

## El comportamiento poscosecha de frutos de aguacate ‘Hass’ es influenciado por el portainjerto\*

### Postharvest performance of ‘Hass’ avocado fruit is influenced by rootstock

Juan Antonio Herrera-González<sup>1</sup>, Samuel Salazar-García<sup>2§</sup>, Porfirio Gutiérrez-Martínez<sup>3</sup> e Isidro José Luis González-Durán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Uruapan- INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. (herrera.juanantonio@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla- INIFAP. A. P. 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300. (salazar.samuel@inifap.gob.mx; gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Tepic. Av. Tecnológico 2595, Fracc. Lagos del Country, Tepic, Nayarit 63175. (pgutierrez@ittepic.edu.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: salazar.samuel@inifap.gob.mx.

#### Resumen

Los portainjertos clonales de aguacate (*Persea americana* Mill.) mantienen las características deseables del portainjerto y le confieren al árbol una mejor adaptación a condiciones adversas de cultivo. Los portainjertos influyen sobre la calidad interna del fruto de aguacate ya que estos pueden tener diferente capacidad de absorber y transportar nutrimentos así como compuestos orgánicos a la copa del árbol. Sin embargo, este comportamiento depende de la interacción portainjerto-cultivar. El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de 10 portainjertos tolerantes a sequía y cinco tolerantes a *Phytophthora cinnamomi* sobre la calidad poscosecha de frutos de aguacate ‘Hass’. Se cosecharon frutos de ‘Hass’ sobre portainjertos tolerantes a sequía (huerto sin riego; lluvia anual 1 300 mm) o a *P. cinnamomi* (riego mensual de auxilio de abril a junio). En cada caso, se incluyeron como testigos frutos de ‘Hass’ sobre portainjertos criollos originados por semilla. Grupos distintos de frutos fueron almacenados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C y 60% H.R.) o refrigeración por 14 y 28 días (5 °C ± 1 °C y 90% H.R.). La evaluación de portainjertos tolerantes a sequía mostró lo siguiente: i) al momento de la cosecha, los distintos portainjertos afectaron el CMS y CA en la pulpa;

#### Abstract

Clonal avocado (*Persea americana* Mill.) rootstocks maintain the desirable characteristics of the rootstock which confer the tree a better performance under adverse growing conditions. Rootstocks influence the internal quality of avocado fruit as they can have different abilities to absorb and transport nutrients and organic compounds to tree's canopy. However, this behavior depends on the rootstock-cultivar interaction. The objective of this research was to evaluate the influence of 10 drought and five *Phytophthora cinnamomi* tolerant rootstocks on the postharvest quality of ‘Hass’ avocado fruit. ‘Hass’ fruit were harvested from rootstocks tolerant to drought (rainfed orchard, annual rainfall 1300 mm) and *P. cinnamomi* (monthly irrigation relief from April to June). In each case, ‘Hass’ fruit from Creole (native) rootstocks originated by seed were included. Different groups of fruit were stored at room temperature (25 °C ± 1 °C and 60% RH) or cooled for 14 and 28 days (5 °C ± 1 °C and 90% RH). Starting at harvest and during storage pulp dry matter (CMS) and oil content (CA), as well as fruit firmness (F) and physiological weight loss (PFP) were measured until eating maturity. Evaluation of drought tolerant rootstocks showed: i) At the time of harvest, the different rootstocks affected pulp CMS and CA, ii) Type of rootstock influenced pulp CMS and CA, as well as PFP in

\* Recibido: junio de 2012  
Aceptado: diciembre de 2012

ii) en frutos almacenados a temperatura ambiente o en refrigeración por 14 ó 28 días el tipo de portainjerto afectó el CMS y CA en la pulpa, así como la PFP.

**Palabras clave:** *Phytophthora cinnamomi*, poscosecha, refrigeración, sequía.

## Introducción

En México se utilizan portainjertos de aguacate derivados de semilla de origen local llamados criollos. Esto permite tener bajos costos de producción de planta; sin embargo, genera una amplia variación genética, fenológica, productiva y de adaptación a factores ambientales del cultivar injertado sobre ellos. En ocasiones esta variación no es hortícolamente deseable. Dada la necesidad de aumentar la productividad de los huertos sobreponiéndose a factores adversos de cultivo, como salinidad y *Phytophthora cinnamomi*, en diversos países se han desarrollado portainjertos clonales (Barrientos-Priego *et al.*, 2008). La propagación clonal permite utilizar portainjertos selectos que le confieren al árbol una mayor uniformidad hortícola y en ocasiones una mejor adaptación a condiciones adversas de cultivo, comparado con los portainjertos comunes.

La calidad interna del fruto de aguacate es influenciada por el tipo de portainjerto y la interacción cultivar-portainjerto (Ben-Ya'acov, 1987). Los portainjertos tienen diferente capacidad para absorber y transportar nutrientes a la parte aérea del árbol. Kremer-Khöne y Khöne (1992) encontraron que la concentración de nutrientes en la pulpa del fruto fue afectada por el tipo de portainjerto. 'Fuerte' y 'Hass' tuvieron mayor producción sobre el portainjerto 'Duke-7', comparado con 'G6' y 'G755c', aunque la calidad interna del fruto causada por los portainjertos 'Duke-7' y 'G6' fue mejor en 'Hass' que en 'Fuerte'. Por su parte, Willingham *et al.* (2001), encontraron que el portainjerto afectó la susceptibilidad del fruto de 'Hass' a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en poscosecha. Esta susceptibilidad fue relacionada con la presencia de compuestos antifúngicos y la concentración de nutrientes en hojas y frutos, encontrándose una alta correlación entre la severidad de la antracnosis y la relación de la concentración N/Ca en la cáscara.

El contenido de aceite en el fruto de aguacate también es afectado por el portainjerto. Se encontró un mayor contenido de aceite en la pulpa del fruto de los cvs. Hass y Fuerte sobre

fruit stored either at room temperature or refrigerated during 14 or 28 days. F was the less affected parameter. The study with *P. cinnamomi* tolerant rootstocks showed no effect of rootstock on fruit quality at harvest or during storage.

**Key words:** *Phytophthora cinnamomi*, postharvest, cooling, drought.

## Introduction

Avocado rootstocks used in Mexico are originated by seed of local trees called "Criollos" (creoles). This allows low-production costs of the plant; however, it generates a wide genetic variation as well as differences in phenology yield and adaptation to environmental factors of the grafted scion. Sometimes this variation is not desirable. Given the need to increase productivity of avocado orchards overcoming adverse growing factors, such as salinity and *Phytophthora cinnamomi*, clonal rootstocks have been developed in several countries (Barrientos-Priego *et al.*, 2008). Clonal propagation allows the use of selected rootstocks that provide the tree with more horticultural uniformity and sometimes a better adaptation to adverse-growing conditions, compared to that of common rootstocks.

Internal avocado fruit quality is influenced by the type of rootstock and the cultivar-rootstock interaction (Ben-Ya'acov, 1987). Rootstocks have a different capacity to absorb and transport nutrients to tree's canopy. Kremer-Khöne and Khöne (1992) found that pulp nutrient concentration was affected by the type of rootstock. 'Fuerte' and 'Hass' had higher production on 'Duke' rootstock, compared to 'G6' and 'G755c', although internal fruit quality caused by 'Duke-7' and 'G6' rootstocks was better in 'Hass' than in 'Fuerte'. Whereas, Willingham *et al.* (2001) found that rootstock affected the susceptibility of 'Hass' fruit to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in postharvest. This susceptibility was related to the presence of antifungal compounds and the concentration of nutrients in leaves and fruit, finding a high correlation between the severity of anthracnose and the concentration ratio N/Ca in the epidermis.

Fruit oil content is also affected by the rootstock. A higher pulp oil content was found in fruit of the cvs. 'Hass' and 'Fuerte' on Guatemalan and West Indian races rootstocks than when using Mexican race rootstocks (Kadman and Ben-Ya'acov, 1976). Similar results were found when using 'Topa Topa'

portainjertos de las razas guatemalteca y antillana que cuando se usaron portainjertos de la raza mexicana (Kadman y Ben-Ya'acov, 1976). Resultados similares fueron encontrados al utilizar 'Topa Topa' (raza mexicana) como portainjerto de 'Ettinger', el cual produjo frutos con menor contenido de aceite, comparado con frutos del mismo cultivar sobre portainjerto de raza antillana (Gregoriou, 1992).

En Israel, el fruto de 'Ettinger' sobre portainjerto de raza mexicana de origen desconocido alcanzó más rápido su madurez fisiológica, comparado con el portainjerto 'Nabal' de raza Guatemalteca (Ben-Ya'acov y Michelson, 1995). Cuando el aguacate es cosechado antes de haber alcanzado la madurez de corte o madurez fisiológica, el fruto presenta desórdenes y características sensoriales no deseables; además, la calidad alimenticia es inaceptable, se marchita mientras se ablanda o se ablanda irregularmente (Hofman y Jobin-Décor, 1997).

Estos desórdenes se han vuelto parámetros de calidad y se pueden medir. Para determinar la madurez de corte la técnica más usada es la cuantificación del contenido de materia seca (Coggins, 1984; Clark *et al.*, 2003) y el contenido de aceite en la pulpa. La transpiración se mide con relación a la pérdida fisiológica de peso y el ablandamiento se determina midiendo la firmeza del fruto con un penetrómetro (Fuchs *et al.*, 1995).

En México se seleccionaron portainjertos con tolerancia a salinidad, sequía o a *Phytophthora cinnamomi* durante los años 80's (Salazar-García *et al.*, 1984a, b, c; Salazar-García *et al.*, 2004). En los últimos años en el estado de Nayarit se ha evaluado el comportamiento de 'Hass' sobre algunos de los portainjertos clonales seleccionados, tanto en condiciones de temporal (sin riego) como en presencia de *P. cinnamomi*. El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de estos portainjertos clonales sobre la calidad poscosecha de frutos de aguacate 'Hass'.

## Materiales y métodos

### Estudio 1. Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a sequía

**Características del huerto.** En 2000 se estableció un huerto con 18 diferentes portainjertos clonales seleccionados por su tolerancia a sequía, los cuales fueron injertados con 'Hass' en

(Mexican race) as rootstock for 'Ettinger', which produced fruit with lower oil content compared to the fruit of the same cultivar on West Indian rootstock (Gregoriou, 1992).

In Israel, the fruit of 'Ettinger' on Mexican race rootstock of unknown origin attained physiological maturity faster than on the Guatemalan race rootstock 'Nabal' (Ben-Ya'acov and Michelson, 1995). When the avocado is harvested before reaching harvest characteristics or physiological maturity, the fruit present disorders and undesirable sensorial characteristics; in addition, eating quality is unacceptable, wilting as it softens or irregular softening occurs (Hofman and Jobin-Décor, 1997). These disorders have become quality parameters and can be measured.

The quantification of pulp dry matter and oil content are the most used techniques to determine harvest time (Coggins, 1984; Clark *et al.*, 2003). Transpiration is measured as the physiological weight loss and softening is determined by measuring fruit firmness with a penetrometer (Fuchs *et al.*, 1995).

During the 80's in Mexico were selected rootstocks with tolerance to salinity, drought or *Phytophthora cinnamomi* (Salazar-García *et al.*, 1984a, b, c; Salazar-García *et al.*, 2004). In recent years in the State of Nayarit the performance of 'Hass' on some of the selected clonal rootstocks has been evaluated either under rainfed conditions or in the presence of *P. cinnamomi*. The objective of this research was to evaluate the influence of these clonal rootstocks on the postharvest quality of 'Hass' avocado fruit.

## Materials and methods

### Study 1. Fruit quality of 'Hass' on drought tolerant rootstocks

**Orchard characteristics.** In 2000, an orchard with 18 different clonal rootstocks selected for their tolerance to drought was established, which were grafted to 'Hass' in 2001. These rootstocks were selected in Mexico during the 80's (Salazar-García *et al.*, 1984a, b, c; Salazar-García *et al.*, 2004). In the present investigation, only 10 four-year-old (after grafting) clonal rootstocks were included, established in Platanitos, municipality of Tepic, Nayarit, which belong to the Mexican (SS-1, SS-3, SS-6, SS-7, SS-8 and SS-9) and West Indian (SS-11, SS-14, SS-15 and SS-16) races. Creole rootstocks originated by seed of likely West Indian race were used as Controls.

2001. Estos portainjertos fueron seleccionados en México durante los 80's (Salazar-García *et al.*, 1984a, b, c; Salazar-García *et al.*, 2004). En la presente investigación, sólo fueron incluidos 10 portainjertos clonales de cuatro años de edad, después del injerto, establecidos en Platanitos, municipio de Tepic, Nayarit, los cuales pertenecen a las razas Mexicana (SS-1, SS-3, SS-6, SS-7, SS-8 y SS-9) y Antillana (SS-11, SS-14, SS-15 y SS-16). Como testigo, se establecieron portainjertos criollos originados por semilla de probables híbridos naturales de las razas Antillana x Guatemalteca.

**Cosecha y almacenamiento de frutos.** La cosecha fue realizada en octubre 2006. Por cada portainjerto clonal y el testigo se tomaron tres repeticiones (árboles) y 50 frutos por árbol. Por cada repetición, se almacenaron 16 frutos a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 60% H. R.) por 10 días hasta la madurez de consumo. Otro grupo de 16 frutos fue conservado en refrigeración por 14 días a  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 90% H. R.). Un grupo más de 18 frutos se mantuvo en refrigeración por 28 días. Al término de la refrigeración, los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 60% H.R.) hasta madurez de consumo.

### Parámetros evaluados

**Contenido en la pulpa de materia seca y aceite.** Al inicio de cada periodo de almacenamiento y en madurez de consumo se determinó el contenido de materia seca en dos frutos por árbol y el contenido de aceite en un sólo fruto. Las muestras para las dos determinaciones fueron tomadas de la parte central del fruto. Para el contenido de materia seca se tomó una muestra de 20 g de pulpa fresca y fue secada en una estufa con aire forzado a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 h (AOAC, 1990). Para la determinación del contenido de aceite, se utilizaron muestras provenientes de la determinación de materia seca y se extrajo el aceite mediante la técnica establecida por la AOAC (1990) para extracto etéreo. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de aceite extraído (base húmeda).

**Firmeza del fruto.** Para frutos refrigerados el registro de la firmeza (kg-F) se realizó cada tres días y en temperatura ambiente las mediciones fueron diarias hasta madurez de consumo (4 a 1.5 kg-F) (Fuchs *et al.*, 1995). La firmeza se determinó en un fruto por árbol (repetición) con un texturómetro universal (Shimpo, FGE-50, Japón) equipado con un punzón de 10mm de diámetro con cabeza

**Harvest and storage of fruits.** Harvesting was conducted in October 2006. For each clonal rootstock and the Control, three replicates (trees) and 50 fruits per tree were used. For each replicate 16 fruit were stored at room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  and 60% RH) for 10 days to eating maturity. Another group of 16 fruit was kept refrigerated for 14 days at  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  and 90% RH. An additional group of 18 fruit was kept in refrigeration for 28 days. After refrigeration, the fruit were taken at room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  and 60% RH) until eating maturity.

### Parameters evaluated

**Dry matter and oil content in the pulp.** At the beginning of each storage period and at eating maturity, dry matter content of two fruit per tree and oil content in a single fruit were determined. Samples for both determinations were taken from the central part of the fruit. For the dry matter content a sample of 20 g of fresh pulp was dried out in a forced air oven at  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 48 h (AOAC, 1990). For oil content, pulp samples from the determination of dry matter were used and the oil was extracted by ethereal extraction technique (AOAC, 1990). Results are expressed as percentage of extracted oil (wet basis).

**Fruit's firmness.** For cool stored fruits, firmness recording (kg-F) was performed every three days and, at room temperature were measured daily until eating maturity (4 to 1.5 kg-F) (Fuchs *et al.*, 1995). Firmness was determined in a fruit per tree (repeat) with a universal texturometer (Shimpo, FGE-50, Japan) equipped with a flat-headed 10 mm diameter punch. Measurements were made penetrating the fruit after peel removal in the middle of opposite sides (Fuchs *et al.* 1995; Covarrubias *et al.*, 2007).

**Physiological weight loss.** In fruit stored at room temperature, this parameter was recorded daily until eating maturity. For refrigerated fruits, measurements were performed every three days and then transferred to room temperature where measurements were taken daily. A digital balance (Sartorius, BL3100, Germany) was used and the results were based on the percentage of weight lost.

### Statistical analysis

A completely randomized design with a single source of variation (rootstocks) was used. Analyses of variance were performed with SAS for Windows V9. Mean comparisons

plana. Las mediciones se realizaron penetrando la fruta sin cáscara en la parte central de los lados opuestos (Fuchs *et al.*, 1995; Covarrubias *et al.*, 2007).

**Pérdida fisiológica de peso.** En frutos almacenados a temperatura ambiente este parámetro se registró diariamente hasta la madurez de consumo. Para frutos refrigerados el registro se realizó cada tres días y después de trasladados a temperatura ambiente las mediciones fueron diarias. Se empleó una balanza digital (Sartorius, BL3100, Alemania) y los resultados se expresaron con base en el porcentaje del peso perdido.

### Análisis estadístico

Se empleó un modelo completamente aleatorizado con un solo factor de variación (portainjerto). Se realizaron análisis de varianza con el paquete estadístico SAS para Windows V9. La comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan,  $p= 0.05$ . Adicionalmente, se realizaron comparaciones del portainjerto criollo contra cada uno de los portainjertos clonales mediante una prueba de *t*.

### Estudio 2. Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi*

Este huerto también fue establecido en 2000 en La Yerba, municipio de Tepic, Nayarit. Inicialmente fueron establecidos nueve diferentes portainjertos clonales tolerantes a *P. cinnamomi* que fueron injertados con 'Hass' en el 2001. Estos portainjertos también fueron seleccionados en México (Salazar-García *et al.*, 2004). En este estudio sólo fueron incluidos cuatro portainjertos clonales de cinco años de edad pertenecientes a la raza Mexicana (SS-19, SS-21, SS-23 y SS-25). Como referencia fue incluido el portainjerto clonal Duke-7, también de raza Mexicana y seleccionado en California (Zentmyer y Thorn, 1956). Como testigo, se incluyeron portainjertos criollos originados por semilla con las características descritas en el estudio 1.

**Cosecha y almacenamiento del fruto.** Los frutos de 'Hass' fueron cosechados en septiembre 2006. El almacenamiento fue igual al descrito en el estudio 1.

**Parámetros evaluados y análisis estadístico.** Los procedimientos empleados para la evaluación de parámetros y el aspecto estadístico fueron similares a los descritos en el estudio 1.

were made with Duncan's test,  $p= 0.05$ . Additional comparisons were made for Creole rootstock against each clonal rootstock by *t* test.

### Study 2. 'Hass' fruit quality on rootstocks tolerant to *Phytophthora cinnamomi*

This orchard was also established in 2000, in La Yerba, municipality of Tepic, Nayarit. Nine different clonal rootstocks tolerant to *P. cinnamomi* were initially established and grafted to 'Hass' in 2001. These rootstocks were also selected in Mexico (Salazar-García *et al.*, 2004). This study only included four five-year-old clonal rootstocks belonging to the Mexican race (SS-19, SS-21, SS-23, and SS-25). As a reference, clonal Duke-7 rootstock (Mexican race) was included, which was selected in California (Zentmyer and Thorn, 1956). As a control, Creole rootstocks were used which characteristics are described in Study 1.

**Harvest and storage of the fruit.** 'Hass' fruit were harvested in September 2006 and storage treatments were as described in Study 1.

**Parameters evaluated and statistical analysis.** The procedures used for evaluating fruit quality parameters and the statistical procedures were similar to those described in Study 1.

## Results

### Study 1. Fruit quality of 'Hass' on drought tolerant rootstocks

#### Characteristics of fruit at harvest

'Hass' fruit on all rootstocks showed a clear difference in the dry matter and oil content at harvest time (Table 1). The fruit of 'Hass' on rootstock SS-16 showed the highest dry matter (29.2%) and oil content (15.9%), compared to SS-15, which was the lowest (21.6% dry matter and 9.2 % oil).

#### Characteristics of fruit stored at room temperature (25 °C ± 1 °C) for 10 days

Fruit showed an increase in dry matter and oil content as they reached eating maturity (Table 2). This increase showed no difference between the fruit of 'Hass' from on all the

## Resultados

### Estudio 1. Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a sequía

#### Características del fruto al momento de la cosecha

Al momento de la cosecha los frutos de 'Hass' de todos los portainjertos, mostraron una clara diferencia en los contenidos de materia seca y aceite (Cuadro 1). Los frutos de 'Hass' sobre el portainjerto SS-16 mostraron el mayor contenido de materia seca (29.2%) y aceite (15.9%), comparado con el SS-15 que fue el de menor contenido (21.6% de materia seca y 9.2% de aceite).

**Cuadro 1. Características de la pulpa de frutos de 'Hass' procedentes de distintos portainjertos al momento de la cosecha. Septiembre 2006.**

**Table 1. Characteristics of the pulp of 'Hass' on different rootstocks at harvest time. September 2006.**

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)	Firmeza (kg-F)
SS-1	24.5 bc <sup>z</sup>	11.8 bc	24.7 a
SS-3	25.3 b	12.5 b	24.6 a
SS-6	24.5 bc	11.8 bc	24.6 a
SS-7	24.1 bc	11.4 bc	24.6 a
SS-8	25.2 b	12.4 b	24.7 a
SS-9	23.6 bc	11.0 bc	24.6 a
SS-11	23.4 bc	10.8 bc	24.6 a
SS-14	22.4 bc	9.9 bc	24.7 a
SS-15	21.6 c	9.2 c	24.6 a
SS-16	29.2 a	15.9 a	24.6 a
Criollo	24.5 bc	11.8 bc	24.6 a

<sup>z</sup>Valores con las mismas literales en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan,  $p=0.05$ .

#### Características de los frutos almacenados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 10 días

Los frutos cosechados presentaron un incremento en los contenidos de materia seca y aceite al llegar a la madurez de consumo (Cuadro 2). Este incremento no presentó diferencia entre los frutos de 'Hass' sobre todos los portainjertos. Al día 10 de almacenamiento los frutos no alcanzaron la madurez de consumo (4.0 a 1.5 kg-F); esta madurez ocurrió hasta los días 11 y 12 (Figura 1A).

Los frutos que más peso perdieron fueron los que contenían menor porcentaje de materia seca y aceite. Esto sucedió con los frutos de 'Hass' procedentes de los portainjertos SS-1, SS-7, criollo y SS-15, superando 13% de pérdida (Figura 1D).

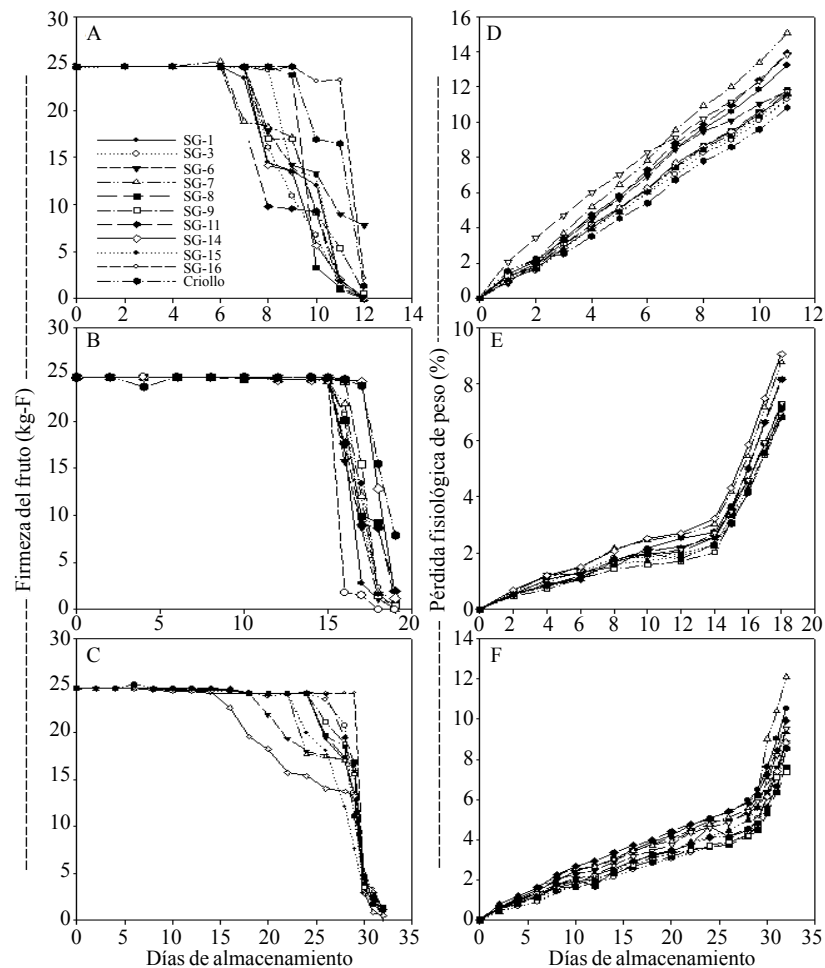
rootstocks. At day 10 of storage, fruit did not reach eating maturity (4.0 to 1.5 kg-F); this maturity occurred until days 11 and 12 (Figure 1A).

Fruit that lost more weight were those containing lower percentage of dry matter and oil. This happened with 'Hass' fruit from rootstocks SS-1, SS-7, Creole, and SS-15, exceeding 13% weight loss (Figure 1D).

Fruit of 'Hass'/Creole showed 28.4% dry matter and 15.3% oil content at the end of the room temperature storage. The *t* test for 'Hass'/Creole against each rootstock showed lower values for 'Hass'/SS-15 (25% dry matter and 12.2% oil) and higher for 'Hass'/SS-16 (32.7% dry matter and 19.1% oil) (Table 2).

#### Characteristics of fruit after 14 days under refrigeration ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and then transferred to room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) until eating maturity.

These fruits showed an increase in dry matter and oil content (Table 3), compared to those recorded at the time of harvest (Table 1). The fruit of 'Hass' on SS-3, SS-8 and SS-16 had the highest dry matter content, the rest, including 'Hass'/Creole ranged between 23 and 26%. The fruit of Hass/Creole showed greater resistance to penetration (Figure 1B). Fruit weight loss showed no differences due to rootstock used (data not shown) (Figure 1E). The *t* test showed that both dry matter and oil content of 'Hass'/Creole were similar to most rootstocks, except for SS-15 and SS-16 that were smaller and larger, respectively (Table 3).



**Figura 1.** Firmeza y pérdida fisiológica de peso de frutos de 'Hass' procedentes de varios portainjertos tolerantes a sequía y almacenados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 10 días (A y D), refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 14 días (B y E), refrigeración por 28 días (C y F). Al final de la refrigeración los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente hasta madurez de consumo.

**Figure 1.** Firmness and physiological weight loss of fruit of 'Hass' on various drought tolerant rootstocks which were stored at room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 10 days (A and D), or refrigerated ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 14 days (B and E) and 28 days (C and F). At the end of cold storage the fruit were transferred to room temperature until eating maturity.

Los frutos de Hass/criollo presentaron 28.4% materia seca y 15.3% aceite al término del almacenamiento a temperatura ambiente. La prueba de *t* entre Hass/criollo contra cada portainjerto mostró menores valores para Hass/SS-15 (25% materia seca y 12.2% aceite) y mayores para Hass/SS-16 (32.7% materia seca y 19.1% aceite) (Cuadro 2).

#### **Características de los frutos después de 14 días en refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y trasladados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hasta la madurez de consumo.**

Estos frutos presentaron un aumento en el contenido de materia seca y aceite (Cuadro 3), respecto a los registrados al momento de la cosecha (Cuadro 1). Los frutos de 'Hass'

#### **Characteristics of fruit after 28 days under refrigeration ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and transferred to room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) until eating maturity.**

Although not widespread, at eating maturity there were differences in the dry matter and oil content of 'Hass' fruit on all rootstocks. The fruit of 'Hass'/SS-16 showed the highest values of dry matter (31.9%) and oil (17.9%) (Table 4). For 'Hass'/SS-14 softening began at 14 days of refrigeration (Figure 1C). At the end of 28 days fruit firmness showed no difference due to rootstocks and recorded values were between 24 kg-F (SS-16) and 12.1 kg-F (SS-15). The *t* test indicated that fruit of 'Hass'/SS-14 softened faster than fruit of 'Hass'/Creole during cold storage (data not shown).

sobre SS-3, SS-8 y SS-16 presentaron los contenidos más altos de materia seca; el resto, incluyendo a Hass/Criollo, osciló entre 23 y 26%. Los frutos de Hass/criollo presentaron mayor resistencia a la penetración (Figura 1B). La pérdida de peso del fruto no mostró diferencias debidas al portainjerto empleado (Figura 1E). La prueba de *t* mostró que los contenidos de materia seca y aceite de los frutos de Hass/criollo fueron similares a la mayoría de los demás portainjertos, con excepción de SS-15 y SS-16 que fueron menores y mayores, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 2. Características de la pulpa de frutos de ‘Hass’ procedentes de distintos portainjertos a los 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C).**

**Table 2. Characteristics of the pulp of ‘Hass’ on different rootstocks after 10 days of storage at room temperature (25 °C ± 1 °C).**

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)
SS-1	<sup>z</sup> A 28.2 a <sup>y</sup>	A 15.1 a
SS-3	A 28.5 a	A 15.4 a
SS-6	A 28.0 a	A 14.9 a
SS-7	A 28.4 a	A 15.2 a
SS-8	A 28.6 a	A 15.4 a
SS-9	A 26.8 a	A 13.8 a
SS-11	A 26.4 a	A 13.5 a
SS-14	A 25.4 a	A 12.6 a
SS-15	B 25.0 a	B 12.2 a
SS-16	B 32.7 a	B 19.1 a
Criollo	A 28.4 a	A 15.3 a

<sup>z</sup> Valores con las mismas literales mayúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de *t*, *p*=0.05 (compara el criollo contra cada uno de los portainjertos). <sup>y</sup> Valores con las mismas literales minúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan, *p*=0.05.

**Características de los frutos después de 28 días en refrigeración (5 °C ± 1 °C) y trasladados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C) hasta la madurez de consumo.**

Aunque no de manera generalizada, en madurez de consumo hubo diferencias en los contenidos de materia seca y aceite de los frutos de ‘Hass’ sobre todos los portainjertos. Los frutos de Hass/SS-16 mostraron los valores más altos de materia seca (31.9%) y aceite (17.9%) (Cuadro 4). En Hass/SS-14 el ablandamiento comenzó a los 14 días de refrigeración (Figura 1C). Al término de los 28 días de refrigeración la firmeza no presentó diferencia entre los frutos debido a los portainjertos, registrándose valores entre 24 kg-F (SS-16)

**Cuadro 3. Características de la pulpa de frutos de ‘Hass’ procedentes de distintos portainjertos refrigerados (5.5 °C ± 1 °C) por 14 días y trasladados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C) hasta llegar a la madurez de consumo.**

**Table 3. Characteristics of the pulp of ‘Hass’ on different rootstocks after refrigeration (5.5 °C ± 1 °C) for 14 days and then transferred to room temperature (25 °C ± 1 °C) until eating maturity.**

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)
SS-1	<sup>z</sup> A 26.3 bc <sup>y</sup>	A 13.4 bc
SS-3	A 27.2 b	A 14.2 b
SS-6	A 26.6 bc	A 13.7 bc
SS-7	A 26.4 bc	A 13.4 bc
SS-8	A 27.1 b	A 14.1 b
SS-9	A 25.4 bc	A 12.5 bc
SS-11	A 26.7 bc	A 13.7 bc
SS-14	A 24.1 bc	A 11.4 bc
SS-15	B 23.3 c	A 10.7 c
SS-16	B 31.4 a	A 17.9 a
Criollo	A 25.7 bc	A 12.8 bc

<sup>z</sup> Valores con las mismas literales mayúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de *t*, *p*=0.05 (compara el criollo contra cada uno de los portainjertos). <sup>y</sup> Valores con las mismas literales minúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan, *p*=0.05.

**Cuadro 4. Características de la pulpa de frutos de ‘Hass’ procedentes de distintos portainjertos refrigerados (5.5 °C ± 1 °C) por 28 días y trasladados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C) hasta llegar a la madurez de consumo.**

**Table 4. Characteristics of the pulp of ‘Hass’ on different rootstocks after refrigeration (5.5 °C ± 1 °C) for 28 days and then transferred to room temperature (25 °C ± 1 °C) until eating maturity.**

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)
SS-1	<sup>z</sup> A 27.4 a <sup>y</sup>	A 14.3 a
SS-3	A 27.2 a	A 14.6 a
SS-6	A 26.9 a	A 13.9 a
SS-7	A 27.4 a	A 14.4 a
SS-8	A 27.3 a	A 14.2 a
SS-9	A 25.9 a	A 13.0 a
SS-11	A 27.3 a	A 14.2 a
SS-14	A 24.8 a	A 12.0 a
SS-15	A 23.8 a	A 11.2 a
SS-16	B 31.9 b	B 17.9 b
Criollo	A 25.6 a	A 12.8 a

<sup>z</sup> Valores con las mismas literales mayúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de *t*, *p*=0.05 (compara el criollo contra cada uno de los portainjertos). <sup>y</sup> Valores con las mismas literales minúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan, *p*=0.05.



y 12.1 kg-F (SS-15). La prueba de *t* indicó que los frutos de Hass/ SS-14 se ablandaron más rápido que los frutos de Hass/criollo durante la refrigeración (no se muestran datos).

En madurez de consumo la mayor pérdida fisiológica de peso correspondió a Hass/SS-7 (12.1%), comparado con el resto de los portainjertos (7-10%) (Figura 1F), incluyendo a Hass/criollo. La prueba de *t* para esta misma variable indicó que Hass/SS-15 (9.5%) superó 8.8% de pérdida de Hass/criollo.

## Estudio 2. Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi*

### Características del fruto al momento de la cosecha.

Los frutos de 'Hass' sobre los portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi* (SS-19, SS-21, SS-23 y SS-25), Duke-7 y el criollo no mostraron diferencias en los contenidos de materia seca (19.8% a 24.8%), de aceite (7.6% a 12.0%) y firmeza de la pulpa (24 kg-F) al momento de la cosecha.

### Características de los frutos almacenados a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C) por 10 días

El contenido de materia seca y aceite en la pulpa de los frutos de 'Hass' no presentó diferencias significativas debidas al portainjerto o a las condiciones de almacenamiento. La prueba de *t*, tampoco indicó diferencias entre los frutos de Hass/criollo y los de los demás portainjertos tolerantes a *P. cinnamomi*. Los contenidos de materia seca variaron de 22.1% (Hass/criollo) a 28.3% (Hass/SS-19) y los de aceite de 9.7% (Hass/criollo) a 15.2% (Hass/Duke-7) (Cuadro 5).

En el caso de la firmeza, los frutos de 'Hass' sobre todos los portainjertos no mostraron diferencias al llegar a la madurez de consumo (Figura 2A). La pérdida fisiológica de peso a la madurez de consumo fue diferente para los frutos de todos los portainjertos. Los frutos de Hass/SS-23 perdieron más peso (13%), que los de Hass/criollo (8%). Sólo los frutos de Hass/SS-19 y SS-23 tuvieron una pérdida de peso superior a 10% al llegar a la madurez de consumo (Figura 2D).

At eating maturity, the highest physiological weight loss corresponded to 'Hass'/SS-7 (12.1%), compared to the rest of the rootstocks (7-10%) (Figure 1F), including 'Hass'/Creole. The *t* test indicated that 'Hass'/SS-15 (9.5%) exceeded 8.8% the loss of 'Hass'/Creole (data not shown).

## Study 2. Fruit quality of 'Hass' on *Phytophthora cinnamomi* tolerant rootstocks

### Characteristics of fruit at harvest

Fruit of 'Hass' on *P. cinnamomi* tolerant rootstocks (SS-19, SS-21, SS-23 and SS-25), Duke-7 and Creole showed no difference in the contents of dry matter (19.8% to 24.8%) and oil (7.6% to 12.0%), as well as on pulp firmness (24 kg-F) (data not shown).

### Characteristics of fruit stored at room temperature (25 °C ± 1 °C) for 10 days

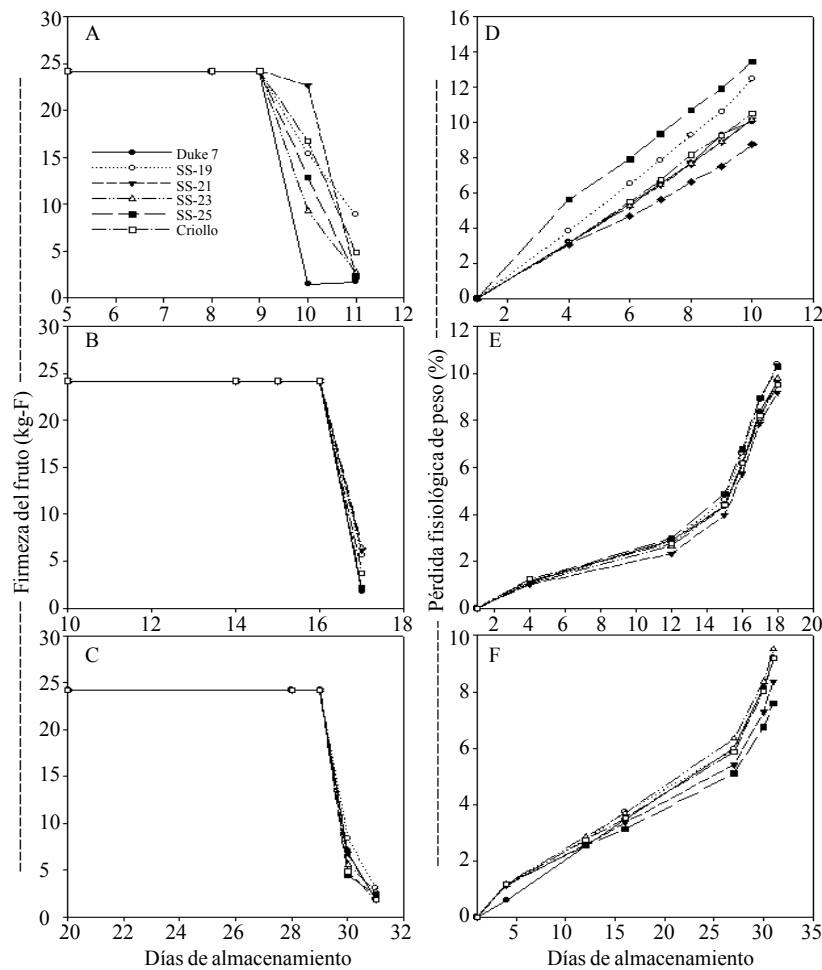
Pulp dry matter and oil content of 'Hass' fruit did not have significant differences due to rootstock or storage conditions. The *t* test indicated no differences between fruits of 'Hass'/Creole and the other rootstocks tolerant to *P. cinnamomi*. Dry matter content ranged from 22.1% ('Hass'/Creole) to 28.3% ('Hass'/SS-19) and those of oil from 9.7% ('Hass'/Creole) to 15.2% ('Hass'/Duke-7) (Table 5).

### Cuadro 5. Características de la pulpa de frutos de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *P. cinnamomi* a los 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C).

Table 5. Characteristics of the pulp of 'Hass' on different rootstocks tolerant to *P. cinnamomi* after 10 days of storage at room temperature (25 °C ± 1 °C).

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)
Duke-7	<sup>z</sup> A 26.2 a <sup>y</sup>	A 15.2 a
SS-19	A 28.3 a	A 13.3 a
SS-21	A 25.4 a	A 12.6 a
SS-23	A 24.8 a	A 12.1 a
SS-25	A 23.4 a	A 10.8 a
Criollo	A 22.1 a	A 9.7 a

<sup>z</sup>Valores con las mismas literales mayúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de *t*, *p*=0.005 (compara el criollo contra cada uno de los portainjertos). <sup>y</sup>Valores con las mismas literales minúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan, *p*=0.05.



**Figura 2.** Firmeza y pérdida fisiológica de peso de frutos de 'Hass' procedentes de varios portainjertos tolerantes a *P. cinnamomi* y almacenados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 10 días (A y D), refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 14 días (B y E), refrigeración por 28 días (C y F). Al final de la refrigeración los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente hasta madurez de consumo.

**Figure 2.** Firmness and physiological weight loss of fruit of 'Hass' on various *P. cinnamomi* tolerant rootstocks which were stored at room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 10 days (A and D), or refrigerated ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 14 days (B and E) and 28 days (C and F). At the end of cold storage the fruit were transferred to room temperature until eating maturity.

### Características de los frutos almacenados en refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 14 días y trasladados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hasta la madurez de consumo.

Los frutos de 'Hass' no mostraron diferencias significativas, debidas al portainjerto, en el contenido de materia seca y aceite en la pulpa al llegar a la madurez de consumo. Los valores de materia seca fluctuaron de 21.9% (Hass/criollo) a 27.6% (Hass/SS-19) y los de aceite de 9.5% (Hass/criollo) a 14.5% (Hass/Duke-7) (Cuadro 6). Respecto a la firmeza del fruto, 'Hass' sobre cualquiera de los portainjertos no presentó diferencias significativas durante los 14 días de refrigeración.

Regarding firmness, fruit of 'Hass' on all rootstocks showed no difference at eating maturity (Figure 2A). Physiological weight loss at eating maturity was different for all the rootstocks. The fruit of 'Hass'/SS-23 lost more weight (13%) than 'Hass'/Creole (8%). Only fruit of 'Hass' on SS-19 and SS-23 had a weight loss higher than 10% at eating maturity (Figure 2D).

### Characteristics of fruit after 14 days under refrigeration ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and transferred to room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) until eating maturity.

'Hass' fruit showed no significant differences due to the rootstock on the pulp dry matter and oil content at eating maturity. Dry matter values ranged from 21.9% ('Hass'/

La madurez de consumo se alcanzó tres días después de que los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente (4 a 1.5 kg-F) y en esta fecha tampoco hubo diferencias atribuibles al portainjerto (Figura 2B). La pérdida fisiológica de peso en madurez de consumo fue estadísticamente diferente ( $p=0.05$ ); sin embargo, los frutos de 'Hass' sobre todos los portainjertos no superaron 10% de pérdida (no se muestran datos) (Figura 2E). La prueba de  $t$  no indicó diferencias entre los frutos de Hass/criollo y los demás portainjertos evaluados.

#### Características de los frutos después de 28 días en refrigeración ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y trasladados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hasta la madurez de consumo.

El comportamiento poscosecha de los frutos de 'Hass' sobre los portainjertos tolerantes a *P. cinnamomi* fue similar al de los frutos de Hass/criollo y Duke-7, no existiendo diferencias durante la refrigeración ni en madurez de consumo para ninguno de los cuatro parámetros evaluados (Figuras 2C y 2F).

## Discusión

#### Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a sequía

La presente investigación confirmó que el portainjerto puede tener un efecto importante sobre la calidad de los frutos de 'Hass' al momento de la cosecha, pero no en la calidad poscosecha. Dixon *et al.* (2007) encontraron resultados similares cuando evaluaron el efecto de varios portainjertos sobre la calidad de fruto de algunos cultivares, entre ellos 'Hass', concluyendo que el efecto del portainjerto sobre la calidad del fruto en poscosecha fue muy limitado, y que la calidad poscosecha dependió más de las prácticas culturales y condiciones de cultivo (Marques *et al.*, 2003).

Ben-Ya'acov (1976) y Kremer-Khöne y Khöne (1992) encontraron que el comportamiento poscosecha depende de las características al momento de la cosecha. Frutos cosechados antes de madurez fisiológica (21.5% materia seca) tienen una calidad pobre cuando maduran, pierden mayor humedad y se ablandan irregularmente. Por otra parte, los frutos sobremaduros (materia seca  $> 28\%$ ) se marchitan mientras se ablandan o se ablandan irregularmente (Hofman y Jobin-Décor, 1997). Lo anterior indica que si los frutos de 'Hass' al momento de la cosecha presentan

Creole) to 27.6% ('Hass'/SS-19) and for oil from 9.5% ('Hass'/Creole) to 14.5% ('Hass'/Duke-7) (Table 6). Regarding fruit firmness, 'Hass' on any of the rootstocks showed no significant differences during the 14 days of refrigeration.

#### Cuadro 6. Características de la pulpa de frutos de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *P. cinnamomi* refrigerados ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 14 días y trasladados a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hasta su madurez de consumo.

Table 6. Characteristics of the pulp of 'Hass' on different *P. cinnamomi* tolerant rootstocks after refrigeration ( $5.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 14 days and then transferred to room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) until eating maturity.

Portainjerto	Materia seca (%)	Contenido de aceite (%)
Duke-7	<sup>z</sup> A 25.8 a <sup>x</sup>	A 14.5 a
SS-19	A 27.6 a	A 13.0 a
SS-21	A 25.0 a	A 12.3 a
SS-23	A 23.8 a	A 11.1 a
SS-25	A 23.6 a	A 11.0 a
Criollo	A 21.9 a	A 9.5 a

<sup>z</sup>Valores con las mismas literales mayúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de  $t$ ,  $p=0.005$  (compara el criollo contra cada uno de los portainjertos). <sup>x</sup>Valores con las mismas literales minúsculas en las columnas no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan,  $p=0.05$ .

Eating maturity was reached three days after the fruit were taken to room temperature (4 to 1.5 kg-F) and to this date, there were no differences attributable to the rootstock (Figure 2B). Physiological weight loss at eating maturity was statistically different ( $p=0.05$ ), but the fruit of 'Hass' on all rootstocks did not exceed 10% loss (data not shown) (Figure 2E). The  $t$  test indicated no differences between the fruit of 'Hass'/Creole and the other rootstocks evaluated.

#### Characteristics of fruit after 28 days under refrigeration ( $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and transferred to room temperature ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) until eating maturity.

The postharvest performance of the fruit of 'Hass' on *P. cinnamomi* tolerant rootstocks was similar to the fruit of 'Hass' on Creole or on Duke-7 with no differences during cold storage nor at eating maturity for any of the four parameters evaluated (Table 7; Figures 2C and 2F).

buenas características (materia seca  $\geq 21.5\%$ ; NMX-FF-016-SCFI-2006), se comportarán de manera normal. Esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, ya que al momento de la cosecha el contenido de materia seca osciló entre 21.6% y 25.3%, con excepción del SS-16 (29.2%).

Es importante resaltar que los frutos de 'Hass' sobre los portainjertos tolerantes a la sequía, al momento de la cosecha, superaban los contenidos de materia seca y aceite de los frutos de Hass/criollo. Esto indica que estos portainjertos, además de incrementar los contenidos de materia seca y aceite, la calidad de los frutos de 'Hass' al momento de la cosecha y por consiguiente en poscosecha, tienen la ventaja de ser tolerantes al estrés hídrico.

### **Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi***

A diferencia de lo encontrado en el estudio 1, en esta evaluación los frutos de 'Hass' sobre cualquier portainjerto no presentaron diferencias en los contenidos de materia seca y aceite al momento de la cosecha. Lo anterior indicó que los frutos 'Hass' sobre los portainjertos SS-19, SS-21, SS-23 y SS-25 con tolerancia a *P. cinnamomi* tuvieron un comportamiento similar al de Hass/criollo y sobre Duke-7.

Con relación al comportamiento poscosecha, Kremer-Khöne y Khöne (1992) y Kadman y Ben-Ya'acov (1976), reportaron que el comportamiento poscosecha es determinado por las características de los frutos de 'Hass' al momento de la cosecha. Con estas características en la cosecha se podría predecir el comportamiento poscosecha, que se daría de manera regular (Hofman y Jobin-Décor, 1997); esto último concuerda con los resultados obtenidos del estudio 2.

## **Conclusiones**

### **Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a sequía**

Al momento de la cosecha, 'Hass' sobre los portainjertos SS-3, SS-8 y SS-16 presentó los valores más elevados de materia seca y aceite en la pulpa, mientras que Hass/SS-15 tuvo valores inferiores. El resto de portainjertos causó un efecto similar al del portainjerto criollo.

## **Discussion**

### **'Hass' fruit quality on drought tolerant rootstocks**

The present research confirmed that the rootstock can have a significant effect on the quality of 'Hass' fruit at harvest time, but not in the postharvest quality. Dixon *et al.* (2007) found similar results when assessing the effect of various rootstocks on fruit quality of some other cultivars, including 'Hass' and concluded that, the effect of rootstock on fruit quality was quite limited at post-harvest, and postharvest quality depended more on cultural practices and growing conditions (Márquez *et al.*, 2003).

Ben-Ya'acov (1976) and Kremer-Khöne and Khöne (1992) found that the postharvest performance depends on the characteristics of the fruit at the time of harvest. Fruits harvested before physiological maturity (21.5% dry matter) have poor quality at eating maturity; they lose more moisture and show irregular softening. Moreover, over mature fruit (dry matter  $> 28\%$ ) become wilt during softening or softening is irregular (Hofman and Jobin-Décor, 1997). This indicates that if the fruit of 'Hass' present good characteristics ( $\geq 21.5\%$  dry matter; NMX-FF-016-SCFI-2006) at the time of harvest they will ripe normally. These facts coincide with the results obtained in this study, since at the time of harvest, dry matter ranged between 21.6% and 25.3%, except for SS-16 (29.2%).

It is important to note that at the time of harvest the fruit of 'Hass' on drought tolerant rootstocks had a greater dry matter and oil content than 'Hass'/Creole. This indicates that in addition of being tolerant to water stress, these rootstocks increased the dry matter and oil content of 'Hass' fruit at the time of harvest and in postharvest.

### **'Hass' fruit quality on *Phytophthora cinnamomi* tolerant rootstocks**

Unlike the findings in Study 1, in this evaluation the fruit of 'Hass' on any rootstock did not show differences in dry matter and oil content at the time of harvest. This indicated that the fruit of 'Hass' on the *P. cinnamomi* tolerant rootstocks SS-19, SS-21, SS-23 and SS-25 had a similar performance to 'Hass' on Creole or on Duke-7.

Regarding the postharvest performance, Kremer-Khöne and Khöne (1992), and Kadman and Ben-Ya'acov (1976), reported that this is determined by characteristics of 'Hass' fruit at the time of harvest. With these characteristics at

El almacenamiento a temperatura ambiente mostró que Hass/SS-7 presentó la mayor pérdida fisiológica de peso y los portainjertos SS-3, SS-14 y SS-16 la menor. La comparación apareada de portainjertos indicó que el Hass/SS-16 tuvo mayores valores de materia seca y aceite que Hass/criollo; por su parte Hass/SS-15 mostró valores más bajos que sobre criollo.

A los 14 días de refrigeración, 'Hass' sobre SS-3, SS-8 y SS-16 presentaron los contenidos más altos de materia seca y aceite; por su parte, 'Hass' sobre SS-9, SS-14 y criollo tuvieron la mayor firmeza. También, se observaron reducciones en el contenido de materia seca y aceite en Hass/SS-15 y en la firmeza para Hass/SS-16. En la comparación individual de cada portainjerto contra el criollo, Hass/SS-16 tuvo mayores contenidos de materia seca y aceite; en el caso de Hass/SS-15 hubo reducciones en ambas variables. 'Hass' sobre SS-3, SS-9 y SS-14 presentó mayor pérdida fisiológica de peso que Hass/criollo.

A los 28 días de refrigeración se obtuvo lo siguiente: Hass/SS-16 incrementó el contenido de materia seca y aceite; Hass/SS-7 incrementó la pérdida fisiológica de peso y Hass/SS-8 la redujo. Al comparar cada portainjerto contra el criollo, Hass/SS-16 tuvo mayores contenidos de materia seca y aceite y Hass/SS-15 los redujo. Además, 'Hass' sobre SS-7 y SS-15 tuvieron mayor pérdida fisiológica de peso que Hass/criollo.

#### **Calidad del fruto de 'Hass' sobre portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi***

Los portainjertos tolerantes a *Phytophthora cinnamomi* no tuvieron efecto sobre la calidad poscosecha de frutos de 'Hass' almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración por 14 y 28 días.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el financiamiento parcial del INIFAP, Instituto Tecnológico de Tepic, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y USPR Aguacate Hass de Nayarit de R. L. Así como el apoyo técnico del Sr. José González-Valdivia y la colaboración de los productores Señores. Antonio Bermúdez (Platanitos) y Pablo Santana (La Yerba) por facilitar sus huertos para la investigación.

harvest the postharvest performance can be predicted (Hofman and Jobin-Décor, 1997); these statements are consistent with the results of Study 2.

## **Conclusions**

### **Quality of 'Hass' fruit on drought tolerant rootstocks**

At harvest time, fruit of 'Hass' on SS-3, SS-8 and SS-16 rootstocks showed the highest values of pulp dry matter and oil, while 'Hass'/SS-15 had the lowest values. The rest of rootstocks had a similar effect than the Creole rootstock.

Storage at room temperature showed that 'Hass'/SS-7 had the highest physiological weight loss and the SS-3, SS-14 and SS-16 rootstocks the lowest. The paired comparison of rootstocks indicated that 'Hass'/SS-16 had higher values of dry matter and oil than 'Hass'/Creole, meanwhile 'Hass' on SS-15 showed lower values than on Creole.

At 14 days of refrigeration, 'Hass' on SS-3, SS-8 and SS-16 had the highest contents of dry matter and oil; on the other hand, 'Hass' on SS-9, SS-14 and Creole presented the greatest firmness. Also, reductions in the dry matter and oil content occurred in 'Hass'/SS-15 and for firmness in 'Hass'/SS-16. In the individual comparison of each rootstock against Creole, 'Hass'/SS-16 had higher dry matter and oil contents; in the case of 'Hass'/SS-15 there were reductions in both variables. 'Hass' on SS-3, SS-9 and SS-14 showed higher physiological weight loss than 'Hass'/Creole.

At 28 days of refrigeration, the following was obtained: 'Hass'/SS-16 increased dry matter and oil content, 'Hass'/SS-7 increased physiological weight loss and 'Hass'/SS-8 decreased it. By comparison of each rootstock against the Creole, 'Hass'/SS-16 had higher dry matter and oil content and 'Hass'/SS-15 reduced them. Also, 'Hass' on SS-7 and SS-15 had higher physiological weight loss than 'Hass'/Creole.

### **Fruit quality of 'Hass' on *Phytophthora cinnamomi* tolerant rootstocks**

The rootstocks tolerant to *Phytophthora cinnamomi* had no effect on the postharvest quality of 'Hass' stored at room temperature or refrigerated for 14 and 28 days.

*End of the English version*



## Literatura citada

- The Association of Official Analytical Chemists (AOAC).  
AOAC. 1990. Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 15<sup>th</sup> ed. Washington, D.C. USA.
- Barrientos-Priego, A.; Muñoz-Pérez, R.; Reyes-Alemán, J.; Borys, M. W. y Martínez-Damián, T. 2008. Taxonomía, cultivares y portainjertos. *In: el aguacate y su manejo integrado*. Téliz, D. y Mora, A. (Coords.). Segunda Edición. Mundi Prensa. México, D. F. 31-58 pp.
- Ben-Ya'acov, A. 1987. Avocado rootstock scion relationships. South Africa. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 10:30-32.
- Ben-Ya'acov, A. and Michelson, E. 1995. Avocado rootstocks. USA. Horticultural Reviews. 17:381-429.
- Clark, C.; McGlone, V.; Requejo-Tapia, C.; White, A. and Woolf, A. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. USA. Postharvest Biology and Technology. 29:300-307.
- Coggins, C. 1984. Feasibility of using fruit size and percentage dry weight to predict maturity. USA. California Avocado Society Yearbook. 68:145-160.
- Covarrubias, J. L.; Lizana, L. A. y Luchsinger, L. 2007. Caracterización de parámetros de la madurez en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Ester, durante el almacenaje refrigerado en postcosecha. Chile. Proceedings VI World Avocado Congress.
- Dixon, J.; Elmsly, F. P.; Greenwood, A. C.; Smith, D. B.; Pak, H. A. and Cutting, J. G. 2007. Effect of rootstock cultivar on ripe fruit quality. New Zealand. New Zealand Avocado Grower's Association Annual Research Report. 7:85-90.
- Fuchs, Y.; Zauberman, G. and Lederman E. I. 1995. Effect of postharvest treatments and storage conditions on avocado fruit ripening and quality. Israel. Proceedings World Congress III. 323-330 pp.
- Gregoriou, C. 1992. Yield growth and fruit quality of 'Fuerte' and 'Ettinger' cultivars of avocado on four rootstocks in Cyprus. USA. California Avocado Society Yearbook. 76:159-164.
- Hofman, P. J. and Jobin-Décor, M. 1997. Avocado fruits sampling procedures affect the accuracy of the dry Quality. *In: Conference '97: searching for quality*. Cutting, J. G. (Ed.). Joint Meeting of the Australian Avocado Growers Association, Inc. y NZ Avocado Growers Association, Inc. Rotorua, New Zealand. 76-82 pp.
- Kadman, A. and Ben-Ya'acov, A. 1976. Selection of avocado rootstocks for saline conditions. *In: Acta Horticulturae 57: I International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits*. Franciosi, R. and Duarte, O. (eds.). International Society for Horticultural Science (ISHS). Lima, Peru. 189-197 pp.
- Kremer-Khöne, S. and Khöne, J. S. 1992. Yield and quality of 'Fuerte' and 'Hass' on clonal rootstocks. South Africa. South African Avocado Grower's Association Yearbook. 15:69-70.
- Marques, J. R.; Hofman, P. J. and Wearing, A. H. 2003. Rootstocks influence 'Hass' avocado fruit quality and fruit minerals. United Kingdom. J. Hort. Sci. Biotechnol. 78(5):673-679.
- NMX-FF-016-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para uso humano, fruta fresca, aguacate (*Persea americana* Mill) aguacate.
- Salazar-García, S.; Borys, M. W. y Enríquez-Reyes, S. A. 1984a. Tolerancia de aguacate (*Persea americana* Mill. y *P. schiedeana* Nees) a condiciones de salinidad progresiva. I. Selección de plantas. México. Revista Chapingo. 9(45/46):9-13.
- Salazar-García, S.; Borys, M. W. y Enríquez-Reyes, S. A. 1984b. Tolerancia de aguacates (*Persea americana* Mill. y *P. schiedeana* Nees) a condiciones de salinidad progresiva. II. Crecimiento de plantas. México. Revista Chapingo. 9 (45/46):14-15.
- Salazar-García, S.; Borys, M. W. y Enríquez-Reyes, S. A. 1984c. Tolerancia de aguacates *Persea americana* Mill. y *P. schiedeana* Nees) a condiciones de salinidad progresiva. III. Caracterización de plantas sobresalientes. México. Revista Chapingo. 9 (45/46):16-19.
- Salazar-García, S.; Velasco-Cárdenas, J. J.; Medina-Torres, R. y Gómez-Aguilar, R. 2004. Selecciones de aguacate con potencial de uso como portainjertos. I. Prendimiento y crecimiento de injertos. México. Rev. Fitotec. Mex. 27:23-30.
- Willingham, S. L.; Pegg, K. C.; Cooke, A. W.; Coates, L. M.; Langdon, P. W. and Dean, J. R. 2001. Rootstock influences postharvest anthracnose development in 'Hass' avocado. Australia. Australian J. Agric. Res. 52(10):1017-1022.
- Zentmyer, G. A. and Thorn, W. A. 1956. Resistance of the Duke variety of avocado to *Phytophthora* root rot. USA. California Avocado Society Yearbook. 40:169-173.