

## Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate 'Hass' producido en tres regiones de México\*

### Initial evaluation of some aspects of quality fruit avocado 'Hass' produced in three regions of Mexico

Samuel Salazar-García<sup>1§</sup>, Raquel Enedina Medina-Carrillo<sup>2</sup> y Arturo Álvarez-Bravo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit, 63300 A. P. 100. México. (alvarez.arturo@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit- Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit 63190, México. (raquelmedinacarrillo@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

#### Resumen

México es el principal productor de aguacate 'Hass' en el mundo y la mayor superficie se localiza en el occidente de México. El precio del fruto de 'Hass' varía según su lugar de origen con el argumento que es debido a diferencias en la rugosidad de la piel, tamaño de la semilla, así como en textura y calidad de la pulpa. Se carece de información sobre estas supuestas diferencias. El objetivo de esta investigación fue conocer algunas características físicas, químicas y organolépticas de frutos de 'Hass' de las regiones productoras de los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit. Los frutos analizados fueron originados por la floración normal (invierno 2012) y cosechados en octubre 2013 con un contenido de materia seca en la pulpa > 22%. Se les evaluaron características físicas y químicas en dos fases: 1) a la cosecha; y 2) en madurez de consumo alcanzada a temperatura ambiente ( $21 \pm 1$  °C). La calidad organoléptica se evaluó en madurez de consumo. Los frutos de Nayarit presentaron la mayor rugosidad y proporción en peso de la piel, los de Jalisco la mayor proporción en peso de la pulpa y los de Michoacán el mayor contenido de aceite. La evaluación sensorial del fruto no mostró diferencias entre las regiones productoras. La temperatura media del aire fue la variable que más correlacionó con algunas características físicas del fruto. Las

#### Abstract

Mexico is the largest producer of avocado 'Hass' in the world and the largest area is located in western Mexico. The price of the fruit of 'Hass' varies according to their place of origin on the grounds that it is due to differences in skin roughness, seed size and texture and pulp quality. There is a lack of information on these alleged differences. The objective of this research was to determine some physical, chemical and organoleptic fruit of 'Hass' producing regions in the states of Michoacan, Jalisco and Nayarit features. The fruits analyzed were originated by normal flowering (winter 2012) and harvested in October 2013 with a content of dry matter in the pulp > 22%. They assessed physical and chemical characteristics in two phases: 1) harvest; and 2) consumption maturity reached at room temperature ( $21 \pm 1$  °C). Organoleptic quality was evaluated in mature consumer. The fruits of Nayarit roughness and had the highest weight ratio of skin, Jalisco most weight ratio of the pulp and Michoacan the higher oil content. Sensory evaluation of the fruit showed no difference between the producing regions. The average air temperature was the variable that most correlated with some physical characteristics of the fruit. The differences found for some physical and chemical fruit of 'Hass' for each producer region features not affect its organoleptic quality.

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: enero de 2016

diferencias encontradas para algunas características físicas y químicas del fruto de 'Hass' entre las regiones productoras no afectaron su calidad organoléptica.

**Palabras clave:** *Persea americana* Miller., ecofisiología, poscosecha, pulpa, rugosidad de la piel.

## Introducción

En el estado de Michoacán se encuentra más de 80% de la superficie establecida con aguacate en México. Le siguen Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit, éste último con más de 4 350 ha. Los estados mencionados concentran 95% de la superficie nacional establecida (SIAP, 2014).

La diversidad climática de las regiones productoras de aguacate en México es debida al gradiente altitudinal, la topografía, la exposición al sol y a los vientos dominantes; esa variabilidad puede afectar la producción y calidad del fruto de aguacate 'Hass' (Lobell *et al.*, 2007). El tipo de clima y la época de floración del aguacate 'Hass' en Michoacán afectaron el peso de los diferentes tejidos del fruto, como piel (exocarpo), pulpa (mesocarpo), testa (endocarpo+tegmen) y embrión (cotiledones+eje embrionario), así como su composición nutrimental (Salazar-García *et al.*, 2011). La orografía, fenología del árbol (principalmente época de floración) y la calidad de la infraestructura para el manejo del fruto también inciden en la producción y comportamiento postcosecha del fruto (López-López y Cajuste-Bontemps, 1999; Salazar-García *et al.*, 2005; Salazar-García *et al.*, 2007a, 2007b; Rocha-Arroyo *et al.*, 2011).

Una característica genética del aguacate 'Hass' es que el fruto puede permanecer adherido al árbol durante más de tres meses después de haber alcanzado su madurez fisiológica. Entonces, la decisión del productor sobre cuándo cosechar considera factores ambientales, disponibilidad de mano de obra y sobre todo el precio en el mercado (Wang *et al.*, 2012).

La calidad de frutas y hortalizas abarca propiedades sensoriales (aparición, textura, gusto y aroma), valor nutritivo, propiedades mecánicas, propiedades funcionales y defectos, y es definida por el consumidor, el cual fija su criterio basado en preferencias y expectativas personales (Abbott, 1999). En el caso del aguacate, la aceptabilidad del fruto está más correlacionada con la textura y sabor que con el contenido de aceites (Canto-Pereira *et al.*, 2014). Sin

**Keywords:** *Persea americana* Miller., ecophysiology, pulp, postharvest, roughness of the skin.

## Introduction

In the state of Michoacan is more than 80% of the area established with avocado in Mexico. Followers Jalisco, Estado de Mexico, Morelos and Nayarit, the latter with more than 4 350 ha. These states concentrate 95% of the established national area (SIAP, 2014).

The climatic diversity of the avocado producing regions in Mexico is due to the altitudinal gradient, topography, exposure to the sun and prevailing winds; this variability may affect the production and fruit quality of 'Hass' avocado (Lobell *et al.*, 2007). The types of weather and the time of flowering of 'Hass' avocado in Michoacan affected the weight of the different tissues of the fruit, such as skin (exocarp), pulp (mesocarp), testa (endocarp + tegmen) and embryo (cotyledon + embryonic axis) and its nutritional composition (Salazar-García *et al.*, 2011). The terrain, tree phenology (mainly flowering season) and quality management infrastructure also affect fruit production and postharvest behavior of fruit (Lopez-López and Cajuste-Bontemps, 1999; Salazar-García *et al.*, 2005; Salazar-García *et al.*, 2007a, 2007b; Rocha-Arroyo *et al.*, 2011).

A genetic characteristic of 'Hass' avocado is the fruit can remain attached to the tree for more than three months after reaching their physiological maturity. Then, the decision on when to harvest producer considers environmental factors, availability of labor and especially the price in the market (Wang *et al.*, 2012).

The quality of fruits and vegetables includes sensory properties (appearance, texture, taste and aroma), food quality, mechanical properties, functional properties and defects, and is defined by the consumer, which sets its based on preference criteria and personal expectations (Abbott, 1999). In the case of avocado fruit acceptability it is more correlated with the texture and flavor than the content of oils (Canto-Pereira *et al.*, 2014). However, lipid biosynthesis in avocados 'Fuerte' and 'Hass', can be affected by environmental factors such as light, water stress and soil composition and atmosphere in addition to the physical damage and caused by pathogens (Ozdemir and Topuz, 2004).

embargo, la biosíntesis de lípidos en los aguacates 'Fuerte' y 'Hass', puede ser afectada por factores ambientales como luz, estrés hídrico y la composición del suelo y atmósfera, además de los daños físicos y los causados por patógenos (Ozdemir y Topuz, 2004).

En México, el precio del aguacate 'Hass' varía según su lugar de origen. Los comerciantes argumentan que es debido a diferencias en la rugosidad de la piel, tamaño de la semilla, así como a la textura y calidad de la pulpa. Por su parte, algunos consumidores prefieren frutos poco rugosos y de piel delgada, con mayor proporción de pulpa y que ésta contenga alto contenido de aceite ya que esto aumenta su palatabilidad (Campos *et al.*, 2011). Sin embargo, se carece de un estudio que documente estas supuestas diferencias por lo que, en preparación para estudios futuros, se realizó esta investigación con el objetivo de detectar posibles diferencias en algunas características físicas, químicas y organolépticas de frutos de aguacate 'Hass' producidos en los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit.

## Materiales y métodos

**Características de los huertos.** Los huertos de Jalisco se ubicaron a alturas entre 1 800 y 2 150 m, con clima templado subhúmedo C(w1) y suelo Cambisol Crómico. En Michoacán, las alturas de los huertos fueron entre 1 500 y 1 850 m, predominando el clima semicálido subhúmedo (A)C(w1) y tipo de suelo Andosol Ócrico. La altura de los huertos de Nayarit fue entre 1 000 y 1 100 m, con clima semicálido subhúmedo (A)C(w2) y suelo Andosol (Cuadro 1).

### Cuadro 1. Huertos de aguacate 'Hass' seleccionados para el estudio.

**Table 1. Avocado orchards 'Hass' selected for the study.**

Región	Huerto	Municipio	Latitud N	Longitud O	ASN <sup>m</sup> <sup>z</sup>
Jalisco	El Capulín	Zapotlán El Grande	19.7850	103.4490	1826
	La Providencia	Zapotlán El Grande	19.7957	103.4348	2087
	El Varal	Zapotlán El Grande	19.8230	103.3913	2140
Michoacán	Mesa Grande	Uruapan	19.4442	101.9912	1831
	Cerritos 8	Peribán	19.5335	102.4308	1557
	El Salto 2	Uruapan	19.3322	102.0958	1517
Nayarit	El Rodeo Bajo	Tepic	21.5354	104.9180	991
	El Rodeo Loma	Tepic	21.5374	104.9157	1151
	La Yerba	Tepic	21.5033	105.0392	1009

<sup>z</sup>Altura sobre el nivel medio del mar.

In Mexico, the price of 'Hass' avocado varies according to their place of origin. Traders argue that is due to differences in skin roughness, seed size and texture and pulp quality. Meanwhile, some consumers prefer little rough and thin-skinned fruit, with a higher proportion of pulp and it contains high oil content as it will increase its palatability (Campos *et al.*, 2011). However, the absence of a study documenting the alleged differences so that in preparation for future studies, this research was performed in order to detect possible differences in some physical, chemical and organoleptic characteristics of fruits avocado 'Hass' produced in the states of Michoacan, Jalisco and Nayarit.

## Materials and methods

**Features orchards.** Jalisco orchards were located at altitudes between 1800 and 2150 m, with humid temperate climate C(w1) and Chromic Cambisol soil. In Michoacan, the heights of the orchards were between 1 500 and 1 850 m, predominantly semi-warm humid climate (A)C(w1) and soil type Andosol ochric. The height of the orchards Nayarit was between 1000 and 1100 m, with semi-warm humid climate (A)C(w2) and andosol soil (Table 1).

**Meteorology of the study regions.** Temperature and rainfall was obtained from a daily database manager organized in Microsoft Access 2010. Data stations and orchards characterize the regions included in the study were selected. Jalisco data came from the National Weather Service (Tapalpa station). In Michoacan they were obtained

Meteorología de las regiones de estudio. La temperatura y precipitación pluvial fue obtenida de una base de datos diaria organizada en el gestor de datos Microsoft Access 2010. Se seleccionaron estaciones que caracterizan las regiones y huertos incluidos en el estudio. Los datos de Jalisco provinieron del Servicio Meteorológico Nacional (estación Tapalpa). En Michoacán se obtuvieron del Sistema de Información Meteorológica de la APEAM (estación Uruapan) y los de Nayarit de la Red Estatal de Monitoreo Agroclimático del INIFAP (estación Tepic).

Evaluación física, química y organoléptica de los frutos. Entre el 15 y 31 de octubre 2013, en cada huerto fueron cosechados nueve frutos (27 frutos por región) totalizando 81 frutos. Los frutos fueron originados por la floración normal, ocurrida al final del invierno 2012, con pesos entre 205 y 300 g (calibres 48 y 40), contenido de materia seca en la pulpa > 22% y sin daños físicos o de plagas y enfermedades.

Los frutos fueron trasladados en termos al laboratorio y su análisis se realizó en dos fases: 1) a la cosecha, constituido por cuatro frutos que fueron analizados a su llegada al laboratorio; y 2) madurez de consumo a temperatura ambiente, empleando cinco frutos mantenidos a temperatura ambiente ( $21 \pm 1$  °C) y analizados al alcanzar su madurez de consumo, cuatro de ellos para las características físicas y químicas y uno para la evaluación organoléptica.

El lavado de los frutos se hizo en agua con hipoclorito de sodio ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) y se pesaron en una balanza de precisión (Ohaus modelo P2001, Florham, NJ, USA.). La longitud y diámetro se obtuvieron con un vernier digital (MTC500-196, Mitutoyo Co., Japón). La firmeza se determinó en la sección ecuatorial frontal de la pulpa del fruto, previo retiro de una sección de piel, con un penetrómetro (Chatillon modelo DFE-051, Largo, FL, USA; punzón de 10 mm). El fruto fue dividido longitudinalmente y separado en dos partes. En la sección entre el pedicelo y la cavidad de la semilla, a la altura del ecuador del fruto, se midió el espesor de la pulpa y la piel en ambos lados. Los frutos fueron separados en piel, pulpa, testa y embrión para obtener el peso fresco y seco de cada uno de ellos. El rendimiento de pulpa, la pérdida fisiológica de peso y el contenido de materia seca se calculó con los datos obtenidos de la caracterización física de cada fruto.

La rugosidad se determinó en una fracción de la piel retirada durante la evaluación de firmeza de los frutos evaluados "a la cosecha". En un microscopio estereoscópico (Zeiss modelo Stemi 2000-C; Barrington, NJ, USA) con cámara fotográfica

from the Meteorological Information System of APEAM (Uruapan season) and Nayarit State Monitoring Network Agroclimatic INIFAP (Tepic station).

Physical, chemical and sensory evaluation of the fruit. Between 15 and 31 October 2013, in each orchard they were harvested nine fruits (27 fruits per region) totaling 81 fruits. The fruits were originated by normal bloom, which occurred in late winter 2012, weighing between 205 and 300 g (sizes 48 and 40), the dry matter content in the pulp > 22% without physical or pest and disease damage.

The fruits were transported to the laboratory in a thermos and analysis was conducted in two phases: 1) harvest, consisting of four fruits that were tested on arrival at the laboratory; and 2) consumption maturity at room temperature, using five fruits kept at room temperature ( $21 \pm 1$  °C) and analyzed to reach maturity consumption, four of them for physical and chemical characteristics and one for sensory evaluation.

Washing fruits became water with sodium hypochlorite ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) and weighed on a precision balance (Ohaus model P2001, Florham, NJ, USA.). The length and diameter were obtained with a digital vernier (MTC500-196, Mitutoyo Co., Japan). Firmness was determined in the front equatorial section of the fruit pulp, after removal of a section of skin, with a penetrometer (Chatillon DFE-051 model, Largo, FL, USA; punch 10 mm). The fruit was split longitudinally and separated into two parts. In the section between the stalk and the seed cavity, the height of the fruit Ecuador, the thickness of the pulp and skin on both sides was measured. The fruits were separated in skin, flesh, seed coat and embryo for the fresh and dry weight each. The yield of pulp, physiological weight loss and the dry matter content was calculated from the data of the physical characterization of each fruit.

The roughness was determined in a fraction of the skin removed during evaluation of fruit firmness evaluated "harvest". In a stereoscopic microscope (Zeiss Stemi 2000-C model, Barrington, NJ, USA) with a digital camera (Canon Power Shot G11 model, NY, USA) an image of 2 x 2 cm (3 648 x 2 736 pixels) was obtained for each of the 36 fruits (four fruits per garden). Each image was incorporated into the geographic information in ArcView version 3.2 and was treated as a satellite image of the Earth's relief. With the "Spatial Analyst" module surface with a slope greater than 20% (value various trials was considered the more

digital (Canon modelo Power Shot G11; NY, USA) se obtuvo una imagen de 2 x 2 cm (3 648 x 2 736 píxeles) para cada uno de los 36 frutos (cuatro frutos por huerto). Cada imagen fue incorporada al sistema de información geográfica Arc View versión 3.2 y se trató como una imagen de satélite del relieve terrestre. Con el módulo "Spatial Analyst" se cuantificó la superficie con una pendiente mayor a 20% (valor que en diversas pruebas se consideró como la que representaba con mayor fidelidad la rugosidad de la piel). Los valores de superficie se convirtieron a un valor porcentual de rugosidad respecto al área total de la imagen analizada.

El contenido de aceite en la pulpa se cuantificó con la técnica de extracto etéreo (AOAC, 1990), en una muestra de dos frutos por cada uno de los huertos incluidos.

Para la evaluación sensorial se formó un panel no entrenado de 12 integrantes que evaluaron las características de olor, textura y sabor con una escala hedónica estructurada de tres niveles. Las características evaluadas fueron: Intensidad del olor (baja, media, alta); textura 1 (seca, grasosa, muy grasosa), con ella se evaluó la sensación húmeda o grasosa de la muestra; Textura 2 (suave, firme y muy firme), se evaluó la fuerza necesaria para comprimir la muestra entre la lengua y el paladar; Intensidad del sabor (baja, media, alta) (Espinosa-Manfugás, 2007).

**Análisis estadístico.** El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones (huertos) por región productora. Los datos de la caracterización física y química se sometieron a análisis de varianza y prueba de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico Minitab (Minitab, 2010). Para la evaluación "A la cosecha" y "Madurez de consumo a temperatura ambiente", se realizó un análisis de componentes principales en el programa SAS (SAS Institute, 2002).

## Resultados

### Meteorología de las zonas de estudio

Las condiciones meteorológicas que prevalecieron durante el desarrollo de los frutos de 'Hass', desde anthesis hasta cosecha, correspondió a la expresión climática típica de cada región productora (Cuadro 2).

faithfully representing the roughness of the skin) was quantified. Values were converted to surface roughness value percentage to the total area of the image analyzed.

The oil content in the pulp was measured with ether extract technique (AOAC, 1990), in a sample of two fruits per each including orchards.

For an untrained sensory evaluation of 12 members who evaluated the characteristics of smell, texture and flavor with a hedonic scale structured panel it was formed three levels. The characteristics evaluated were: odor intensity (low, medium, high); texture 1 (dry, oily, very oily), with her wet or greasy feel of the sample was evaluated; texture 2 (soft, firm and very firm) needed to compress the sample between the tongue and palate force is assessed; Flavor intensity (low, medium, high) (Espinosa-Manfugás, 2007).

**Statistic analysis.** The experimental design was completely randomized, with three replications (orchards) by producing region. Data on the chemical and physical characterization and analysis of variance test (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) with Minitab statistical package were subjected (Minitab, 2010). For the evaluation "A harvest" and "maturity consumption at room temperature" a principal component analysis in SAS (SAS Institute, 2002) program was conducted.

## Results

### Weather study areas

The weather conditions that prevailed during the fruit development of 'Hass' from anthesis to harvest corresponded to the typical climate expression of each producing region (Table 2).

Michoacan had higher precipitation (1 632 mm), Jalisco and Nayarit (less than 1 000 mm). Regarding temperature, Nayarit scored the highest records in the average maximum and minimum as well as the average for the period. The lowest average period of minimum temperature (7.3 °C) and a half of the period (16.3 °C) occurred in Jalisco.

Michoacán presentó mayor precipitación (1 632 mm), que Jalisco y Nayarit (menor que 1 000 mm). Respecto a temperatura, Nayarit obtuvo los registros más altos en la máxima y mínima promedio, así como en la media del periodo. El promedio del periodo más bajo de temperatura mínima (7.3 °C) y media del periodo (16.3 °C) ocurrió en Jalisco.

De diciembre a octubre (período de crecimiento del fruto), Jalisco presentó los valores más bajos en temperatura mínima durante todo el periodo y de diciembre a abril estuvo debajo de 5 °C, mientras que de mayo a octubre fue inferior a 12 °C. La máxima fluctuó de 22 a 29.1 °C y mayo fue el mes más cálido. Michoacán registró una máxima entre 22 y 27.3 °C, en tanto que la mínima se mantuvo por debajo de 15 °C y febrero fue el más frío con 9.4 °C. En Nayarit ocurrieron temperaturas máximas entre 25 y 31 °C, siendo mayo el mes más cálido, en tanto que la mínima se mantuvo debajo de 15 °C hasta mayo, seguido de un aumento hasta 19 °C de junio a septiembre. En Jalisco se registró 80% de la lluvia anual en el periodo junio-septiembre, en Michoacán 83.5%, y en Nayarit 95.5%. Septiembre fue el mes más lluvioso para Jalisco y Michoacán, mientras que en Nayarit lo fueron julio y agosto (67.9% de la lluvia del periodo). En las tres regiones el periodo de lluvias inició en junio; sin embargo, su término fue variable ya que en Jalisco y Nayarit concluyó en septiembre, mientras que para Michoacán fue en octubre (Figura 1).

### Características físicas y químicas de los frutos

El origen del fruto determinó algunas de sus características físicas y químicas. En la evaluación realizada “A la cosecha”, el peso fresco de los frutos de Michoacán fue menor que los de Jalisco, mientras que los frutos de Nayarit no fueron diferentes a los de Jalisco y Michoacán. Las diferencias se detectaron para la piel (espesor y proporción con relación al peso fresco y seco), la testa y el embrión (proporción del peso fresco y seco), y los frutos de Nayarit fueron los que presentaron valores más altos. Para el caso de la pulpa, la proporción más alta en peso fresco y seco correspondió a Michoacán y Jalisco. El contenido de materia seca y aceite no difirió entre Michoacán y Nayarit, pero sí con Jalisco donde ocurrieron valores menores (Cuadro 3).

Para la evaluación en “madurez de consumo a temperatura ambiente”, los frutos de Jalisco y Nayarit tuvieron mayor peso que los de Michoacán. La diferencia entre regiones productoras para las diferentes partes del fruto se observó en la piel, donde los frutos de Nayarit tuvieron valores más altos en la proporción del peso de la misma, tanto en fresco como en seco. Respecto a la firmeza de la pulpa, los frutos de Nayarit mostraron la mayor

### Cuadro 2. Resumen de la meteorología ocurrida durante el desarrollo del fruto de ‘Hass’ (Dic. 2012-Oct. 2013).

Table 2. Summary of meteorology occurred during fruit development of ‘Hass’ (Dic. 2012-Oct. 2013).

Región	Temperatura media (°C)			Precipitación acumulada (mm)
	Del periodo	Máxima	Mínima	
Jalisco	16.3	25.4	7.3	971
Michoacán	18.2	24.3	12.1	1,632
Nayarit	21.8	28.5	15.1	921

From december to march (period of fruit growth), Jalisco had the lowest minimum temperature values throughout the period from december to april and was below 5 °C, while from may to october was less than 12 °C. The maximum ranged from 22 to 29.1 °C and may was the warmest month. Michoacan reaching a maximum between 22 and 27.3 °C, while the minimum was maintained below 15 °C and february was the coldest with 9.4 °C. Highs in Nayarit occurred between 25 and 31 °C, may being the hottest month, while the minimum was kept below 15 °C until may, followed by an increase to 19 °C from june to september. In Jalisco 80% of the annual rainfall was recorded in the period from june to september, 83.5% in Michoacan, Nayarit and 95.5%. September was the wettest month for Jalisco and Michoacan, nayarit while they were in july and august (67.9% of the rain period). In all three regions the rainy season began in june; however, his term was variable since in Jalisco and Nayarit ended in september, while for Michoacán was in october (Figure 1).

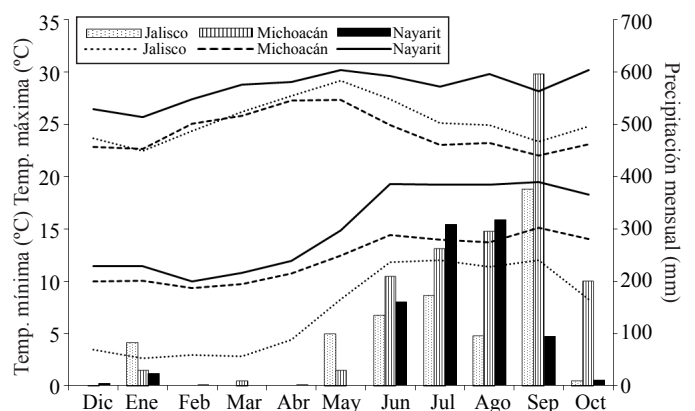


Figura 1. Promedios mensuales de temperatura máxima y mínima del aire en las tres regiones productoras de ‘Hass’. Periodo diciembre 2012-octubre 2013.

Figure 1. Mean monthly minimum and maximum air temperatures in the three producing regions of ‘Hass’. Period December 2012-October 2013.

firmeza y Jalisco la más baja. La testa de los frutos de Nayarit tuvo una proporción de 0.58% en peso seco, siendo mayor a la de los de Jalisco y Michoacán. El resto de las determinaciones físicas y químicas analizadas no mostraron diferencias entre las regiones estudiadas (Cuadro 3).

### Physical and chemical characteristics of fruits

The origin of the fruit determined some of their physical and chemical characteristics. The assessment "at harvest", the fresh weight of the fruits of Michoacan was lower

**Cuadro 3. Algunas características físicas y químicas de frutos de aguacate 'Hass' procedentes de tres regiones productoras. Table 3. Some physical and chemical characteristics of fruits of 'Hass' avocado from three producing regions characteristics.**

Tejido	Característica	A la cosecha			Madurez de consumo a temperatura ambiente		
		Jalisco	Michoacán	Nayarit	Jalisco	Michoacán	Nayarit
Fruto completo	Peso fresco (g)	266.54 a <sup>z</sup>	241.39 b	255.22 ab	260.43 a	223.96 b	250.95 a
	Relación largo/diámetro	1.45 a	1.38 a	1.46 a	1.43 a	1.42 a	1.47 a
	Pérdida fisiológica de peso (%)	-	-	-	13.07 a	12.58 a	11.94 a
Piel	Espesor (mm)	1.39 b	1.53 b	1.82 a	1.19 a	1.74 a	1.58 a
	Porcentaje en peso fresco (%)	13.38 b	15.10 a	16.51 a	12.37 b	12.95 ab	14.08 a
	Porcentaje en peso seco (%)	11.64 b	13.16 ab	15.35 a	10.32 b	11.46 b	14.11 a
Pulpa	Firmeza (kgf)	33.37 a	33.18 a	32.79 a	7.62 b	10.70 ab	14.03 a
	Espesor (mm)	15.70 a	14.96 a	14.50 a	13.02 a	11.95 a	12.08 a
	Porcentaje en peso fresco (%)	69.83 a	67.53 a	64.65 b	60.30 a	59.21 a	58.67 a
	Porcentaje en peso seco (%)	67.53 a	67.66 a	58.88 b	65.85 a	65.50 a	61.23 a
	Contenido de materia seca (%)	24.86 b	27.95 a	25.49 ab	25.85 a	28.65 a	25.85 a
Testa	Contenido de aceite (% base húmeda)	14.69 b	17.48 a	14.87 ab	16.50 a	19.35 a	16.37 a
	Porcentaje en peso fresco (%)	0.53 b	0.53 b	0.87 a	0.42 a	0.45 a	0.43 a
Embrión	Porcentaje en peso seco (%)	0.23 b	0.32 b	0.86 a	0.26 b	0.34 b	0.58 a
	Porcentaje en peso fresco (%)	12.28 b	13.84 ab	16.16 a	15.72 a	16.64 a	16.54 a
	Porcentaje en peso seco (%)	20.60 b	18.87 b	24.91 a	23.56 a	22.71 a	24.09 a

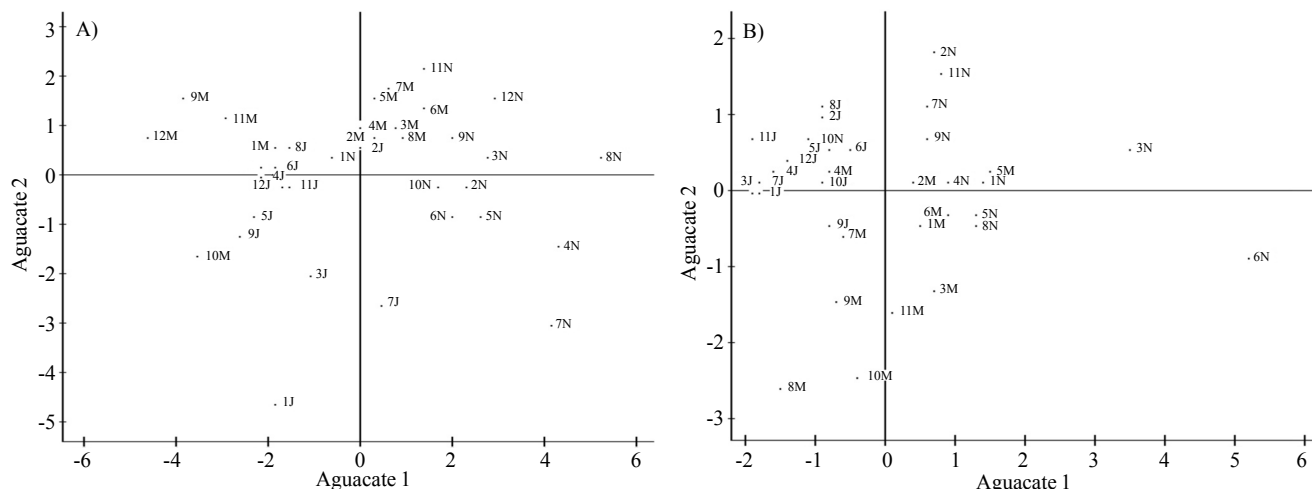
<sup>z</sup>Medias con la misma letra para cada característica y dentro de cada fecha de evaluación, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Tukey,  $p \leq 0.05$ .

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que para la evaluación "a la cosecha", hubo dos componentes que explicaron 62.16% de la variabilidad de los frutos. El primer componente principal (45.60%), estuvo determinado por la proporción de pulpa en el fruto y la piel, incluida la rugosidad, mientras que el segundo componente (16.56%) lo constituyó el contenido de materia seca y el contenido de aceite en la pulpa (Figura 2A).

El ACP de la evaluación "madurez de consumo a temperatura ambiente", mostró que 67.40% de la variabilidad de los frutos fue explicada por dos componentes. El primer componente (47.21%) correspondió a la proporción en peso fresco y seco de la piel. El segundo componente (20.19%) lo determinaron el peso fresco total del fruto y la firmeza de la pulpa (Figura 2B).

than those of Jalisco, while the fruits of Nayarit were not different from those of Jalisco and Michoacan. The differences were detected for the skin (thickness and proportion in relation to the fresh and dry weight), the testa and the embryo (proportion of fresh and dry weight), and the fruits of Nayarit were those with higher values. In the case of pulp, the highest proportion in fresh and dry weight corresponded to Michoacan and Jalisco. The content of dry matter and oil did not differ between Michoacan and Nayarit, Jalisco but with lower values of occurrence (Table 3).

For evaluation in "consumer maturity at room temperature" the fruits of Jalisco and Nayarit were heavier than those of Michoacan. The difference between producing regions for different parts of the fruit was observed in the skin, where the fruits of Nayarit had higher values in the ratio of the weight



**Figura 2. Análisis de componentes principales para la evaluación A) a la cosecha; y B) madurez de consumo a temperatura ambiente.** El número representa al fruto analizado y la literal a la región de procedencia del fruto (J= Jalisco; M= Michoacán; N= Nayarit).

**Figure 2. Principal component analysis for assessing A) harvest; and B) eating ripeness at room temperature.** The number represents the fruit analyzed and the literal to the region of origin of the fruit (J= Jalisco; M= Michoacan; N= Nayarit).

**Características organolépticas**

La intensidad del olor de los frutos de Jalisco y Michoacán se agrupó dentro de la clase media, mientras que los de Nayarit se ubicaron en las clases baja y media. En el caso de la percepción grasa y la firmeza de la pulpa, la mayoría de los frutos de las tres regiones se ubicó en el nivel Medio (grasosa y firme, respectivamente). Respecto a sabor, más de 90% de los frutos catados para cada región productora fueron catalogados con una intensidad media (Cuadro 4). No hubo diferencias estadísticas entre los frutos de las tres regiones productoras para ninguna de las características organolépticas evaluadas (no se muestran los datos).

of it, both fresh and dry. Regarding the firmness of flesh, the fruits showed the strongest Nayarit and Jalisco lowest. The head of the fruits of Nayarit had a ratio of 0.58% by dry weight, being higher than those of Jalisco and Michoacan. The rest of the physical and chemical determinations analyzed showed no differences between the regions studied (Table 3).

The principal component analysis (ACP) showed that the assessment "harvest" were two components explained 62.16% of the variability of the fruit. The first principal component (45.60%), was determined by the proportion of the fruit pulp and skin, including roughness, while the second component (16.56%) it was the dry matter content and oil content in the pulp (Figure 2A).

**Cuadro 4. Evaluación organoléptica de frutos de aguacate ‘Hass’ procedentes de tres regiones productoras.**

**Table 4. Sensory evaluation of avocado fruits ‘Hass’ from three producing regions.**

Región	Intensidad			Textura		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
	Olor			Seca- grasa		
Jalisco	0	100	0	0	60	40
Michoacán	9.1	90.9	0	0	100	0
Nayarit	41.7	50	8.3	8.3	91.7	0
	Sabor			Suave- firme		
Jalisco	0	90	10	30	70	0
Michoacán	0	100	0	9.1	90.9	0
Nayarit	0	91.7	8.3	25	66.7	8.3



## Rugosidad

Con los datos de rugosidad se generó una escala de cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto (Figura 3). El nivel bajo se caracterizó por una cobertura superficial inferior a 10%. El nivel medio presentó entre 10 y 19.9% de superficie rugosa, con abultamientos pronunciados. La clase alta presentó entre 20 y 39.9% de superficie rugosa, siendo su característica la presencia de numerosas protuberancias que no llegan a unirse. En el caso del nivel muy alto se presentó rugosidad mayor a 40%, cuya característica fueron abultamientos continuos que llegaron a formar abultamientos pronunciados.

Al emplear la escala de rugosidad de la Figura 3, los frutos de Jalisco se distribuyeron por igual en los niveles bajo y medio, mientras que la mayoría de los frutos de Michoacán (66.7%) presentaron nivel bajo de rugosidad de la piel. Los frutos de Nayarit presentaron la mayor rugosidad ya que 25% de ellos se ubicaron en el nivel alto y el resto en muy alto (Figura 4).

The ACP evaluation "eating ripeness at room temperature", showed that 67.40% of the variability of the fruits was explained for two components. The first component (47.21%) corresponded to the proportion in cool, dry skin weight. The second component (20.19%) as determined by the total weight of the fresh fruit and pulp firmness (Figure 2B).

## Organoleptic characteristics

The intensity of the smell of the fruits of Jalisco and Michoacan were grouped into the middle class, while those in Nayarit were located in the lower and middle classes. In the case of fat perception and firmness of flesh, most of the fruits of the three regions was at the middle level (greasy and strong, respectively). Regarding taste, more than 90% of the fruit tasted each producing region were rated with an average intensity (Table 4). There was no statistical difference between fruit in the three producing regions for any of the organoleptic characteristics evaluated (data not shown).

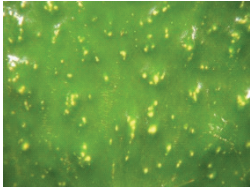
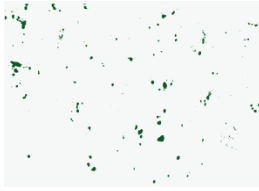
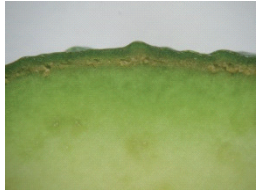
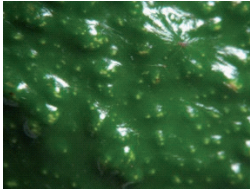

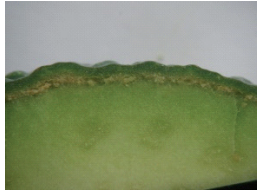

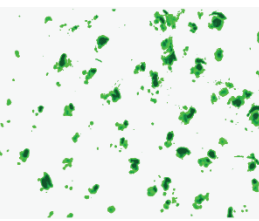
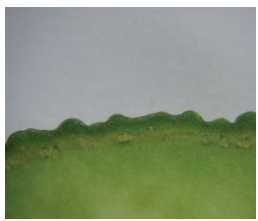
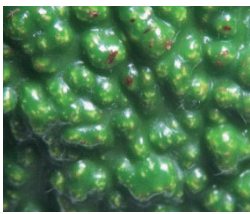
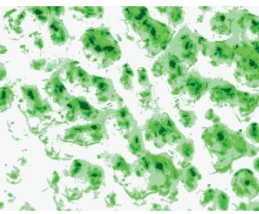
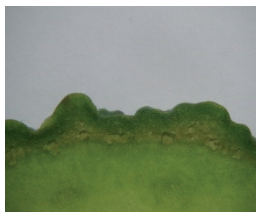
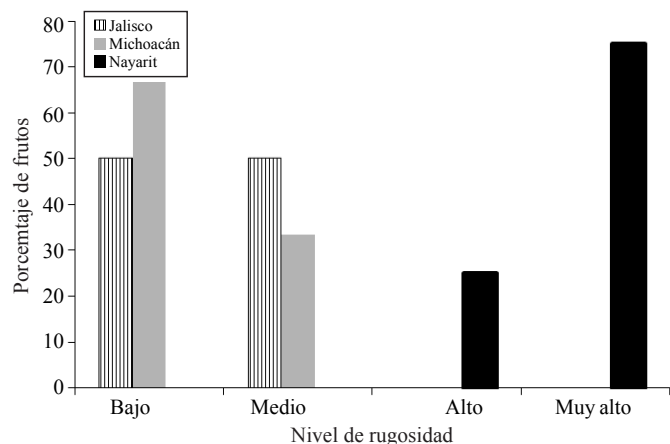
Nivel	Vista superficial	Imagen digital	Vista lateral
Bajo (< 10%)			
Medio (10 - 19.9%)			
Alto (20 - 39.9%)			
Muy alto (≥ 40%)			

Figura 3. Escala de rugosidad de la piel para el aguacate 'Hass'.

Figure 3. Scale skin roughness for 'Hass' avocado.



**Figura 4. Distribución (%) de los frutos de aguacate ‘Hass’ procedentes de tres regiones productoras, según la rugosidad de la piel y de acuerdo a la escala de la Figura 3.**

**Figure 4. Distribution (%) of the fruits of ‘Hass’ avocado from three producing regions, according to the roughness of the skin and according to the scale of Figure 3.**

La rugosidad de la piel del fruto mostró diferencias entre las regiones productoras. Los frutos de Jalisco y Michoacán presentaron rugosidad similar, 10.3 y 8.17% de la superficie de los frutos, respectivamente, presentaron pendientes  $\geq 20\%$ , mientras que los frutos de Nayarit tuvieron una mayor rugosidad, ya que esas pendientes se presentaron en el 49.3% de la superficie de la piel. (Figura 5).

El análisis entre la temperatura del aire y algunas características físicas y químicas del fruto mostró una correlación positiva con rugosidad y espesor de la piel, así como proporción de piel, testa y pulpa respecto al peso fresco. Con relación a la proporción de piel en peso seco y el contenido de aceite en pulpa la correlación fue negativa. Los valores de correlación más altos se presentaron con la temperatura media, con excepción de la rugosidad de la piel, donde la temperatura máxima presentó la correlación más alta (Cuadro 5). La precipitación pluvial y el rango diurno de temperatura no mostraron correlaciones significativas con las características físicas y químicas evaluadas.

## Discusión

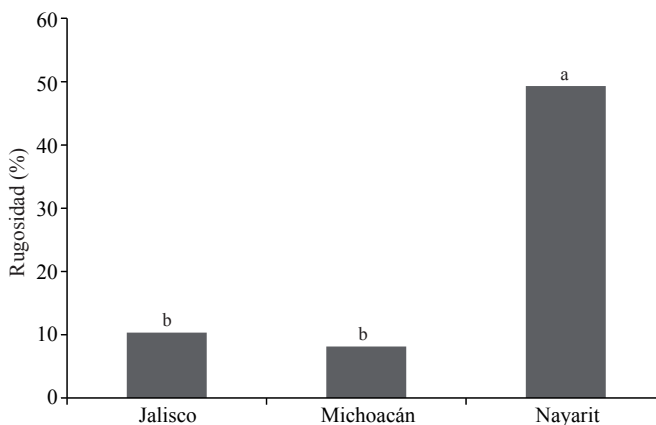
Los frutos de aguacate ‘Hass’ analizados en la presente investigación cumplieron los requisitos de calidad para ser comercializados en fresco, según la norma internacional Codex Stan 197-1995 (FAO, 2014).

## Rugosity

With a scale roughness data generated four levels: low, medium, high and very high (Figure 3). The lower level is characterized by a lower surface coverage to 10%. The average level occurred between 10 and 19.9% of rough surface with pronounced bumps. The upper class occurred between 20 and 39.9% of rough surface, with its characteristic presence of numerous bumps that fail to join. In the case of very high rougher it showed a 40%, whose characteristic bumps were continuous they came to be pronounced bumps.

By using the scale of roughness in Figure 3, the fruits of Jalisco were equally distributed in the lower and middle levels, while most of the fruits of Michoacán (66.7%) had low levels of skin roughness. The fruits of Nayarit presented the highest roughness since 25% of them were in the high level and the other at very high (Figure 4).

The roughness of the skin of the fruit showed differences between production regions. The fruits of Jalisco and Michoacán had similar roughness, 10.3 and 8.17% of the surface of the fruits, respectively, presented outstanding  $\geq 20\%$ , while the fruits of Nayarit were more roughness, since these slopes occurred in 49.3% of skin surface. (Figure 5).



**Figura 5. Rugosidad de la piel (pendientes  $\geq 20\%$ ) de frutos de aguacate ‘Hass’. Promedio de los frutos de cada región productora. Literales iguales no son significativamente diferentes (Tukey,  $p=0.05$ ).**

**Figure 5. Roughness of the skin (to be  $\geq 20\%$ ) of fruits of ‘Hass’ avocado. Average results of each producing region. Literal equals are not significantly different (Tukey,  $p=0.05$ ).**

The analysis of the air temperature and some physical and chemical characteristics of the fruit showed a positive correlation with roughness and thickness of the skin and skin

En Nayarit los frutos presentaron valores más altos en las proporciones en peso fresco y seco de la piel, testa y embrión, que los frutos de Jalisco y Michoacán, en los que se observaron valores similares a los reportados por Salazar-García *et al.* (2011), para esas características. Los frutos de Nayarit presentaron mayor espesor de la piel, que los de Jalisco y Michoacán. En estas dos últimas regiones la piel de 'Hass' presentó un espesor similar al mencionado para este cultivar producido en Colombia (Forero *et al.*, 2007).

La proporción de pulpa de los frutos de las tres regiones productoras fue mayor que el mínimo de calidad indicado por Forero *et al.* (2007). Sin embargo, la proporción de pulpa de los frutos de Nayarit (en peso fresco y seco), fue menor que la de los frutos de Jalisco y Michoacán, en los que la fracción de pulpa coincidió con lo encontrado por Salazar-García *et al.* (2011). El contenido de aceite en los frutos de las tres regiones (14.5-19.5% base húmeda), fue similar a lo reportado por Villa-Rodríguez *et al.* (2011), para frutos de 'Hass' producidos en Michoacán. Una mayor proporción de pulpa y contenido total de aceite, menor proporción de embrión y testa, son características deseables por los consumidores, de ahí que esa pudiera ser la causa por la que los frutos de Michoacán y Jalisco son mejor cotizados por los comerciantes.

En el presente estudio, la caracterización organoléptica no mostró diferencias en las propiedades evaluadas en los frutos de 'Hass' producidos en las tres regiones. La textura "seca-grasa" con la que fueron calificados la mayoría de los frutos de las regiones productoras coincidieron con la preferida por un grupo de panelistas que cataron aguacate 'Hass' producido en varios países (Obenland *et al.*, 2012).

Las medias mensuales de temperatura y precipitación difirieron entre las tres regiones productoras de 'Hass'. En Nayarit se registró la temperatura promedio más alta (máxima, mínima y media) durante el periodo de crecimiento del fruto, así como la menor precipitación acumulada con una distribución concentrada en menos meses. Las diferencias mencionadas no afectaron las características organolépticas evaluadas en los frutos; sin embargo, si resultaron afectadas algunas características físicas y químicas, particularmente una mayor rugosidad en la piel de los frutos de Nayarit, respecto a los de Jalisco y Michoacán. Lo anterior coincidió con Barrientos-Priego *et al.* (1996), quienes sugirieron que la rugosidad de la piel de 'Hass' era mayor en climas cálidos que en los frescos. A mayor temperatura máxima media del aire hubo mayor rugosidad de la piel ( $r=0.94$ ;  $p\leq 0.01$ ) y menor contenido de aceite en pulpa ( $r=-0.71$ ;  $p\leq$

ratio, testa and pulp relative to the fresh weight. Regarding the ratio by dry weight of skin and pulp oil content correlation was negative. Values showed highest correlation with the average temperature, except for the roughness of the skin, where the maximum temperature had the highest correlation (Table 5). Rainfall and diurnal temperature range showed no significant correlations with the physical and chemical characteristics evaluated.

#### Cuadro 5. Correlación entre temperatura media del aire (diciembre 2012-octubre 2013) y algunas características físicas y químicas del fruto de aguacate 'Hass'.

Table 5. Correlation between mean air temperature (December 2012-October 2013) and some physical and chemical characteristics of the fruit of 'Hass' avocado.

Característica	T.	T.	T.
	mínima	Media	máxima
Rugosidad de la piel (%)	0.72*	0.88**	0.94**
Espesor de piel (mm)	0.76*	0.81**	0.70**
Proporción de piel en peso fresco (%)	0.76*	0.77**	0.54 <sup>ns</sup>
Proporción de piel en peso seco (%)	-0.78*	-0.79*	-0.61 <sup>ns</sup>
Proporción de testa en peso fresco (%)	0.82**	0.93**	0.88**
Proporción de pulpa en peso seco (%)	0.79*	0.82**	0.47 <sup>ns</sup>
Contenido de aceite en pulpa (% base húmeda)	-0.57 <sup>ns</sup>	-0.68*	-0.71*

<sup>ns</sup>= correlación no significativa; \*= $p\leq 0.05$ ; \*\*= $p\leq 0.01$ .

## Discussion

The fruits of 'Hass' avocado analyzed in this investigation met the quality requirements to be marketed fresh, according to international standard Codex Stan 197-1995 (FAO, 2014).

In Nayarit fruits showed higher values in the proportions in cool, dry skin, coat and embryo weight, the fruits of Jalisco and Michoacan, which is similar observed values to those reported by Salazar-García *et al.* (2011), for these characteristics. The fruits of Nayarit had thicker skin than those of Jalisco and Michoacan. In the latter two regions skin 'Hass' presented a thickness similar to that mentioned for this cultivar produced in Colombia (Forero *et al.*, 2007).

The proportion of fruit pulp of the three producing regions was greater than the minimum quality indicated by Forero *et al.* (2007). However, the proportion of fruit pulp of Nayarit

0.05), ambas características mencionadas por Hass (1935) como distintivas de 'Hass' y que él mismo refiere variarán dependiendo de las condiciones climáticas, topográficas, orográficas y de manejo del huerto.

Del mismo modo, el incremento en la temperatura media se asoció con un mayor espesor de la piel ( $r=0.81$ ;  $p\leq 0.01$ ) y mayor proporción de testa en peso fresco ( $r=0.93$ ;  $p\leq 0.01$ ) y de pulpa en peso seco ( $r=0.82$ ;  $p\leq 0.01$ ), esta última cualidad muy deseable por comerciantes y consumidores finales. Aunque de forma preliminar, la presente investigación por primera vez documentó la influencia del ambiente sobre algunas propiedades químicas y físicas del fruto de 'Hass', especialmente la rugosidad de la piel. Investigaciones futuras deberán incluir una mayor cantidad de huertos para verificar este hallazgo. Otra contribución importante de este trabajo es la escala de rugosidad para la evaluación cuantitativa de la rugosidad de la piel de frutos tipo 'Hass', la que será útil para trabajos futuros sobre ecofisiología de la rugosidad de la piel de este importante cultivar de aguacate.

## Conclusiones

Los frutos de aguacate 'Hass' producidos en algunos huertos de Michoacán, Jalisco y Nayarit se diferenciaron solamente en sus características físicas y químicas, las cuales no demeritaron su calidad organoléptica. Los frutos de Jalisco y Michoacán tuvieron una mayor proporción de pulpa y una menor proporción de embrión y testa, comparados con los de Nayarit. El contenido total de aceite fue mayor en los frutos de Michoacán. Las características organolépticas evaluadas no fueron afectadas por la región donde se produjo el fruto. La temperatura media del aire fue la variable meteorológica más asociada con las diferencias físicas y químicas del fruto y la que mejor se correlacionó con el espesor y rugosidad de la piel.

## Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del INIFAP y el apoyo de la M. C. Yolanda Nolasco-González y el Dr. Jorge A. Osuna-García del Laboratorio de Poscosecha del Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Se agradece el apoyo técnico de Juan A. Herrera-González, José González-Valdivia, Sergio Álvarez-López, Juan Ávila-Becerra y Sandra Ávila-Becerra, así como al Prof. Eduardo Morales-Rubio y sus alumnos por

(fresh and dry weight), was lower than the fruits of Jalisco and Michoacan, where the pulp fraction coincided with the findings of Salazar-García *et al.* (2011). The oil content in the fruits of the three regions (14.5-19.5% wet basis) was similar to that reported by Villa-Rodriguez *et al.* (2011), for fruits of 'Hass' produced in Michoacan. A higher proportion of pulp and total oil content, lower proportion of embryo and seed coat are desirable characteristics by consumers, hence this could be the reason why the fruits of Michoacan and Jalisco are best quoted by traders.

In this study, organoleptic characterization showed no difference in the properties evaluated in the fruits of 'Hass' produced in the three regions. Texture "dry-fat" with which were rated most fruit producing regions coincided with the preferred by a group of panelists tasted avocado 'Hass' occurred in several countries (Obenland *et al.*, 2012).

The average monthly temperature and precipitation differed among the three producing regions of 'Hass'. In Nayarit highest (maximum, minimum and average) average temperature was recorded during the period of fruit growth and lower rainfall accumulated with a concentrated distribution in fewer months. These differences did not affect the organoleptic characteristics assessed in the fruits; however, if they were affected some physical and chemical characteristics, particularly a greater roughness in the skin of the fruits of Nayarit, from those of Jalisco and Michoacan. This coincided with Barrientos-Priego *et al.* (1996), who suggested that the roughness of the skin of 'Hass' was greater in warm climates than in fresh. A higher mean maximum air temperature was increased skin roughness ( $r=0.94$ ;  $p\leq 0.01$ ) and lower pulp oil content ( $r=-0.71$ ;  $p\leq 0.05$ ), both characteristics mentioned by Hass (1935) as distinguishing of 'Hass' and that he referred will vary depending on weather, topographic, orographic and orchard management conditions.

Similarly, the increase in average temperature was associated with an increased skin thickness ( $r=0.81$ ;  $p\leq 0.01$ ) and a higher proportion of head fresh weight ( $r=0.93$ ;  $p\leq 0.01$ ) and pulp weight dry ( $r=0.82$ ;  $p\leq 0.01$ ), this last quality very desirable for merchants and consumers. Although preliminary, this research for the first time documented the influence of the environment on chemical and physical properties of the fruit of 'Hass', especially skin roughness properties. Future research should include a larger number of orchards to verify this finding. Another important contribution of this work is the scale of roughness for

su entusiasmo en las sesiones de cata. Los frutos para esta investigación fueron proporcionados por Agro González S. P. R. de R. L. (Jalisco), José Sandoval (q.e.p.d.) y Bernardo Parra (Nayarit), Antonio Méndez, Apolonio Pineda y José Oregel (Michoacán).

## Literatura citada

- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. Netherlands. *Postharvest Biology and Technology* 15:207-225.
- AOAC. 1990. Official Methods of analysis of AOAC International. 14<sup>th</sup> ed. AOAC, Washington D. C, USA. 1067 p.
- Barrientos-Priego, A. F.; García-Villanueva, E. y Avitia-García, E. 1996. Anatomía del fruto de aguacate, ¿drupa o baya? *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 2(2):189-198.
- Campos, R. E.; Santa-Cruz, U. E.; Flores, M. A. J.; Rivera, G. M. y Rodríguez-Pérez, J. E. 2011. Dinámica de acumulación de ácidos grasos en aguacate (*Persea americana* Mill.) selección Méndez. World Avocado Congress. Australia. Conference Proceedings. 1-8 pp.
- Canto-Pereira, M. E.; Sargent, S. A.; Sims, C. A.; Huber, D. J.; Crane, J. H. and Brecht, J. K. 2014. Ripening and sensory analysis of Guatemalan-West Indian hybrid avocado following ethylene pretreatment and/or exposure to gaseous or aqueous 1-methylcyclopropene. Netherlands. *Postharvest Biology and Technology* 92:121-127.
- Espinosa-Manfugás, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba. 116 p.
- FAO. 2014. Norma para el aguacate. Codex Alimentarius. Food and Agricultural Organization. Consultado agosto de 2014.
- Forero, F.; García, J. y Cárdenas-Hernández, J. F. 2007. Situación y avances en la poscosecha y procesamiento del aguacate (*Persea americana* Mill.). Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 1(2):189-200.
- Hass, R. G. 1935. Hass plant patent 139. US patent Office. CI 47-62.
- Lobell, D.; Cahill, K. y Field, C. 2007. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Netherlands. Climatic Change*. 81:187-203.
- López-López, L. y Cajuste-Bontemps, J. F. 1999. Comportamiento poscosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:365-371.
- Minitab. 2010. Meet Minitab 16. Quality Plaza 1829 Pine Hall Rd State College, PA. USA.
- Obenland, D.; Collin, S.; Sievert, J.; Negm, F. and Arpaia, M. L. 2012. Influence of maturity and ripening on aroma volatiles and flavor in 'Hass' Avocado. Netherlands. *Postharvest Biology and Technology* 71:41-50.
- Ozdemir, F. and Topuz, A. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. UK. *Food Chemistry* 86:79-83.
- Rocha-Arroyo, J. L.; Salazar-García, S.; Bárcenas-Ortega, A. E.; González-Durán, I. J. L. y Cossio-Vargas, L. E. 2011. Fenología del aguacate 'Hass' en Michoacán. México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(3):303-316.
- quantitative evaluation of skin roughness type 'Hass' fruit, which will be useful for future work on eco-physiology of the roughness of the skin of this important growing avocado.

## Conclusions

The fruits of 'Hass' avocado orchards produced in some of Michoacan, Jalisco and Nayarit differed only in their physical and chemical characteristics, which no demeritaron its organoleptic quality. The fruits of Jalisco and Michoacan had a higher proportion of pulp and a lower proportion of embryo and testa, compared with those of Nayarit. The total oil content was higher in the fruits of Michoacan. The organoleptic characteristics evaluated were not affected by the region where the fruit was produced. The average air temperature was the meteorological variable most associated with the physical and chemical differences of the fruit and that best correlated with the thickness and roughness of the skin.

*End of the English version*



- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E.; González-Durán, I. J. L. y Lovatt, C. J. 2007a. Desarrollo floral del aguacate 'Hass' en clima semicálido. Parte I. Influencia de la carga de fruto y edad de los brotes. México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1):87-92.
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E.; González-Durán, I. J. L. y Lovatt, C. J. 2007b. Desarrollo floral del aguacate "Hass" en clima semicálido. Parte II. Generación y validación de modelos de predicción del desarrollo floral. México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 21(1):93-101.
- Salazar-García, S.; González-Durán, I. J. L. y Tapia-Vargas, L. M. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2):183-194.
- Salazar-García, S.; Zamora-Cuevas, L. y Vega-López, R. J. 2005. Actualización sobre la Industria del aguacate en Michoacán, México. USA. California Avocado Society Yearbook. 87:45-54.
- SAS Institute. 2002. User's guide, Version 9, 4<sup>th</sup> (Ed.). Vol. 1 and 2. SAS Institute Int., Cary, N. C. USA.
- SIAP. 2014. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Villa-Rodríguez, J. A.; Molina-Corral, F. J.; Ayala-Zavala, J. F.; Olivás, G. I. y González-Aguilar, G. A. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. Malaysia. *Food Research International* 44(5):1231-1237.
- Wang, M.; Zheng, Y.; Khuong, T. and Lovatt, C. J. 2012. Effect of harvest date on the nutritional quality and antioxidant capacity in "Hass" avocado during storage. UK. *Food Chemistry*. 135(2):694-698.