

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

Bruno G. Defilippi*, Sebastián Rivera y Edgard Álvarez

*bdefilip@inia.cl

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA La Platina)

Índice

1	Introducción	320
2.	Variabilidad de factores agroclimáticos y de manejo	320
3.	Firmeza de pulpa	322
4.	Desarrollo de color de epidermis	324
5.	Desórdenes fisiológicos	325
6.	Pudriciones	328
7.	Contenido de ácidos grasos	331

Resumen

La calidad de la palta a nivel de consumidor está influenciada por un gran número de factores, tanto a nivel productivo como durante su comercialización. Estos factores van desde la elección del sitio de plantación, hasta las innumerables labores de manejo productivo como riego, nutrición, control de plagas y enfermedades, poda, entre otras. Estas prácticas de manejo durante el crecimiento y desarrollo del fruto en el árbol, tienen por objetivo producir una palta que tenga un potencial adecuado para desarrollar los diversos atributos de calidad requeridos por el consumidor, que incluyen apariencia, textura, sabor y aporte nutritivo característicos de la palta. Considerando además que un gran número de países productores son proveedores de palta a mercados distantes, la fruta a cosecha debe tener el potencial adecuado para llegar con la calidad adecuada a consumidor. Dentro de las variables de precosecha que determinan la calidad y potencial de almacenamiento, existe una gran heterogeneidad la que está dada por factores climáticos, de manejo y asociados a la fisiología del palto, y la interacción entre las variables es la que determina el comportamiento de cada atributo. Por ejemplo, la firmeza de la pulpa es función de la interacción del contenido de calcio y nitrógeno, la disponibilidad de riego en periodos críticos durante desarrollo, el estado de madurez a cosecha y los días entre cuaja y cosecha, entre otros. En este capítulo se analizarán las principales variables o factores agroclimáticos y de manejo agronómico que inciden en los principales atributos de calidad de palta 'Hass', con un énfasis en los cambios asociados al proceso de comercialización y venta en mercados distantes.

1. Introducción

Gran parte de los países productores de palta comercializan su fruta no sólo dentro del mercado interno y la fruta debe ser transportada por semanas hasta los mercados de destino. Esta situación es particularmente importante en la variedad 'Hass' donde importantes países productores, como Chile y Perú, comercializan su fruta incluso después de más de 40 días de haber sido cosechada y embalada. El gran desafío por lo tanto será conservar los atributos que determinan la calidad global de la fruta posterior a cosecha. Dentro de estos atributos, la mantención de una adecuada firmeza de la fruta se considera un indicador clave del comportamiento de postcosecha, y la apariencia externa (el color de la piel) es un índice de madurez y aceptabilidad de palta 'Hass' en los centros de distribución y al consumidor (Cox *et al.*, 2004; Magwaza y Tesfay, 2015). Por lo tanto, considerando que los consumidores de palta 'Hass' pueden diferenciar fácilmente una fruta blanda y lista para el consumo de una fruta inmadura, el desafío para los comercializadores es proveer de un producto homogéneo en términos de calidad global y atributos de maduración. El potencial de vida útil de una palta, así como el de cualquier producto hortofrutícola, está influenciado por una serie de factores externos y otros propios de la fisiología del árbol o la fruta. Los principales atributos de calidad exigidos por el consumidor en palta son el resultado de la interacción de una serie de factores, y existe escasa información orientada a entender el efecto combinado del gran número de variables que determinan el comportamiento de cada uno de ellos durante postcosecha. El objetivo de este capítulo es analizar las principales variables o factores agroclimáticos y de manejo agronómico que inciden en los principales atributos de calidad de palta 'Hass', con un énfasis en los cambios asociados al proceso de comercialización y venta en mercados distantes.

2. Variabilidad de factores agroclimáticos y de manejo

Como se mencionó, una de las limitantes de ofrecer un producto de calidad global en palta es la presencia de una importante variabilidad dentro de una misma caja, la cual, si bien se aprecia en una primera instancia en términos de diferente color de piel, se traduce en una heterogeneidad en sabor, patrón de maduración e incluso en la respuesta a las tecnologías de postcosecha (Defilippi *et al.*, 2015; Hernández *et al.*, 2016). Esta heterogeneidad proviene tanto del largo período de floración y polinización/cuaja, el cual origina la presencia de frutos de distinta edad al momento de cosecha, como a la amplia gama de condiciones en las que se producen los paltos, especialmente con respecto a factores ambientales como la temperatura durante la temporada de crecimiento y desarrollo, y el nivel de exposición al sol (Arpaia, 1994; Sams, 1999; Woolf y Ferguson, 2000). Con el objetivo de cuantificar la variabilidad de factores de pre- y postcosecha, se realizó un estudio durante tres temporadas productivas con paltas provenientes de 42 productores ubicados en los principales valles de producción de palta de Chile (Rivera *et al.*, 2017). Este análisis descriptivo mostró una amplia variabilidad tanto en los parámetros de precosecha, como en el comportamiento de variables de maduración en postcosecha, tanto entre los 42 campos evaluados como entre las tres épocas de cosecha estudiadas (Tabla 1). Entre las variables de precosecha con coeficientes de variación más altos se incluyen la pendiente de plantación, el índice de área foliar, el contenido de zinc foliar, la relación calcio/potasio, la relación calcio/ boro, la altitud sobre el nivel del mar, el contenido de boro en fruta y el manejo del riego en la etapa de floración. A diferencia de estos parámetros,

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

la radiación solar por día, la temperatura máxima promedio de la temporada, la humedad relativa promedio y la temperatura mínima promedio de la temporada presentaron coeficientes de variación más bajos.

Tabla 1. Análisis descriptivo de variables de pre y postcosecha medidas durante 3 temporadas en 42 sitios experimentales (campos) de la var. 'Hass' en Chile.

Variables	Unidad	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Coefficiente Variación (%)
Agroclimáticas					
Días grados acumulados por estación	Día grado	984,0	91,3	2.318	45,7
Temperatura máxima media por temporada	°C	23,4	18,3	28,4	8,9
Temperatura mínima media por temporada	°C	7,9	5,5	13,0	17,9
Humedad relativa media por temporada	%	72,5	62,0	85,0	8,9
Radiación solar media diaria por temporada	W m ⁻²	376,6	325,0	410,0	5,6
Nutrición					
Nitrógeno en fruta	g kg ⁻¹	1,1	0,59	2,0	22,0
Potasio en fruta	g kg ⁻¹	1,9	1,0	3,2	21,9
Calcio en fruta	g kg ⁻¹	0,06	0,02	0,10	24,9
Magnesio en fruta	g kg ⁻¹	0,09	0,05	0,15	23,2
Boro en fruta	mg kg ⁻¹	70,2	12,7	185,3	55,8
Nitrogeno/calcio en fruta	relación	21,0	8,3	60,6	41,7
Calcio/boro en fruta	relación	1.2E-3	2.3E-4	3.9E-3	65,7
Calcio/potasio en fruta	relación	0,04	0,01	0,3	73,6
Potasio/magnesio en fruta	relación	23,8	7,4	43,7	43,7
Características de plantación					
Altitud	m	417,0	89,3	1103,0	62,8
Pendiente de plantación	%	12,0	0	45,5	83,6
Contenido de macroporos en suelo	%	17,7	9,2	40,3	34,0
Plantas por hectárea	número	560,3	143,0	1111,0	45,2
Manejo de riego					
Manejo de riego a floración	%	68,0	0,0	186	53,3
Manejo de riego durante desarrollo del fruto	%	108,0	0,0	256,0	38,2
Fisiología y producción					
Índice de área foliar	m ² m ⁻²	2,6	0,7	10,3	82,7
Diámetro del tronco	mm	64,6	27,7	149,3	33,8
Peso promedio de fruta	g	196,5	126,6	299,9	15,5
Calidad de fruta					
Contenido de materia seca	%	25,8	20,4	30,9	9,7
Firmeza de pulpa	N	265,9	185,8	337,5	8,8
Comportamiento de postcosecha					
Tasa de ablandamiento	N d ⁻¹	4,5	0,21	8,1	48,8
Cambio color de piel	%	22,1	0,0	100,0	134,0
Días a maduración	d	3,2	0,7	10,1	48,3

Fuente: Adaptado de Rivera et al. (2017)

En atributos o variables de postcosecha, el cambio de color de la piel mostró la mayor variación entre productores, lo que se traduce en términos comerciales en la gran heterogeneidad

comúnmente observada en los mercados de destino en este atributo, y que se conoce como “tablero de ajedrez”. En cuanto a firmeza de pulpa, a pesar de no observar grandes diferencias entre productores y temporadas al momento de cosecha, sí se observó una importante diferencia luego de un período de simulación de almacenamiento y tránsito a destino, donde la tasa de ablandamiento varió entre 2,6 y 6,1 N.d-1 entre temporadas, y con alta variabilidad entre productores. Este comportamiento también se presentó en los días que demora la palta en alcanzar la madurez de consumo en el mercado de destino.

3. Firmeza de pulpa

La palta comienza a madurar una vez cosechada, proceso desencadenado por un aumento en la tasa de respiración y la producción de etileno (Kassim *et al.*, 2013; García-Rojas, 2016). Durante el máximo climatérico, período de alto metabolismo, ocurren la mayoría de los cambios relacionados con la maduración, incluyendo los cambios en la firmeza de pulpa y el color de la piel (García-Rojas *et al.*, 2016; Zamorano *et al.*, 1994). Durante maduración, la palta sufre un ablandamiento importante de la pulpa o mesocarpo lo que influye en la comercialización no solo en términos de la calidad del fruto sino también de su capacidad de almacenamiento y venta en el mercado (Jeong y Huber, 2004; O’Donoghue y Huber, 1992). El ablandamiento de la fruta se asocia principalmente con el desmontaje de la pared celular como consecuencia de las modificaciones en los polisacáridos de la pared celular primaria y sus interacciones (Brummell, 2006). La pared celular de la planta está compuesta de celulosa y hemicelulosas incrustadas en una matriz de pectina. Las pectinas son los polisacáridos más abundantes en la matriz de la pared celular y en la lamela media, desempeñando un papel importante en la regulación de la adhesión de célula a célula (Billy *et al.*, 2008; Defilippi *et al.*, 2018).

El nivel de ablandamiento de pulpa durante almacenamiento tiene un impacto muy alto en la cadena de valor de palta, y por lo tanto la tasa de pérdida de firmeza y el tiempo de maduración se consideran indicadores del momento para alcanzar madurez de consumo. Entre los nutrientes de la planta, Rivera *et al.* (2017) observaron que el contenido de calcio, y su relación con otros nutrientes como potasio y nitrógeno, afectaron la tasa de ablandamiento, por lo tanto, la firmeza de la fruta después de 35 días de almacenamiento a 5°C. Asimismo, Hofman *et al.* (2002) observaron correlación positiva entre el contenido de Ca y los días necesarios para alcanzar madurez de consumo; es decir fruta que demoró más tiempo en madurar, presentó mayor contenido de Ca. La relación entre el contenido de calcio de la fruta y el avance de maduración se ha documentado ampliamente en palta (Witney *et al.*, 1990; Saucedo-Hernandez *et al.*, 2005; Wills y Tirmazi, 1982). Esta importante relación se debe al efecto del calcio en la estabilización de pectinas para el fortalecimiento de la pared celular de la planta (Sams, 1999). Witney *et al.* (1990) mostraron una relación positiva y significativa entre la concentración de calcio en la pulpa y los días hasta la maduración en palta. Además, un tratamiento con infiltración de cloruro de calcio en palta durante poscosecha ha demostrado ser efectivo para retrasar el proceso de maduración en comparación con la fruta no tratada, sin embargo, este efecto es variedad dependiente (Wills y Tirmazi, 1982; Yuen *et al.*, 1994). El transporte de calcio hacia la fruta ocurre a través del xilema y la mayor absorción de calcio en palta ‘Hass’ ocurre durante las primeras 7 a 8 semanas de cuaja (Bower, 1985). Por lo tanto, el manejo del riego durante las primeras etapas del desarrollo del fruto tiene una influencia en el contenido de calcio

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

del fruto (Bower, 1985; Rivera *et al.*, 2017). En relación con el contenido de nitrógeno, con niveles mayores de N foliar se observó una reducción significativa en el tiempo a maduración (Arpaia *et al.*, 1996). Sin embargo, en nuestro estudio, no observamos una relación significativa entre el contenido de nitrógeno y la tasa de ablandamiento.

El manejo de riego focalizado en las etapas de floración, y el contenido nutricional del fruto a cosecha han mostrado ser variables relevantes que afectan el comportamiento de maduración durante postcosecha (Rivera *et al.*, 2017). Estos resultados indican la importancia de los manejos agronómicos durante las primeras etapas del desarrollo de la palta para lograr una alta calidad de la fruta postcosecha. Se ha observado que el nivel de estrés hídrico podría influir en los patrones de maduración debido a las diferencias en la concentración de ácido abscísico (ABA) entre frutos (Blakey *et al.*, 2009). Por otro lado, un manejo óptimo del riego durante la temporada de crecimiento mostró una relación positiva con el índice de área foliar (IAF) e influyó inversamente en la tasa de ablandamiento durante almacenamiento. La relación entre el IAF y la maduración se explica desde la influencia del IAF en el potencial de fotosíntesis. En palta, los azúcares no estructurales de siete carbonos como manoheptulosa y perseitol se sintetizan durante la fotosíntesis, y se ha observado una disminución del contenido de estos azúcares durante maduración (Liu *et al.*, 2002; Pedreschi *et al.*, 2019). Asimismo, se ha observado correlación entre las concentraciones de azúcares de siete carbonos y la firmeza de la fruta durante postcosecha, indicando que paltas de maduración lenta tienen mayores concentraciones de D-manoheptulosa que de maduración rápida (Blakey *et al.*, 2012). Estos comportamientos permiten postular que azúcares de siete carbonos podrían estar involucrados en la supresión de la maduración. Sin embargo, aún es un área de estudio ya que, por el contrario, Pedreschi *et al.* (2014) no observaron correlación entre estos azúcares y el número de días para maduración. Estos últimos autores postulan además que la heterogeneidad en maduración observada entre las paltas podría correlacionarse mejor con metabolitos clave del metabolismo primario, como diferentes aminoácidos y ácidos grasos, en lugar de azúcares de siete carbonos.

Como ya se mencionó, el contenido de materia seca es aceptado en todo el mundo como un indicador de la madurez de la cosecha, y por lo tanto un porcentaje mínimo de materia seca garantizará una evolución de la maduración después de la cosecha y la obtención de una fruta con estándares organolépticos requeridos por el consumidor (OCDE, 2004). Respecto a la relación entre materia seca medida a cosecha y el nivel firmeza en postcosecha, los escasos estudios realizados a la fecha han demostrado resultados no concluyentes. Hofman *et al.* (2000) observaron una baja relación entre el contenido de materia seca y la calidad de paltas, pero consideraron un rango de materia seca entre 28.8% y 31.4%. En el estudio de Rivera *et al.* (2017), basado en tres años de muestreos proveniente de 48 sitios y con una variabilidad de MS entre 20.4% y 30.9%, se observó relación directamente proporcional con la tasa de ablandamiento. Sin embargo, este resultado contrasta con lo observado por Pedreschi *et al.* (2014), quienes no observaron una relación significativa entre el contenido de materia seca y los días hasta la maduración. Sin duda, materia seca por sí sola no es la variable que determina la tasa de ablandamiento y su contribución estará asociada a la interacción con los otros factores agroclimáticos y de manejo agronómico.

Entre los factores macro climáticos que afectan la fisiología del palto, y por lo tanto de la fruta, destacan la temperatura ambiente durante la temporada de crecimiento y desarrollo. Esta influye en el metabolismo de las plantas, afectando los componentes que definen la firmeza de las paltas (Sams, 1999). La relación entre las temperaturas previas a la cosecha y la maduración de la fruta se ha reportado en varios frutales como peras, manzanas y paltas (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008; Woolf *et al.*, 2000; Woolf y Ferguson, 2000). En la investigación de Rivera *et al.* (2017) en Chile, se encontró que la temperatura mínima promedio y los grados día acumulados durante el crecimiento del fruto afectan proporcionalmente la tasa de ablandamiento durante almacenamiento. Además, se observó que la tasa de ablandamiento mostró una relación proporcional con la temperatura media mínima de la temporada. En Nueva Zelanda, al comparar paltas que fueron expuestas a la luz solar directa y no durante precosecha, se observaron diferencias en el patrón de maduración en postcosecha, y estas diferencias podrían estar relacionadas con la temperatura alcanzada en cada nivel de exposición a la luz solar (Woolf *et al.*, 1999 y 2000).

4. Desarrollo de color de epidermis

Una de las características distintivas de la variedad 'Hass', dentro de la importante disponibilidad de genotipos de palta, es el cambio de color de la piel de verde a negro a medida que la fruta avanza en madurez, siendo el color junto a la firmeza los índices que definen el momento óptimo de consumo (Olivares *et al.*, 2020). Además, al momento de llegar la fruta a destino, este atributo es el que más evidencia el nivel de heterogeneidad de la fruta en la caja, pallet o contenedor. En general, una palta a cosecha no presenta problemas en este atributo ya que incluso es posible hacer una selección a nivel de "packing" previo al embalaje. Al evaluar palta 'Hass' proveniente de 42 productores en Chile, independiente de la zona de origen o manejo agronómico, se observó que el 100% de las paltas a cosecha pueden ser clasificadas como verdes (Defilippi *et al.*, 2015). Sin embargo, a medida que se evaluó fruta con tiempos prolongados de almacenamiento la heterogeneidad en el desarrollo de color se acentúa, obteniendo fruta distintos niveles de porcentaje de viraje o cambio de color. Por lo tanto, el color inicial de la fruta no es un indicador importante del nivel de madurez de la fruta y menos del potencial de almacenamiento.

Respecto factores de precosecha que afectan el color, el cambio en color de la piel de verde a negro está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas/ambientales. Por ejemplo, Rivera *et al.*, (2017) observaron que la temperatura mínima de la temporada, así como la acumulación de días grados, fueron parámetros significativos para definir el cambio de color durante el almacenamiento de palta 'Hass'. Trabajos previos realizados por Cox *et al.* (2004), mostraron la influencia de la temperatura de crecimiento en el contenido de antocianina (cianidina-3-O-glucósido) y clorofila en la piel de la fruta. Esta asociación ha sido revisada en otras frutas como uva (Downey *et al.*, 2006) y manzana (Ubi, 2004). Otras variables que determinan el cambio de color en uva y manzana están relacionadas con el vigor de la planta. En cuanto a aspectos de manejo agronómico, Salazar-García *et al.* (2016) no observaron diferencias en el contenido de clorofila ni de compuestos fenólicos de la piel al comparar un campo con riego en contra posición a uno sin riego. Sin embargo, en nuestro estudio, variables como IAF, manejo del riego y el contenido de nitrógeno de la fruta fueron influyentes en el

cambio en el color de la piel durante el almacenamiento (Rivera *et al.*, 2017). Esto sugiere que podría existir una interacción de factores condicionando la evolución del importante grupo de pigmentos responsables del color en palta 'Hass' (Ashton *et al.*, 2006; Rivera *et al.*, 2017).

5. Desórdenes fisiológicos

Dentro de los desórdenes fisiológicos que se pueden encontrar en palta, el pardeamiento de pulpa y epidermis son los más relevantes a nivel comercial (Woolf *et al.*, 2005). Estos desórdenes se desarrollan tras periodos de conservación en frío en postcosecha (Eaks, 1980). La incidencia y severidad de los desórdenes estará afectado por una serie de factores que incluyen aspectos del manejo agronómico y clima, estado de madurez de cosecha, tiempo de almacenamiento o tránsito a mercados, y temperatura utilizada en este proceso. Los síntomas de pardeamientos internos se describen como oscurecimiento de la pulpa y de los haces vasculares. Los síntomas de pardeamientos externos involucran la aparición de manchas en la superficie del fruto, las cuales son evidentes cuando el fruto aún se encuentra verde. La incidencia de manchas pardeadas no sólo es debida a desórdenes fisiológicos, sino que además pueden expresarse por daños mecánicos y por patógenos, siendo importante un diagnóstico apropiado para entender el origen y la efectividad de las prácticas de manejo.

En general la expresión visual de pardeamiento en frutas se origina por la liberación de compuestos fenólicos a nivel celular, desde la vacuola hacia el citosol, quedando expuestos a la acción de la enzima polifenol oxidasa (Bangerth, 1976). En el caso de los pardeamientos internos (Figuras 1 y 2), la inducción de los daños ocurre durante el almacenaje por ventilación deficiente, bajas temperaturas, y madurez avanzada de las paltas (Berger, 1996).

El estado nutricional del huerto ha mostrado ser determinante en la expresión de pardeamientos en el fruto. Una adecuada nutrición de calcio, con niveles en fruta sobre un umbral requerido, se ha relacionado con menor incidencia de pardeamientos de pulpa y vasculares (Hofman *et al.*, 2002; Thorp *et al.*, 1997; Penter y Stassen, 2000). Según Snijder (2002), en mediciones realizadas en Sudáfrica, una concentración mayor a 1000 mg/kg es requerida al final del periodo de división celular como indicador de buena calidad del fruto. Por otra parte, Du Plessis y Koen (1998), relacionan también una mayor concentración de potasio con una menor incidencia de pardeamientos vasculares, mientras que altas concentraciones de magnesio y nitrógeno podrían promover este tipo de daños. Además, la fruta de cosecha tardía, con un mayor tiempo entre cuaja a cosecha, ha mostrado mayor incidencia de pardeamientos internos (García-Rojas, 2012).



Figura 1. Síntomas de pardeamiento interno en palta. Izquierda, pardeamiento de pulpa. Derecha, pardeamiento vascular, nótese que los puntos ennegrecidos corresponden a haces vasculares pardeados sin comprometer la pulpa del fruto

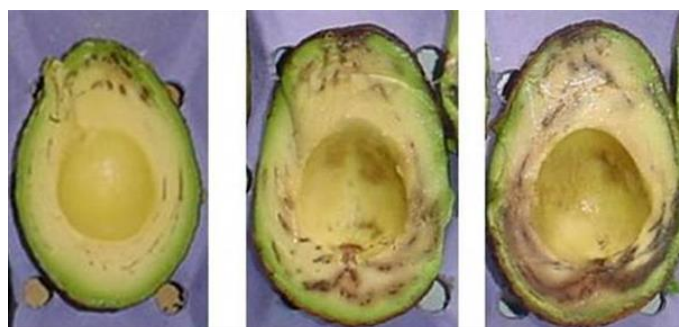


Figura 2. Síntomas leves, moderados y severos de Pardeamiento Vascular

En cuanto a los pardeamientos externos, se pueden reconocer distintos tipos dependiendo de la estructura afectada y su origen (Figura 3). El más común es la lenticelosis. Everett *et al.* (2007), describen los síntomas como pequeñas manchas de pardeamiento difuso de entre 1 y 5 mm de diámetro. Este desorden se origina por el daño físico de las células alrededor de las lenticelas. Roce o golpes de origen natural, como daño por ramas en zonas ventosas, o durante el manejo de cosecha y poscosecha son las principales causas identificadas. Everett *et al.* (2007), reportaron que fruta que se encuentra en condiciones de alta humedad son más propensas a mostrar el daño. Al ser un daño físico, no es una variable que evolucione en el tiempo por madurez de la fruta o por mantención en periodos largos de almacenaje, y en el caso de ocurrir aumento de incidencia en el tiempo, es probable que los manejos asociados a la comercialización y exportación sean los causantes.



Figura 3. Tipos de pardeamientos externos en palta: (izda.) Daño por lenticelosis, (dcha.) Pardeamiento de piel del fruto

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

Otros síntomas de pardeamiento externo corresponden a manchas irregulares oscuras de color pardo o negro en la superficie (piel) del fruto. El origen de estos síntomas de pardeamiento superficial puede deberse tanto a deficiencia nutricional de calcio, como por daños físicos de golpes o abrasiones. Uno de los factores que aumentan la probabilidad de expresión de estos síntomas es la época de cosecha.

Dentro de las clasificaciones de pardeamientos y manchas se ha normalizado a nivel comercial el término “*Black spot*” para expresar el conjunto de manchas negras en la piel del fruto. Usualmente esta categorización no considera la lenticelosis y las enfermedades fungosas ya que sus síntomas son más fáciles de identificar. De esta manera, el “*Black spot*” se compone de pardeamientos externos causados principalmente por daños físicos y fisiológicos. Debido a la amplitud de los factores que pueden inducir daños fisiológicos en el fruto, como por ejemplo la nutrición mineral y variables medioambientales, son estos síntomas los más difíciles de diagnosticar. Consecuentemente, existe un alto porcentaje de pardeamientos o “*Black Spot*” con diagnóstico parcial, siendo sus posibles causas materia de futuros estudios.

- 1) Si bien los síntomas de pardeamiento se expresan mayoritariamente durante la postcosecha, su inducción puede venir desde el huerto (precosecha). Los factores que han sido identificados como posibles causantes de pardeamiento del fruto, pueden ser resumidos en: Equilibrio vegetativo–reproductivo. Dentro del manejo productivo, el equilibrio del crecimiento vegetativo-reproductivo es determinante en el estado nutricional del fruto. Como ya fue mencionado, una alta concentración de calcio en el fruto otorgará una menor susceptibilidad al desarrollo de pardeamientos internos y externos. El exceso de crecimiento vegetativo provocará que el poder sumidero de las hojas y ramas capturen la mayor cantidad de calcio y nutrientes en desmedro del fruto. Consecuentemente, aumenta la probabilidad de pardeamiento en frutos producidos en condiciones de alto vigor. Por otro lado, también se necesita, mantener una cantidad de hojas mínima en los centros frutales del árbol, para favorecer el flujo transpiratorio hacia la fruta y de esta manera favorecer una mayor acumulación de nutrientes de escasa movilidad, como el calcio (Van Rooyen, 2015; Bower *et al.*, 2014).
- 2) Equilibrio nutricional: Para asegurar los aspectos de equilibrio vegetativo-reproductivo, es importante lograr una nutrición adecuada, que no genere excesos ni déficit de nutrientes. En concreto, a las consideraciones expuestas sobre nutrición cálcica, se debe agregar la fertilización nitrogenada, ya que los excesos de N favorecen el crecimiento vegetativo de la planta compitiendo con el fruto en cuanto a la demanda por calcio (Van Rooyen y Bower, 2005). Consecuentemente, en países como Sudáfrica el nitrógeno en el fruto se ha utilizado como predictor de calidad, donde frutos con menos de 1% de concentración en mesocarpo tendrá mayores probabilidades de obtener una mejor calidad en poscosecha, con fruta más firme y menor susceptibilidad a desórdenes (Snijder *et al.*, 2002).
- 3) Sanidad de raíces. Un aspecto importante en el suministro de calcio es la capacidad de absorción por parte de la planta. En ocasiones, el déficit de calcio puede deberse a la incapacidad de la raíz para absorberlo, más que a la falta de este nutriente en el suelo. Mantener un adecuado crecimiento de raíces, evitar la presencia de patógenos o nemátodos y mantener un suelo adecuadamente regado y aireado son aspectos claves.

- 4) Eficiencia de riego. Mantener un riego adecuado es esencial para no detener el flujo transpiratorio de la planta. Bower (1985), muestra que un déficit de riego involucra una menor concentración de calcio en el fruto, comparado con un riego ajustado a la necesidad evapotranspirativa. Asimismo, Witney *et al.* (1990), indican que en el movimiento xilemático del calcio, la velocidad de movimiento del agua depende de la transpiración, la cual se afecta por el cierre estomático bajo situación de déficit hídrico. Ferreyra y Sellés (2006) determinaron que el exceso de riego, y el consecuente anegamiento, puede causar asfixia radical, reduciendo el funcionamiento de raíces. Un deterioro severo del sistema radical eventualmente puede llevar inhibición del crecimiento de hojas y generar abscisión anticipada (Stolzy *et al.*, 1967; Schaffer *et al.*, 1992).
- 5) Madurez de cosecha. Como se ha mencionado anteriormente, el momento de cosecha dentro de la temporada o campaña determina notoriamente la calidad de fruta. Se ha identificado que fruta cosechada de manera tardía (alta materia seca) es más susceptible a desórdenes fisiológicos y patológicos.
- 6) Equilibrio productivo. El equilibrio nutricional debe ir de la mano con la productividad. De esta manera, estudios realizados en la Unidad de Postcosecha de INIA (Chile) mostraron que frutos con exceso de calibre (peso promedio de 320 g), tenían o contenían menos calcio que frutos con menor calibre (peso promedio de 230 g). A su vez, para una misma zona geográfica de producción, frutos con mayor calibre mostraron un 16% de frutos afectados con pardeamiento externo, mientras que aquellos frutos de menor calibre mostraron menor incidencia (< 3%).

6. Pudriciones

Pudriciones son consideradas una de las causas más influyentes en el consumidor y en las intenciones de volver a adquirir paltas (Perkins *et al.*, 2019). Esto es debido a que los síntomas se expresan durante las etapas posteriores al inicio de la maduración postcosecha y son los consumidores quienes tienen más posibilidades de observarlas. Este desafío comercial se agrava al considerar que en algunas zonas y años la incidencia de enfermedades de postcosecha podría llegar a comprometer más del 40% (Hopkirk *et al.*, 1994; Willingham *et al.*, 2006; Everett *et al.*, 2007; Soto, 2015; Fischer *et al.*, 2019).

Pudrición lateral y pudrición peduncular son las principales pudriciones de postcosecha. La pudrición lateral, conocida también como antracnosis o “*body rot*” en inglés, es ocasionada principalmente por hongos del género *Colletotrichum* spp y bajo algunas condiciones ha mostrado ser más significativa, es decir mayor incidencia, que la pudrición peduncular (Prusky *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2019). Los síntomas se caracterizan por lesiones pardo-oscuras y circulares, que comprometen superficie de la pulpa y la piel del fruto (Figura 4). La pudrición peduncular es conocida también como “*stem end rot*” en inglés y se asocia a la incidencia de un complejo de hongos, donde destacan mayoritariamente especies de la familia de las Botryosphaeriaceae (Twizeyimana *et al.*, 2013; Fischer *et al.*, 2019; Valencia *et al.*, 2019). La infección y los síntomas se inician en la herida peduncular de cosecha y avanzan hacia la pulpa, pudiendo comprometer gran parte del fruto en condiciones de alta severidad (Figura 5).

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación



Figura 4. Síntomas de pudrición lateral en palta 'Hass' de madurez de consumo



Figura 5. Síntomas de pudrición peduncular en palta 'Hass' de madurez de consumo. Izquierda, síntomas leves en zona peduncular. Derecha, síntoma avanzando, comprometiendo zona lateral del fruto.

Las pudriciones del fruto son resultados de infecciones que se inician mayoritariamente entre cuaja y cosecha, y las cuales permanecen latentes luego de iniciada la maduración postcosecha (Prusky *et al.*, 1991; Hopkirk *et al.*, 1994; Fischer *et al.*, 2019; Valencia *et al.*, 2019). Las fuentes de inóculo están presentes en la plantación. Para la pudrición lateral, ramillas muertas y hojas de palto y otras especies vegetales hospederas son las principales fuentes de inóculo (Fischer *et al.*, 2019). Para el caso de pudrición peduncular, la madera del palto con cancrrosis es probablemente la principal fuente de inóculo para el fruto (Twizeyimana *et al.*, 2013; Valencia *et al.*, 2019). En esta línea, estrategias culturales y químicas de control de la cancrrosis de la madera ocasionados por especies de la familia Botryosphaerae, adicionalmente deberían controlar la pudrición en el fruto (Twizeyimana *et al.*, 2013; Valencia *et al.*, 2019). El estudio de factores relacionados con la variabilidad en susceptibilidad de los frutos puede facilitar el desarrollo de variedades menos susceptibles y el diseño estrategias de contención preventiva. Durante maduración el fruto experimenta un aumento de susceptibilidad a pudriciones asociada al debilitamiento de barreras naturales. Dentro de las variables de aumento de susceptibilidad destacan la disminución repentina de compuestos antifúngicos (principalmente 1-acetoxy-2-hydroxy-4-oxo-heneicosa-12,15 dieno) en la piel del fruto (Prusky *et al.*, 1991; Ardi *et al.*, 1998); y el debilitamiento de la pared celular. Calcio ha sido asociado con el fortalecimiento de la pared celular en varias especies frutales. Estudios han indicado que paltas con mayor concentración de N y menor de Ca y Mg, y por lo tanto mayor relación N:Ca, se asocian con una alta incidencia y/o severidad de pudriciones laterales (Willingham *et al.*, 2001a; Hofman *et al.*, 2002; Willingham *et al.*, 2006; Everett *et al.*, 2007; Dann *et al.*, 2016). Además, Willingham *et al.* (2006)

observaron mayor incidencia de antracnosis en frutos tratados con alta dosis de N en una de dos temporadas de estudio. El efecto de alto N podría estar atribuido a la inducción indirecta de insuficiencia de Ca en el fruto y el consecuente debilitamiento de la pared celular (Willingham *et al.*, 2001a; 2006). Otra variable correlacionada con pudriciones laterales ha sido el rendimiento productivo, el cual también podría estar asociado a la concentración Ca del fruto (Hofman *et al.*, 2002; Dann *et al.*, 2016). A pesar de que una correlación entre dos variables no implica influencia de una variable sobre otra, correlaciones anteriormente señaladas podrían ayudar a explicar la influencia del portainjerto sobre el desarrollo de enfermedades de postcosecha debido al vigor que podría otorgar al injerto. Willingham *et al.* (2001a, 2006), observaron que frutos de 'Hass' producidas sobre patrón 'Velvick' presentaron aproximadamente 30% menos incidencia de antracnosis que sobre patrón 'Duke 6'. La mayor concentración de antifúngicos dieno y la mayor relación N:Ca en hojas de 'Hass' sobre patrón 'Velvik' puede ser la explicación a la menor susceptibilidad del fruto otorgada por este patrón (Willingham *et al.*, 2001a).

En relación con variables ambientales predisponentes para pudriciones de postcosecha, la temperatura y precipitaciones son influyentes en las etapas de la enfermedad, como en la dispersión, germinación e infección (Everett y Pak, 2002; Twizeyimana *et al.*, 2013; Everett *et al.*, 2007). Para especies de hongos causantes de pudriciones laterales en Nueva Zelanda, temperaturas cercanas a 20 °C fueron óptimas para la germinación de conidias y la formación del apresorio (Everett y Pak, 2002). Asimismo, Everett (2003) determinó que bajas temperaturas (<9.5 °C) fueron restrictivas para la germinación y sobrevivencia de conidias de *Colletrotichum gloeosporioides*; sin embargo *C. acutatum* fue más tolerante (< 3 °C). Para el caso de pudrición peduncular, Valencia *et al.* (2019) observan que temperaturas de 25 °C fueron óptimas para el crecimiento del micelio de hongos causantes de la enfermedad. En Brasil, Fischer *et al.* (2019) observaron una mayor incidencia de pudriciones en una temporada productiva con mayores precipitaciones. En Nueva Zelanda, Pak *et al.* (2003), estimaron un modelo de predicción de incidencia de pudriciones laterales considerando la pluviometría dentro de las 24 h previas a cosecha, el daño superficial del fruto y la fecha de cosecha. Por otro lado, temperatura y precipitaciones no solo influyen directamente sobre el agente patógeno, también pueden influir en el proceso de transpiración y consecuentemente en la acumulación del Ca del fruto. De esta manera, precipitaciones en estadios iniciales de formación del fruto podrían generar una influencia positiva (Everett *et al.*, 2007).

En relación con el control, a pesar de los diversos intentos a nivel mundial por crear estrategias efectivas, a la fecha enfermedades de postcosecha continúa siendo un problema tanto para la industria, como para las investigaciones en palta. Dentro de las estrategias preventivas para la reducción de la presión de inóculo en precosecha destacan el uso de fungicidas en base a cobre y Azoxystrobina (Willingham *et al.*, 2001b; Everett *et al.*, 2005; Fischer *et al.*, 2018). Las aplicaciones fungicidas recomendadas son generalmente secuenciales (pudiendo incluir entre 4 y 8 aplicaciones por temporada) y son previamente agendadas considerando los estados fenológicos del fruto. En otras especies frutales se han utilizado comercialmente las variables medioambientales y la presión de inóculo para determinar los momentos óptimos de aplicación de fungicida y de esta manera disminuir el impacto al medioambiente y al capital económico. Sin embargo, a la fecha, no se han publicado programas fungicidas en base a condiciones ambientales para paltos. En relación con medidas de control en postcosecha, temperatura fría

(<5.5 °C) para almacenaje prolongado pueden ser importantes para ralentizar disminuir y la expresión de pudriciones (Everett, 2003; Burdon *et al.*, 2017). Sin embargo, temperaturas de almacenaje utilizadas a nivel comercial no son lo suficientemente bajas para suprimir completamente la enfermedad (Everett, 2003). En esta línea, Hopkirk *et al.* (1994) observaron mayor incidencia en fruta almacenada a 0-2 °C en comparación a 4-6 °C. Este comportamiento puede ser explicado por la mayor susceptibilidad relacionada al daño por frío inducido a 0-2 °C. El uso de fungicidas Prochloraz en postcosecha ha mostrado ser efectivo (Everett *et al.*, 2007; Obianom y Sivakumar, 2018). Además, se han propuesto alternativas naturales de menor impacto al medio ambiente y al consumidor (Obianom y Sivakumar, 2018; Fischer *et al.*, 2018). Altos niveles de CO₂ también ha mostrado ser influyente en el desarrollo de antracnosis. La exposición por 24 h a alto 30% CO₂ de fruta recién cosechada, aumentó los niveles del compuesto antifúngico dieno y del antioxidante epicatequina y retrasó el desarrollo de antracnosis (Ardi *et al.*, 1998). Sin embargo, niveles de CO₂ usados en atmósfera controlada a nivel comercial (2-6% CO₂) ha mostrado beneficios bajos o nulos en el control de enfermedades de postcosecha (Soto, 2015; Burdon *et al.*, 2017).

7. Contenido de ácidos grasos

El contenido y la composición del aceite en palta difieren en función de la variedad, ubicación geográfica, del campo o finca, el número de días entre la floración y cosecha, estado de madurez a cosecha e incluso según la parte del fruto medido (Ozdemir y Topuz, 2004; Donetti y Terry, 2014; Takenaga *et al.*, 2008; Landahl *et al.*, 2009). Respecto a la variedad 'Hass', las paltas comercializadas desde Chile en el mercado del Reino Unido presentan contenido de ácido oleico entre 57% y 61% del contenido de aceite total, las de España un 54 a 60%, y las de Perú un 40-47%, sugiriendo que el contenido de ácido oleico serviría como marcador metabólico del lugar de origen de la fruta (Donetti y Terry, 2014). Diferencias que serían explicadas por las condiciones edafoclimáticas (Ratovohery *et al.*, 1988). Requejo-Tapia *et al.* (1999) compararon paltos cultivados en dos áreas, encontrando que la zona con la temperatura media más baja tenía mayores contenidos de ácido graso monoinsaturado (ácido oleico) y niveles más bajos de ácido graso saturado (ácido palmítico) que la zona con la temperatura media más alta. Sin embargo, también señalan que la temperatura no sería el único factor que determina la tasa de síntesis de lípidos. En un estudio realizado en Chile por Ferreyra *et al.* (2016) se demostró que el contenido de los principales ácidos grasos del mesocarpo están influenciados por factores climáticos y nutricionales, siendo la temperatura media anual máxima la variable más importante que afecta las concentraciones de ácidos oleico, palmítico y palmitoleico. Además, la pulpa presentó menores cantidades de ácidos grasos de 18 carbonos, y mayores concentraciones de ácidos grasos de 16 carbonos en localidades con temperaturas más altas. Por otra parte, el contenido de N y Mg en pulpa a la cosecha se relacionó con los contenidos de ácido palmítico y palmitoleico, altos niveles de N y Mg disminuyeron el contenido de ácidos grasos saturado de 16 carbonos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) a través de los proyectos Fondecyt Regular 1130107 y 1170501; y de INNOVA Corfo (proyectos 08CT11IUM-10 y 11CEII-9568), por el apoyo a la investigación en aspectos de pre- y postcosecha de palta. Además, se reconoce el valioso y continuo aporte del gran número de productores y exportadores de palta a las iniciativas lideradas por INIA.

Bibliografía

- Ardi, R.; Kobilier, I.; Jacoby, B.; Keen, N.T.; Prusky, D., (1998). Involvement of epicatechin biosynthesis in the activation of the mechanism of resistance of avocado fruits to *Colletotrichum gloeosporioides*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 53:269-285.
- Arpaia, M.L. (1994). Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. *HortScience*, 29:982-985.
- Arpaia, M.L.; Meyer, J.L.; Witney, G.W.; Bender, G.S.; Stottlemeyer, D.S.; Robinson, P.R. (1996). The chasin creek nitrogen fertilizer trial – what did we learn? *California Avocado Society, 1996 Yearbook* 80: 85-98.
- Ashton, O.B.O.; Wong, M.; McGhie, T.K.; Vather, R.; Wang, Y.; Requejo-Jackman, C.; Ramankutty, P.; Woolf, A.B. (2006). Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:10151-10158.
- Bangerth, F. (1979). Calcium related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology* 17: 97-122.
- Billy, L.; Mehinagic, E.; Royer, G.; Renard, C.M.G.C.; Arvisenet, G.; Prost, C.; Jourjon, F. (2008). Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 47:315–324.
- Blakey, R.J.; Bower, J.P.; 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 Biol. Technol.*, 53:72-76.
- Bower, J.P. (1985). The calcium accumulation pattern in avocado fruit as influenced by long-term irrigation regime. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 8: 97-99.
- Bower, J.P. (1985). Some aspects of water relations on avocado (*Persea americana* Mill.) tree and fruit physiology. PhD Thesis, University of Natal, South Africa. Numero de páginas
- Brummell, D.; Cin, V.D.; Lurie, S. (2004). Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. *J. of Experimental Botany*, 55:2041-2052.
- Burdon, J.; Billing, D.; Pidakala, P. (2017). Avoiding chilling damage in 'Hass' avocado fruit by controlled atmosphere storage at higher temperature. *HortScience*, 52:1107-1110.

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

- Cox, K.A.; McGhie, T.K.; White, A.; Woolf, A.B. (2004). Skin colour and pigment changes during ripening of Hass avocado fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 31:287-294.
- Dann, E.K.; Coates, L.M.; Pegg, K.G.; Dean, J.R.; Cooke, A.W.; Smith, L.A.; Shuey, L.; Whiley, A.W.; Hofman, P.J.; Marques, R.; Stubbings, B. (2016). Rootstock selection, nitrogen and calcium influence postharvest disease in avocado. *Acta Horticulturae*, 1120:391-397.
- Defilippi, B.; Ferreyra, R.; Rivera, S. (2015). Optimización de la Calidad de palta Hass: Herramientas Para Enfrentar Nuevos Desafíos. ISSN 0717-4829. *Boletín INIA* 307:27-36.
- Defilippi, B.G.; Robledo, P.; Ferreyra, R.; Soto, S. (2015). Preharvest factors influencing "Hass" avocado quality during long term storage. *Acta Horticulturae*, 1071:137-141
- Defilippi, B.G.; Ejsmentewicz, T.; Covarrubias, M.P.; 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.
- Donetti, M.; Terry, L. (2014). Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass. *Journal of Food Composition and Analysis*, 34: 90-98.
- Downey, M. O.; Dokoozlian, N.K.; Krstic, M.P. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. *Am. J. Enol. Vitic.*, 57:257-268.
- Everett, K.R.; Pak, H.A. (2002). Infection criteria for pathogens causing bodyrots in avocados. *NZ Avocado Growers Association Annual Research Report*, 2:1-7.
- Everett, K.R. (2003). The effect of low temperatures on *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* causing body rots of avocados in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 32:441-448.
- Everett, K.R.; Owen, S.G.; Cutting, J.G.M. (2005). Testing efficacy of fungicides against postharvest pathogens of avocado (*Persea americana* cv Hass). *New Zealand Plant Protection*, 58:89-95.
- Everett, K.R.; Boyd, L.M.; Pak, H.A.; Cutting, J.G.M. (2007). Calcium, fungicide sprays and canopy density influence postharvest rots of avocado. *Australasian Plant Pathology*, 36:22-31.
- Ferreyra, R.; Sellés, G.; Maldonado, P.; Celedón, A.; Barreras, C.; Gil, P. (2006). Seminario Internacional manejo del riego y suelo en el cultivo del palto. La Cruz, Chile.
- Ferreyra, R., Sellés, G., Saavedra, J., Ortiz, J., Zuñiga, C., Troncoso, C., Rivera, S.A., González-Agüero, M.; Defilippi, B.G. (2016). Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill) cv. 'Hass' at harvest. *South African Journal of Botany*, 104:15-20.
- Fischer, I.H.; de Moraes, M.F; de Arruda, M.C.; de Souza, M.; Sodario, J.C.; Firmino, A.C. (2018). Effect of conventional and alternative products on postharvest disease control in avocados. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40:1-10.

- Fischer, I.H.; de Moraes, M.F.; Firmino, A.C.; Amorim, L. (2019). Detection and epidemiological progress of quiescent avocado diseases. *Ciencia Rural*, 49 (8):1-10.
- García-Rojas, M.; Gudenschwager, O.; Defilippi, B.; González-Agüero M. (2012) Identification of genes possibly related to loss of quality in late-season 'Hass' avocados in Chile. *Postharvest Biology and Technology*, 73: 1-7.
- García-Rojas, M., Morgan, A., Gudenschwager, O., Zamudio, S., Campos-Vargas, R. González-Agüero, M and Defilippi, B.G*. (2016). Biosynthesis of fatty acids-derived volatiles in 'Hass' avocado are modulated by ethylene and storage conditions during ripening. *Scientia Horticulturae* 202:91-98.
- Hernández, I.; Fuentealba, C.; Olaeta, J.A.; Lurie, S.; Defilippi, B.G.; Campos-Vargas, R.; Pedreschi, R. (2016). Factors associated with postharvest ripening heterogeneity of Hass avocados (*Persea americana* Mill). *Fruits*, 71:259-268
- Hofman, P.J.; Jobin-Décor, M.; Giles, J. (2000). Percentage of dry matter and oil content are not reliable indicators of fruit maturity or quality in late-harvested 'Hass' avocado. *Postharvest Biol. Technol.*, 35:694-695.
- Hofman, P.J.; Vuthapanich, S.; Whiley, A.W.; Klieber, A.; Simons, D.H. (2002). Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92:113-123.
- Hopkirk, G.; White, A.; Beever, D.J.; Forbes, S.K. (1994). Influence of Postharvest Temperatures and the Rate of Fruit Ripening on Internal Postharvest Rots and Disorders of New-Zealand Hass Avocado Fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 22:305-311.
- Jeong, J.; Huber, D.J.; Sargent, S.A. (2002). Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 25:241-256.
- Kassim, A.; Workneh, T.S., Bezuidenhout, C.N. (2013). A review on postharvest handling of avocado fruit. *African J. Agric. Res.*, 8:2385–2402.
- Landahl, S.; Meyer, M.D.; Terry, L.A. (2009). Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57:7039-7047.
- Liu, X.; Sievert, J.; Arpaia, M.L.; Madore, M. (2002). Postulated physiological roles of the seven-carbon sugars, mannoheptulose, and perseitol in avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 127, 108-114.
- O'Donoghue, E.M.; Huber, D.J. (1992). Modification of matrix polysaccharides during avocado (*Persea americana*) fruit ripening: an assessment of the role of Cx-cellulase. *Physiol. Plant.*, 86:33–42.
- Olivares, D.; Alvarez, E.; Véliz, D.; García-Rojas, M.; Diaz, C.: Defilippi, B.G. (2020). Effects of 1-methylcyclopropene and controlled atmosphere on ethylene synthesis and quality

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

- attributes of avocado cvs. Edranol and Fuerte. *Journal of Food Quality*. ID5075218. 14 pp.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2004). International standardization of fruit and vegetables, Avocados (<http://www.oecd.org/tad/code/46590985.pdf>)
- Obianom, CH.; Sivakumar, DH. (2018). Natural plant volatiles as an alternative approach to control stem-end rot in avocado cultivars. *Journal of Phytopathology*, 116:1-9.
- 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*, 86:79-83.
- Pak H. A.; Dixon J.; Smith D. B.; Elmsly T. A.; Cutting J. G. M. (2002). Impact of rainfall prior to harvest on ripe fruit quality of 'Hass' avocados in New Zealand. *New Zealand avocado growers' association annual research report*, 2:22-31.
- Pedreschi R.; Muñoz, P.; Robledo, P.; Becerra, C.; Defilippi, B.G.; van Eekelen, H.; Mumm, R.; Westra, E.; de Vos, R. Ch. (2014). Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of Hass Avocadoes. *Postharvest Biol. Technol.*, 92:172-179.
- Pedreschi, R.; Uarrota, V.; Fuentealba, C.; Alvaro, J.E.; Olmedo, P.; Defilippi, B.G.; Meneses, C.; Campos-Vargas, R. (2019). Primary metabolism in avocado fruit. *Front. Plant. Sci.*, 10:795.
- Perkins, M.L.; Joyce, D.C.; Coates, L.M. (2019). Possible contribution of impact injury at harvest to anthracnose expression in ripening avocado: A review. *Scientia Horticulturae*, 246:785-790.
- Prusky, D.; Plumbly, R.A.; Kobilier, I. (1991). The relationship between antifungal diene levels and fungal inhibition during quiescent infection of unripe avocado fruits by *Colletotrichum-gloeosporioides*. *Plant Pathology*, 40: 45-52.
- Ratovohery, J.; Lozano, Y.; Gaydou, E. (1988). Fruit development effect on fatty acid composition of *Persea americana* fruit mesocarp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36:287-293.
- Requejo-Tapia, L.C.; Woolf, A.B.; Roughan, G.; Schroeder, R.; Young, H.; White, A. (1999). Seasonal changes in lipid content and fatty acid composition of 'Hass' avocados. *Avocado Postharvest Research*, 99:1-29.
- Rivera, S.A.; Ferreyra, R.; Robledo, P.; Sellés, G.; Arpaia, M.L.; Saavedra, J.; Defilippi, B.G. (2017). Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in "Hass" avocado under long term storage. *Scientia Horticulturae*, 216:29-37.
- Salazar-García, S.; Medina-Carrillo, R.E.; Alvarez-Bravo, A. (2016). Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate 'Hass'. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13:2565-2575.

- Sams, C.E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biol. Technol.* 15, 249-254.
- Saucedo-Hernandez, L.; Martinez-Damián, M.T.; Colinas-León, M.T.; Barrientos-Priego, A.F.; Aguilar-Melchor, J.J. (2005). Calcium nitrate foliar sprays in the ripening and chilling injury of 'Fuerte' avocado. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11, 149-157.
- Schaffer, B; Andersen, P; Ploetz, R. (1992). Responses of fruit trees to fooding. *Horticultural Reviews.* 13, 257–313.
- Snijder, B., Penter, M.G., Mathumbu, J.M. and Kruger, K.F. (2002). Further refinement of 'Pinkerton' export parameters. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 25: 50-53.
- Snijder, B., Mathumbu, J.M and Kruger, F.J. (2003). Development of fruit maturity and mineral content norms for export avocado cultivars from different South African avocado growing regions. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 26: 51-54.
- Stolzy, L.; Zentmyer, G.; Klotz A.; Labanauskas C. (1967). Oxygen diffusion, water, and *Phytophthora cinnamomi* in root decay and nutrition of avocados. *American Society for Horticultural Science.* 90:67-76.
- Soto, S. (2015). Enfermedades de Postcosecha de Palta. En: *Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'. Herramientas para enfrentar nuevos desafíos.* Eds. Defilippi B. G.; Raúl Ferreyra, R.; Riveras S.A. *Boletín INIA*, 307:69-75.
- Takenaga, F.; Matsuyama, K.; Abe, S.; Torii, Y.; Itoh, S. (2008). Lipid and fatty acid composition of mesocarp and see of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *Journal of Oleo Science* 57, 591-597.
- Tesfay, S.Z. (2009). Special carbohydrates of avocado – their function as “sources of energy” and “antioxidants”. PhD Thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa.
- Tesfay, S.Z., Bertling, I. and Bower, J.P. (2010). Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 85: 106-112.
- Twizeyimana, M.; Forster, H.; McDonald, V.; Wang, D.H.; Adaskaveg, J.E.; Eskalen, A. (2013). Identification and pathogenicity of fungal pathogens associated with stem-end rot of avocado in California. *Plant Disease*, 97:1580-1584.
- Ubi, B. (2004). External stimulation of anthocyanin biosynthesis in apple fruit. *Food, Agric. Environ.* 2, 65-70.
- Valencia, A.L.; Gil, P.M.; Latorre, B.A.; Rosales, I.M. (2019). Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species obtained from avocado trees with branch canker and dieback and from avocado fruit with stem end rot in Chile. *Plant Disease*, 103:996-1005.
- Van Rooyen, Z. 2005. Factors affecting mesocarp discolouration severity in 'Pinkerton' avocados (*Persea americana* Mill.). (2005). PhD Thesis, University of Kwazulu-Natal, South Africa.

3.3. Efecto de los factores de precosecha en la calidad postcosecha del cultivar Hass orientada a mercado de exportación

- Van Rooyen, Z. and Bower, J.P. (2003). The role of fruit mineral composition, phenolic concentration and polyphenol oxidase activity on mesocarp discoloration in 'Pinkerton'. South African Avocado Growers Association Yearbook 26: 72-82.
- Van Rooyen, Z. and Bower, J.P. (2005). The role of fruit mineral composition on fruit softness and mesocarp discoloration in 'Pinkerton' avocado (*Persea americana* Mill.) Journal of Horticultural Science and Biotechnology 80: 793-799.
- Villalobos-Acuña, M.G.; Mitcham, E.J., (2008). Ripening of European pears: The chilling dilemma. Postharvest Biol. Technol., 49:187-200.
- Willingham, S.L.; Pegg, K.G.; Anderson, J.M.; Cooke, A.W.; Dean, J.R.; Giblin, F.R.; Coates, L.M. (2006). Effects of rootstock and nitrogen fertiliser on postharvest anthracnose development in Hass avocado. Australasian Plant Pathology, 35: 619-629.
- Willingham, S.L.; Pegg, K.G.; Cooke, A.W.; Coates, L.M.; Langdon, P.W.B.; Dean, J.R. (2001a). Rootstock influences postharvest anthracnose development in 'Hass' avocado. Australian Journal of Agricultural Research, 52: 1017-1022.
- Willingham, S.L.; Pegg, K.G.; Coates, L.M.; Cooke, A.W.; Dean, J.R.; Langdon, P.W.B.; Beasley, D.R., (2001b). Field management of avocado postharvest diseases. Acta Horticulturae, 435-438.
- Wills, R.B.H.; Tirmazi, D.I.H. (1982). Inhibition of ripening of avocados with calcium. Sci. Hort. 16: 323-330.
- Witney, G.W.; Hofman, P.J.; Wolstenholme, B.N. (1990). Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. Sci. Hort. 44: 269-278.
- Woolf, A.B.; Ferguson, I.B.; Requejo-Tapia, L.; Boyd, L.; Laing, W.A.; White, A. (1999). Impact of sun exposure on harvest quality of Hass avocado fruit. Revista Chapingo Serie Horticultura, 5:353-358.
- Woolf A.B.; Ferguson, I.B. (2000). Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. Postharvest Biol. Technol. 21, 7-20.
- Woolf, A.B.; Wexler, A.; Prusky, D.; Kobiler, E.; Lurie, S. (2000). Direct sunlight influence postharvest temperature responses and ripening of five avocado cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 370-376.
- Yuen, C.M.C.; Caffin, N.; Boonyakiat, D. (1994). Effect of calcium infiltration on ripening of avocados of different maturities. Aust. J. Exp. Agric 34: 123-126.
- Zamorano, J.P.; Dopico, B.; Lowe, A.L.; Wilson, I.D.; Grierson, D.; Merodio, C. (1994). Effect of low temperature storage and ethylene removal on ripening and gene expression changes in avocado fruit. Postharvest Biol. Technol. 4:331-342.

