared celular • Actividades enzimáticas: Pectinmetilesterasa (PME) y Poligalacturonasa (PG) • Metabolitos primarios: contenido de azúcares, ácidos orgánicos y ácidos grasos • Metabolitos secundarios y compuestos bioactivos: Contenido de compuestos fenólicos, tocoferoles, fitoesteroles, ácidos abscísico, capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica ABTS+ 	

Figura 9: Diseño experimental para el estudio fisicoquímico y metabolómico post-cosecha de palta cv. Has

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisiológicas de palta cv. Hass

3.6.1. Tasa de respiración

En la Figura 10, se muestra los cambios en la tasa de respiración de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas y determinadas a 0, 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR). En general, la tasa de respiración o generación de CO₂ fluctuó entre 72.68 y 213.28 mg CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹, acorde a los resultados obtenidos por Chen *et al.* (2017), Donetti (2011), Blakey (2011), Eaks (1978) y Lallum (2004), con valores que varían entre 41-190 mg CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹ durante la maduración de palta cv. Hass a 18-20 °C. No obstante, Villa-Rodriguez *et al.* (2011) reportaron valores de 217 - 434.4 mg CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹ en paltas refrigeradas a 15 °C, siendo estos valores superiores a los encontrados en el presente estudio. Estas diferencias pueden estar asociadas a las condiciones climáticas, grado de desarrollo y grado de maduración de la fruta (Donetti, 2011; Zauberman y Schiffmann-Nadel, 1995).

En la Figura 10, según la cosecha (primera, segunda y tercera) se observa un ligero incremento de la tasa de respiración de la fruta en madurez fisiológica (día 0), Así, en la primera cosecha la tasa de respiración (72.68 ±10.00 mg CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹) fue significativamente menor (p<0.05) respecto a la segunda (86.86 ±12.47 mg CO₂ Kg⁻¹. h⁻¹) y tercera cosecha (89.14 ±13.26 mg CO₂ Kg⁻¹. h⁻¹), acorde con los resultados reportados por Donetti (2011) para paltas cv. Hass cosechadas en Chile y España. No obstante, Zauberman y Schiffmann-Nadel (1995) reportaron una disminución de la tasa de respiración a medida que avanza el desarrollo de la palta hasta una concentración de lípidos de 11.5 por ciento, seguido de un ligero incremento hasta alcanzar 21.7 por ciento de lípidos.

El proceso de maduración de palta se caracteriza por un aumento en la tasa de respiración y generación de etileno (Donetti, 2011; Tesfay, 2009). Los resultados de la tasa de respiración

incrementaron significativamente ($p < 0.05$) durante los periodos de almacenamiento en refrigeración que fueron estudiadas, desde un rango inicial (día 0) entre 72.68 – 89.14 $\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ hasta alcanzar el pico máximo con valores de 157.40–213.28 $\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a los 30 días, después, disminuyó significativamente a valores similares a los 15 días en refrigeración para cada cosecha. Blakey *et al.* (2014) reportaron en palta cv. Hass una tasa de respiración de 157.3 $\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ después de refrigeración durante 28 días a 5.5 °C, siendo este valor similar al encontrado en el presente estudio para 30 días de refrigeración de la primera cosecha.

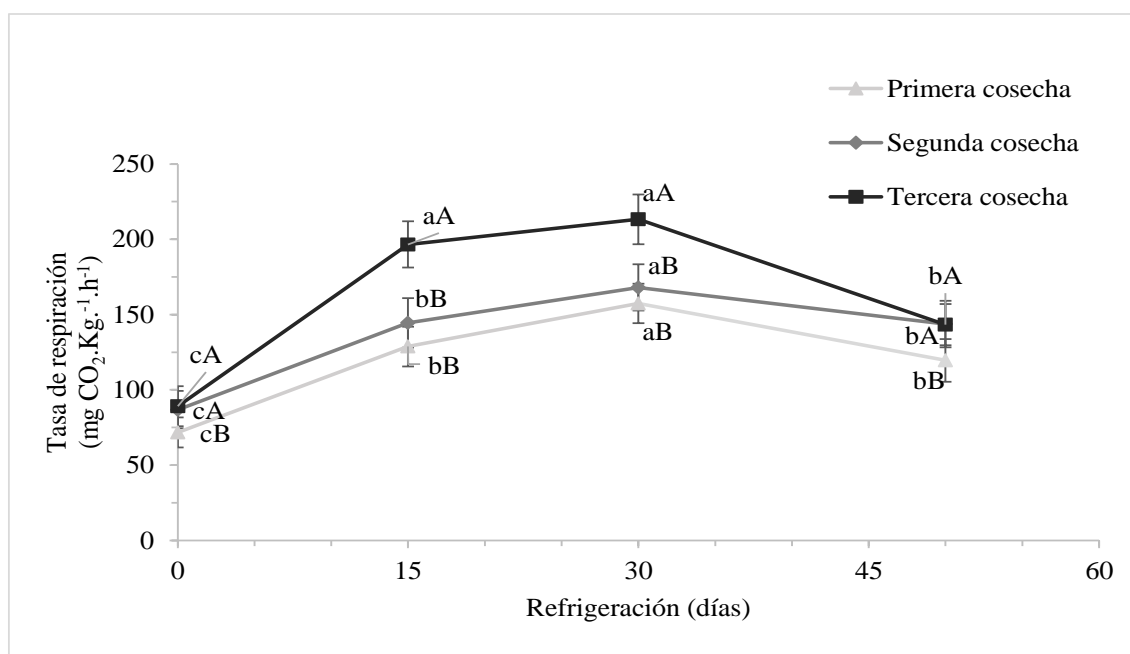


Figura 10: Tasa de respiración de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. Los valores son promedios de 10 determinaciones independientes \pm error estándar ($p < 0.05$).

En general, la tasa de respiración de la tercera cosecha fue mayor durante el almacenamiento en refrigeración en comparación con la primera y segunda cosecha, como muestra la Figura 10. De acuerdo con Adato y Gazit citados por Hernández *et al.* (2016) las paltas cv. Hass de cosecha temprana (23-26% de materia seca) demoran más tiempo en llegar a la etapa climatérica y a la maduración comercial en comparación con la fruta de temporada media (26-30% de materia seca) y tardía (> 30% de materia seca). En consecuencia, las paltas de la primera cosecha demoran mayor tiempo en alcanzar la madurez de consumo, mientras que las frutas de la tercera cosecha demoraran menor tiempo.

3.6.2. Pérdida de peso

En la Figura 11, se muestra la pérdida de peso de palta cv. Hass de tres cosechas determinadas a 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y posterior almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N). La pérdida de peso durante la refrigeración fue significativa ($p < 0.05$), con incremento a mayor periodo de refrigeración para las tres cosechas. Resultados similares a los encontrados por Domínguez (2014) y Blakey *et al.* (2014), cuya pérdida de peso fueron de 2.46 y 7.59 por ciento en palta cv. Hass almacenadas durante 21 y 28 días a 5.1 y 5.5 °C y entre 70 y 90 por ciento de HR, respectivamente. Mientras, Del Angel-Coronel *et al.* (2010) reportaron pérdidas de peso hasta de 25 por ciento, durante 7 días a 25 °C y entre 80 y 85 por ciento de HR. Las diferencias podrían ser explicadas por las características intrínsecas y extrínsecas de la fruta, entre estas las condiciones de almacenamiento. La pérdida de peso consiste principalmente en pérdidas de agua por transpiración y de carbono por medio de la respiración, la pérdida de agua se produce a través de la estoma, la cicatriz del tallo y la cutícula, la cantidad de pérdida de agua depende de la composición y el grosor de la cutícula; que varía según los cultivares y la etapa de madurez (Bill *et al.*, 2014).

En las paltas cv. Hass en madurez de consumo (firmeza 4-13 N), almacenadas en refrigeración y anaquel, la pérdida de peso acumulado fluctuó entre 8.05 y 11.39 por ciento, sin diferencias significativas ($p < 0.05$) en cada cosecha. No obstante, la mayor pérdida de peso registrada fue en la etapa de almacenamiento en anaquel (19-20 °C y 60-70% de Humedad Relativa), con un rango entre 5.68 y 7.18 por ciento para las paltas provenientes del almacenamiento durante 22 días en refrigeración, seguido de 3.72-5.27 por ciento para las frutas provenientes del almacenamiento durante 37 días en refrigeración. Estas mayores pérdidas de peso en menor tiempo se deben a las condiciones de almacenamiento, principalmente a la temperatura (entre 19 y 21 °C) y al porcentaje de humedad relativa (60 y 70 por ciento de HR). Para evitar que la deshidratación de la fruta supere entre 5 y 10 por ciento del peso fresco, valores que no comprometen la calidad comercial, es recomendable su almacenamiento en ambientes con humedades mayores al 90 por ciento, temperaturas bajas y protegidas con barreras físicas como el almacenamiento en bolsas de polietileno perforados (Ferreyra *et al.*, 2012).

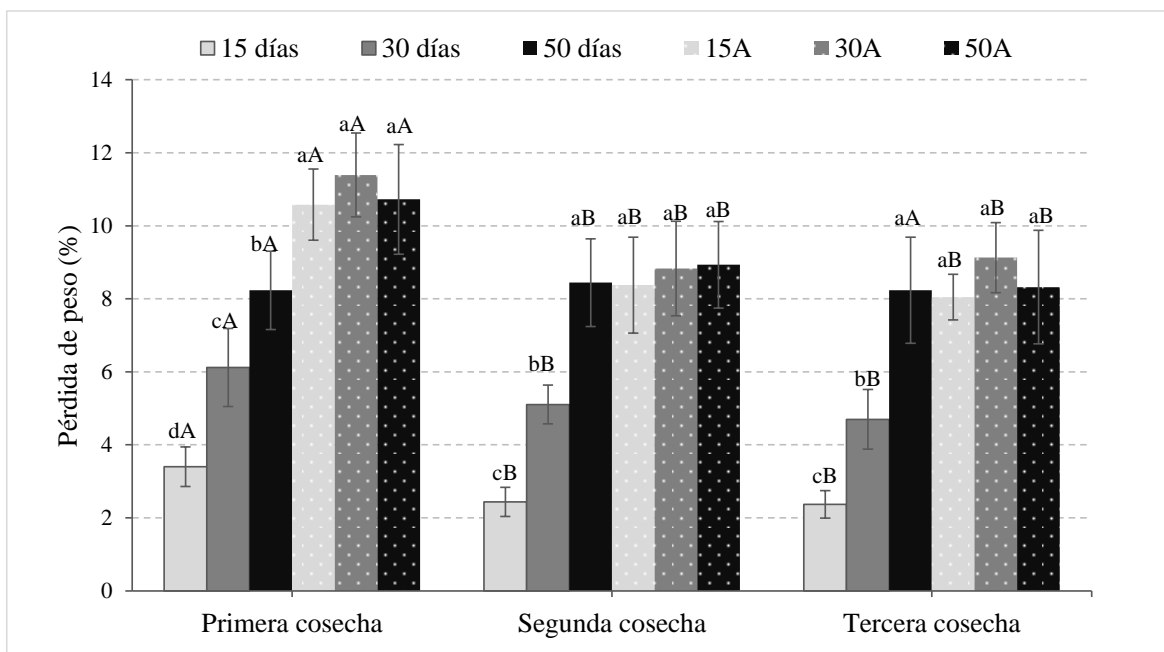


Figura 11: Pérdida de peso de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 15, 30 y 50 días de almacenamiento en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente. Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. Los valores son promedios de 10 determinaciones independientes \pm error estándar ($p < 0.05$). 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

En general, las paltas de la primera cosecha tuvieron pérdidas de peso significativamente mayores ($p < 0.05$) comparados con la segunda y tercera cosecha, acorde con los resultados de Osuna *et al.* (2010) y Donetti (2011) para palta cv. Hass, quienes reportan mayores pérdidas de peso para frutas con menores contenidos de materia seca o paltas de temporadas tempranas a 6 y 23 °C, respectivamente. Estos resultados podrían relacionarse con la mayor disponibilidad de agua libre en la fruta, ya que las paltas de la primera cosecha contienen mayor humedad.

4.2. Características físico-químicas de palta cv. Hass

3.6.3. Color de la cáscara

En la Tabla 2, se muestran los parámetros de color expresadas como coordenadas colorimétricas en la escala CIELAB utilizando la notación L (luminosidad) C* (croma) y h° (ángulo de matiz) de la cáscara (epicarpio) de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después

del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente. Los cambios de color debido a la maduración de las frutas, se relacionan con su metabolismo (Taiz y Zeiger, 2006), y en el caso de la palta cv. Hass, el color de la cáscara durante la maduración cambia de verde a purpura/negro, debido a la degradación de la clorofila y síntesis de antocianinas, principalmente la cianidina 3-O-glucósido, que confiere colores oscuros (Cox *et al.*, 2004); concomitante con la disminución en general de la luminosidad, el ángulo del matiz y el croma con la etapa de madurez como reportan estudios previos (Chen *et al.*, 2017; Cox *et al.*, 2004; Mathaba *et al.*, 2018). Aunque los carotenoides o xantofilas podrían desempeñar algún papel debido a que fue encontrado en la cáscara de palta cv. Hass (Lancaster *et al.*, 1997).

Los valores de L representa la luminosidad, claridad o brillo y, puede tomar valores entre 0 y 100 que corresponde al gradiente entre oscuridad y brillo máximo (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). En general, la cáscara de la palta cv. Hass mostró oscurecimiento significativo ($p < 0.05$) en cosechas y durante el almacenamiento post-cosecha como muestra la Tabla 2, acorde con los resultados de Meyer y Terry (2010) y Mathaba *et al.* (2018). Además, Donetti (2011) reportó resultados similares para palta cv. Hass cosechadas en Perú y Chile, cuyos valores de luminosidad fueron ligeramente mayores en temporada temprana (31.29 y 35.36) en comparación con la temporada intermedia (28.55 y 33.77) y tardía (30.28 y 33.9), respectivamente, indicando oscurecimiento de la cáscara de palta en cada cosecha.

Chen *et al.* (2017), Cox *et al.* (2004) y Villa-Rodríguez *et al.* (2011) reportaron valores promedios de L entre 33.4 y 42.2 para paltas en madurez fisiológica que disminuyeron hasta un rango que fluctúa entre 24.4 y 27.3 después del almacenamiento entre 15 y 20 °C, estos resultados muestran ligeramente una mayor variación del valor de L (mayor oscurecimiento), que fue asociada a la temperatura de almacenamiento post-cosecha, debido a que mayores temperaturas aceleran la aparición de colores más oscuros en la fruta (Cox *et al.*, 2004).

Por otro lado, los valores de C* representan la saturación, intensidad o pureza espectral del color que va de los tonos grises o pálidos a los más fuertes y vivos, puede tomar valores de 0 para estímulos acromáticos y normalmente no supera los 150; mientras que los valores de h° representa el ángulo hue o tono, caracterizado por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro, varía de 0 a 360° (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). En

general, los valores C^* y h° disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) en 30 y 50 días de refrigeración, y durante el almacenamiento en anaquel después de 15 y 30 días de refrigeración. Los valores de C^* promedio en la cáscara de palta disminuyeron desde un rango de 10.38 y 13.76 para paltas en madurez fisiológica hasta un rango de 3.40 y 6.87 para paltas en madurez de consumo de las tres cosechas, indicando disminución de la pureza del color, más grises (Tabla 2), similares a los resultados reportados por Cox *et al.* (2004), Villa-Rodríguez *et al.* (2011) y Chen *et al.* (2017).

En el caso de los valores de h° , también disminuyeron desde un rango de 123.26 y 128.24° para paltas en madurez fisiológica hasta un rango de 61.01 y 98.19° para paltas en madurez de consumo de las tres cosechas, equivalente a un cambio paulatino de verde – amarillo a amarillo - rojo (Tabla 2), con una variación promedio de 46.15°, asociado principalmente a la síntesis de cianidina 3- O-glucósido que confiere colores naranja-rojo (Lancaster *et al.*, 1997). Resultados similares fueron reportados por Cox *et al.* (2004); Villa-Rodríguez *et al.* (2011) y Chen *et al.* (2017) cuyos valores de h° disminuyeron desde 121.1–125° hasta 42-77.7°, con una variación promedio de 63.2°. Posiblemente relacionado al estrés ambiental (la luz, temperatura y tiempo de almacenamiento) (Lancaster *et al.*, 1997), ya que las frutas pueden estar menos estresadas durante el almacenamiento en frío a 7 °C y protegidas de la luz solar directa, por lo tanto, haya menor síntesis de antocianinas.

Tabla 2: Color de cáscara de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Característica	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
Luminosidad (L)	Primera	36.38 ±1.01 ^{aA}	35.14 ±0.72 ^{abA}	33.86 ±0.74 ^{abA}	25.70 ±1.1 ^{dB}	33.55 ±1.09 ^{bA}	29.01 ±4.27 ^{cA}	23.62 ±0.90 ^{dB}
	Segunda	36.56 ±1.12 ^{aA}	34.56 ±0.88 ^{bA}	28.11 ±1.08 ^{cb}	26.68 ±1.23 ^{cdAB}	26.29 ±1.27 ^{dB}	25.78 ±1.23 ^{dB}	26.27 ±1.27 ^{dA}
	Tercera	30.85 ±1.25 ^{aB}	31.05 ±1.65 ^{aB}	28.53 ±0.71 ^{bb}	27.48 ±1.41 ^{bcA}	27.41 ±1.03 ^{bcB}	28.06 ±1.11 ^{bAB}	25.84 ±1.44 ^{cA}
Croma (C*)	Primera	11.62 ±0.93 ^{aB}	11.06 ±1.43 ^{aB}	6.11 ±2.04 ^{bb}	4.99 ±0.52 ^{bcB}	4.00 ±1.38 ^{cb}	3.40 ±0.72 ^{cC}	3.46 ±0.48 ^{cC}
	Segunda	10.38 ±1.92 ^{aB}	10.80 ±2.01 ^{aB}	9.62 ±1.16 ^{aA}	5.29 ±0.55 ^{bAB}	5.95 ±1.17 ^{bA}	5.20 ±1.15 ^{bb}	5.27 ±0.97 ^{bb}
	Tercera	13.76 ±2.25 ^{aA}	14.01 ±2.25 ^{aA}	9.26 ±1.33 ^{bA}	6.13 ±1.27 ^{cA}	6.02 ±1.11 ^{cA}	6.66 ±1.49 ^{cA}	6.87 ±1.60 ^{cA}
Angulo hue (h°)	Primera	128.24 ±1.54 ^{aA}	127.22 ±1.96 ^{aA}	107.86 ±12.45 ^{bA}	83.49 ±8.59 ^{cb}	94.56±13.23 ^{bcA}	81.90 ±15.90 ^{cb}	61.01 ±3.77 ^{dC}
	Segunda	128.20 ±1.12 ^{aA}	127.05 ±1.68 ^{aA}	113.32 ±4.31 ^{bA}	87.57±5.46 ^{cdAB}	89.91 ±7.58 ^{cA}	80.70±9.79 ^{dB}	80.44 ±7.44 ^{dB}
	Tercera	123.26 ±1.64 ^{aB}	123.17 ±2.08 ^{aB}	107.03 ±3.92 ^{bA}	93.10 ±9.23 ^{cdA}	85.43±9.88 ^{dA}	98.19 ±6.70 ^{bcA}	94.35 ±6.02 ^{cdA}

Valores promedio de 10 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

3.6.4. Contenido de materia seca y lípidos

En la Tabla 3, se muestra el contenido de materia seca (MS) y de los lípidos (extracto etéreo) de la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo, respectivamente. Las cosechas de paltas cv. Hass conllevaron un incremento significativo en el contenido de MS y lípidos conforme las cosechas avanzaron, acorde con investigaciones anteriores (Carvalho *et al.*, 2014; Blakey *et al.*, 2012; Ferreyra *et al.*, 2012; Ozdemir y Topuz, 2004).

Las diferencias del contenido de MS y lípidos entre las cosechas evaluadas están relacionadas directamente por el grado de desarrollo o la edad fisiológica de la fruta (tiempo desde el cuajado hasta el momento de la cosecha) (Donetti, 2011; Landahl *et al.*, 2009). No obstante, existe una relación lineal directa con un coeficiente de correlación de Pearson de $R^2 = 0.90$ entre el contenido de MS y lípidos como indican muchos investigadores (Pedreschi *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2014 y Lee *et al.*, 1983). El contenido de MS y lípidos podrían ser afectados por las condiciones ambientales para un año específico, y las estaciones con mayor precipitación y exposición a la energía solar conllevarían a una mayor acumulación de lípidos, con ello acumulación de MS (Donetti y Terry, 2014; Landahl *et al.*, 2009; Ferreyra *et al.*, 2012; Waissbluth y Valenzuela, 2007).

El almacenamiento post-cosecha (refrigeración y posterior maduración) bajo las condiciones empleadas en este estudio, no afectaron significativamente el contenido de MS y lípidos en las tres cosechas (Tabla 3), resultados acorde con Wang *et al.* (2012) para el contenido de materia seca en paltas cv. Hass maduras a 25 °C después del almacenamiento a 4 °C durante 21 y 35 días. Sin embargo, Villa-Rodríguez *et al.* (2011) mostraron incremento significativo desde 31.7 hasta 32.9 por ciento de MS y desde 18.4 hasta 19.5 por ciento de lípidos en palta cv. Hass almacenados a 15 °C durante 14 días; similares con Ozdemir y Topuz (2004) quienes reportaron incremento significativo desde 25.5 hasta 26.5 por ciento de MS y desde 14.2 hasta 15.4 por ciento de lípidos en paltas de la misma variedad, almacenadas entre 18 y 22 °C. Las diferencias con los resultados de MS y lípidos de esta investigación podrían ser asociadas por las condiciones de almacenamiento post-cosecha, entre ellas temperatura y la humedad relativa, pues las bajas temperatura y altas humedades

relativas limitan la respiración y transpiración en los tubérculos provocando una menor pérdida de agua en la fruta.

4.3. Actividad enzimática y azúcares de la pared celular de palta cv. Hass

3.6.5. Actividad enzimática

La actividad enzimática de la pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) en palta cv. Hass procedente de tres cosechas, y determinada a 0, 15, 30 y 50 días post-cosecha en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel (Firmeza 4-13N), se muestran en la Tabla 4. En general, las paltas recién cosechadas (día 0) presentaron la mayor actividad PME, con valores entre 6.41 y 7.84 U/g bs para las tres cosechas evaluadas, las que disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel, alcanzando valores entre 2.31 y 3.12 U/g bs en paltas en madurez de consumo, resultando entre 62 y 68 por ciento de pérdida de la actividad enzimática respecto al valor inicial. La disminución de la actividad enzimática se relaciona con el cambio del pH y la carga de la pared celular producto de la hidrólisis de los esteres metílicos de pectina, disminuyendo su grado de esterificación.

Los resultados de la actividad PME reportados por Awad y Young (1978) y Awad y Young (1980) para palta cv. Fuerte y Hass, fueron mayores en madurez fisiológica (19.33 y 22.67 U/g bs, respectivamente) y similares en madurez de consumo (3.33 U/g bs) en cv. Fuerte. Las diferencias en los niveles de la actividad PME pueden ser asociadas al cultivar, debido a que en cada cultivar existen diferencias en el tipo y grado de la modificación de los polisacáridos de la pared celular y en la expresión y regulación de las enzimas que modifican la pared celular. Además, estas diferencias pueden atribuirse también a las diferentes metodologías empleadas en los experimentos. No obstante, comportamientos similares en la disminución de la actividad PME durante la maduración post-cosecha en palta fue reportado por Defilippi *et al.* (2018), Chen *et al.* (2017), Awad y Young (1978), Awad y Young (1980).

Tabla 3: Contenido de materia seca y fracción lipídica de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Característica	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
Materia seca (%)	Primera	26.74 ±1.41 ^{ab}	27.29 ±1.18 ^{ab}	26.75 ±1.29 ^{ab}	27.00 ±1.54 ^{ab}	26.56 ±1.37 ^{aC}	26.10 ±1.26 ^{ab}	27.03 ±1.4 ^{ab}
	Segunda	27.93 ±1.40 ^{ab}	28.08 ±2.37 ^{ab}	27.69 ±0.93 ^{ab}	28.13 ±2.17 ^{aAB}	28.40 ±1.35 ^{ab}	27.26 ±1.77 ^{ab}	27.81 ±1.15 ^{ab}
	Tercera	31.10 ±0.96 ^{aA}	29.94 ±1.14 ^{aA}	30.46 ±1.11 ^{aA}	29.89 ±1.21 ^{aA}	30.32 ±1.37 ^{aA}	29.75 ±0.92 ^{aA}	29.84 ±1.43 ^{aA}
Lípidos (%)	Primera	15.25 ±1.55 ^{ab}	16.27 ±0.89 ^{ab}	16.25 ±0.80 ^{ab}	16.56 ±1.32 ^{ab}	16.61 ±1.42 ^{aC}	16.33 ±1.03 ^{ab}	16.16 ±1.26 ^{ab}
	Segunda	16.45 ±1.03 ^{ab}	16.39 ±1.09 ^{ab}	16.55 ±0.75 ^{ab}	16.95 ±1.24 ^{ab}	17.83 ±1.29 ^{aAB}	17.18 ±1.59 ^{ab}	17.12 ±1.31 ^{aAB}
	Tercera	19.15 ±0.66 ^{aA}	18.36 ±0.53 ^{aA}	19.12 ±0.88 ^{aA}	18.71 ±0.80 ^{aA}	19.21 ±1.00 ^{aC}	18.99 ±1.18 ^{aA}	18.68 ±0.80 ^{aA}

Valores promedio de 10 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

Tabla 4: Actividad pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Actividad enzimática	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
PME (U/g bs)	Primera	7.42 ±1.11 ^{aAB}	3.32 ±0.59 ^{bb}	2.85 ±0.29 ^{bcA}	2.47 ±0.42 ^{cA}	2.84 ±0.32 ^{bcA}	2.31 ±0.17 ^{cb}	2.95 ±0.46 ^{bcA}
	Segunda	6.42 ±0.91 ^{aB}	4.02 ±0.73 ^{bA}	2.27 ±0.40 ^{cB}	2.55 ±0.40 ^{cA}	2.49 ±0.30 ^{cb}	2.43 ±0.33 ^{cAB}	2.99 ±0.23 ^{cA}
	Tercera	7.84 ±0.95 ^{aA}	3.74 ±0.52 ^{bAB}	2.11 ±0.32 ^{dB}	2.38 ±0.31 ^{cdA}	2.92 ±0.32 ^{cA}	2.72 ±0.46 ^{cdA}	3.12 ±0.44 ^{bcA}
PG (U/g bs)	Primera	4.50 ±0.82 ^{eB}	4.26 ±0.77 ^{eB}	7.97 ±1.39 ^{cA}	6.41 ±0.95 ^{cdA}	27.65 ±4.60 ^{aA}	13.50 ±2.29 ^{bA}	4.51 ±0.73 ^{cdC}
	Segunda	4.00 ±0.31 ^{cb}	4.53 ±0.50 ^{cb}	8.18 ±0.64 ^{bA}	5.64 ±0.84 ^{cA}	16.43 ±2.36 ^{aB}	14.41 ±1.96 ^{aA}	8.75 ±0.26 ^{bA}
	Tercera	5.62 ±0.77 ^{cA}	5.99 ±0.73 ^{cA}	5.51 ±0.39 ^{cb}	5.57 ±0.98 ^{cA}	23.84 ±3.21 ^{aA}	13.30 ±1.85 ^{bA}	6.16 ±0.90 ^{cb}

Valores promedio de 10 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

En las tres cosechas evaluadas, las paltas recién cosechadas (día 0) presentaron actividad PG, en un rango de 4.0 y 5.62 U/g bs, siendo significativamente ($p < 0.05$) mayor en la tercera cosecha respecto a la primera y segunda cosecha. La actividad PG no mostró cambios significativos ($p < 0.05$) durante la refrigeración (7°C), acorde con los resultados de Zauberman y Jobin-Decor (1995) para palta cv, Hass, durante el almacenamiento a 5 y 8°C durante 28 y 15 días, respectivamente. No obstante, durante la maduración en anaquel incremento significativamente ($p < 0.05$) hasta valores entre 16.43-27.65 U/g bs después de 15 días de refrigeración y hasta 13.30-4.41 U/g bs después 30 días de refrigeración (Tabla 4). En general, este aumento en la actividad PG durante el almacenamiento post-cosecha, coincide con lo observado previamente (Awad y Young, 1979; Chen *et al.*, 2017; Jeong y Huber, 2004; Hernandez *et al.*, 2017; Defilippi *et al.*, 2018), estos autores observaron que la actividad PG en palta cv. Hass es baja al inicio de la maduración y se incrementa continuamente al avanzar la maduración de la fruta, alcanzando los mayores valores en frutas en madurez de consumo.

Durante la maduración del fruto, la enzima PME actúa sobre las sustancias pecticas de la laminilla media de la célula, hidrolizando los enlaces metálicos de la posición 6 de los residuos de ácido galacturónico. La desmetilación de la pectina de sus grupos carboxilo libres cambia el pH y la carga en la pared celular regulando su propia actividad, este mecanismo permite la agregación de los poliuronidos en una estructura enlazada a Ca y hace susceptibles a los poliuronidos a la degradación por PG o prepara los residuos pécticos desmetilados para que la enzima PG pueda actuar (Brummell y Harpster, 2001). En tomate se ha mostrado que la expresión de PME es mayor en el estado maduro-verde cuando el pH del apoplasto es adecuado para su actividad, y disminuye durante la maduración a medida que aumenta la acidificación del apoplasto. Por el contrario, la actividad PG comienza a acumularse al inicio de la maduración, cuando el pH del apoplasto no es adecuado para su actividad y continua acumulándose durante la maduración a medida que el pH es favorable (Goulao y Oliveira, 2008).

3.6.6. Azúcares de la pared celular

En la Tabla 5, se muestran los componentes de la pared celular en el residuo insoluble en alcohol (RIA) de la pulpa de palta cv. Hass de tres cosechas, determinados a 0, 15 y 30 días en refrigeración y posterior maduración en anaquel (4-13N), respectivamente. Los

principales componentes determinados fueron arabinosa + xilosa (se presentó la sumatoria de ambos azúcares debido al mismo tiempo de retención), seguido de galactosa, ácido galacturónico y finalmente rhamnosa, provenientes de la hidrólisis de pectina y hemicelulosa de las paredes celulares (Brummell *et al.*, 2004). La palta durante la maduración se caracteriza por un ablandamiento de la fruta debido al desmantelamiento de la pared celular (despolimerización y solubilización) realizado por celulasa, pectinmetilesterasa (PME), polugalacturonasa (PG), β -galactosidasa, xylanasa y xylosidasa, enzimas que trabajan sinérgicamente (Brumell, 2006). No obstante, se han reportado pocos estudios enfocados en los componentes de la pared celular de la palta.

El contenido de ácido galacturónico en el RIA de la pulpa de palta cv. Hass, incrementó paulatinamente entre cosechas (día 0) y durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel (Tabla 5). Estos resultados son contrarios a los reportados por Defilippi *et al.* (2018), quienes reportaron una disminución de este componente durante la maduración de la fruta. Sin embargo, de acuerdo con Pettolino *et al.* (2012), el TFA se usa típicamente para hidrolizar muestras solubles (pectinas y hemicelulosa débilmente unidas) y analizar componentes no celulósicos (y algo de celulosa de la pared celular). Además, el contenido de ácido galacturónico en la fracción soluble en agua en el RIA de la pared celular de coliflor (*Brassica oleracea L. var botrytis*), representa entre 85.0 y 93.3 por ciento de los ácidos urónicos. En base a lo anterior, el comportamiento del ácido galacturónico es acorde con los resultados reportados por Sakurai y Nervins (1997), para ácidos urónicos de la fracción soluble en agua del RIA para palta cv. Hass, con incrementos de 50 por ciento en madurez de consumo, después de transferir a 25 °C de 15 °C por una semana. Por su parte, Deng *et al.* (2005) reportaron también incrementos de los ácidos urónicos en la fracción soluble del RIA en uva durante la maduración.

Este comportamiento podría asociarse al ablandamiento o desensamblaje de la fruta, acompañado a la pérdida de protopectina (pectina covalentemente unidas y solubles en carbonato de sodio) (Deng *et al.*, 2005; Sakurai y Nervins, 1997), debido a que en tomate la fracción soluble en agua del total de pectina en estado de madurez fisiológica (5.1 por ciento) podría representar una porción menor comparado con estado de madurez de consumo (66.1 por ciento) (Irani *et al.*, 2002).

Tabla 5: Azúcares de la pared celular de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15 y 30 en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Azúcares (mg/g RIA)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)			Madurez de consumo	
		0	15	30	15A	30A
Rhamnosa	Primera	4.05 ±0.26 ^{aC}	4.76 ±0.99 ^{aB}	4.31 ±0.79 ^{aA}	4.18 ±1.62 ^{aB}	4.34 ±0.49 ^{aB}
	Segunda	5.40 ±0.72 ^{bB}	6.78 ±0.97 ^{abAB}	7.87 ±1.07 ^{abA}	8.72 ±0.63 ^{aA}	6.88 ±1.58 ^{abAB}
	Tercera	7.15 ±0.72 ^{aA}	8.03 ±0.98 ^{aA}	5.80 ±2.44 ^{aA}	6.92 ±0.62 ^{aA}	8.32 ±0.91 ^{aA}
Arabinosa + Xylosa	Primera	40.39 ±4.59 ^{bAB}	59.08 ±13.14 ^{abB}	49.41 ±12.72 ^{abA}	72.19 ±14.79 ^{aA}	48.14 ±8.67 ^{abA}
	Segunda	54.22 ±7.79 ^{aA}	42.23 ±11.96 ^{abAB}	33.20 ±5.29 ^{bAB}	31.15 ±2.22 ^{bB}	27.58 ±0.68 ^{bB}
	Tercera	28.94 ±3.57 ^{aB}	29.06 ±4.16 ^{aB}	24.07 ±6.79 ^{aB}	24.94 ±1.84 ^{aB}	27.58 ±1.07 ^{aB}
Galactosa	Primera	25.90 ±0.76 ^{aA}	16.73 ±4.29 ^{bA}	14.06 ±4.31 ^{bA}	16.51 ±0.67 ^{bA}	14.47 ±1.93 ^{bA}
	Segunda	29.35 ±3.12 ^{aA}	23.57 ±5.03 ^{abA}	16.46 ±5.52 ^{abA}	14.95 ±7.08 ^{bA}	17.21 ±3.80 ^{abA}
	Tercera	32.79 ±7.94 ^{aA}	17.08 ±4.80 ^{bA}	17.61 ±3.10 ^{bA}	16.35 ±3.45 ^{bA}	12.72 ±1.48 ^{bA}
Ácido galacturónico	Primera	5.40 ±2.09 ^{aB}	6.57 ±1.63 ^{aC}	7.99 ±0.67 ^{aA}	9.04 ±1.18 ^{aB}	7.95 ±2.09 ^{aB}
	Segunda	11.28 ±0.51 ^{bB}	16.85 ±4.73 ^{abB}	30.06 ±10.31 ^{aA}	32.37 ±2.28 ^{aA}	30.59 ±8.81 ^{aA}
	Tercera	26.56 ±5.02 ^{aA}	32.42 ±4.66 ^{aA}	27.54 ±15.58 ^{aA}	33.95 ±10.14 ^{aA}	40.34 ±5.23 ^{aA}

Valores promedio de 3 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A y 30A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22 y 37 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

Por lo general, el contenido de rhamnosa y arabinosa + galactosa en el RIA de la pulpa de palta cv. Hass, no mostró cambios significativos ($p < 0.05$) entre cosechas (día 0) y durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel. Resultados acorde con Inari *et al.* (2002), quienes no mostraron cambios significativos en la fracción soluble en agua del RIA para tomate. El contenido de galactosa en el RIA de la pulpa de palta cv. Hass, no mostró cambios significativos entre cosechas (día 0), pero sí, disminuciones durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel (Tabla 5).

4.4. Metabolitos primarios de palta cv. Hass

3.6.7. Azúcares y ácidos orgánicos

En la Tabla 6, se muestran el perfil de azúcares no estructurales determinados mediante GC-MS/MS en la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, que fueron determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (Firmeza 4-13N), respectivamente. El perseitol fue el azúcar más abundante, seguido de la manoheptulosa en la pulpa de palta en madurez fisiológica (día 0), acorde a los resultados obtenidos por Pedreschi *et al.* (2014) y Liu *et al.* (2002). Sin embargo, investigaciones previas en la pulpa de palta cv. Hass determinaron predominio de manoheptulosa (Blakey *et al.*, 2012; Landahl *et al.*, 2009; Donetti, 2011). El contenido de manoheptulosa fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la primera cosecha, soportado por previas investigaciones (Liu *et al.*, 1999; Donetti, 2011). No obstante, el predominio del perseitol o manoheptulosa y su concentración en la pulpa de palta podría deberse al grado de desarrollo y condiciones climáticas de los huertos de producción (Donetti, 2011; Liu *et al.*, 1999). El contenido de glucosa, fructosa y sacarosa cambiaron significativamente ($p < 0.05$) entre las cosechas evaluadas (día 0), los 2 monosacáridos incrementaron su cantidad, mientras que el disacárido disminuyó con la cosecha. Finalmente, el sorbitol (azúcar alcohol) fue el azúcar determinado en menor cantidad y sin tendencias definidas.

Se determinó disminución significativa ($p < 0.05$) en el contenido de azúcares principales (perseitol, manoheptulosa, glucosa y fructosa) en la pulpa de palta durante la refrigeración, y para el perseitol, glucosa y fructosa durante la maduración en anaquel después de 22 días en refrigeración, mientras que la sacarosa y el sorbitol no mostraron cambios definidos. Los resultados son consistentes con investigaciones anteriores durante el almacenamiento de

palta cv. Hass a 5 °C (Meyer y Terry, 2010) y durante la maduración a 20 °C (Liu *et al.*, 1999, 2002; Blakey *et al.*, 2012).

La disminución del perseitol y la manoheptulosa en la pulpa de palta y el incremento de la tasa de respiración máxima de la fruta a los 30 días de refrigeración, ha sugerido que los azúcares de 7 carbonos cumplen funciones importantes como fuente de energía para la respiración y como antioxidante. Además, podría confirmar su participación en la inhibición y el desencadenamiento del proceso de maduración (Landahl *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2002; Pedreschi *et al.*, 2014).

El perfil de ácidos orgánicos determinados en la pulpa de palta durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel se muestra en la Tabla 7. La concentración del ácido málico y cítrico en la pulpa de palta en madurez fisiológica y de consumo en las tres cosechas, son soportados por previos estudios (Defilippi *et al.*, 2015; Yahia y Woolf, 2011), mientras que la concentración de ácido quínico fue mayor a lo reportado por Hurtado-Fernández *et al.* (2014), quienes determinaron una concentración de 0.02 mg/g bs. El ácido cítrico y málico son los ácidos orgánicos predominantes en el mesocarpio de palta en madurez fisiológica, cuyas concentraciones son soportadas por Defilippi *et al.* (2015), quienes reportaron rangos de 1.6-2.4 y 2.8-6.0 mg/g bs para ácido cítrico y málico, respectivamente. Además, el ácido málico y quínico mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la pulpa de paltas cv. Hass en madurez fisiológica (OR), mostrando un comportamiento decreciente por cosecha.

La concentración de ácidos orgánicos en frutas climatéricas y no climatéricas incrementa durante el desarrollo hasta el inicio de la maduración y posteriormente disminuye debido a su actividad metabólica (Batista-Silva *et al.*, 2018; Fiamini *et al.*, 2015). El contenido de ácidos orgánicos también es afectado por factores ambientales (la temperatura, intensidad lumínica) y prácticas de cultivo (la nutrición mineral, disponibilidad de agua, la carga de fruto/poda), sin embargo, la manera en que estos factores alteran el metabolismo para provocar cambios en el contenido de ácidos orgánicos es incierta en la mayor parte de los casos (Etienne *et al.*, 2013). Sin embargo, como respuesta a la deshidratación celular consecuencia de la pérdida de agua intracelular debido a la sal, la sequía y el frío, las plantas acumulan muchos compuestos orgánicos como los aminoácidos (prolina), las aminos cuaternarias y otras (glicina betaína y poliaminas), una variedad de azúcares (principalmente

fructosa y sacarosa), alcoholes de azúcar, azúcares complejos (como trehalosa y fructanos) y ácidos orgánicos (oxalato, malato) (Valliyodan y Nguyen, 2006).

En general, los ácidos orgánicos no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) en la pulpa de palta durante el almacenamiento en refrigeración, a excepción del ácido cítrico que cambió significativamente a los 30 días. No obstante, durante la maduración en anaquel posterior a la refrigeración, el ácido málico, cítrico y succínico mostraron cambios significativos ($p < 0.05$). Los ácidos cítrico y málico presentaron una tendencia decreciente, mientras que el ácido succínico incrementó ligeramente en la pulpa de palta hasta alcanzar la madurez de consumo y el ácido quínico no mostró cambios definidos (Tabla 7). Los ácidos orgánicos son reserva de energía de la fruta mediante el ciclo de Krebs y su disminución durante la maduración se debe presumiblemente a la utilización de estos como sustratos en la respiración o en su conversión a azúcares (glucosa o fructosa) mediante la vía general gluconeogénesis (ruta metabólica que permite la biosíntesis de glucosa a partir de precursores no glucídicos) (Defilippi *et al.*, 2015; Hounsome *et al.*, 2018). Además, los ácidos orgánicos son utilizados para la síntesis o interconversión de aminoácidos y como sustrato para la producción de metabolitos secundarios, tales como pigmentos (Fiamini *et al.*, 2015).

Tabla 6: Cambios en el contenido de azúcares en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Azúcares (mg/g bs)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
Perseitol	Primera	17.12 ±3.59 ^{aA}	11.02 ±1.78 ^{bA}	5.87 ±1.94 ^{cA}	3.93 ±0.91 ^{cA}	2.48 ±0.23 ^{cA}	3.44 ±0.82 ^{cA}	4.41 ±1.30 ^{cA}
	Segunda	16.77 ±3.98 ^{aA}	12.64 ±4.54 ^{aA}	5.26 ±1.45 ^{bA}	3.40 ±1.05 ^{bA}	2.53 ±0.21 ^{bA}	2.82 ±0.64 ^{bA}	3.21 ±0.63 ^{bAB}
	Tercera	18.83 ±5.86 ^{aA}	11.28 ±4.65 ^{bA}	4.33 ±1.17 ^{cA}	3.08 ±1.05 ^{cA}	2.61 ±0.43 ^{cA}	3.37 ±1.12 ^{cA}	2.66 ±0.62 ^{cB}
Manoheptulosa	Primera	8.78 ±2.26 ^{aA}	3.44 ±0.76 ^{bA}	2.97 ±0.85 ^{bA}	2.09 ±0.13 ^{bA}	1.98 ±0.10 ^{bA}	2.06 ±0.11 ^{bA}	2.06 ±0.12 ^{bA}
	Segunda	4.65 ±1.49 ^{aB}	3.34 ±2.27 ^{abA}	2.54 ±0.90 ^{bA}	1.87 ±0.18 ^{bB}	1.92 ±0.06 ^{bAB}	2.00 ±0.14 ^{bA}	2.01 ±0.09 ^{bA}
	Tercera	5.41 ±1.97 ^{aB}	2.26 ±0.19 ^{bA}	2.05 ±0.30 ^{bA}	1.81 ±0.09 ^{bB}	1.81 ±0.09 ^{bB}	2.07 ±0.26 ^{bA}	1.82 ±0.10 ^{bB}
Glucosa	Primera	2.62 ±0.21 ^{aB}	2.52 ±0.29 ^{abB}	2.23 ±0.16 ^{bcB}	2.59 ±0.29 ^{abA}	1.82 ±0.11 ^{dC}	1.88 ±0.16 ^{cdC}	1.84 ±0.13 ^{dB}
	Segunda	3.33 ±0.20 ^{aA}	3.15 ±0.35 ^{abA}	2.63 ±0.11 ^{cB}	2.46 ±0.23 ^{cA}	2.48 ±0.10 ^{cA}	2.46 ±0.17 ^{cB}	2.77 ±0.34 ^{bcA}
	Tercera	3.36 ±0.39 ^{abA}	2.70 ±0.56 ^{bcdAB}	3.64 ±0.62 ^{aA}	2.38 ±0.50 ^{cdA}	2.04 ±0.11 ^{dB}	2.90 ±0.39 ^{abcdA}	3.21 ±0.64 ^{abcA}
Fructosa	Primera	2.55 ±0.28 ^{aB}	2.04 ±0.38 ^{abA}	1.85 ±0.19 ^{cdB}	2.05 ±0.29 ^{bcA}	1.42 ±0.08 ^{eB}	1.46 ±0.11 ^{deB}	1.44 ±0.09 ^{deB}
	Segunda	2.79 ±0.33 ^{abB}	2.36 ±0.35 ^{bcA}	3.71 ±0.95 ^{aA}	2.17 ±0.60 ^{bcdA}	1.41 ±0.14 ^{dB}	1.48 ±0.22 ^{cdB}	2.28 ±1.34 ^{bcdA}
	Tercera	3.51 ±0.41 ^{aA}	2.46 ±0.62 ^{bcdA}	3.31 ±0.68 ^{abA}	2.02 ±0.49 ^{cdA}	1.78 ±0.14 ^{dA}	2.40 ±0.41 ^{bcdA}	2.91 ±0.67 ^{abcA}
Sacarosa	Primera	3.83 ±1.11 ^{abA}	3.52 ±0.86 ^{abcA}	4.85 ±2.11 ^{aA}	2.73 ±1.06 ^{abcA}	3.03 ±1.14 ^{abcA}	1.97 ±0.52 ^{bcA}	1.65 ±0.09 ^{cA}
	Segunda	1.67 ±0.20 ^{aB}	2.45 ±1.59 ^{aAB}	2.62 ±0.83 ^{aA}	1.52 ±0.16 ^{aB}	1.85 ±0.38 ^{aA}	1.61 ±0.25 ^{aA}	1.55 ±0.06 ^{aA}
	Tercera	1.51 ±0.23 ^{aB}	1.42 ±0.10 ^{aB}	2.62 ±1.73 ^{aA}	1.75 ±0.50 ^{aAB}	3.05 ±1.25 ^{aA}	2.19 ±0.83 ^{aA}	1.40 ±0.07 ^{aB}
Sorbitol	Primera	0.01 ±0.00 ^{bc}	0.01 ±0.01 ^{bc}	0.02 ±0.01 ^{bc}	0.01 ±0.00 ^{bc}	0.02 ±0.00 ^{aB}	0.02 ±0.01 ^{aB}	0.02 ±0.00 ^{aB}
	Segunda	0.08 ±0.01 ^{abA}	0.08 ±0.02 ^{abA}	0.11 ±0.01 ^{aA}	0.06 ±0.01 ^{bA}	0.11 ±0.05 ^{aA}	0.07 ±0.03 ^{abA}	0.06 ±0.01 ^{bA}
	Tercera	0.04 ±0.00 ^{bb}	0.04 ±0.01 ^{bb}	0.06 ±0.02 ^{ab}	0.03 ±0.00 ^{bb}	0.04 ±0.01 ^{abB}	0.05 ±0.01 ^{abA}	0.03 ±0.01 ^{bb}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

Tabla 7: Contenido de ácidos orgánicos en la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Ácidos orgánicos (mg/g bs)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
Málico	Primera	8.75 ±1.61 ^{aA}	9.27 ±1.56 ^{aA}	10.26 ±2.10 ^{aA}	4.24 ±0.37 ^{bA}	5.51 ±0.98 ^{bA}	3.82 ±0.45 ^{bA}	3.91 ±0.73 ^{bA}
	Segunda	3.42 ±0.38 ^{abB}	3.64 ±0.77 ^{abB}	4.12 ±0.52 ^{aB}	3.28 ±0.60 ^{abB}	3.08 ±0.22 ^{bB}	3.52±0.31 ^{abA}	3.71 ±0.42 ^{abA}
	Tercera	3.11 ±0.26 ^{abB}	3.29 ±0.35 ^{abB}	3.18 ±0.37 ^{abB}	3.19 ±0.27 ^{abB}	2.81 ±0.28 ^{bB}	3.62 ±0.31 ^{abA}	3.98 ±1.32 ^{aA}
Cítrico	Primera	9.85 ±1.34 ^{aA}	8.63 ±1.50 ^{aA}	4.21 ±0.65 ^{bA}	5.10 ±1.38 ^{bA}	3.86 ±0.47 ^{bA}	4.11 ±0.62 ^{bA}	4.18 ±0.76 ^{bB}
	Segunda	10.30 ±2.97 ^{aA}	7.76 ±2.54 ^{aA}	4.52 ±1.07 ^{bA}	3.98 ±0.36 ^{bA}	3.65 ±0.22 ^{bAB}	3.78 ±0.19 ^{bA}	4.32 ±0.63 ^{bB}
	Tercera	8.36 ±2.77 ^{abA}	11.50 ±3.16 ^{aA}	4.64 ±1.20 ^{bcA}	5.12 ±2.33 ^{bcA}	3.38 ±0.13 ^{cB}	4.40 ±0.46 ^{cA}	6.48 ±1.87 ^{bcA}
Quínico	Primera	3.74 ±0.15 ^{aA}	3.56 ±0.18 ^{aA}	3.82 ±0.14 ^{aA}	3.92 ±0.26 ^{aA}	3.68 ±0.18 ^{aA}	3.92 ±0.33 ^{aA}	3.95 ±0.28 ^{aA}
	Segunda	3.61 ±0.28 ^{aA}	3.54 ±0.45 ^{aA}	3.68 ±0.16 ^{aA}	3.55 ±0.33 ^{aAB}	3.49 ±0.10 ^{aAB}	3.73 ±0.28 ^{aA}	3.82 ±0.19 ^{aA}
	Tercera	3.18 ±0.13 ^{bB}	3.38 ±0.17 ^{abA}	3.32 ±0.20 ^{bB}	3.38 ±0.10 ^{abB}	3.30 ±0.20 ^{bB}	3.69 ±0.26 ^{aA}	3.41 ±0.17 ^{abB}
Succinico	Primera	2.57 ±0.09 ^{bA}	2.62 ±0.11 ^{bA}	4.72 ±0.81 ^{aA}	2.73 ±0.22 ^{bA}	4.79 ±0.48 ^{aA}	3.25 ±0.54 ^{bA}	2.71 ±0.18 ^{bA}
	Segunda	2.01 ±1.00 ^{bA}	2.36 ±0.24 ^{abB}	2.54 ±0.08 ^{abB}	2.57 ±0.24 ^{abA}	2.86 ±0.24 ^{aB}	2.99 ±0.27 ^{aA}	2.68 ±0.14 ^{abA}
	Tercera	2.16 ±0.10 ^{bA}	2.42 ±0.12 ^{abAB}	2.38 ±0.16 ^{abB}	2.65 ±0.36 ^{aA}	2.52 ±0.21 ^{abB}	2.76 ±0.25 ^{aA}	2.71 ±0.09 ^{aA}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

4.4.2. Ácidos grasos

La Figura 12, muestra un cromatograma en el cual se puede observar la presencia de los ácidos grasos en palta y la Tabla 8 muestra el perfil y composición porcentual de ácidos grasos en el aceite de la pulpa de palta, en los diferentes periodos de refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel (Firmeza 4-13N). El aceite de palta cv. Hass está constituido en orden descendiente por ácido oleico (36.95-45.30 por ciento), palmítico (24.18–30.63 por ciento), linoleico (17.10-20.04 por ciento), palmitoleico (12.25-14.24 por ciento) y α -linolénico (0.78-1.07 por ciento), representando en promedio a 28.9, 53.6 y 17.5 por ciento de ácidos grasos saturados (SFAs), monoinsaturados (MUFAs) y poliinsaturados (PUFAs), respectivamente. Los resultados mostrados son acorde a los resultados reportados para aceite de paltas cv. Hass cosechadas en Perú (Donetti y Terry, 2014; Guillen, 2016; Landahl *et al.*, 2009).

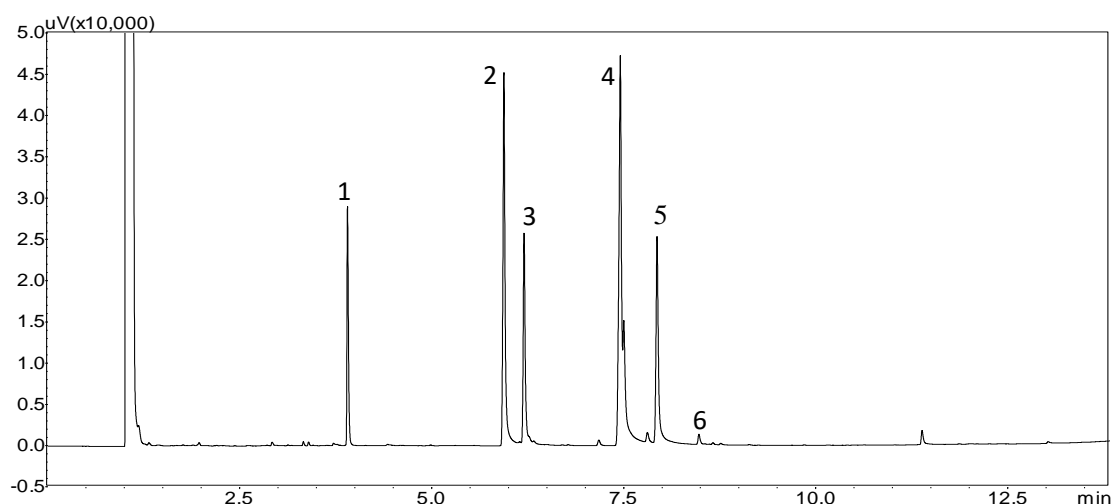


Figura 12: Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta cv. Hass. En orden de elución: 1. ácido undecanoico (estándar interno); 2. Ácido palmítico; 3. Ácido palmitoleico; 4. Ácido oleico; 5. Ácido linoleico; 6. Ácido α -linolénico.

Las cosechas estudiadas mostraron únicamente incremento significativo ($p < 0.05$) en la participación del ácido oleico en el aceite de la fruta por cosecha; no obstante, su porcentaje de participación (Tabla 8), es menor comparado con la composición en el aceite de palta producida en España (54-60 %) y Chile (57-61 %), presumiblemente por las condiciones climáticas de cultivo, principalmente la temperatura (Pedreschi *et al.*, 2016; Ozdemir y Topuz, 2004). Estudios previos reportaron que las zonas de cultivo con bajas temperaturas podrían estimular mayor síntesis de ácidos grasos insaturados como un mecanismo de

adaptación para aumentar la fluidez de la membrana (Pedreschi *et al.*, 2016; Ozdemir y Topuz, 2004; Kaiser y Wolstenholme, 1993). No obstante, la composición de ácidos grasos en el aceite de la fruta está influenciada por el grado de desarrollo y crecimiento, el cultivar y la temporada de cosecha (Donetti y Terry, 2014; Guillen, 2016).

La composición de ácidos grasos en el aceite de palta de las tres cosechas, no mostró cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$) durante los periodos de refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (Tabla 8). Estos resultados concuerdan con los resultados previamente reportados por Meyer y Terry (2010), quienes no observaron cambios significativos en paltas almacenadas durante 7 y 21 días a 5 °C. No obstante, Ozdemir y Topuz (2004) reportaron una variación estadísticamente significativa en el contenido de ácidos grasos en el aceite de palta cv. Hass almacenados durante 8 días entre 15 y 22 °C; sin embargo, con relación al contenido en ácido oleico, ninguna diferencia fue observado en el almacenaje post-cosecha. Por lo tanto, es posible suponer que los ácidos grasos no se relacionen con el proceso de maduración post-cosecha de la palta como se mencionó previamente por Meyer y Terry (2010).

Tabla 8: Composición porcentual de ácidos grasos de aceite de palta cv. Hass procedentes de tres cosecha, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Ácidos grasos (%)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
Ácido palmítico	Primera	28.05 ±1.79 ^{aA}	28.64 ±1.14 ^{aA}	28.68 ±1.03 ^{aA}	30.63 ±2.37 ^{aA}	28.18 ±1.46 ^{aA}	27.96 ±1.37 ^{aA}	28.70 ±1.36 ^{aA}
	Segunda	27.20 ±0.51 ^{aA}	26.95 ±1.62 ^{aAB}	27.41 ±0.75 ^{aAB}	26.52 ±0.83 ^{aB}	27.50 ±1.29 ^{aA}	26.18 ±1.66 ^{aAB}	26.78 ±0.58 ^{aB}
	Tercera	26.41 ±0.82 ^{aA}	25.60 ±1.11 ^{abB}	26.89 ±1.05 ^{aB}	26.84 ±0.57 ^{aB}	25.91 ±1.94 ^{abA}	24.18 ±1.24 ^{abB}	25.30 ±1.40 ^{abB}
Ácido palmitoleico	Primera	13.29 ±1.26 ^{aA}	13.68 ±2.06 ^{aA}	14.22 ±0.83 ^{aA}	12.80 ±0.56 ^{aA}	13.48 ±1.24 ^{aA}	13.15 ±1.12 ^{aA}	14.24 ±1.48 ^{aA}
	Segunda	13.45 ±0.43 ^{aA}	12.87 ±1.32 ^{aA}	12.67 ±0.91 ^{aB}	13.26 ±1.14 ^{aA}	13.13 ±1.46 ^{aA}	12.61±1.55 ^{aA}	13.45 ±1.17 ^{aA}
	Tercera	12.46 ±1.02 ^{aA}	12.25 ±0.84 ^{aA}	12.62 ±1.25 ^{aB}	12.49 ±0.79 ^{aA}	12.80 ±0.93 ^{aA}	12.40±0.44 ^{aA}	12.76 ±0.79 ^{aA}
Ácido oleico	Primera	38.10 ±2.29 ^{aB}	39.20 ±1.17 ^{aA}	37.76 ±0.85 ^{aB}	38.85±1.96 ^{aB}	37.32 ±2.53 ^{aA}	38.07 ±1.19 ^{aB}	36.95 ±1.80 ^{aB}
	Segunda	40.17 ±1.44 ^{aAB}	39.38 ±3.17 ^{aA}	40.67 ±1.14 ^{aAB}	41.04 ±1.96 ^{aB}	39.44 ±2.27 ^{aA}	40.68 ±2.16 ^{aB}	40.89 ±2.27 ^{aA}
	Tercera	42.65 ±0.94 ^{aA}	42.84 ±2.32 ^{aA}	42.17 ±2.28 ^{aA}	41.20 ±1.81 ^{aA}	42.20 ±4.15 ^{aA}	45.30 ±2.13 ^{aA}	43.35 ±2.58 ^{aA}
Ácido linoleico	Primera	18.54 ±1.42 ^{aA}	17.67 ±1.36 ^{aA}	18.42 ±0.96 ^{aA}	18.78 ±1.90 ^{aA}	20.04 ±1.56 ^{aA}	19.79 ±1.17 ^{aA}	19.12 ±1.16 ^{aA}
	Segunda	18.22 ±1.01 ^{aA}	19.77 ±1.65 ^{aA}	18.29 ±1.04 ^{aA}	18.36 ±1.04 ^{aA}	18.95 ±1.61 ^{aA}	19.48 ±1.17 ^{aA}	18.02 ±1.05 ^{aA}
	Tercera	17.80 ±1.26 ^{aA}	18.49 ±1.43 ^{aA}	17.46 ±1.35 ^{aA}	18.59 ±1.07 ^{aA}	18.15 ±2.73 ^{aA}	17.10 ±1.33 ^{aB}	17.72 ±1.68 ^{aA}
Ácido α -linolénico	Primera	0.87 ±0.14 ^{aA}	0.82 ±0.10 ^{aA}	0.93 ±0.08 ^{aA}	1.07 ±0.39 ^{aA}	0.97 ±0.10 ^{aA}	1.02 ±0.09 ^{aA}	0.98 ±0.07 ^{aA}
	Segunda	0.96 ±0.14 ^{abA}	1.03 ±0.11 ^{abA}	0.96 ±0.15 ^{abA}	0.82 ±0.13 ^{ba}	0.97 ±0.12 ^{abA}	1.05 ±0.11 ^{aA}	0.86 ±0.06 ^{abA}
	Tercera	0.78 ±0.07 ^{aA}	0.80 ±0.35 ^{aA}	0.85 ±0.07 ^{aA}	0.88 ±0.04 ^{aA}	0.94 ±0.26 ^{aA}	1.02 ±0.33 ^{aA}	0.87 ±0.12 ^{aA}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

4.5. Metabolitos secundarios de palta cv. Hass

3.6.8. Perfil de fitoesteroles

El contenido de fitoesteroles determinados en palta cv. Hass durante los periodos de refrigeración y posterior maduración en anaquel (Firmeza 4-13N) se muestran en la Tabla 9. En general, el β -sitosterol es el esteroles predominante en la palta cv. Hass de las tres cosechas, cuya concentración fluctúa entre 130.93 y 197.76 mg/100 g bs, seguido por el campesterol entre 13.99 y 25.24 mg/100 g bs y en menor proporción el estigmasterol, entre 5.94 y 6.67 mg/100 g bs. Los resultados obtenidos son consistentes con Plaza *et al.* (2009) para palta maduras cv. Hass, cuyas concentraciones reportadas fueron 212.9, 23.2 y 2.4 mg/100 g bs, para β -sitosterol, campesterol y estigmasterol, respectivamente. Robayo (2016), Dreher y Davenport (2013) también reportaron concentraciones similares de campesterol (14.9-18.1 mg/100 g bs) y estigmasterol (0 y 7.2 mg/100 g bs); sin embargo, las concentraciones de β -sitosterol (245.6 y 274 mg/100 g bs) difieren de nuestros resultados. Las diferencias en la concentración de los fitoesteroles en la fruta están asociados a los factores previos de cosecha, como el grado de crecimiento, desarrollo y las condiciones de cultivo (Lu *et al.*, 2009).

Con respecto a las cosechas evaluadas (primera, segunda y tercera) de palta cv. Hass en madurez fisiológica (0R), los fitoesteroles mostraron tendencia de decremento con las cosechas. Sin embargo, sólo el contenido de campesterol mostró cambios estadísticamente significativa ($p < 0.05$) como muestra la Tabla 9. Existe poca información disponible acerca de los cambios en el desarrollo de palta; sin embargo, se observaron comportamiento de decremento similar durante el desarrollo en Tunisian Meski olives (*Olea europea* L.) (Sakouhi *et al.*, 2009), en Hazelnut (*Corylus avellana* L.) (Ilyasoglu, 2015) y semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.). Una disminución en el contenido total de fitosteroles en la fruta podría estar relacionado con su conversión a hormonas esteroides y vitaminas, que regulan el crecimiento y desarrollo de tejidos inmaduros (Herchi *et al.*, 2009). Por lo tanto, las paltas cv. Hass de temporada tempranas (MS > 21 por ciento) pueden ser una fuente potencial de estos compuestos funcionales, contribuyendo a la reducción del colesterol en el organismo tal como lo señala Ribas *et al.* (2017).

Tabla 9: Composición de fitoesteroles de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Fitoesteroles (mg/100 g bs)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
β -sitosterol	Primera	166.01 \pm 16.57 ^{aA}	175.20 \pm 13.80 ^{aA}	187.25 \pm 14.79 ^{aA}	190.69 \pm 23.34 ^{aA}	197.25 \pm 23.04 ^{aA}	197.76 \pm 19.70 ^{aA}	168.50 \pm 29.77 ^{aA}
	Segunda	147.75 \pm 20.30 ^{bA}	147.08 \pm 12.78 ^{bB}	143.67 \pm 8.03 ^{bB}	160.84 \pm 22.58 ^{abB}	168.04 \pm 8.27 ^{abB}	180.11 \pm 12.12 ^{aA}	158.87 \pm 11.33 ^{abA}
	Tercera	141.98 \pm 13.63 ^{abA}	146.92 \pm 5.60 ^{abB}	130.93 \pm 17.62 ^{bB}	153.20 \pm 5.00 ^{abB}	145.13 \pm 10.26 ^{abB}	147.20 \pm 25.10 ^{abB}	159.84 \pm 15.26 ^{aA}
Campesterol	Primera	19.63 \pm 3.27 ^{bcA}	20.56 \pm 1.93 ^{bcA}	23.08 \pm 2.36 ^{abA}	19.35 \pm 2.38 ^{bcA}	25.24 \pm 2.79 ^{aA}	19.56 \pm 2.30 ^{bcA}	16.85 \pm 1.86 ^{cA}
	Segunda	15.68 \pm 1.07 ^{abB}	15.48 \pm 0.93 ^{bB}	15.14 \pm 0.68 ^{bB}	16.71 \pm 1.89 ^{abAB}	17.86 \pm 2.08 ^{abB}	18.31 \pm 1.58 ^{aA}	16.76 \pm 1.56 ^{abA}
	Tercera	15.24 \pm 1.29 ^{aB}	14.70 \pm 0.76 ^{aB}	13.99 \pm 1.54 ^{aB}	16.23 \pm 0.80 ^{aB}	16.11 \pm 0.74 ^{aB}	14.99 \pm 2.39 ^{aB}	15.59 \pm 0.92 ^{aA}
Estigmasterol	Primera	6.16 \pm 0.72 ^{aA}	6.08 \pm 0.33 ^{aAB}	6.03 \pm 0.37 ^{aA}	6.57 \pm 0.40 ^{aA}	5.94 \pm 0.33 ^{aA}	6.67 \pm 0.60 ^{aA}	6.31 \pm 0.44 ^{aA}
	Segunda	6.30 \pm 0.40 ^{aA}	6.49 \pm 0.27 ^{aA}	5.86 \pm 0.19 ^{aA}	6.15 \pm 0.52 ^{aA}	6.51 \pm 0.48 ^{aA}	6.36 \pm 0.44 ^{aA}	6.09 \pm 0.49 ^{aA}
	Tercera	6.01 \pm 0.56 ^{aA}	5.99 \pm 0.27 ^{aB}	6.11 \pm 0.20 ^{aA}	6.28 \pm 0.24 ^{aA}	6.29 \pm 0.35 ^{aA}	6.15 \pm 0.62 ^{aA}	6.34 \pm 0.24 ^{aA}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes \pm error estándar ($p < 0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

Durante los periodos de almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel de palta cv. Hass, en la pulpa se observó comportamientos de incremento en el contenido de β -sitosterol y campesterol, siendo significativo ($p < 0.05$) para el caso del campesterol durante el almacenamiento de la fruta en anaquel, posterior a la refrigeración como muestra la Tabla 9. Tendencias similares para el contenido de β -sitosterol y campesterol en base fresca en paltas de diversas variedades (Carmen Bolívar, Criollo apulo, Criollo Tolima, Santana y Guatemalteca) fueron observadas por Robayo (2016), asociados al incremento de la materia seca durante la maduración. Asimismo, las mismas tendencias fueron observadas en lúcumo (*Pouteria lucuma*) (Mejía, 2017), tomate y manzana (Piironen *et al.*, 2000). Posiblemente, los incrementos no significativos de los fitoesteroles en el presente estudio podrían estar asociados con el almacenamiento a 7 °C, debido a que las bajas temperatura reducen la síntesis de los fitosteroles como reportó Piironen *et al.*, (2000) en el caso de tomates. No obstante, a pesar de la existencia de estudios que muestran pequeños cambios en su composición, a la actualidad no existe consenso respecto a los cambios metabólicos asociados a la producción de fitoesteroles durante el proceso de maduración.

3.6.9. Perfil de tocoferoles

Los principales tocoferoles determinados en la pulpa de palta cv. Hass durante los periodos de refrigeración y posterior maduración en anaquel (Firmeza 4-13N) mediante el análisis cromatográfico fueron el α -tocoferol (37.02- 55.87 ug/g bs) y β -tocoferol (25.19 - 36.75 ug/g bs) como muestra la Tabla 10. Además, el contenido de γ -tocoferol fue detectado por debajo de los límites de cuantificación solo en algunas paltas en madurez fisiológica (0R) y a los 15 días de refrigeración (datos no mostrados). Las concentraciones de α -tocoferol son acorde a los reportados por Lu *et al.* (2009) y Chun *et al.* (2006), además, las concentraciones de β -tocoferol son acorde con Pedreschi *et al.* (2014) en paltas maduras cv. Hass; no obstante, en el resto de tocoferoles difieren en las concentraciones. Estas diferencias podrían ser atribuido a diversas variables tales como el grado de crecimiento, desarrollo y condiciones climáticas de cultivo como reporta Lu *et al.* (2009).

Tabla 10: Composición de tocoferoles de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, determinados a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Tocoferoles ($\mu\text{g/g}$ bs.)	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
α -tocoferol	Primera	53.60 \pm 7.39 ^{aA}	51.43 \pm 10.04 ^{aA}	54.10 \pm 7.37 ^{aA}	44.05 \pm 6.10 ^{abA}	55.87 \pm 5.50 ^{aA}	55.05 \pm 4.43 ^{aA}	37.02 \pm 4.89 ^{bB}
	Segunda	51.17 \pm 7.49 ^{aA}	52.61 \pm 7.47 ^{aA}	50.27 \pm 8.21 ^{aA}	43.59 \pm 7.90 ^{aA}	50.41 \pm 6.97 ^{aA}	51.59 \pm 8.64 ^{aA}	41.35 \pm 6.16 ^{aB}
	Tercera	57.12 \pm 6.51 ^{aA}	56.19 \pm 5.67 ^{aA}	50.20 \pm 5.36 ^{aA}	50.29 \pm 8.69 ^{aA}	55.36 \pm 6.97 ^{aA}	51.80 \pm 9.06 ^{aA}	56.56 \pm 11.15 ^{aA}
β -tocoferol	Primera	28.07 \pm 4.39 ^{aA}	28.32 \pm 4.86 ^{aAB}	29.77 \pm 4.37 ^{aA}	26.75 \pm 4.89 ^{aB}	32.00 \pm 3.70 ^{aA}	32.35 \pm 4.95 ^{aA}	25.19 \pm 3.20 ^{aB}
	Segunda	27.63 \pm 3.33 ^{aA}	26.95 \pm 4.65 ^{aB}	27.61 \pm 3.14 ^{aA}	31.75 \pm 2.86 ^{aAB}	33.23 \pm 5.17 ^{aA}	33.90 \pm 4.54 ^{aA}	31.71 \pm 4.58 ^{aA}
	Tercera	31.95 \pm 4.24 ^{aA}	33.84 \pm 2.31 ^{aA}	31.46 \pm 6.11 ^{aA}	34.79 \pm 4.36 ^{aA}	33.36 \pm 6.22 ^{aA}	36.75 \pm 7.20 ^{aA}	35.20 \pm 4.08 ^{aA}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes \pm error estándar ($p < 0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

El contenido de α -tocoferol y β -tocoferol en la pulpa de palta cv. Hass en madurez fisiológica (OR) de las tres cosechas no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$), aunque existió una acumulación paulatina por cosecha, siendo la tercera la cosecha que presentó mayores cantidades de estos tocoferoles con respecto a la segunda y primera cosecha (Tabla 10). Tendencias similares de acumulación de α -tocoferol se registraron previamente durante el desarrollo y temporadas de cosecha de frutas climatéricas, como en palta cv. Hass (Lu *et al.*, 2009) y en tomates (Moco *et al.*, 2007). Este incremento de tocoferoles podría estar relacionado con el incremento de la fracción lipídica en la fruta. Además, los tocoferoles protegen las membranas de cloroplastos de la fotooxidación para proporcionar un ambiente óptimo para la maquinaria fotosintética (Munné-Bosch y Alegre 2002). La acumulación y mantenimiento de tocoferoles por activación de la vía biosintética del tocoferol, es claramente ventajoso para equilibrar sus niveles con el contenido de peróxido de hidrógeno, responsables de la peroxidación de lípidos y oxidación de proteínas, generados por intensa respiración en frutas climatericas (Saini *et al.*, 2017).

De acuerdo con el análisis estadístico, los tocoferoles en la pulpa de palta cv. Hass de las tres cosechas, no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) durante los periodos de refrigeración y posterior maduración en anaquel (firmeza 4-13N); no obstante, se observó una ligera acumulación de β -tocoferol durante la maduración en anaquel después de refrigeración en las tres cosechas. El contenido y tendencia de incremento del β -tocoferol son acorde a lo reportado por Pedreschi *et al.* (2014), quienes reportaron acumulación no significativa de β -tocoferol; sin embargo, también reportaron ligera disminución en α - y γ -tocoferol, durante la maduración de palta cv. Hass a 20 °C. Por otro lado, Ornelas-Paz y Yahia (2003) reportaron una disminución en 40 y 50 por ciento de tocoferoles totales durante 21 y 35 días de almacenamiento a 5 °C, respectivamente. Adicionalmente, el contenido de tocoferoles totales en lechuga “green romaine” después de 12 días de almacenados en refrigeración (4 °C) no sufrió alteración; sin embargo, observaron un aumento en 36 por ciento (δ -Tocoferol) y disminución en 35 por ciento (α -tocoferol), comparado al día cero (Saini y Keum, 2016).

El contenido de tocoferoles se ajusta en respuesta al estrés oxidativo y es que diversos factores ambientales de precosecha y post-cosecha, tales como la alta radiación UV-B, déficit hídrico, altas temperaturas, estrés salino, entre otros, pueden conducir a la formación de radicales (Smirnoff 1993). Sin embargo, la acumulación de tocoferoles durante la

maduración de la fruta podría estar favorecido por la utilización del fitil-difosfato derivado de la degradación de la clorofila en la biosíntesis del tocoferol (Almeida *et al.* 2015). Por tanto, podemos suponer que los cambios en el contenido de tocoferoles no están asociados al proceso de maduración, si no asociados al estrés oxidativo y presencia de compuestos fenólicos (antioxidantes), que permiten una regeneración de tocoferoles de su forma radical (Smirnoff, 2000). La protección de los tocoferoles a las frutas se extiende hasta los consumidores, debido sus propiedades funcionales relacionados con la reducción del riesgo cardiovascular e incluso el cáncer (Li *et al.*, 2013). El consumo de esta fruta aporta una mayor cantidad de α -tocoferol y β -tocoferol (siendo los tocoferoles con mayor actividad vitamina E).

3.6.10. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son sustancias bioactivas relacionadas con la disminución de diferentes procesos oxidativos, debido a la capacidad de reducir y eliminar la formación de radicales libres (Hidalgo *et al.*, 2010). Durante los periodos de refrigeración y posterior maduración de palta cv. Hass en anaquel de tres cosechas, se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), como muestra la Tabla 11. El contenido de compuestos fenólicos totales en la pulpa fluctuó entre 1.24 y 1.88 mg AGE/g bs, resultados similares para palta cv. Fuerte (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011) y mayores a los reportados por Villa-Rodríguez *et al.* (2011) y Rodríguez-Carpena *et al.* (2011) para paltas cv. Hass, cuyos valores fluctuaron entre 0.52 y 1 AGE/g bs. Sin embargo, los niveles de CFT obtenidos resultaron ser menores comparado con los resultados de Wang *et al.* (2012) y Wang *et al.* (2016) cuyos valores fluctuaron entre 2.73 y 4.61 AGE/g bs. La acumulación variable de CFT podrían ser explicados por el grado de crecimiento, desarrollo y condiciones agroclimáticas como indican previas investigaciones (Wang *et al.*, 2012).

El contenido de CFT en la pulpa de palta cv. Hass incrementó paulatinamente durante la refrigeración, no encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) de acuerdo a la prueba estadística a 95 por ciento de nivel de confianza (Tabla 11). La acumulación de CFT es soportado por Ramakrishna y Ravishankar (2011), quienes sostienen que el estrés por frío aumenta la producción fenólica y su posterior incorporación en la pared celular como suberina o lignina. Este proceso se acompaña de cambios masivos en la expresión génica y en el contenido de los metabolitos primarios y los lípidos. Además, la mayoría de los

flavonoles y antocianinas se acumulan tras la exposición al frío, junto con la mayoría de las transcripciones que codifican los factores de transcripción y las enzimas de la ruta biosintética de los flavonoides (Schulz *et al.*, 2016).

Durante la maduración en anaquel posterior a los 15 días en refrigeración, el contenido de CFT en la pulpa de palta en las tres cosechas, incrementó significativamente ($p < 0.05$), resultando en un contenido ligeramente mayor comparado con las paltas maduras después de 37 y 57 días en refrigeración (Tabla 11). Un comportamiento similar se observó en palta cv. Hass donde las frutas maduras contenían los niveles más altos de compuestos fenólicos, disminuyendo con la sobre maduración (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011). Además, Wang *et al.* (2012) reportaron que las paltas en madurez de consumo de la temporada temprana después del almacenamiento a 4 °C durante 21 días mostraron mayores niveles de CFT (114.08 $\mu\text{mol TEA/g bs}$) comparados con las paltas maduras después de refrigeración a 4 °C durante 31 días (105.3 $\mu\text{mol TEA/g bs}$), resultados similares a los obtenidos en el presente estudio. El contenido de CFT en la fruta incremento como máximo hasta 1.4 veces al alcanzar la madurez de consumo, resultando similar con lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011).

Tabla 11: Compuestos fenólicos en la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosecha, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Característica	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
CFT (mg AGE/ g bs)	Primera	1.58 ±0.07 ^{ba}	1.55 ±0.15 ^{ba}	1.79 ±0.13 ^{abA}	1.68 ±0.21 ^{abA}	1.88 ±0.19 ^{aA}	1.74 ±0.19 ^{abA}	1.64 ±0.14 ^{abA}
	Segunda	1.43 ±0.08 ^{cb}	1.59 ±0.14 ^{bcA}	1.62 ±0.21 ^{abcAB}	1.82 ±0.17 ^{abA}	1.86 ±0.15 ^{aA}	1.86 ±0.11 ^{aA}	1.61 ±0.07 ^{abcA}
	Tercera	1.24 ±0.07 ^{cc}	1.52 ±0.15 ^{abA}	1.52 ±0.10 ^{abB}	1.38 ±0.14 ^{bcB}	1.70 ±0.17 ^{aA}	1.71 ±0.13 ^{aA}	1.34 ±0.12 ^{bcB}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

* Valores promedio de 2 determinaciones independientes ± error estándar.

3.6.11. Ácido abscísico

En la Tabla 12, se muestra el contenido de ABA en pulpa de palta cv. Hass almacenados en refrigeración y posterior maduración en anaquel. En las tres cosecha evaluadas, las concentraciones más bajas de ABA (entre 1.35 y 2.68 mg/Kg bs) fueron encontradas en las paltas en madurez fisiológica (día cero), mostrando una tendencia de incremento conforme avanzan las cosechas. La concentración de ABA fue mayor al resultado reportado por Cutting *et al.* (1990), cuyo promedio fue de 0.35 mg/Kg bs en palta cv. Hass en madurez fisiológica y menor a los resultados reportados por Riching *et al.* (2000), cuyo valor promedio fue de 21.8 mg/kg bs. No obstante, Cutting *et al.* (1986) y Hurtado-Fernandez *et al.* (2014) reportaron que la concentración de ABA en palta cv. Fuerte y Hass incrementa a medida que avanza las temporadas de cosecha, respectivamente.

El ABA es la hormona clave en las respuestas de las plantas al déficit hídrico, las variaciones en su contenido podría ser explicado estrés abiótico asociado con la deshidratación (sequia, salinidad y frío), generados por las condiciones agroclimáticas y el periodo de cosecha (edad de la fruta) (Hurtado-Fernandez *et al.*, 2016), la ausencia de agua en la producción y el aumento en el contenido de materia seca (disminución de humedad en la fruta) generan mayor estrés hídrico, induciendo a una mayor acumulación de ABA en la fruta (Blakey *et al.*, 2009).

En las tres cosechas, en 15 días de almacenamiento en refrigeración de la fruta, se observó un incremento significativo en el contenido de ABA, respecto al inicial, hasta valores de 15.95 mg/Kg bs para la primera cosecha y de 22.40 mg/Kg bs para la tercera cosecha, concentraciones que disminuyeron paulatinamente hasta 30 y 50 días de refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel (Tabla 12), asociado al incremento de la temperatura. Corpas y Tabasco (2013), también reportaron incremento de ABA inducidas por refrigeración en manzana (*Malus domestica* Borkh L. cv. Granny Smith), asociados a altas tasas de biosíntesis de etileno. El incremento significativo de ABA podría ser por la aclimatación a las bajas temperaturas, asociados con un aumento en la tolerancia a los daños por frío, siempre que también haya un suministro adecuado de azúcares (Gusta *et al.*, 2005).

Tabla 12. Contenido de ácido abscísico (ABA) en pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Característica	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
ABA (mg / kg bs)	Primera	1.35 ±0.03	15.96 ±0.81	15.42 ±0.08	12.74 ±0.20	11.87 ±1.65	12.96 ±1.49	15.58 ±0.54
	Segunda	1.93 ±0.08	19.01 ±1.49	16.08 ±4.08	16.85 ±1.97	14.97 ±1.27	12.53 ±0.07	16.47 ±2.21
	Tercera	2.68 ±0.39	22.39 ±2.67	20.90 ±3.97	20.29 ±1.34	13.23 ±1.79	19.96 ±2.25	19.41 ±3.52

15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente. Valores promedio de 2 determinaciones independientes ± error estándar.

En general, durante la maduración en anaquel, posterior al almacenamiento en refrigeración de palta cv. Hass de las tres cosechas, se determinó una tendencia de disminución no significativa en el contenido de ABA como muestra la Tabla 12. Varios autores han estudiado el comportamiento de esta importante fitohormona en la maduración de palta, demostrando que generalmente la concentración de ABA disminuye a medida que la fruta madura (Hurtado-Fernandez *et al.*, 2016; Contreras-Gutiérrez *et al.*, 2013; Blakey *et al.*, 2009). Sin embargo, también existen investigaciones que reportan incrementos de ABA durante la maduración de palta como indica Chernys y Zeevaart (2000), Hurtado-Fernandez *et al.* (2014) y Meyer *et al.* (2017), debido al estrés hídrico que se genera por la deshidratación durante el almacenamiento anaquel. Estos comportamientos diferentes podrían ser explicados por las condiciones de cultivo y el manejo post-cosecha. En este estudio, las paltas cosechadas fueron cultivadas posiblemente con ausencia de riego, por lo cual las frutas sufrieron estrés hídrico.

Las frutas de la tercera cosecha presentaron mayor concentración de ABA durante todo el almacenamiento post-cosecha, que se relaciona con la maduración rápida comparada con la primera y segunda cosecha. Zhang *et al.* (2009) y Blakey *et al.* (2009) demostraron que la aplicación de ABA exógeno (48 µg por fruta) acelera la inducción de la biosíntesis de etileno (posiblemente mejorando la sensibilidad del tejido al etileno) y la respiración, lo que provoca una maduración más rápida de la fruta.

4.6. Capacidad antioxidante de palta cv. Hass

La Tabla 13, muestra la capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica de la pulpa de palta cv. Hass de tres cosechas, determinados durante la refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel, en madurez de consumo (4-13N). La capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica en palta cv. Hass fueron evaluados mediante el ensayo ABTS. En general, las paltas de la primera cosecha presentaron mayores capacidades antioxidantes, resultados acorde a previos estudios (Wang *et al.*, 2012). Además, los resultados mostraron una mayor actividad hidrofílica (entre 15.20 y 25.59 µmol TEA/ g bs) comparado con la actividad lipofílica (entre 1.96 y 3.16 µmol TEA/ g bs) con una relación entre 7:1 y 8:1. Vinokur y Rodov (2006) también reportaron mayores niveles de capacidad antioxidante hidrofílica comparado con la lipofílica en palta, con una relación comprendida entre 1:1 a 3:1. Igualmente, Corral-Aguayo *et al.* (2008) informaron mayor capacidad antioxidante hidrofílica en varias frutas como

palta, mango, papaya, fresa y zapote negro, medidos por el ensayo ABTS. En contraste, Villa-Rodríguez *et al.* (2011) reportó mayores niveles de la capacidad antioxidante lipofílica respecto a la hidrofílica con una relación que varía de 1.3:1 a 4:1, asociado a la utilización de β -ciclodextrina metilada como un componente que incrementa la solubilidad de los antioxidantes lipófilos, compuesto que no fue utilizado en la presente investigación. La mayor capacidad antioxidante hidrofílica determinada en palta cv. Hass puede atribuirse a su mayor contenido de compuestos fenólicos comparado con los tocoferoles.

Las actividades antioxidantes, no mostraron cambios significativos durante los periodos de refrigeración, en contraste, durante la maduración en anaquel posterior a la refrigeración existió un incremento, que fue significativo sólo en las paltas maduras después de 22 días en refrigeración. Villa-Rodríguez *et al.* (2011) también informaron un incremento en las capacidades antioxidantes (hidrofílica y lipofílica) durante la maduración post-cosecha a 15 °C, evaluados mediante el ensayo ABTS, DPPH y ORAC. La capacidad antioxidante hidrofílica podría ser atribuida principalmente a los compuestos fenólicos, azúcares de 7 carbonos y a otros compuestos como el ácido ascórbico (Craft *et al.*, 2012). Por otro lado, La capacidad antioxidante lipofílica se atribuye a compuestos tales como tocoferoles y carotenoides. Estos incrementos en las capacidades antioxidantes podrían relacionarse con la síntesis de compuestos fenólicos totales (Tabla 11) y ligeros incrementos de tocoferoles (Tabla 10) para la actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica, respectivamente.

Tabla 13: Capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica de la pulpa de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, determinadas a 0, 15, 30 y 50 días en refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR), y después del almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13 N), respectivamente.

Característica	Cosecha	Almacenamiento en refrigeración (días)				Madurez de consumo		
		0	15	30	50	15A	30A	50A
CAOx Hid. ($\mu\text{mol TEA/g bs}$)	Primera	19.88 \pm 1.70 ^{ba}	19.89 \pm 1.22 ^{ba}	17.56 \pm 2.12 ^{bcB}	17.72 \pm 2.67 ^{bcB}	25.59 \pm 2.15 ^{aA}	20.06 \pm 1.67 ^{bB}	15.73 \pm 2.07 ^{cA}
	Segunda	16.05 \pm 1.14 ^{cb}	16.82 \pm 0.53 ^{cb}	15.73 \pm 1.25 ^{caB}	22.23 \pm 1.23 ^{ba}	21.96 \pm 1.25 ^{bB}	27.17 \pm 2.57 ^{aA}	15.35 \pm 1.57 ^{cA}
	Tercera	15.78 \pm 1.41 ^{db}	17.33 \pm 1.37 ^{cdB}	18.81 \pm 1.26 ^{bcA}	17.61 \pm 0.75 ^{cdB}	20.56 \pm 1.94 ^{abB}	22.22 \pm 1.26 ^{aB}	15.20 \pm 1.23 ^{dA}
CAOx Lip. ($\mu\text{mol TEA/g bs}$)	Primera	2.71 \pm 0.19 ^{bcdA}	2.52 \pm 0.23 ^{cdA}	2.93 \pm 0.24 ^{abcA}	3.10 \pm 0.33 ^{abA}	3.16 \pm 0.20 ^{aA}	2.69 \pm 0.19 ^{bcdA}	2.31 \pm 0.20 ^{dA}
	Segunda	2.31 \pm 0.20 ^{bb}	2.29 \pm 0.19 ^{ba}	2.64 \pm 0.27 ^{abAB}	2.74 \pm 0.15 ^{abB}	3.08 \pm 0.33 ^{aAB}	3.09 \pm 0.37 ^{aA}	2.41 \pm 0.22 ^{ba}
	Tercera	2.12 \pm 0.14 ^{cdB}	2.33 \pm 0.10 ^{ca}	2.44 \pm 0.20 ^{bcB}	2.31 \pm 0.12 ^{cC}	2.69 \pm 0.27 ^{abB}	2.84 \pm 0.14 ^{aA}	1.96 \pm 0.09 ^{dB}

Valores promedio de 6 determinaciones independientes \pm error estándar ($p < 0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento y letras diferentes en capital indican diferencia significativa entre cosechas a igual tiempo de almacenamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

4.7. Análisis en mapa de calor

La Figura 13, representa en un mapa de calor las variaciones en su intensidad de las características de la palta cv. Hass en tres cosechas durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración hasta alcanzar la madurez de consumo, respectivamente. Se observa incremento en la pérdida de peso, incremento en la actividad PG, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica de la palta en madurez fisiológica hasta su madurez de consumo de las paltas provenientes de las tres cosechas y conservadas en refrigeración por 22 o 37 días. Además, en las paltas provenientes de la tercera cosecha, se ven favorecidas en su contenido de materia seca, fracción lipídica y ácido oleico.

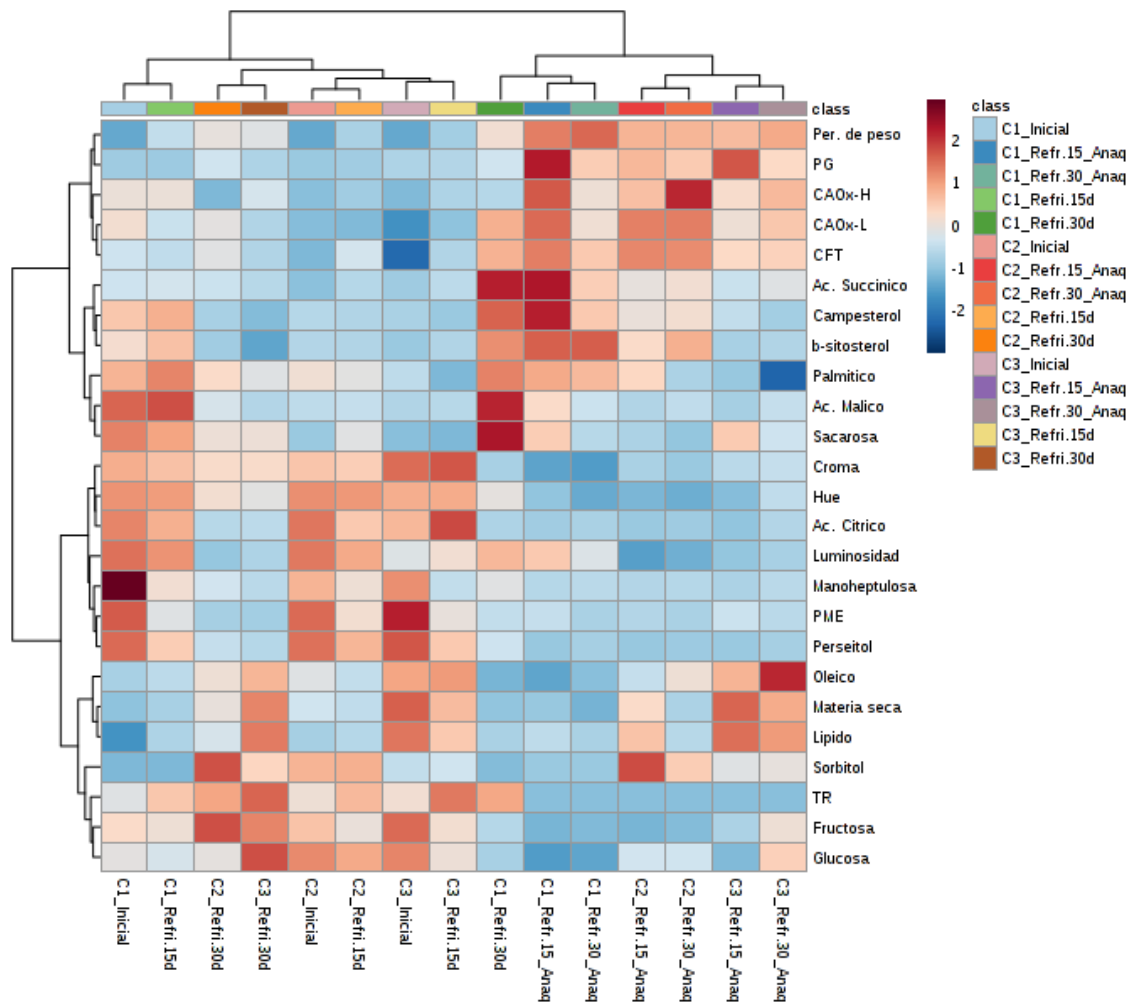


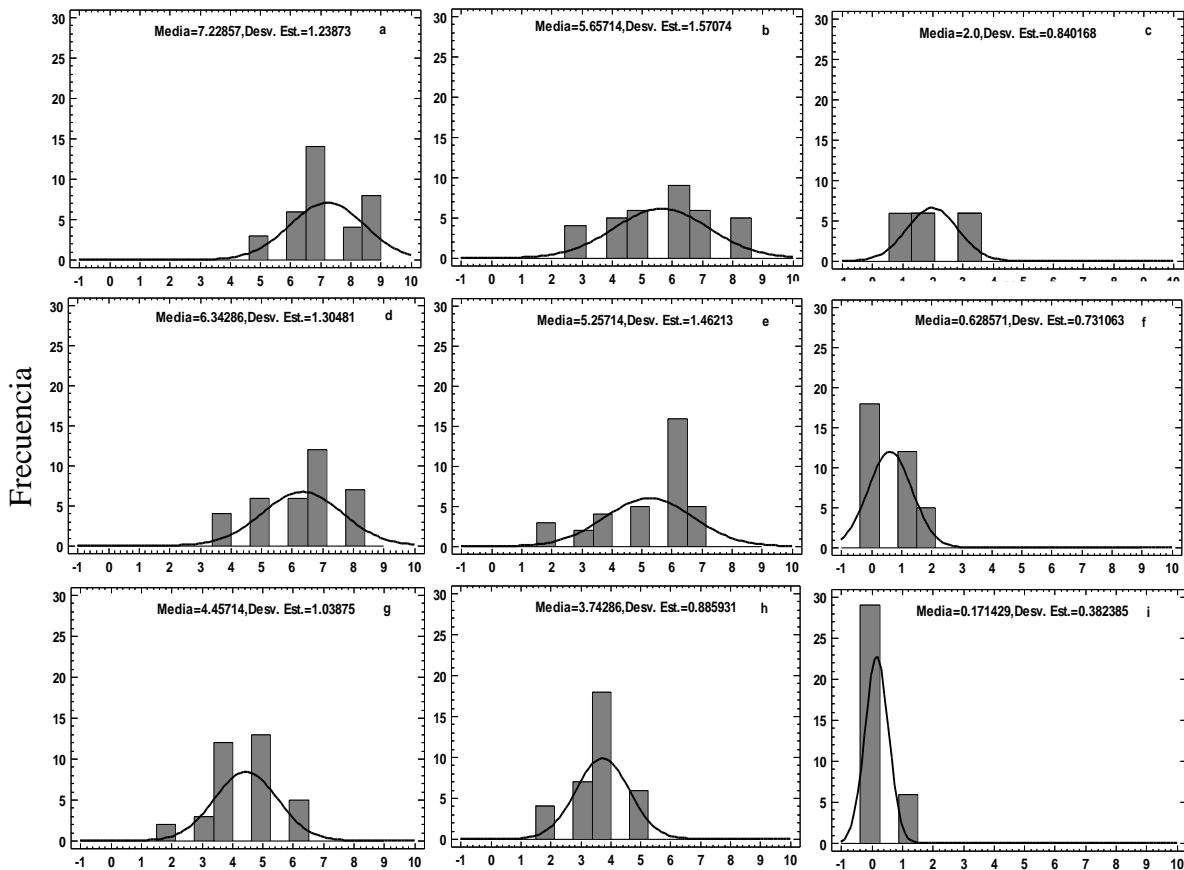
Figura 13: Mapa de calor de las 25 características principales agrupados por tendencia, incremento de rojo y disminución de azul, en palta cv. Hass en tres cosechas durante 0, 15 y 30 días de refrigeración (7 °C y 90 por ciento de HR) y posterior al almacenamiento en anaquel hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13N), respectivamente.

Por otro lado, se observa disminuciones de los parámetros de color (luminosidad, croma y hue), ácido cítrico, manohexulosa, perisitol, y actividad PME de palta en madurez fisiológica hasta su madurez de consumo de las paltas provenientes de las tres cosechas y conservadas en refrigeración por 22 o 37 días.

4.8. Evaluación de la heterogeneidad en la maduración de palta cv. Hass

En la Figura 14, se muestran los histogramas del número de días para alcanzar la madurez de consumo de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas, posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80-90 por ciento HR) durante 22, 37 y 57 días. Las cosechas denominadas: primera, segunda y tercera, corresponden a los meses de mayo, junio y julio del 2017, respectivamente; la firmeza promedio de las paltas en madurez de consumo para las tres cosechas fluctuó entre 5.86-7.58 N. Se observó un comportamiento definido durante la maduración de las paltas (Figura 14), en general, las paltas cv. Hass de la primera cosecha demoraron un mayor tiempo (días) en alcanzar la madurez de consumo, seguida de la segunda y tercera cosecha, siendo esta última cosecha en alcanzar la madurez de consumo en menor tiempo. El tiempo de maduración en anaquel disminuyó conforme las cosechas transcurrieron, asociado con la edad fisiológica de la fruta (periodo de permanencia de las paltas en el palto), y mientras mayor es el tiempo de almacenado en frío (7°C y 80 por ciento HR) como reportan estudios previos (Arpaia *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2015).

En cuanto a los defectos y daños fisiológicos, en la Figura 15 y Tabla 14, se puede observar que los almacenamientos por largos periodos en refrigeración promueven los daños fisiológicos por frío, manifestándose mediante el pardeamiento vascular, pardeamiento de pulpa y ablandamiento inadecuado. En general, entre 11.43-28.57 por ciento de las paltas maduras en anaquel posterior a los 22 días de refrigeración, resultaron con daños fisiológicos; entre 60.00-68.57 por ciento de las paltas maduras en anaquel posterior a los 37 días de refrigeración, resultaron con daños fisiológicos y el 100 por ciento de las paltas después de 57 días de refrigeración mostraron daños fisiológicos.



Días para alcanzar la maduración comestible

Figura 14: Histograma del número de días para alcanzar la madurez de consumo de palta cv. Hass procedentes de tres cosechas sometidas a refrigeración durante 22, 37 y 57 días y después del almacenamiento en anaquel (19-20°C y 90 por ciento de HR) hasta alcanzar la madurez de consumo (firmeza 4-13N), respectivamente. Paltas corresponden a la primera (a - c), segunda (d - f) y tercera cosecha (g - i).

Los daños por frío se producen por almacenar la fruta con temperaturas por debajo de los 6° C, especialmente cuando se prolonga el tiempo de almacenaje en frío (Yahía y Wolf, 2011; Arpaia *et al.*, 2015; Zauberman y Jobin-Decor, 1995). Los daños se producen a nivel de la membrana celular afectando su integridad estructural y se ha postulado que las bajas temperaturas en almacenaje post-cosecha modifican la distribución de los lípidos en la membrana causando áreas gelificadas y otras fluidas (ablandamiento inadecuado), debido a que los ácidos grasos saturados tienden a solidificarse más fácilmente por efecto de las bajas temperaturas. Por otro lado, el pardeamiento vascular y de pulpa es debido a la acción de la enzima polifenoloxidas transformando los fenoles en quinonas y melaninas (Artés, 2002). Además, los daños por frío pueden conducir a desarrollar sabores y aromas desagradables, incapacidad para madurar y mayor susceptibilidad a pudriciones. Son varios los factores de precosecha y postcosecha que influyen sobre la aparición y severidad del desorden, entre

ellos, el cultivar, estado de madurez, lugar de producción, el tiempo y la temperatura de almacenaje (Pantastico *et al.*, 1979).

Tabla 14: Cuantificación del porcentaje de paltas cv. Hass de tres cosechas en estado de madurez de consumo (firmeza 4-13 N), que resultaron con presencia de pardeamiento enzimático (vascular y de pulpa), posterior al almacenamiento en frío (7 °C y 90 por ciento de HR) durante 22, 37 y 57 días en refrigeración.

Cosecha	Pardeamiento enzimático	15A	30A	50A
Primera	Ausente	77.1	37.1	0.0
	Presente	22.9	62.9	100.0
Segunda	Ausente	71.4	31.4	0.0
	Presente	28.6	68.6	100.0
Tercera	Ausente	88.6	40.0	0.0
	Presente	11.4	60.0	100.0

Los resultados son en base a 30 unidades de paltas por tratamiento. 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.



















N° Cosecha	15A	30A	50A
1C	 Sin daños	 Sin daños	
	 Con daños	 Con daños	 Con daños
2C	 Sin daños	 Sin daños	
	 Con daños	 Con daños	 Con daños
3C	 Sin daños	 Sin daños	
	 Con daños	 Con daños	 Con daños

Figura 15. Paltas cv. Hass en madurez de consumo (firmeza 4-13N). 15A, 30A y 50A corresponden a las frutas lista para comer (madurez de consumo) sometidas a maduración en condiciones de anaquel después de 22, 37 y 57 días de almacenamiento en frío, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

1. Las características fisiológicas (tasa de respiración y pérdida de peso) mostraron cambios entre las cosechas evaluadas y durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel.
2. Las características físico-químicas de la palta cv. Hass mostraron cambios entre las cosechas evaluadas y durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel. La luminosidad, el croma y el ángulo hue disminuyeron entre cosechas y en el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración. Se encontró una alta correlación entre el contenido de materia seca y lípidos, los cuales aumentan a medida que avanza el tiempo de cosecha.
3. La actividad PME disminuyó durante el almacenamiento en refrigeración y posterior almacenamiento en anaquel, mientras que la actividad PG incrementa significativamente durante el almacenamiento en anaquel; además, la actividad PG aumenta entre cosechas. Los componentes de la pared celular mostraron cambios entre las cosechas evaluadas y durante el almacenamiento en refrigeración y posterior maduración en anaquel.
4. Las paltas procedentes de las diferentes cosechas evaluadas durante el almacenaje en refrigeración y posterior maduración en anaquel, presentaron cambios sustanciales en los metabolitos primarios polares. El contenido de manoheptulosa, perseitol, glucosa, fructosa, ácido málico y cítrico tuvieron una tendencia a la disminución, mientras que el contenido del ácido succínico aumentó. Los compuestos fenólicos totales aumentaron durante la refrigeración y posterior maduración en anaquel; no obstante, estos metabolitos disminuyeron conforme aumentó el tiempo de cosecha.

5. Los metabolitos primarios y secundarios de naturaleza apolar, como los ácidos grasos no mostraron cambios significativos en su porcentaje de participación en el aceite de palta durante la refrigeración y posterior maduración en anaquel; no obstante, una ligera acumulación de fitoesteroles y tocoferoles ocurrió durante la maduración en anaquel.

6. Las paltas cv. Hass mostraron heterogeneidad en el tiempo de maduración en el almacenamiento en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración. Además, el tiempo de maduración está relacionado con el contenido de materia seca (a mayor contenido de materia seca, el tiempo de maduración será menor) y al periodo de almacenamiento en refrigeración (a mayor tiempo de almacenamiento, el tiempo de maduración será menor). Sin embargo, la calidad de las frutas se asegura solo hasta 22 días en refrigeración y posterior maduración.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio metabólico para la identificación y cuantificación de compuestos fenólicos y carotenoides durante el desarrollo y posterior maduración post-cosecha de palta cv. Hass.
2. Realizar un estudio de actividades enzimáticas (Pectinmetilesterasa, poligalacturonasa, b-galactosidasa, etc.) y los azúcares de la pared celular en la pulpa de palta cv. Hass, para correlacionar con el ablandamiento debido al desensamblaje de la pared celular durante la maduración post-cosecha.
3. Realizar pruebas sensoriales de la pulpa de palta cv. Hass y correlacionar con los niveles de metabolitos primarios y secundarios.
4. Continuar el estudio metabólico a nivel de metabolitos primarios y secundarios en los residuos agroindustriales (pepa y cascara) de palta cv. Hass durante el desarrollo y posterior maduración post-cosecha.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, J; Asís, R; Molineri, VN; Sestari, I; Lira, BS; Carrari, F; Peres, EP; Rossi, M. 2015. Fruits from ripening impaired, chlorophyll degraded and jasmonate insensitive tomato mutants have altered tocopherol content and composition. *Phytochemistry* 111:72–83.

Amaral, JS; Alves, MR; Seabra, RM; Oliveira, BP. 2005. Vitamin E composition of walnuts (*Juglans regia* L.): a 3-year comparative study of different cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(13): 5467-5472.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2007. Official methods of analysis of AOAC International. Ed. W. Horwitz. 18th ed. Washington, USA.

Arias, CJ; Toledo, J. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas Tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Proyecto TCP/PER/6713 (a). 50 p.

Arnao, M; Cano, A; Acosta, M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution tototal antioxidant capacity. *Food Chemistry* 73: 239-244.

Arpaia, ML; Collin, S; Sievert, J; Obenland, D. 2015. Influence of cold storage prior to and after ripening on quality factors and sensory attributes of ‘Hass’ avocados. *Postharvest Biology and Technology* 110: 149-157.

Artés, F. 2002. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-1*. Editoriales UPCT y SECYTEF. Murcia, España, 299-310.

Avalos, A; Pérez-Urria, E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal 2(3): 119-145.

Awad, M; Young, RE. 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(2): 306-308.

Awad, M; Young, RE. 1980. Avocado pectinmethylesterase activity in relation to temperature, ethylene and ripening. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(5): 638-641.

Balasundram, N; Sundram, K; Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* 99(1): 191-203.

Batista-Silva, W; Nascimento, VL; Medeiros, DB; Nunes-Nesi, A; Ribeiro, DM; Zsögön, A; Araújo, WL. 2018. Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: Correlation or Causation?. *Frontiers in plant science* 9.

Belitz, H-D; Schieberle, W; Grosch, P. 2009. *Food Chemistry. Fruits and Fruit Products*. 4th edition. Springer-Verlag. Heidelberg, Germany, 1070 p.

Bergh, B; Ellstrand, N. 1986. Taxonomy of the Avocado. *California Avocado Society Yearbook* 70: 135-146.

Bermejo-Prada, A; Van Buggenhout, S; Otero, L; Houben, K; Van Loey, A; Hendrickx, ME. 2014. Kinetics of thermal and high-pressure inactivation of avocado polygalacturonase. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 26: 51-58.

Bertling, I; Bower, JP. 2005. Sugars as energy sources – is there a link to avocado fruit quality? *South African Avocado Growers' Association Year Book* 28: 24-26.

Bill, M; Sivakumar, D; Thompson, AK; Korsten, L. 2014. Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International* 30(3): 169-202.

Board, M; Colquhoun, A; Newsholme, EA. 1995. High K_m Glucose-phosphorylating (Glucokinase) Activities in a Range of Tumor Cell Lines and Inhibition of Rates of Tumor

Growth by the Specific Enzyme Inhibitor Mannoheptulose. *Cancer Research* 55(15): 3278-3285.

Blakey, RJ; Bower, JP; Bertling, I. 2009. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea americana Mill.*) fruit and the prediction of water content using Near Infrared Spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 53(1-2): 72-76.

Blakey, RJ. 2011. Management of Avocado Postharvest Physiology. Ph.D. Thesis. In: Faculty of Science and Agriculture. University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 180 p.

Blakey, RJ; Tesfay, SZ; Bertling, I; Bower, JP. 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(4): 381-387.

Blakey, RJ; Tesfay, SZ; Bertling, I; Bower, JP. 2014. Ripening physiology and quality of 'Hass' avocado (*Persea americana Mill.*) after cold storage at 1 °C. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 89(6): 655-662.

Brummell, DA; Harpster, MH. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology* 47: 311-340.

Cantrill, R; Kawamura, Y. 2008. Phytosterols, phytostanols and their esters (chemical and technical assessment). Phytosterols, phytostanols and their esters (CTA). Proceedings of 69th JEFCA, 1-13.

Caretto, S; Linsalata, V; Colella, G; Mita, G; Lattanzio, V. 2015. Carbon fluxes between primary metabolism and phenolic pathway in plant tissues under stress. *International Journal of Molecular Sciences* 16(11): 26378-26394.

Carvalho, CP; Velásquez, MA; Van Rooyen, Z. 2014. Determination of the minimum dry matter index for the optimum harvest of 'Hass' avocado fruits in Colombia. *Agronomía Colombiana* 32(3): 399-406.

Castellanos, DA; Mendoza, R; Gavara, R; Herrera, AO. 2017. Respiration and ethylene generation modeling of “Hass” avocado and feijoa fruits and application in modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Properties* 20(2): 333-349.

COMEX PERÚ (La Sociedad de Comercio Exterior del Perú). 2018. Exportaciones agropecuarias, siempre en crecimiento (en línea). Consultado 12 de Julio 2018. Disponible en <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-agropecuarias-siempre-en-crecimiento>

Corral-Aguayo, RD; Yahia, EM; Carrillo-Lopez, A; González- Aguilar, G. 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(22): 10498-10504.

Cox, KA; McGhie, TK; White, A; Woolf, AB. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of «Hass» avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31(3): 287-294.

Cutler, SR; Rodriguez, PL; Finkelstein, RR; Abrams, SR. 2010. Abscisic acid: emergence of a core signaling network. *Annual review of plant biology* 61: 651-679.

Cutting, JG; Hofman, PJ; Lishman, AW; Wolstenholme, BN. 1986. Abscisic acid, isopentenyladenine and isopentenyladenosine concentrations in ripening fruit as determined by radioimmuno-assay. *Acta Horticulturae* 179: 793-800.

Cutting, JG; Bower, JP; Wolstenholme, BN; Hofman, PJ. 1990. Changes in ABA, polyphenol oxidase, phenolic compounds and polyamines and their relationship with mesocarp discolouration in ripening avocado (*Persea americana Mill.*) fruit. *Journal of Horticultural Science* 65(4): 465-471.

Chaplin, GR; Wills, RBH; Graham, D. 1982. Objective Measurement of Chilling Injury in the Mesocarp of stored avocados. *HortScience* 17(2): 238-239.

Chen, J; Liu, X; Li, F; Li, Y; Yuan, D. 2017. Cold shock treatment extends shelf life of naturally ripened or ethylene-ripened avocado fruits. PLoS ONE 12(12): e0189991.

Chernys, JT; Zeevaart, JA. 2000. Characterization of the 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase gene family and the regulation of abscisic acid biosynthesis in avocado. Plant physiology 124(1): 343-354.

Chirinos, R; Pedreschi, R; Rogez, H; Larondelle, Y; Campos, D. 2013. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. Industrial Crops and Products 47: 145-152.

Chun, J; Lee, J; Ye, L; Exler, J; Eitenmiller, RR. 2006. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. Journal of Food Composition and Analysis 19(2-3): 196-204.

Da Costa, PA; Ballus, CA; Teixeira-Filho, J; Godoy, HT. 2010. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. Food Research International 43(6): 1603-1606.

Defilippi, BG; Ejsmentewicz, T; Covarrubias, MP; Gudenschwager, O; Campos-Vargas, R. 2018. Changes in cell wall pectins and their relation to postharvest mesocarp softening of “Hass” avocados (*Persea americana Mill.*). Plant Physiology and Biochemistry 128: 142-151.

Del Angel-Coronel, OA; Cruz-Castillo, JG; De La Cruz-Medina, J; Famiani, F. 2010. Ripening and physiological changes in the fruit of *Persea schiedeana* Nees during the postharvest period. HortScience 45(1): 172-175.

DellaPenna, D. 2005. A decade of progress in understanding vitamin E synthesis in plants. Journal of Plant Physiology 162(7): 729-737.

DellaPenna, D; Mène-Saffrané, L. 2011. Vitamin E. Advances in Botanical Research. Department of Biochemistry and Molecular Biology. Michigan, USA. 179-227 p.

Diakou, P; Svanella, L; Raymond, P; Gaudillère, JP; Moing, A. 2000. Phosphoenolpyruvate carboxylase during grape berry development: protein level, enzyme activity and regulation. *Functional Plant Biology* 27(3): 221-229.

Di Stefano, V; Avellone, G; Bongiorno, D; Indelicato, S; Massenti, R; Lo Bianco, R. 2017. Quantitative evaluation of the phenolic profile in fruits of six avocado (*Persea americana*) cultivars by ultra-high-performance liquid chromatography-heated electrospray-mass spectrometry. *International journal of food properties* 20(6): 1302-1312.

Domínguez, B. 2014. *Proceso De Maduración Y Calidad De Fruto De Aguacate Cv. Carmen Hass*. Tesis Mag. Sc. Mexico. 69 p.

Donetti, M. 2011. Postharvest biochemical and physiological characterisation of imported avocado fruit. Ph.D. Thesis. Plant Science Laboratory. Cranfield University. England - United Kingdom. 276 p.

Donetti, M; Terry, LA. 2012. Evaluation of factors affecting shelf-life and quality biomarkers of imported avocado fruit. *Acta Horticulturae* 934: 677-682.

Donetti, M; Terry, LA. 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass. *Journal of Food Composition and Analysis* 34(1): 90-98.

Duarte, P; Chaves, M; Borges, C; Mendonça, C. 2016. Avocado: characteristics, health benefits and uses. *Ciencia Rural* 46(4): 747-754.

Duchateau, 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: 273-278.

Dreher, ML; Davenport, AJ. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(7): 738-750.

- Eaks, IL. 1978. Ripening, respiration, and ethylene production of 'Hass' avocado fruits at 20 to 40 C. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103(5): 576-578.
- Eksteen, GJ; Truter, AB; Vorster, LL. 1992. Long-distance controlled atmosphere transport of avocados. In *The Second World Avocado Congress*. 463–466 p.
- Eskin, NAM; Hoehn, E. 2013. *Fruits and Vegetables*. Third Edit. Academic Press. San Diego, USA 49-126 p.
- Etienne, A; Génard, M; Lobit, P; Mbéguié-A-Mbéguié, D; Bugaud, C. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of experimental botany* 64(6): 1451-1469.
- Famiani, F; Battistelli, A; Moscatello, S; Cruz-Castillo, JG; Walker, RP. 2015. The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: Occurrence, metabolism and factors affecting their contents - a review. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 21(2): 97-128.
- Ferreira, R; Defilippi, B; Sellés, G; Arpaia, M. 2012. Factores de precosecha que afectan la post-cosecha de palta 'Hass', Clima, suelo y manejo, *Boletín UNIA*, 248: 1-102.
- Finkelstein, R. 2013. Abscisic Acid Synthesis and Response. *The Arabidopsis Book* /American Society of Plant Biologists, 36 p.
- Fuentealba, C; Hernández, I; Olaeta, JA; Defilippi, B; Meneses, C; Campos, R; Lurie, S; Carpentier, S; Pedreschi, R. 2017. New insights into the heterogeneous ripening in Hass avocado via LC–MS/MS proteomics. *Postharvest Biology and Technology* 132: 51-61.
- Franciosi, R. 1993. *Manual teórico práctico de fruticultura*. Lima – Peru. 77 p.
- Galindo-Tovar, ME; Ogata-Aguilar, N; Arzate-Fernández, AM. 2008. Some aspects of avocado (*Persea americana Mill.*) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55(3): 441-450.

Fry, SC. 1988. The growing plant cell wall chemical and metabolic analysis. Wiley J. & Sons, eds. New York. 203-333 p.

Goulao, LF; Oliveira, CM. 2008. Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology* 19(1): 4-25.

Guillen, JS. 2016. Obtención y Caracterización Fisicoquímica Del Aceite de Palta Hass (*Persea Americana*) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet). Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. 133 p.

Hatoum, D; Hertog, ML; Geeraerd, AH; Nicolai, BM. 2016. Effect of browning related pre- and postharvest factors on the 'Braeburn' apple metabolome during CA storage. *Postharvest Biology and Technology* 111: 106-116.

Herchi, W; Harrabi, S; Sebei, K; Rochut, S; Boukhchina, S; Pepe, C; Kallel, H. 2009. Phytosterols accumulation in the seeds of *Linum usitatissimum* L. *Plant Physiology and Biochemistry* 47(10): 880-885.

Hernández, I; Fuentealba, C; Olaeta, JA; Lurie, S; Defilippi, BG; Campos-Vargas, R; Pedreschi, R. 2016. Factors associated with postharvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados (*Persea americana* Mill). *Fruits* 71(5): 259-268.

Hidalgo, M; Sánchez-moreno, C; Pascual-teresa, DS. 2010. Flavonoid – flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry* 121(3): 691–696.

Hounsome, N; Hounsome, B. 2011. *Biochemistry of Vegetables: Major Classes of Primary (Carbohydrates, Amino Acids, Fatty Acids, Vitamins, and Organic Acids) and Secondary Metabolites (Terpenoids, Phenolics, Alkaloids, and Sulfur-Containing Compounds) in Vegetables. Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, 23-58 p.*

Hounsome, N; Hounsome, B; Lobo, M. 2018. *Biochemistry of Vegetables : Major Classes of Primary Metabolites (Carbohydrates , Amino Acids , Vitamins , Organic Acids , and Fatty Acids). Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, 25-46 p.*

Hurtado-Fernández, E; Pacchiarotta, T; Mayboroda, OA; Fernández-Gutiérrez, A; Carrasco-Pancorbo, A. 2014. Quantitative characterization of important metabolites of avocado fruit by gas chromatography coupled to different detectors (APCI-TOF MS and FID). *Food Research International* 62: 801-811.

Hurtado-Fernández, E; González-Fernández, JJ; Hormaza, JI; Bajoub, A; Fernández-Gutiérrez, A; Carrasco-Pancorbo, A. 2016. Targeted LC-MS approach to study the evolution over the harvesting season of six important metabolites in fruits from different avocado cultivars. *Food analytical methods* 9(12): 3479-3491.

Ilyasoglu, H. 2015. Changes in sterol composition of hazelnut during fruit development. *International journal of food properties* 18(2): 456-463.

Kader, A. 2018. Perspective flavor quality of fruits and vegetables. *Science of food agriculture* 13(2): 1863-1868.

Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. (1993). Aspect of late hung 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in the Natal Midlands I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 16: 39-45.

Koshiro, Y; Jackson, MC; Nagai, C; Ashihara, H. 2015. Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. *European Chemical Bulletin* 4(8): 378-383.

Lagarda, MJ; García-Llatas, G; Farré, R. 2006. Analysis of phytosterols in foods. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* 41(5): 1486-1496.

Lallu, N; Punter, M; Haynes, G; Pidakala, P; Burdon, J. 2004. Role of water loss in ripening of 'Hass' avocados. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report* 4: 70-79.

Lancaster, JE; Lister, CE; Reay, PF; Triggs, CC. 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122: 594– 598.

Landahl, S; Meyer, MD; Terry, LA. 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.

Lee, SK; Young, RE; Schiffman, PM; Coggins, CW. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 108(3): 390-394.

Lee, J; Koo, N; Min, DB. 2004. Reactive Oxygen Species, Aging, and Antioxidative Nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 3(1): 21-33.

Lin, D; Xiao, M; Zhao, J; Li, Z; Xing, B; Li, X; Kong, M; Li, L; Zhang, Q; Liu, Y; Chen, H; Qin, W; Wu, H; Chen, S. 2016. An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. *Molecules* 21(10): 1374.

Liu, X; Robinson, PW; Madore, M a; Witney, GW; Arpaia, ML. 1999. "Hass" avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124(6): 676-681.

Liu, X; Sievert, J; Arpaia, ML; Madore, MA. 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.

Liu, RH. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science* 46(3): 207-219.

Lobo, MG; Hounsome, N; Hounsome, B. 2018. Biochemistry of Vegetables : Secondary Metabolites in Vegetables-Terpenoids, Phenolics, Alkaloids, and Sulfur-Containing Compounds. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, 47-82 p.

López-Cobo, A; Gómez-Caravaca, AM; Pasini, F; Caboni, MF; 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 by-products of avocado. *LWT- Food Science and Technology* 73:505-513.

Lu, QY; Zhang, Y; Wang, Y; Wang, D; Lee, RP; 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(21): 10408-10413.

Mathaba, N; Mafeo, TP. Kruger, FJ. 2018. The skin colouring problem of 'Hass' avocado fruit during ripening. *South african avocado growers' association yearbook* 38: 51-57

Mathias-Rettig, K; Ah-Hen, K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad. *Agro Sur* 24(2): 39-48 p.

Mejía CV. 2017. Evaluación de metabolitos secundarios y propiedades antioxidantes e hipoglucemiante de lúcuma (*Pouteria lucuma*) en dos estados de madurez. Tesis de pregrado. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 105 p.

Meurens, M; Baeten, V; Yan, SH; Mignolet, E; Larondelle, Y. 2005. Determination of the conjugated linoleic acids in cow's milk fat by Fourier transform Raman spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(15): 5831-5835.

Meyer, MD; Terry, LA. 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.

Meyer, MD; Terry, LA. 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(4): 1203-1210.

Meyer, MD; Chope, GA; Terry, LA. 2017. Investigation into the role of endogenous abscisic acid during ripening of imported avocado cv. Hass. *Journal of the science of food and agriculture* 97(11): 3656-3664.

Miller, G. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry* 31(3): 426-428.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2018. Exportaciones de palta sumaron US\$ 580 millones y posicionan al Perú como segundo proveedor mundial (en línea). Consultado 12 de Julio 2018. Disponible en <http://www.minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y-prensa/noticias-2018/21085-exportaciones-de-palta-sumaron-us-580-millones-y-posicionan-al-peru-como-segundo-proveedor-mundial>

Moreno LF. 2005. Manual técnico de frutas y verduras. ABC de frutas y verduras. 230 p.

Ornelas-Paz, DJ; Yahia, EM. 2003. Postharvest hot air treatments effect on avocado fruit quality, chilling injury and triglycerides and tocopherols content. In International Conference on Quality in Chains. An Integrated View on Fruit and Vegetable Quality 604. 709-713 p.

Osuna, GJA; Nolasco, GY; Herrera, GJA; Guzmán, MSH; Álvarez, BA. 2017. Influencia del clima y rugosidad sobre la tolerancia a refrigeración del aguacate ‘Hass’. Revista mexicana de ciencias agrícolas 8(SPE19): 3911-3921.

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.

Pantastico, EB; Matto, AK; Murata, T; Chachin, K; Phan, T. 1979. Cambios químicos durante la maduración y senescencia. En: fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Edit. Continental. Mexico. 129–151 p.

Pedreschi, R; Muñoz, P; Robledo, P; Becerra, C; Defilippi, BG; van Eekelen, H; Mumm, R; Westra, E; De Vos, RCH. 2014. Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of “Hass” avocados. Postharvest Biology and Technology 92: 172-179.

Pedreschi, R; Hollak, S; Harkema, H; Otma, E; Robledo, P; Westra, E; Somhorst, D; Ferreyra, R; Defilippi, BG. 2016. Impact of postharvest ripening strategies on “Hass” avocado fatty acid profiles. South African Journal of Botany 103: 32-35.

Piironen, V; Lindsay, DG; Miettinen, TA; Toivo, J; Lampi, AM. 2000. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(7): 939-966.

Plaza, L; Sánchez-Moreno, C; de Pascual-Teresa, S; de Ancos, B; Cano, MP. 2009. Fatty acids, sterols, and antioxidant activity in minimally processed avocados during refrigerated storage. *Journal of agricultural and food chemistry* 57(8): 3204-3209.

Pracharoenwattana, I; Smith, SM. 2008. When is a peroxisome not a peroxisome? *Trends in plant science* 13(10): 522-525.

Richings, EW; Cripps, RF; Cowan, AK. 2000. Factors affecting 'Hass' avocado fruit size: Carbohydrate, abscisic acid and isoprenoid metabolism in normal and phenotypically small fruit. *Physiologia Plantarum* 109: 81-89.

Robayo MAT. 2016. Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de aguacate, *Persea americana Mill.* (Lauraceae) e implementación de un método de extracción del aceite de aguacate como alternativa de industrialización. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. 95 p.

Rodriguez-Carpena, JG; Morcuende, D; Andrade, MJ; 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(10): 5625-5635.

Rodriguez, DJ; Durigan, JF; Ascari, MC, Oliveira, SL. 2012. Armazenamento refrigerado de abacates 'Hass'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP* 34 (4): 981-989.

Roth, G; Hayek, MSM; Davenport, G; Arking, R; Bartke, A; Bonkowski, M; Ingram, D. 2009. Mannoheptulose glycolytic inhibitor and novel calorie restriction mimetic. *FASEB Journal*, 23: 553.1.

Royal Society of Chemistry. 2019. ChemSpider, busca y comparte la química (en línea). Consultado 27 de Marzo 2019. Disponible en <https://www.rsc.org/resources-tools/>

Saez-Aguayo, S; Rautengarten, C; Temple, H; Sanhueza, D; Ejsmentewicz, T; Sandoval-Ibañez, O; Mollet, JC; Orellana, A. 2017. UUAT₁ is a Golgi-localized UDP-uronic acid transporter that modulates the polysaccharide composition of Arabidopsis seed mucilage. *The Plant Cell* 29(1): 129-143.

Saini, RK; Keum, YS. 2016. Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: a review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. *Food Research International* 82: 59-70.

Sakouhi, F; Absalon, C; Harrabi, S; Vitry, C; Sebei, K; Boukhchina, S; Fouquet, E; Kallel, H. 2009. Dynamic accumulation of 4-desmethylsterols and phytosterols during ripening of Tunisian Meski olives (*Olea europea* L.). *Food chemistry* 112(4): 897-902.

Saldeen, K; Saldeen, T. 2005. Importance of tocopherols beyond α -tocopherol: evidence from animal and human studies. *Nutrition Research* 25(10): 877-889.

Segura, R; Javierre, C; Lizarraga, MA; Ros, E. 2006. Other relevant components of nuts: phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition* 96(S2): S36-S44.

Singleton, V; Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.

SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior). 2016. Simulador de rutas marítimas (en línea). Consultado 13 de Julio 2018. Disponible en <http://www.mapex.pe/rutasmaritimas/home>

Shivashankara, KS; Isobe, S; Al-Haq, MI; Takenaka, M; Shiina, T. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(5): 1281-1286.

Schwartz, H; Ollilainen, V; Piironen, V; Lampi, AM. 2008. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis* 21(2): 152-161.

Shahidi, F; De Camargo, A. 2016. Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: Occurrence, applications, and health benefits. *International journal of molecular sciences* 17(10): 1745.

Smirnoff, N; Wheeler, GL. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical reviews in plant sciences* 19(4): 267-290

Špika, MJ; Kraljić, K; Škevin, D. 2016. Tocopherols: chemical structure, bioactivity, and variability in croatian virgin olive oils. Chapter 17: Products from Olive Tree, Dimitrios Boskou and Maria Lisa Clodoveo, IntechOpen. Consultado 27 de Marzo 2019. Disponible en <https://www.intechopen.com/books/products-from-olive-tree/tocopherols-chemical-structure-bioactivity-and-variability-in-croatian-virgin-olive-oils>

Taiz, L; Zeiger, E. 2006. *Fisiología vegetal*. Castellón, España, Universidad de Jaume. 56 p.

Takenaga, F; Matsuyama, K; Abe, S; Torii, Y; Itoh, S. 2008. Lipid and Fatty Acid Composition of Mesocarp and Seed of Avocado Fruits Harvested at Northern Range in Japan. *Journal of Oleo Science* 57(11): 591-597.

Tesfay, SZ. 2009. Special carbohydrates of avocado: their function as 'sources of energy' and 'anti-oxidants'. Ph.D. Thesis. In: Faculty of Science and Agriculture. University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 165 p.

Tesfay, SZ; Bertling, I; Bower, JP. 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.

Tesfay, SZ; Bertling, I; Bower, JP. 2011. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. *Postharvest Biology and Technology* 60(2): 92-99.

Tingwa, PO; Young, RE. 1975. Studies on the Inhibition of Ripening in Attached Avocado (*Persea americana Mill.*). *fruits. J Am Soc Hort Sci.* 100(5): 447-449.

Valenzuela, A; Ronco, A. 2004. Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista Chilena de Nutrición* 21(1): 161-169.

Velásquez, I. 2006. Guía técnica manejo post-cosecha de aguacate. Santa Tecla- El Salvador. 30 p.

Vermerris, W; Nicholson, RL. 2008. Phenolic compound biochemistry. Springer Science & Business Media. West Lafayette, USA. 275 p.

Vicente, AR; Manganaris, GA; Sozzi, GO; Crisoto, CH. 2009. Nutritional quality of fruits and vegetable. In *Postharvest handling*. 2th edition. Academic Press. 58-93 p.

Villa-Rodríguez, JA; Molina-Corral, FJ; Ayala-Zavala, JF; Olivas, GI; González-Aguilar, GA. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of “Hass” avocado. *Food Research International* 44(5): 1231-1237.

Vinikur, Y; Rodov, V. 2006. Method for determining total (hydrophilic and lipophylic) radical-scavenging activity in the sample of fresh produce. *Acta Horticulturae* 709: 53-60.

Waissbluth, R; Valenzuela, J. 2007. Determination of the minimum percentage of dry matter to authorize the harvest of Hass avocado pears for export. In *Proc. VI World Avocado Congress*. Viña Del Mar, Chile.

Wanasundara, PKJPD; Shahidi, F. 2005. Antioxidants: Science, technology, and applications. *Bailey's industrial oil and fat products*. 6th edition. Hoboken: Wiley, Hoboken, New Jersey, SAD. 464-466 p.

Wang, M; Zheng, Y; Khuong, T; Lovatt, CJ. 2012. Effect of harvest date on the nutritional quality and antioxidant capacity in ‘Hass’ avocado during storage. *Food chemistry* 135(2): 694-698.

Wang, M; Zheng, Y; Khuong, T; Lovatt, CJ. 2016. Developmental differences in antioxidant compounds and systems in normal and small-phenotype fruit of “Hass” avocado (*Persea americana* Mill.). *Scientia Horticulturae* 206: 15–23.

Williams, LO. 1977. The avocados, a Synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea* (en línea). *Economic Botany* 31(3): 315-320.

Xiong, L; Zhu, J. 2003. Regulation Regulation of Abscisic Acid Biosynthesis. *Plant physiology* 133(1): 29-36.

Yahia, EM; Woolf, AB. 2011. Avocado (*Persea americana Mill.*). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: açai to citrus. Vol. 2. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. p. 125-185.

Zauberman, G; Jobin-Decor, MP. 1995. Avocado (*Persea americana Mill.*) quality changes in response to low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 5(3): 235-243.

Zhang, M; Yuan, B; Leng, P. 2009. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 60: 1579-1588.

VIII. ANEXOS

ANEXO I: Ecuaciones de curvas estándar empleadas en cada determinación analítica

a. Actividad enzimática

Ecuación y su respectivo coeficiente de correlación obtenida de la curva estándar ($\lambda_{nm} = 550$ nm) para la actividad poligalacturonasa:

$$\text{Ácido D-Galacturónico: } Y = 0.058 X - 0.1097 \quad R^2 = 0.992$$

Dónde: X (μmol de ácido D-galacturónico /mL); Y (Absorbancia)

b. Componentes de la pared celular

Ecuaciones y sus respectivos coeficientes de correlación obtenidas de las curvas estándares para cada componente de la pared celular:

$$\text{Rhamnosa: } Y = 352517 X + 28622 \quad R^2 = 0.9827$$

$$\text{Arabinosa + xilosa: } Y = 410366 X + 50081 \quad R^2 = 0.9873$$

$$\text{Galactosa: } Y = 611370 X + 25658 \quad R^2 = 0.9844$$

$$\text{Ácido galacturónico: } Y = 1E+06 X + 596728 \quad R^2 = 0.9893$$

Dónde: X (μg del analito/mL); Y (Área)

c. Ácidos grasos

Ecuaciones y sus respectivos coeficientes de correlación obtenidas de las curvas estándares para cada ácido graso:

$$\text{Ácido palmítico: } Y = 0.7233424X + 0.3958861 \quad R^2 = 0.98817$$

$$\text{Ácido palmitoleico: } Y = 1.028598X + 3.983208e-002 \quad R^2 = 0.98708$$

$$\text{Ácido oleico: } Y = 0.7405914X + 0.5188024 \quad R^2 = 0.98798$$

$$\text{Ácido linoleico: } Y = 0.9047924X + 8.383733e-002 \quad R^2 = 0.98635$$

$$\text{Ácido } \alpha\text{-linolénico: } Y = 1.061105X + 3.813080e-002 \quad R^2 = 0.98036$$

Dónde: X (mg del analito/L); Y (Area)

d. Fitoesteroles

Ecuaciones y sus respectivos coeficientes de correlación obtenidas de las curvas estándares para cada fitoesterol:

$$\text{Campesterol: } Y = 5.914187e-003 X - 5.434061e-002 \quad R^2 = 0.99986$$

$$\text{Estigmasterol: } Y = 7.513354e-003 X - 6.706364e-002 \quad R^2 = 0.99989$$

$$\beta\text{-sitosterol: } Y = 7.097326e-003 X - 6.63698e-002 \quad R^2 = 0.99989$$

Dónde: X (μ g del analito/mL); Y (Área)

e. Tocoferoles

Ecuaciones y sus respectivos coeficientes de correlación obtenidas de las curvas estándares para cada tocoferol:

$$\alpha\text{-Tocoferol: } Y = 5.20e+005X + 1.03e+004 \quad R^2 = 0.994893$$

$$\beta\text{-Tocoferol: } Y = 4.33e+005X + 8.46e+004 \quad R^2 = 0.994416$$

Dónde: X (μ g del analito/mL); Y (Área)

f. Compuestos fenólicos totales y capacidades antioxidantes

Ecuaciones y sus respectivos coeficientes de correlación obtenidas de las curvas estándares para los compuestos fenólicos totales y capacidades antioxidantes:

$$\text{CFT (ácido gálico): } Y = 34.719X + 0.0422 \quad R^2 = 0.9986$$

Dónde: X (mg de ácido gálico/mL); Y (Absorbancia)

$$\text{CAOx. Hidrofílica: } Y = 1.2584X + 0.0023 \quad R^2 = 0.9907$$

$$\text{CAOx. Lipofílica: } Y = 1.2258X - 0.0349 \quad R^2 = 0.9954$$

Dónde: CAOx (capacidad antioxidante); X (μ molTE/mL); Y (Absorbancia)

ANEXO II: Resultados de los análisis por unidad experimental

a. Tasa de respiración

Tabla 1. Tasa de respiración ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7°C y 80 por ciento de HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	76.47	87.60	81.55
	2	83.81	93.30	83.52
	3	79.62	75.42	105.99
	4	59.02	91.63	94.68
	5	68.78	117.85	109.48
	6	73.37	82.37	93.42
	7	57.66	78.24	93.11
	8	78.60	77.08	63.78
	9	58.70	85.31	85.37
	10	80.73	79.76	80.49
15 días de refrigeración	1	112.27	165.60	195.48
	2	136.23	138.79	212.82
	3	103.63	119.02	206.01
	4	130.24	158.30	208.37
	5	146.48	124.07	174.80
	6	142.06	143.60	174.39
	7	122.96	151.17	197.83
	8	135.40	128.28	178.15
	9	132.73	159.28	206.54
	10	125.77	156.94	211.34
30 días de refrigeración	1	149.39	159.98	223.80
	2	155.71	147.81	216.35
	3	183.81	150.83	221.16
	4	144.49	164.32	228.14
	5	162.67	186.28	191.37
	6	146.55	149.66	180.27
	7	160.75	185.74	228.76
	8	174.23	175.43	201.19
	9	148.61	181.08	220.52
	10	147.82	179.28	221.20
50 días de refrigeración	1	107.21	148.05	160.31
	2	141.44	156.57	135.45
	3	96.62	137.40	143.74
	4	133.23	152.44	145.37
	5	118.58	136.57	133.81
	6	108.43	134.59	153.46
	7	107.64	128.02	129.85
	8	131.66	144.28	136.38
	9	126.50	122.91	168.27
	10	124.38	175.83	126.76

b. Pérdida de peso

Tabla 2. Pérdida de peso (%) de palta cv. Hass en madurez de consumo en condiciones de anaquel después de refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
15 días de refrigeración	1	3.74	2.68	1.88
	2	3.40	1.87	2.11
	3	2.77	2.62	2.52
	4	4.24	2.94	2.79
	5	4.00	2.03	2.37
	6	3.03	2.73	2.03
	7	2.97	2.12	2.18
	8	2.61	1.94	2.57
	9	3.53	2.71	2.15
	10	3.71	2.74	3.10
30 días de refrigeración	1	6.58	5.04	5.10
	2	4.83	5.01	4.88
	3	5.93	5.50	4.63
	4	4.71	5.24	6.16
	5	8.22	5.85	4.06
	6	5.67	5.53	4.37
	7	7.07	3.88	5.34
	8	5.43	5.21	4.75
	9	6.01	4.92	4.64
	10	6.73	4.88	3.05
50 días de refrigeración	1	9.18	9.32	7.17
	2	9.47	9.20	9.66
	3	7.27	7.28	7.30
	4	8.40	6.17	9.66
	5	9.24	6.91	8.28
	6	9.05	8.89	9.77
	7	6.83	9.04	6.87
	8	6.74	9.65	5.84
	9	7.35	8.73	9.93
	10	8.79	9.23	7.86

Tabla 3. Pérdida de peso (%) de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
22 días de refrigeración + anaquel	1	10.25	10.60	8.35
	2	10.41	7.14	7.35
	3	11.26	6.29	7.91
	4	11.78	8.78	7.88
	5	9.53	8.27	8.99
	6	11.43	10.31	8.44
	7	8.80	8.42	9.00
	8	10.80	7.82	7.43
	9	9.92	8.48	7.37
	10	11.62	7.65	7.76
37 días de refrigeración + anaquel	1	12.47	10.87	9.94
	2	11.11	7.45	7.30
	3	9.97	7.37	10.17
	4	11.72	7.00	8.23
	5	10.83	9.81	9.09
	6	13.08	8.38	9.08
	7	10.72	9.85	10.03
	8	12.99	9.18	9.73
	9	11.11	9.88	9.59
	10	9.92	8.50	8.10
57 días de refrigeración + anaquel	1	13.14	9.89	7.21
	2	10.86	8.74	8.59
	3	10.37	8.34	10.56
	4	8.94	8.44	8.16
	5	9.32	11.93	5.87
	6	8.46	8.07	6.17
	7	11.86	9.02	10.11
	8	10.94	8.40	8.96
	9	12.36	8.54	9.34
	10	10.98	7.97	8.25

c. Color

Tabla 4. Valor de luminosidad (L) en cáscara de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	34.29	36.83	29.67
	2	36.88	35.68	32.89
	3	35.80	36.06	31.59
	4	37.34	37.67	30.64
	5	37.61	34.64	30.01
	6	37.46	37.03	29.13
	7	36.25	38.21	30.36
	8	36.53	35.84	31.72
	9	35.69	37.69	32.45
	10	35.98	35.90	30.03
15 días de refrigeración	1	35.34	34.57	30.73
	2	35.56	35.74	29.36
	3	34.63	34.74	32.42
	4	35.09	34.56	30.56
	5	35.44	33.54	33.16
	6	35.91	34.09	33.87
	7	36.07	34.92	30.82
	8	35.24	35.63	30.98
	9	34.47	32.85	28.64
	10	33.68	34.94	29.98
30 días de refrigeración	1	34.04	27.81	29.73
	2	33.82	26.04	28.81
	3	34.05	29.20	28.90
	4	33.84	27.91	27.54
	5	32.73	27.86	28.52
	6	35.27	27.64	28.79
	7	34.19	28.26	28.28
	8	32.75	28.84	27.46
	9	34.29	27.52	29.15
	10	33.65	30.03	28.10
50 días de refrigeración	1	25.27	28.04	28.85
	2	24.75	26.70	26.03
	3	25.08	27.08	29.85
	4	25.14	26.67	26.66
	5	26.76	26.88	27.05
	6	24.63	26.38	26.39
	7	26.03	25.51	26.81
	8	24.78	28.63	26.50
	9	27.89	24.15	29.66
	10	26.71	26.78	27.03

Tabla 5. Valor de luminosidad (L) en cáscara de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
22 días de refrigeración + anaquel	1	10.25	10.60	8.35
	2	10.41	7.14	7.35
	3	11.26	6.29	7.91
	4	11.78	8.78	7.88
	5	9.53	8.27	8.99
	6	11.43	10.31	8.44
	7	8.80	8.42	9.00
	8	10.80	7.82	7.43
	9	9.92	8.48	7.37
	10	11.62	7.65	7.76
37 días de refrigeración + anaquel	1	12.47	10.87	9.94
	2	11.11	7.45	7.30
	3	9.97	7.37	10.17
	4	11.72	7.00	8.23
	5	10.83	9.81	9.09
	6	13.08	8.38	9.08
	7	10.72	9.85	10.03
	8	12.99	9.18	9.73
	9	11.11	9.88	9.59
	10	9.92	8.50	8.10
57 días de refrigeración + anaquel	1	13.14	9.89	7.21
	2	10.86	8.74	8.59
	3	10.37	8.34	10.56
	4	8.94	8.44	8.16
	5	9.32	11.93	5.87
	6	8.46	8.07	6.17
	7	11.86	9.02	10.11
	8	10.94	8.40	8.96
	9	12.36	8.54	9.34
	10	10.98	7.97	8.25

Tabla 6. Valor de Croma (C*) de la cáscara de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	10.24	10.83	12.01
	2	10.53	11.34	18.07
	3	10.77	9.40	16.83
	4	12.85	10.46	12.04
	5	12.19	7.56	10.57
	6	12.92	13.67	13.77
	7	11.74	12.07	13.02
	8	12.03	7.67	14.40
	9	11.70	11.41	13.37
	10	11.20	9.43	13.52
15 días de refrigeración	1	11.07	8.04	14.06
	2	9.76	12.56	13.04
	3	10.61	9.79	15.39
	4	11.77	10.66	11.51
	5	9.26	10.06	18.26
	6	11.97	10.01	15.47
	7	13.69	15.27	15.72
	8	10.61	11.92	13.66
	9	12.44	9.50	11.93
	10	9.38	10.22	11.06
30 días de refrigeración	1	2.78	10.05	9.71
	2	5.79	6.83	8.48
	3	5.03	9.67	11.81
	4	6.12	9.69	9.68
	5	6.77	10.31	8.27
	6	8.09	9.93	8.43
	7	9.62	9.08	10.48
	8	7.91	9.86	7.53
	9	4.54	9.44	10.15
	10	4.41	11.38	8.05
50 días de refrigeración	1	4.31	5.21	8.36
	2	5.38	6.06	4.77
	3	5.20	5.86	7.39
	4	5.33	4.27	5.75
	5	5.49	5.80	6.15
	6	4.25	4.64	5.19
	7	5.48	5.13	5.38
	8	4.24	5.22	4.51
	9	5.09	5.16	7.49
	10	5.17	5.54	6.26

Tabla 7. Valor de Croma (C*) de la cáscara de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
22 días de refrigeración + anaquel	1	3.87	5.23	6.85
	2	2.79	5.17	5.69
	3	2.73	5.85	6.07
	4	2.68	5.22	6.02
	5	3.83	5.76	5.69
	6	4.56	7.89	8.51
	7	3.01	7.84	4.36
	8	4.15	5.91	5.08
	9	5.32	4.19	6.43
	10	7.02	6.45	5.53
37 días de refrigeración + anaquel	1	3.29	5.02	7.19
	2	3.53	5.02	6.59
	3	3.64	4.48	9.83
	4	2.71	8.36	6.52
	5	2.66	4.68	5.86
	6	2.67	4.28	5.33
	7	3.50	4.99	8.05
	8	4.87	5.11	6.54
	9	4.20	4.87	6.20
	10	2.90	5.19	4.44
57 días de refrigeración + anaquel	1	3.27	5.84	4.86
	2	3.94	4.93	6.70
	3	3.11	6.30	8.56
	4	3.48	4.87	6.32
	5	3.16	3.95	8.95
	6	3.27	4.44	6.10
	7	4.56	6.35	7.11
	8	3.04	5.52	9.30
	9	3.63	6.52	4.79
	10	3.11	3.99	6.04

Tabla 8. Valor del Angulo hue (h°) de la cáscara de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7°C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	127.76	128.21	122.32
	2	130.29	129.47	125.18
	3	129.04	129.28	124.32
	4	128.81	130.27	124.85
	5	124.96	127.88	122.64
	6	126.68	127.86	120.34
	7	129.51	127.58	122.33
	8	127.80	126.80	123.19
	9	129.28	127.46	125.40
	10	128.24	127.17	122.00
15 días de refrigeración	1	127.60	125.57	125.62
	2	123.02	128.95	119.64
	3	128.30	127.53	125.58
	4	125.88	125.05	121.11
	5	125.19	127.76	124.42
	6	129.11	127.62	124.31
	7	128.62	128.74	124.21
	8	127.66	127.42	123.81
	9	127.71	128.01	121.02
	10	129.11	123.81	122.01
30 días de refrigeración	1	81.26	115.13	101.68
	2	109.78	103.78	107.96
	3	108.07	112.08	108.16
	4	112.97	111.27	108.29
	5	113.57	109.64	106.97
	6	119.26	115.82	107.68
	7	118.41	116.58	112.42
	8	120.12	116.99	99.47
	9	100.86	113.72	111.39
	10	94.25	118.16	106.28
50 días de refrigeración	1	75.35	92.13	98.57
	2	101.28	86.90	83.28
	3	81.43	96.70	97.69
	4	78.85	80.21	89.80
	5	87.28	92.38	98.67
	6	69.15	89.87	84.17
	7	88.35	81.59	91.76
	8	81.91	85.83	79.83
	9	85.49	81.19	110.64
	10	85.78	88.92	96.55

Tabla 9. Valor del Angulo hue (h°) de la cáscara de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
22 días de refrigeración + anaquel	1	104.12	82.05	94.55
	2	80.72	85.65	86.27
	3	77.56	92.48	85.42
	4	73.69	88.60	91.82
	5	104.60	85.63	81.21
	6	106.65	93.86	98.09
	7	91.05	102.08	65.65
	8	93.33	94.50	73.04
	9	106.84	76.87	87.72
	10	107.03	97.34	90.57
37 días de refrigeración + anaquel	1	59.89	95.29	99.37
	2	99.49	88.99	103.17
	3	81.78	79.87	105.48
	4	91.74	97.71	99.11
	5	89.91	74.37	97.49
	6	88.26	78.91	92.84
	7	61.04	72.05	106.91
	8	83.16	72.47	92.74
	9	61.34	71.93	100.22
	10	102.40	75.37	84.60
57 días de refrigeración + anaquel	1	59.23	75.07	85.33
	2	59.59	79.63	98.43
	3	57.23	90.61	94.89
	4	59.12	75.28	97.35
	5	62.22	75.44	101.70
	6	60.56	72.49	86.89
	7	70.79	80.61	96.24
	8	58.58	90.46	101.65
	9	60.65	90.84	87.15
	10	62.10	74.00	93.84

d. Materia seca y lípidos

Tabla 10. Contenido de materia seca (%) y lípidos (%) de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Materia seca			Lípidos		
		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha
Día 0	1	25.38	26.51	32.23	13.93	15.22	20.43
	2	26.29	26.78	30.86	14.39	15.31	18.75
	3	25.29	28.93	30.76	12.71	17.24	18.84
	4	25.96	25.22	31.67	15.63	14.77	19.24
	5	28.80	28.95	29.82	17.94	16.79	18.77
	6	27.01	29.27	31.10	15.05	17.84	20.02
	7	25.46	28.01	30.41	14.25	16.11	18.25
	8	28.90	27.57	32.78	16.60	16.87	19.06
	9	26.14	28.47	29.92	15.21	17.03	18.71
	10	28.20	29.55	31.48	16.78	17.29	19.43
15 días de refrigeración	1	25.42	28.42	28.69	15.06	17.28	18.10
	2	26.22	24.87	29.67	16.53	14.26	18.36
	3	27.00	27.35	29.32	16.58	15.96	17.74
	4	27.36	28.66	29.32	15.71	18.18	17.64
	5	28.36	27.79	31.62	17.16	17.14	18.68
	6	26.94	26.99	28.10	16.93	15.81	18.36
	7	29.07	28.08	30.11	17.74	15.81	18.24
	8	28.99	34.13	30.85	15.68	17.02	18.54
	9	26.91	27.04	31.43	16.22	15.86	19.56
	10	26.66	27.44	30.24	15.08	16.55	18.37
30 días de refrigeración	1	28.12	27.99	30.33	17.55	16.70	18.89
	2	25.46	27.43	30.14	16.35	16.70	19.13
	3	26.62	28.46	31.07	16.19	17.94	20.17
	4	25.17	27.65	32.31	14.93	16.67	20.76
	5	27.53	29.23	29.96	16.81	16.67	19.13
	6	26.09	28.65	29.13	15.84	17.26	18.35
	7	25.34	26.05	31.50	15.10	15.16	19.01
	8	27.95	27.32	30.18	16.23	16.30	18.35
	9	28.84	27.27	31.32	16.71	16.21	19.56
	10	26.42	26.85	28.64	16.79	15.85	17.80
50 días de refrigeración	1	27.06	27.64	28.98	18.29	16.93	17.76
	2	27.07	29.61	29.35	18.04	18.48	19.10
	3	28.01	26.37	28.56	17.20	15.27	17.69
	4	29.32	28.31	30.68	15.66	18.79	20.27
	5	28.95	25.56	29.16	17.75	15.74	18.43
	6	23.98	26.47	29.62	14.56	15.54	18.98
	7	26.64	27.75	29.73	16.06	16.93	19.44
	8	26.40	33.32	29.39	16.06	16.95	18.01
	9	25.72	27.75	32.76	14.84	16.58	18.72
	10	26.82	28.51	30.63	17.11	18.29	18.71

Tabla 11. Contenido de materia seca (%) y lípidos (%) de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Materia seca			Lípidos		
		Primera c.	Segunda c.	Tercera c.	Primera c.	Segunda c.	Tercera c.
22 días de refrigeración + anaquel	1	24.71	29.13	29.81	15.08	18.64	18.59
	2	26.56	30.82	31.92	16.09	17.55	19.26
	3	28.11	28.17	32.32	17.54	18.57	20.90
	4	27.30	29.03	31.30	18.00	19.15	19.21
	5	27.33	26.75	30.96	17.46	17.67	20.61
	6	25.70	28.43	29.64	15.26	17.90	18.84
	7	24.06	29.94	30.32	14.23	17.87	19.58
	8	26.49	27.79	27.84	16.25	14.43	17.79
	9	27.37	26.67	30.15	18.17	18.36	19.34
	10	28.03	27.31	28.90	17.99	18.20	18.00
37 días de refrigeración + anaquel	1	26.82	26.83	28.87	17.36	16.46	18.67
	2	26.95	26.44	28.68	16.82	16.71	17.18
	3	23.86	26.44	28.48	14.55	15.86	18.05
	4	26.68	25.28	30.91	16.46	14.60	18.33
	5	25.58	30.91	31.10	15.33	18.90	20.63
	6	26.62	25.93	30.72	17.16	16.34	20.80
	7	24.40	27.99	29.61	15.06	19.91	18.06
	8	26.56	29.28	29.69	16.33	18.28	19.10
	9	28.05	25.61	29.69	17.59	16.61	19.16
	10	25.52	27.91	29.77	16.64	18.14	19.92
57 días de refrigeración + anaquel	1	28.92	29.73	29.41	18.27	19.16	19.23
	2	27.86	28.82	31.31	15.50	16.66	19.82
	3	25.13	28.84	29.59	13.98	18.09	19.50
	4	28.64	27.99	30.36	16.27	16.94	19.53
	5	24.68	25.98	29.41	14.63	15.03	17.55
	6	27.85	27.77	27.96	16.77	18.06	18.06
	7	26.21	27.37	29.50	15.54	17.08	18.52
	8	27.75	26.91	27.89	17.05	15.09	17.91
	9	26.93	28.19	30.27	16.82	18.00	17.98
	10	27.58	26.51	32.65	16.77	17.13	18.68

e. Actividades enzimáticas

Tabla 12. Actividad pectinmetilestera (U/g bs) y poligalacturonasa (U/g bs) de palta cv. Hass sometida bajo refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	PME			PG		
		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha
Día 0	1	6.51	7.66	8.08	5.75	3.89	5.53
	2	8.23	7.48	8.79	4.23	4.27	7.01
	3	8.48	5.40	7.37	3.97	3.84	5.46
	4	7.96	6.68	7.13	3.90	4.09	4.52
	5	5.39	7.77	9.49	3.82	3.53	5.72
	6	6.49	6.20	8.97	4.92	4.38	5.46
	7	7.86	5.77	7.62	5.45	-	5.89
	8	7.11	6.06	7.14	3.42	-	4.66
	9	7.07	5.66	7.25	5.43	-	4.90
	10	9.12	5.56	6.58	4.16	-	4.82
15 días de refrigeración	1	4.06	3.88	3.92	4.75	5.40	5.13
	2	2.98	4.59	4.31	3.94	4.25	6.03
	3	2.90	4.81	3.76	5.24	4.45	5.22
	4	3.93	2.39	3.74	3.52	4.17	7.07
	5	3.15	4.62	3.33	4.55	4.08	6.05
	6	4.22	4.36	3.65	3.56	4.83	6.43
	7	2.52	4.53	3.03	3.64	-	-
	8	3.51	3.62	4.75	3.19	-	-
	9	2.72	3.66	3.13	5.08	-	-
	10	3.23	3.70	3.80	5.10	-	-
30 días de refrigeración	1	3.05	2.18	1.94	6.12	8.39	6.06
	2	2.73	2.87	2.51	9.46	8.38	5.77
	3	2.90	1.96	2.26	9.25	7.03	5.66
	4	3.04	2.18	2.58	9.84	7.96	5.40
	5	2.80	1.91	1.81	7.57	8.94	5.10
	6	2.52	2.26	1.96	6.71	8.38	5.05
	7	2.63	1.95	1.78	8.23	-	-
	8	3.47	3.06	1.82	7.97	-	-
	9	2.53	2.36	1.97	5.86	-	-
	10	2.82	1.99	2.51	8.65	-	-
50 días de refrigeración	1	2.75	2.30	2.55	5.79	6.20	4.99
	2	2.68	2.64	2.28	7.86	6.61	4.62
	3	2.18	1.94	3.09	7.14	4.52	6.95
	4	2.29	2.65	2.24	6.84	5.52	5.73
	5	1.94	3.22	2.18	5.99	6.17	4.67
	6	3.03	2.29	2.39	6.44	4.80	6.46
	7	2.47	2.99	2.00	7.66	-	-
	8	3.07	2.11	2.42	4.97	-	-
	9	2.42	2.81	2.25	5.56	-	-
	10	1.86	2.58	-	5.80	-	-

ND: No determinado

Tabla 13. Actividad pectinmetilestera (U/g bs) y poligalacturonasa (U/g bs) de palta cv. Hass maduras en anaquel posterior al almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) provenientes de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	PME			PG		
		Primera c.	Segunda c.	Tercera c.	Primera c.	Segunda c.	Tercera c.
22 días de refrigeración + anaquel	1	2.78	2.39	2.51	30.62	13.69	20.31
	2	2.76	1.98	3.40	23.21	18.50	23.75
	3	3.24	2.38	2.73	24.01	19.70	25.71
	4	2.77	2.54	3.35	25.36	16.29	26.52
	5	2.91	2.69	2.76	33.07	14.11	19.65
	6	2.86	3.06	3.33	32.89	16.32	27.11
	7	3.40	2.54	2.64	32.71	-	-
	8	2.63	2.14	2.87	22.39	-	-
	9	2.80	2.57	2.76	22.33	-	-
	10	2.24	2.59	2.83	29.92	-	-
37 días de refrigeración + anaquel	1	2.14	2.42	2.53	11.31	16.88	13.50
	2	2.18	2.09	3.29	13.75	14.79	12.66
	3	2.46	2.13	2.56	18.63	14.79	15.88
	4	2.55	2.22	2.55	14.00	14.21	12.49
	5	2.21	2.33	2.30	14.97	16.39	10.57
	6	2.32	2.53	2.48	14.27	11.79	14.70
	7	2.27	2.62	3.57	13.61	12.00	-
	8	2.04	2.40	3.25	10.81	-	-
	9	2.39	3.25	2.40	11.47	-	-
	10	2.53	2.34	2.30	12.21	-	-
57 días de refrigeración + anaquel	1	3.08	2.97	3.25	5.32	8.25	5.38
	2	3.16	3.05	3.21	4.26	8.86	5.38
	3	3.45	2.73	2.98	4.79	8.73	5.63
	4	2.84	2.91	3.02	3.86	8.89	6.00
	5	2.75	2.84	3.63	3.59	8.96	7.10
	6	2.64	3.22	3.59	5.27	8.78	7.44
	7	3.53	3.32	2.88	-	-	-
	8	3.42	2.85	3.32	-	-	-
	9	2.44	3.30	2.16	-	-	-
	10	2.15	2.69	-	-	-	-

f. Componentes de la pared celular

Tabla 14. Componentes de la pared celular (mg/g RIA) de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, provenientes de tres cosechas.

Cosecha	Tratamiento	Repetición	Rhamnosa	Arabinosa + xylosa	Galactosa	Ácido galacturónico
Primera	Día 0	1	3.81	36.01	25.32	6.21
		2	4.01	39.99	25.62	3.03
		3	4.33	45.17	26.76	6.97
	15 días de refrigeración	1	4.83	55.69	18.09	6.26
		2	5.71	73.59	20.17	8.33
		3	3.74	47.97	11.93	5.12
	30 días de refrigeración	1	4.17	52.16	12.51	7.46
		2	3.59	35.54	10.75	8.74
		3	5.16	60.53	18.93	7.77
	22 días de refrigeración + anaquel	1	4.96	61.27	16.41	8.45
		2	2.32	66.28	15.90	8.27
		3	5.28	89.03	17.23	10.40
	37 días de refrigeración + anaquel	1	4.09	48.04	13.82	7.49
		2	4.03	39.52	12.96	6.12
		3	4.90	56.86	16.64	10.23
Segunda	Día 0	1	5.95	54.88	31.48	11.87
		2	4.59	46.12	25.77	10.91
		3	5.66	61.65	30.81	11.07
	15 días de refrigeración	1	5.68	54.18	17.78	13.00
		2	7.15	42.23	26.04	15.41
		3	7.51	30.27	26.89	22.13
	30 días de refrigeración	1	8.18	29.05	22.28	29.19
		2	6.67	31.38	11.31	20.22
		3	8.75	39.16	15.80	40.78
	22 días de refrigeración + anaquel	1	8.96	29.27	9.93	30.10
		2	9.19	30.58	11.87	34.66
		3	8.01	33.60	23.04	32.35
	37 días de refrigeración + anaquel	1	8.12	28.33	13.50	39.69
		2	7.43	27.02	17.05	29.97
		3	5.10	27.39	21.09	22.11
Tercera	Día 0	1	6.32	25.09	28.30	23.58
		2	7.55	32.15	41.95	23.74
		3	7.57	29.57	28.11	32.35
	15 días de refrigeración	1	7.37	26.10	12.01	27.76
		2	7.56	27.26	21.56	32.44
		3	9.16	33.82	17.68	37.07
	30 días de refrigeración	1	7.90	29.60	20.35	44.21
		2	3.12	16.49	14.24	13.35
		3	6.39	26.12	18.23	25.07
	22 días de refrigeración + anaquel	1	7.63	26.91	13.88	45.35
		2	6.53	24.65	20.16	30.59
		3	6.60	23.27	15.02	25.93
	37 días de refrigeración + anaquel	1	7.34	26.80	12.36	38.41
		2	8.48	28.80	11.45	36.35
		3	9.14	27.15	14.35	46.27

g. Azúcares y azúcares alcohol

Tabla 15. Relación de áreas de azúcares de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la primera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Manoheptulosa	Perseitol	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Sorbitol
Día 0	1	12.54	26.37	0.87	0.81	0.84	0.01
	2	11.41	29.76	1.21	1.12	1.65	0.01
	3	11.01	22.59	1.52	1.43	1.33	0.01
	4	10.46	20.57	1.29	1.28	1.69	0.01
	5	4.07	14.02	1.00	0.88	0.51	0.01
	6	6.07	24.73	1.33	1.26	0.70	0.01
15 días de refrigeración	1	2.40	12.09	0.89	0.79	1.15	0.01
	2	1.79	13.50	1.54	1.42	0.71	0.01
	3	0.89	11.47	1.96	1.76	0.37	0.00
	4	2.92	19.83	0.95	0.83	1.22	0.01
	5	1.59	15.25	0.98	0.89	1.34	0.01
	6	3.79	14.68	1.05	0.93	1.58	0.01
30 días de refrigeración	1	0.50	5.41	0.97	0.68	1.51	0.01
	2	2.05	6.31	0.57	0.30	1.37	0.01
	3	0.36	1.57	0.40	0.27	2.15	0.00
	4	1.58	5.16	0.39	0.26	3.21	0.01
	5	0.92	10.72	0.79	0.58	4.63	0.01
	6	0.31	4.55	0.79	0.60	0.27	0.00
50 días de refrigeración	1	0.07	2.24	1.25	0.75	1.42	0.01
	2	0.08	2.59	0.84	0.34	0.49	0.00
	3	0.12	0.94	0.56	0.39	0.05	0.01
	4	0.05	1.56	1.13	0.54	0.05	0.01
	5	0.12	3.76	1.38	0.78	0.48	0.00
	6	0.24	5.42	1.88	1.18	1.15	0.00
22 días de refrigeración + anaquel	1	0.08	0.62	0.16	0.09	0.94	0.01
	2	0.07	0.56	0.05	0.00	0.56	0.01
	3	0.03	0.24	0.06	0.04	0.01	0.01
	4	0.05	0.87	0.19	0.07	0.67	0.01
	5	0.10	0.69	0.28	0.13	1.60	0.01
	6	0.05	0.24	0.27	0.17	0.71	0.01
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.09	1.59	0.23	0.10	0.29	0.01
	2	0.12	1.62	0.31	0.08	0.07	0.01
	3	0.09	2.13	0.42	0.19	0.31	0.01
	4	0.08	1.09	0.13	0.10	0.04	0.01
	5	0.19	3.54	0.14	0.09	0.14	0.01
	6	0.13	0.52	0.05	0.04	0.01	0.01
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.08	1.72	0.18	0.09	0.06	0.01
	2	0.06	1.78	0.09	0.06	0.02	0.01
	3	0.15	5.34	0.07	0.04	0.06	0.01
	4	0.26	5.74	0.07	0.07	0.12	0.01
	5	0.12	1.46	0.09	0.05	0.04	0.01
	6	0.27	5.18	0.58	0.31	0.12	0.01

Tabla 16. Relación de áreas de azúcares de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la segunda cosecha.

Tratamiento	Repetición	Manoheptulosa	Perseitol	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Sorbitol
Día 0	1	4.76	26.80	2.14	1.22	0.17	0.03
	2	2.45	24.93	2.58	1.67	0.08	0.03
	3	2.84	17.54	1.95	1.01	0.07	0.02
	4	8.70	33.53	2.98	2.20	0.11	0.02
	5	2.62	12.86	1.84	1.03	0.21	0.03
	6	2.86	28.11	2.79	1.88	0.01	0.03
15 días de refrigeración	1	0.49	21.42	1.88	0.79	0.10	0.02
	2	1.51	13.03	1.88	0.80	0.30	0.03
	3	0.66	13.80	2.26	1.07	0.10	0.03
	4	2.45	29.08	2.46	1.37	0.17	0.03
	5	1.41	17.04	2.73	1.55	0.17	0.03
	6	0.52	10.87	2.36	1.22	0.07	0.04
30 días de refrigeración	1	0.39	4.35	0.70	1.54	0.15	0.04
	2	0.18	0.94	0.55	0.28	0.01	0.03
	3	0.62	5.44	0.72	1.71	0.41	0.04
	4	0.32	6.37	0.69	1.42	0.27	0.03
	5	1.08	7.19	0.67	1.08	0.22	0.02
	6	0.73	6.07	0.69	1.12	0.30	0.04
50 días de refrigeración	1	0.01	2.19	1.20	1.12	0.03	0.02
	2	0.06	3.82	1.31	1.76	0.09	0.02
	3	0.01	0.79	1.13	0.47	0.03	0.02
	4	0.08	3.78	1.17	0.67	0.03	0.02
	5	4.76	26.80	2.14	1.22	0.17	0.03
	6	2.45	24.93	2.58	1.67	0.08	0.03
22 días de refrigeración + anaquel	1	0.10	0.49	1.34	0.17	0.20	0.04
	2	0.10	0.62	1.37	0.24	0.28	0.05
	3	0.14	1.28	1.36	0.30	0.55	0.07
	4	0.12	0.71	1.11	0.08	0.02	0.05
	5	0.13	0.95	1.15	0.05	0.20	0.02
	6	0.14	0.83	1.07	0.04	0.05	0.03
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.06	0.72	1.02	0.15	0.03	0.04
	2	0.06	0.70	1.03	0.11	0.00	0.02
	3	0.11	2.56	1.09	0.41	0.02	0.02
	4	0.06	0.47	1.01	0.03	0.01	0.02
	5	0.08	1.19	1.04	0.14	0.02	0.02
	6	0.10	0.63	1.01	0.05	0.02	0.02
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.11	1.83	1.71	1.11	0.03	0.03
	2	0.01	0.79	1.94	1.27	0.01	0.02
	3	0.01	1.11	0.92	0.52	0.01	0.02
	4	0.13	3.22	0.76	0.44	0.00	0.02
	5	0.01	1.10	1.60	0.99	0.00	0.01
	6	0.02	1.54	1.57	0.98	0.03	0.02

Tabla 17. Relación de áreas de azúcares de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la tercera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Manoheptulosa	Perseitol	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Sorbitol
Día 0	1	6.77	26.09	3.75	3.23	0.09	0.02
	2	5.27	35.73	3.08	2.72	0.07	0.02
	3	3.61	17.24	2.66	2.26	0.08	0.01
	4	5.01	47.23	2.13	2.08	0.19	0.02
	5	6.98	34.71	3.33	2.89	0.15	0.02
	6	2.43	18.95	2.82	2.40	0.02	0.01
15 días de refrigeración	1	0.41	6.23	0.94	0.66	0.00	0.01
	2	0.59	28.90	0.87	0.71	0.00	0.02
	3	0.91	14.17	2.70	2.04	0.05	0.02
	4	0.88	18.20	1.43	1.04	0.04	0.02
	5	0.72	10.36	2.59	2.07	0.00	0.02
	6	0.69	16.25	1.39	1.06	0.00	0.02
30 días de refrigeración	1	0.19	2.82	1.46	1.00	0.08	0.03
	2	0.18	2.24	1.07	0.74	0.06	0.02
	3	0.24	2.64	1.71	1.31	0.16	0.02
	4	0.81	5.63	2.14	1.55	0.22	0.03
	5	0.56	6.16	1.99	1.42	0.23	0.03
	6	0.87	5.28	1.17	0.72	0.04	0.02
50 días de refrigeración	1	0.02	4.17	2.23	1.52	0.29	0.01
	2	0.02	0.51	1.11	0.72	0.05	0.02
	3	0.01	3.11	1.62	1.07	0.18	0.01
	4	0.03	3.03	1.45	1.10	0.07	0.01
	5	0.00	0.26	0.43	0.28	0.06	0.02
	6	0.00	0.34	0.50	0.30	0.02	0.01
22 días de refrigeración + anaquel	1	0.18	1.56	0.79	0.69	1.94	0.02
	2	0.23	0.91	0.70	0.52	0.42	0.02
	3	0.13	0.88	1.24	1.01	0.47	0.02
	4	0.11	0.65	0.87	0.52	0.84	0.02
	5	0.21	2.34	0.74	0.61	1.60	0.02
	6	0.12	1.30	0.75	0.63	0.51	0.02
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.13	1.24	2.91	1.94	0.20	0.02
	2	0.10	2.02	1.85	1.13	0.13	0.02
	3	0.05	1.63	1.93	1.20	0.01	0.01
	4	0.07	0.77	1.20	0.73	0.02	0.02
	5	0.13	0.87	1.04	0.72	0.01	0.02
	6	0.18	1.63	1.01	0.48	0.23	0.01
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.00	0.43	2.12	1.57	0.00	0.01
	2	0.00	0.32	2.29	1.71	0.00	0.01
	3	0.05	2.22	2.32	1.72	0.00	0.01
	4	0.00	0.55	1.36	0.96	0.00	0.02
	5	0.00	0.62	2.20	1.44	0.00	0.01
	6	0.05	2.49	3.80	2.81	0.00	0.01

h. Ácidos orgánicos

Tabla 18. Relación de áreas de ácidos orgánicos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la primera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Málico	Cítrico	Quínico	Succínico
Día 0	1	3.18	2.21	0.12	0.01
	2	3.67	2.76	0.06	0.02
	3	3.35	2.74	0.17	0.02
	4	2.56	2.84	0.07	0.02
	5	1.92	4.04	0.08	0.01
	6	2.27	4.26	0.12	0.02
15 días de refrigeración	1	2.72	2.15	0.13	0.08
	2	2.67	3.50	0.06	0.06
	3	3.16	2.72	0.05	0.12
	4	4.94	1.90	0.12	0.09
	5	3.33	4.09	0.10	0.08
	6	3.10	2.08	0.12	0.10
30 días de refrigeración	1	3.92	0.28	0.14	0.16
	2	2.14	0.09	0.12	0.16
	3	2.07	0.64	0.15	0.34
	4	2.94	0.12	0.16	0.22
	5	3.36	0.18	0.23	0.16
	6	2.53	0.53	0.04	0.21
50 días de refrigeración	1	0.46	0.83	0.12	0.05
	2	1.01	0.32	0.32	0.09
	3	0.50	1.52	0.22	0.11
	4	0.57	0.65	0.12	0.05
	5	0.65	1.02	0.33	0.09
	6	0.68	0.09	0.49	0.10
22 días de refrigeración + anaquel	1	1.10	0.15	0.13	1.06
	2	0.62	0.15	0.11	0.76
	3	1.32	0.52	0.04	0.92
	4	1.12	0.12	0.15	0.85
	5	1.60	0.08	0.13	1.06
	6	2.17	0.13	0.10	0.84
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.41	0.12	0.28	0.19
	2	0.63	0.57	0.31	0.70
	3	0.47	0.17	0.33	0.17
	4	0.55	0.32	0.14	0.14
	5	0.39	0.24	0.40	0.18
	6	0.16	0.25	0.08	0.35
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.53	0.62	0.20	0.06
	2	0.37	0.54	0.14	0.11
	3	0.94	0.14	0.40	0.09
	4	0.70	0.18	0.39	0.10
	5	0.14	0.23	0.30	0.08
	6	0.31	0.26	0.55	0.08

Tabla 19. Relación de áreas de ácidos orgánicos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la segunda cosecha.

Tratamiento	Repetición	Málico	Cítrico	Quínico	Succínico
Día 0	1	0.52	3.16	0.17	0.00
	2	0.20	3.32	0.09	0.00
	3	0.18	5.31	0.17	0.00
	4	0.66	2.53	0.14	0.00
	5	0.17	2.09	0.14	0.00
	6	0.22	4.86	0.09	0.00
15 días de refrigeración	1	0.26	3.39	0.06	0.01
	2	0.40	3.42	0.22	0.01
	3	0.34	2.05	0.11	0.02
	4	0.93	0.56	0.41	0.01
	5	0.77	1.11	0.22	0.02
	6	0.24	4.17	0.09	0.02
30 días de refrigeración	1	1.10	0.12	0.24	0.06
	2	0.14	1.46	0.11	0.02
	3	0.76	0.49	0.17	0.05
	4	0.93	0.83	0.18	0.07
	5	0.52	0.04	0.19	0.03
	6	0.58	0.43	0.15	0.05
50 días de refrigeración	1	0.41	0.40	0.14	0.08
	2	0.62	0.07	0.18	0.06
	3	0.14	0.51	0.10	0.07
	4	0.12	0.10	0.10	0.06
	5	0.08	0.45	0.08	0.07
	6	0.25	0.54	0.20	0.16
22 días de refrigeración + anaquel	1	0.17	0.15	0.11	0.15
	2	0.10	0.07	0.09	0.19
	3	0.30	0.11	0.14	0.31
	4	0.22	0.20	0.08	0.30
	5	0.08	0.15	0.09	0.13
	6	0.18	0.32	0.08	0.18
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.18	0.09	0.11	0.15
	2	0.23	0.08	0.14	0.22
	3	0.41	0.05	0.18	0.13
	4	0.25	0.23	0.13	0.14
	5	0.60	0.26	0.10	0.22
	6	0.27	0.14	0.21	0.35
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.27	0.12	0.19	0.06
	2	0.66	0.55	0.25	0.09
	3	0.35	0.69	0.18	0.08
	4	0.24	0.07	0.18	0.02
	5	0.34	0.75	0.13	0.07
	6	0.48	0.13	0.17	0.08

Tabla 20. Relación de áreas de ácidos orgánicos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la tercera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Málico	Cítrico	Quínico	Succínico
Día 0	1	0.45	4.03	0.09	0.01
	2	0.35	2.57	0.09	0.01
	3	0.18	4.11	0.08	0.01
	4	0.59	0.53	0.17	0.00
	5	0.35	2.64	0.08	0.00
	6	0.20	4.51	0.05	0.01
15 días de refrigeración	1	0.23	3.38	0.06	0.07
	2	0.16	7.67	0.04	0.03
	3	0.48	2.84	0.10	0.06
	4	0.45	3.29	0.09	0.05
	5	0.40	5.07	0.11	0.04
	6	0.27	4.79	0.06	0.05
30 días de refrigeración	1	0.36	0.56	0.07	0.07
	2	0.14	2.41	0.06	0.06
	3	0.18	0.98	0.08	0.03
	4	0.47	0.49	0.18	0.05
	5	0.43	0.41	0.16	0.08
	6	0.36	0.31	0.10	0.10
50 días de refrigeración	1	0.45	4.03	0.09	0.01
	2	0.35	2.57	0.09	0.01
	3	0.18	4.11	0.08	0.01
	4	0.59	0.53	0.17	0.00
	5	0.35	2.64	0.08	0.00
	6	0.20	4.51	0.05	0.01
22 días de refrigeración + anaquel	1	0.30	0.06	0.21	0.13
	2	0.14	0.12	0.13	0.32
	3	0.16	0.36	0.15	0.17
	4	0.07	0.17	0.11	0.12
	5	0.27	0.12	0.32	0.12
	6	0.01	0.20	0.06	0.05
37 días de refrigeración + anaquel	1	0.43	0.67	0.08	0.07
	2	0.59	0.46	0.11	0.09
	3	0.55	0.20	0.09	0.07
	4	0.18	0.51	0.07	0.09
	5	0.21	0.83	0.08	0.14
	6	0.27	0.06	0.17	0.16
57 días de refrigeración + anaquel	1	0.18	2.08	0.06	0.18
	2	0.26	3.17	0.07	0.22
	3	0.26	0.17	0.17	0.15
	4	0.17	2.23	0.03	0.17
	5	0.42	1.92	0.07	0.14
	6	1.19	0.88	0.08	0.14

i. Ácidos grasos

Tabla 21. Composición porcentual de ácidos grasos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la primera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Palmítico	Palmitoleico	Oleico	Linoleico	A-linolénico
		C16:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3
Día 0	1	26.85	11.88	41.79	18.44	1.04
	2	29.01	14.55	37.80	17.86	0.77
	3	27.50	12.03	41.61	18.09	0.77
	4	25.58	13.50	40.03	17.09	0.80
	5	28.65	12.91	36.12	21.25	1.06
	6	30.69	14.89	35.17	18.48	0.77
15 días de refrigeración	1	27.86	13.12	39.81	18.36	0.84
	2	30.76	15.09	36.88	16.62	0.65
	3	27.79	16.40	39.65	15.42	0.74
	4	29.03	13.09	38.73	18.31	0.84
	5	28.00	14.01	38.07	18.99	0.93
	6	28.38	10.35	42.07	18.31	0.89
30 días de refrigeración	1	28.91	14.15	38.12	17.94	0.88
	2	28.08	14.04	37.10	19.82	0.96
	3	29.03	13.61	38.72	17.77	0.86
	4	30.46	14.72	36.69	17.30	0.83
	5	27.90	13.23	38.62	19.27	0.98
	6	27.67	15.55	37.29	18.44	1.04
50 días de refrigeración	1	28.96	13.97	37.43	18.70	0.93
	2	31.19	13.45	36.85	17.65	0.85
	3	31.64	12.52	38.37	16.75	0.74
	4	30.59	11.49	38.48	18.50	0.94
	5	27.24	12.56	39.61	18.78	1.81
	6	34.16	12.80	42.35	22.32	1.16
22 días de refrigeración + anaquel	1	30.12	14.76	34.69	19.52	0.90
	2	27.75	12.01	37.44	21.68	1.12
	3	26.63	14.96	36.83	20.54	1.05
	4	26.65	13.48	41.80	17.18	0.88
	5	29.56	13.51	35.23	20.71	0.98
	6	28.38	12.19	37.92	20.60	0.91
37 días de refrigeración + anaquel	1	27.61	14.27	35.90	21.09	1.13
	2	26.32	14.77	38.41	19.39	1.11
	3	27.03	12.49	39.90	19.52	1.06
	4	27.95	12.98	40.09	18.07	0.91
	5	28.62	12.46	38.47	19.51	0.94
	6	30.25	11.94	35.65	21.18	0.99
57 días de refrigeración + anaquel	1	30.22	15.96	33.52	19.38	0.91
	2	28.22	16.21	37.46	17.20	0.90
	3	26.82	13.30	38.35	20.44	1.09
	4	29.12	14.02	37.32	18.53	1.00
	5	30.11	13.14	36.68	19.11	0.96
	6	27.68	12.83	38.39	20.07	1.04

Tabla 22. Composición porcentual de ácidos grasos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la segunda cosecha.

Tratamiento	Repetición	Palmítico	Palmitoleico	Oleico	Linoleico	A-linolénico
		C16:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3
Día 0	1	27.33	13.17	40.33	18.22	0.95
	2	27.35	13.64	38.19	19.81	1.00
	3	26.43	12.99	41.23	18.17	1.19
	4	26.84	13.75	42.01	16.62	0.77
	5	27.92	14.07	38.81	18.30	0.89
	6	27.31	13.10	40.45	18.19	0.95
15 días de refrigeración	1	27.32	13.32	37.19	21.11	1.05
	2	29.48	13.94	34.95	20.52	1.11
	3	25.29	11.78	44.35	17.64	0.94
	4	25.41	14.37	39.64	19.41	1.18
	5	27.94	12.94	40.09	18.15	0.88
	6	26.27	10.88	40.07	21.77	1.01
30 días de refrigeración	1	28.54	13.36	38.45	18.68	0.98
	2	27.11	11.92	41.17	18.63	1.16
	3	27.93	13.35	41.52	16.41	0.78
	4	27.53	11.54	40.52	19.42	1.00
	5	26.88	12.14	41.23	18.73	1.03
	6	26.49	13.70	41.14	17.88	0.79
50 días de refrigeración	1	26.91	13.89	41.20	17.39	0.61
	2	26.24	13.05	43.08	16.87	0.75
	3	26.62	13.82	40.30	18.41	0.85
	4	25.50	13.79	40.99	18.73	1.00
	5	27.88	13.98	37.74	19.49	0.90
	6	25.94	11.03	42.95	19.26	0.83
22 días de refrigeración + anaquel	1	28.60	14.05	37.84	18.64	0.87
	2	28.89	14.73	38.00	17.52	0.87
	3	27.26	11.05	42.40	18.25	1.04
	4	25.58	12.07	39.19	22.00	1.16
	5	28.17	14.35	37.14	19.32	1.02
	6	26.52	12.53	42.09	17.98	0.88
37 días de refrigeración + anaquel	1	28.12	12.49	38.04	20.26	1.10
	2	25.63	14.25	39.71	19.21	1.19
	3	23.93	9.91	43.73	21.33	1.09
	4	25.43	13.81	41.84	17.97	0.96
	5	28.16	13.17	38.88	18.90	0.89
	6	25.80	12.04	41.89	19.23	1.04
57 días de refrigeración + anaquel	1	27.18	13.05	41.32	17.62	0.84
	2	26.42	12.45	42.48	17.75	0.90
	3	27.15	14.18	37.81	20.06	0.80
	4	27.53	14.98	38.78	17.80	0.91
	5	26.03	14.13	41.01	17.89	0.94
	6	26.39	11.91	43.91	17.01	0.78

Tabla 23. Composición porcentual de ácidos grasos de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la tercera cosecha.

Tratamiento	Repetición	Palmítico	Palmitoleico	Oleico	Linoleico	A-linolénico
		C16:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3
Día 0	1	26.94	11.98	41.95	18.39	0.74
	2	27.38	12.65	42.50	16.62	0.85
	3	26.69	12.03	41.15	19.33	0.81
	4	25.02	13.34	43.83	17.08	0.73
	5	26.36	13.77	42.79	16.40	0.68
	6	26.05	10.97	43.16	18.97	0.85
15 días de refrigeración	1	26.73	13.16	40.26	18.98	0.87
	2	24.69	11.60	41.94	20.70	1.07
	3	26.07	12.76	44.10	16.31	0.76
	4	24.18	11.24	45.48	18.11	0.99
	5	25.14	11.68	44.98	18.09	0.12
	6	26.85	13.09	40.30	18.76	1.00
30 días de refrigeración	1	27.28	11.65	42.16	18.05	0.85
	2	26.97	14.92	38.30	18.90	0.91
	3	28.74	12.08	41.23	17.10	0.85
	4	26.42	12.35	44.75	15.77	0.72
	5	25.93	13.12	44.00	16.11	0.84
	6	26.01	11.61	42.59	18.85	0.93
50 días de refrigeración	1	27.66	12.27	40.86	18.32	0.89
	2	26.53	13.10	40.94	18.55	0.88
	3	26.29	13.00	42.53	17.36	0.82
	4	26.23	11.15	44.04	17.72	0.85
	5	27.14	13.22	39.39	19.32	0.93
	6	27.18	12.18	39.46	20.28	0.90
22 días de refrigeración + anaquel	1	27.69	13.39	40.71	17.41	0.79
	2	27.82	12.72	34.55	23.48	1.43
	3	26.90	12.82	43.32	16.17	0.79
	4	23.07	12.79	45.28	17.91	0.95
	5	24.21	11.16	45.81	17.89	0.92
	6	25.75	13.93	43.53	16.06	0.73
37 días de refrigeración + anaquel	1	23.88	12.51	46.36	16.41	0.84
	2	23.30	12.38	46.12	16.54	1.66
	3	23.55	13.05	46.03	16.51	0.86
	4	25.25	12.27	45.91	15.83	0.75
	5	26.13	12.50	40.97	19.42	0.99
	6	22.97	11.69	46.44	17.91	0.99
57 días de refrigeración + anaquel	1	25.55	12.92	43.68	17.04	0.81
	2	25.58	13.71	41.12	18.69	0.90
	3	27.18	13.40	43.25	15.48	0.69
	4	23.85	11.50	45.47	18.26	0.92
	5	26.15	12.74	39.83	20.22	1.06
	6	23.49	12.30	46.71	16.64	0.86

j. Tocoferoles

Tabla 24. Contenido de tocoferoles ($\mu\text{g/g}$ bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración ($7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 80% HR) y posterior maduración en anaquel.

Tratamiento	Repetición	α -tocoferol			β -tocoferol		
		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha
Día 0	1	51.92	48.82	57.77	25.17	27.01	33.67
	2	48.10	64.37	53.20	29.38	31.94	30.40
	3	48.14	44.01	69.43	24.36	22.25	39.68
	4	47.64	53.36	56.31	26.01	29.36	30.70
	5	61.89	51.93	50.73	36.28	29.10	27.77
	6	63.88	44.55	55.29	27.25	26.13	29.50
15 días de refrigeración	1	67.23	63.43	58.71	32.55	30.88	35.55
	2	59.14	55.19	59.81	35.89	27.62	33.90
	3	45.45	40.41	56.10	26.72	19.91	34.94
	4	41.19	50.19	47.94	23.06	22.57	35.40
	5	44.03	53.04	51.34	25.36	30.34	29.35
	6	51.53	53.39	63.23	26.33	30.38	33.94
30 días de refrigeración	1	48.09	39.91	47.48	27.56	25.01	28.90
	2	60.52	61.07	51.73	37.66	31.27	36.69
	3	51.31	46.59	50.43	31.00	23.76	28.92
	4	45.12	54.07	44.69	24.75	29.16	26.97
	5	55.27	43.49	47.00	28.74	25.85	26.02
	6	64.31	56.51	59.85	28.90	30.61	41.28
50 días de refrigeración	1	49.00	41.10	57.58	31.81	30.52	34.25
	2	39.77	37.69	61.56	26.35	31.89	36.28
	3	52.67	59.11	51.47	33.62	34.59	37.90
	4	39.46	43.40	37.11	24.16	31.45	26.30
	5	37.42	38.43	46.48	22.00	34.90	36.30
	6	45.97	41.79	47.54	22.58	27.12	37.71
22 días de refrigeración + anaquel	1	61.27	47.75	43.70	32.29	34.08	31.40
	2	60.22	55.18	47.40	35.70	34.63	26.38
	3	63.47	42.98	49.55	41.94	29.50	27.66
	4	53.59	51.40	58.00	30.07	37.63	36.76
	5	60.51	43.97	72.03	36.84	24.94	43.10
	6	48.55	61.16	61.49	27.23	38.61	34.83
37 días de refrigeración + anaquel	1	59.00	61.57	50.62	30.29	37.04	40.17
	2	52.93	52.04	56.07	35.55	37.92	42.68
	3	49.34	45.54	41.49	30.60	27.88	31.13
	4	58.69	53.55	66.57	40.83	34.58	40.61
	5	64.39	38.11	43.67	43.51	28.59	24.68
	6	59.17	58.73	52.40	46.57	37.38	41.21
57 días de refrigeración + anaquel	1	38.06	43.55	69.69	24.28	28.68	36.28
	2	37.07	34.15	68.44	28.98	32.95	41.44
	3	45.06	40.79	58.14	24.31	33.44	31.77
	4	30.84	34.26	54.09	26.29	23.95	36.35
	5	33.19	46.66	42.35	27.45	35.22	29.74
	6	37.93	48.69	46.67	19.81	36.03	35.61

k. Fitoesteroles

Tabla 25. Contenido de fitoesteroles (mg/100g bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la primera cosecha.

Tratamiento	Repetición	β -Sitosterol	Campesterol	Estigmasterol
Día 0	1	164.42	17.70	6.34
	2	151.91	17.97	5.73
	3	150.96	17.85	5.19
	4	161.09	20.48	6.04
	5	195.78	25.95	7.35
	6	171.87	17.85	6.30
15 días de refrigeración	1	167.72	20.61	6.65
	2	165.16	18.89	5.68
	3	163.32	18.43	5.96
	4	189.20	21.95	6.17
	5	169.89	19.90	5.91
	6	195.93	23.56	6.08
30 días de refrigeración	1	199.48	24.64	6.49
	2	198.83	27.03	6.13
	3	188.80	22.36	5.77
	4	164.95	20.93	5.88
	5	198.08	22.51	6.37
	6	173.37	21.02	5.52
50 días de refrigeración	1	194.79	20.80	6.88
	2	169.17	18.09	6.38
	3	208.59	21.26	6.97
	4	183.99	17.57	6.55
	5	163.30	16.21	5.87
	6	224.27	22.17	6.75
22 días de refrigeración + anaquel	1	158.99	20.37	5.88
	2	206.91	27.48	5.82
	3	207.44	26.01	6.17
	4	188.43	23.57	5.84
	5	227.38	26.44	5.49
	6	194.37	27.55	6.44
37 días de refrigeración + anaquel	1	202.50	19.73	7.84
	2	223.57	23.52	6.61
	3	195.50	19.07	6.17
	4	174.81	17.85	6.59
	5	176.30	16.92	6.30
	6	213.89	20.29	6.48
57 días de refrigeración + anaquel	1	173.44	18.05	6.76
	2	115.04	13.44	5.48
	3	205.33	17.92	6.35
	4	162.49	15.91	6.31
	5	177.66	17.62	6.53
	6	177.06	18.14	6.44

Tabla 26. Contenido de fitosteroles (mg/100g bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la segunda cosecha.

Tratamiento	Repetición	β -Sitosterol	Campesterol	Estigmasterol
Día 0	1	112.55	14.32	5.75
	2	167.73	16.23	6.50
	3	166.31	16.64	6.34
	4	140.38	14.56	5.93
	5	152.53	15.45	6.84
	6	146.97	16.85	6.42
15 días de refrigeración	1	156.54	15.83	6.58
	2	154.82	16.03	6.15
	3	149.94	15.32	6.60
	4	143.46	16.04	6.31
	5	122.87	13.65	6.93
	6	154.84	15.98	6.37
30 días de refrigeración	1	144.10	16.01	6.03
	2	134.95	14.93	6.11
	3	144.27	14.60	5.69
	4	140.29	15.16	5.93
	5	158.50	15.86	5.77
	6	139.88	14.30	5.64
50 días de refrigeración	1	183.93	18.04	6.47
	2	132.55	14.21	5.59
	3	166.02	16.72	6.73
	4	188.09	19.59	6.05
	5	141.09	15.70	6.55
	6	153.37	15.98	5.49
22 días de refrigeración + anaquel	1	158.12	18.21	6.68
	2	167.74	21.88	6.82
	3	175.72	16.84	6.23
	4	177.42	17.29	6.52
	5	158.59	16.28	5.72
	6	170.65	16.65	7.09
37 días de refrigeración + anaquel	1	186.31	19.84	6.75
	2	179.55	18.99	6.11
	3	182.24	16.67	5.87
	4	190.20	17.22	6.56
	5	156.52	16.86	5.97
	6	185.85	20.25	6.91
57 días de refrigeración + anaquel	1	154.76	15.60	5.79
	2	160.55	15.82	5.91
	3	152.11	16.41	5.96
	4	177.60	19.63	5.67
	5	163.61	17.41	6.16
	6	144.60	15.70	7.02

Tabla 27. Contenido de fitosteroles (mg/100g bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de la tercera cosecha.

Tratamiento	Repetición	β -Sitosterol	Campesterol	Estigmasterol
Día 0	1	150.78	14.12	5.77
	2	136.24	16.25	6.75
	3	162.44	16.00	5.79
	4	143.07	14.17	5.28
	5	136.57	16.89	6.62
	6	122.75	13.99	5.87
15 días de refrigeración	1	154.10	14.93	6.27
	2	145.70	14.07	5.64
	3	139.11	14.70	6.09
	4	151.53	14.47	5.86
	5	142.56	13.96	5.79
	6	148.49	16.06	6.29
30 días de refrigeración	1	100.25	12.05	6.11
	2	154.54	16.71	6.42
	3	137.55	14.20	6.25
	4	131.66	13.35	5.84
	5	132.97	14.05	6.04
	6	128.63	13.58	6.01
50 días de refrigeración	1	148.10	16.94	6.01
	2	150.99	16.07	6.56
	3	157.37	16.39	6.04
	4	157.66	17.05	6.13
	5	147.24	14.84	6.42
	6	157.81	16.08	6.50
22 días de refrigeración + anaquel	1	150.27	15.78	5.80
	2	157.23	16.66	5.99
	3	151.68	15.77	6.33
	4	133.32	15.21	6.27
	5	132.08	15.94	6.65
	6	146.20	17.27	6.68
37 días de refrigeración + anaquel	1	122.20	12.75	5.92
	2	144.63	14.66	6.11
	3	158.45	16.12	6.09
	4	113.53	11.77	5.46
	5	174.33	16.62	7.33
	6	170.04	18.01	6.00
57 días de refrigeración + anaquel	1	148.97	14.75	6.26
	2	147.56	14.72	6.00
	3	146.89	16.19	6.43
	4	169.38	15.59	6.21
	5	185.05	17.08	6.71
	6	161.18	15.18	6.43

I. Compuestos fenólicos

Tabla 28. Contenido de compuestos fenólicos (mg AGE/g bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	1.60	1.37	1.26
	2	1.57	1.41	1.17
	3	1.60	1.59	1.22
	4	1.58	1.38	1.29
	5	1.65	1.43	1.34
	6	1.45	1.42	1.16
15 días de refrigeración	1	1.67	1.72	1.31
	2	1.51	1.81	1.66
	3	1.47	1.54	1.43
	4	1.76	1.52	1.72
	5	1.34	1.45	1.46
	6	1.56	1.49	1.54
30 días de refrigeración	1	1.91	1.71	1.37
	2	1.70	1.87	1.43
	3	1.64	1.69	1.50
	4	1.70	1.24	1.63
	5	1.96	1.68	1.60
	6	1.80	1.54	1.59
50 días de refrigeración	1	1.79	1.93	1.53
	2	1.63	2.03	1.28
	3	1.27	1.80	1.52
	4	1.76	1.89	1.37
	5	1.79	1.54	1.17
	6	1.85	1.73	1.38
22 días de refrigeración + anaquel	1	1.97	1.92	1.72
	2	1.83	1.78	1.45
	3	1.65	2.06	1.54
	4	2.05	1.86	1.82
	5	2.11	1.94	1.78
	6	1.67	1.61	1.87
37 días de refrigeración + anaquel	1	1.68	1.88	1.98
	2	1.84	1.91	1.72
	3	1.96	1.92	1.64
	4	1.64	1.85	1.63
	5	1.85	1.64	1.65
	6	1.44	1.94	1.66
57 días de refrigeración + anaquel	1	1.63	1.71	1.20
	2	1.60	1.63	1.18
	3	1.40	1.64	1.42
	4	1.64	1.49	1.40
	5	1.77	1.61	1.34
	6	1.80	1.57	1.47

m. Ácido abscísico

Tabla 29. Contenido de ácido abscísico (mg/Kg bs) en palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Cosecha		
		Primera	Segunda	Tercera
Día 0	1	1.37	2.0	1.4
	2	1.33	1.9	1.0
15 días de refrigeración	1	16.5	20.1	20.5
	2	15.4	18.0	24.3
30 días de refrigeración	1	15.5	19.0	18.1
	2	15.4	13.2	23.7
50 días de refrigeración	1	12.6	15.5	21.2
	2	12.9	18.2	19.3
22 días de refrigeración + anaquel	1	13.0	15.9	12.0
	2	10.7	14.1	14.5
37 días de refrigeración + anaquel	1	11.9	12.5	18.4
	2	14.0	12.6	21.5
57 días de refrigeración + anaquel	1	16.0	14.9	16.9
	2	15.2	18.0	21.9

n. Capacidad antioxidante

Tabla 31. Capacidades antioxidantes ($\mu\text{mol TEA/g bs}$) de palta cv. Hass durante el almacenamiento en refrigeración ($7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 80% HR) y posterior maduración en anaquel, proveniente de tres cosechas.

Tratamiento	Repetición	Hidrofílica			Lipofílica		
		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha
Día 0	1	18.50	16.63	17.36	2.43	2.34	2.03
	2	21.26	15.57	15.10	2.96	2.16	2.05
	3	21.86	17.88	14.41	2.87	2.57	2.30
	4	19.88	14.48	16.35	2.65	2.00	2.13
	5	20.44	15.72	14.17	2.68	2.33	2.27
	6	17.35	16.02	17.26	2.66	2.44	1.96
15 días de refrigeración	1	20.98	16.52	15.45	2.71	2.05	2.42
	2	19.84	17.81	18.66	2.57	2.30	2.30
	3	19.70	16.42	15.75	2.37	2.23	2.19
	4	19.89	16.96	18.28	2.46	2.33	2.46
	5	17.74	16.41	17.99	2.20	2.20	2.34
	6	21.16	16.78	17.82	2.83	2.63	2.25
30 días de refrigeración	1	18.19	14.54	20.52	3.06	2.34	2.55
	2	16.32	15.85	19.29	2.66	2.93	2.52
	3	17.56	14.58	18.08	2.75	2.42	2.10
	4	15.52	14.99	18.29	3.06	2.84	2.42
	5	16.34	17.48	17.00	3.28	2.87	2.68
	6	21.42	16.92	19.65	2.75	2.42	2.37
50 días de refrigeración	1	20.15	23.17	18.29	3.21	2.54	2.37
	2	16.93	23.26	18.09	3.34	2.75	2.31
	3	13.42	22.64	18.03	2.89	2.64	2.12
	4	20.90	22.98	17.06	2.65	2.92	2.28
	5	17.01	20.56	16.36	3.57	2.72	2.28
	6	17.88	20.76	17.87	2.96	2.90	2.48
22 días de refrigeración + anaquel	1	26.80	20.10	20.54	2.87	2.90	2.78
	2	21.95	21.88	17.87	3.09	2.85	2.39
	3	25.03	23.47	18.76	3.40	3.07	2.34
	4	26.52	22.63	21.08	3.12	3.17	2.73
	5	28.20	22.75	22.29	3.07	2.81	2.91
	6	25.03	20.94	22.80	3.38	3.70	2.98
37 días de refrigeración + anaquel	1	19.69	29.34	22.42	2.55	3.57	3.05
	2	21.87	29.83	24.58	2.60	3.29	3.22
	3	22.33	26.91	22.11	2.76	2.94	2.72
	4	19.52	27.64	20.93	2.77	2.99	2.61
	5	18.48	22.62	21.67	3.00	2.50	2.53
	6	18.45	26.66	21.61	2.48	3.26	2.92
57 días de refrigeración + anaquel	1	13.37	15.07	13.27	2.34	2.58	2.09
	2	18.80	15.09	14.21	2.16	2.46	2.02
	3	16.39	13.92	15.59	2.57	2.21	1.90
	4	17.16	14.09	16.19	2.00	2.14	1.85
	5	14.37	18.25	16.49	2.33	2.38	1.96
	6	14.27	15.68	15.44	2.44	2.70	1.95