

Las condiciones ambientales determinan la rugosidad de la piel del fruto de aguacate ‘Hass’*

The environmental conditions determine the roughness of the skin of the avocado ‘Hass’ fruit

Arturo Álvarez-Bravo^{1§} y Samuel Salazar-García¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Internacional México-Nogales km 6, entrada a Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. CP. 63300. (salazar.avocado@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: alvarez.arturo@inifap.gob.mx.

Resumen

Una de las características de la piel del aguacate ‘Hass’ es la rugosidad; sin embargo, poco se ha estudiado esta característica. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la rugosidad, en diferentes secciones de la piel y estados de desarrollo de frutos de aguacate ‘Hass’, cosechados en tres climas contrastantes del occidente de México. El estudio se realizó de marzo a noviembre 2015. Se colectaron frutos en tres regiones productoras de ‘Hass’ del occidente de México con distinto tipo de clima (cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado). Se utilizó un sistema de información geográfica y técnicas de análisis espacial para cuantificar la rugosidad de la sección ecuatorial lateral ventral, superior frontal dorsal y superior frontal ventral del fruto. La temperatura y la precipitación fueron registradas mensualmente en las tres regiones productoras. El clima cálido subhúmedo fue el más cálido mientras que el más seco fue el semicálido subhúmedo y el más lluvioso el clima templado. El grado de rugosidad presentó diferencias entre regiones (climas), secciones de la piel y etapas de desarrollo del fruto. Los frutos producidos en el clima cálido subhúmedo mostraron mayor rugosidad y los de clima templado la rugosidad más baja. El grado de rugosidad de la piel de aguacate ‘Hass’ está influenciado por

Abstract

One of the characteristics of the skin of the avocado ‘Hass’ is the roughness; however, little has been studied about this feature. The objective of this work was to quantify the roughness, in different sections of the skin and development stages of avocado ‘Hass’ fruits, harvested in three contrasting climates of western Mexico. The study was carried out from March to November 2015. Fruits were collected in three ‘Hass’ producing regions of western Mexico with different types of climate (warm subhumid, subhumid and warm temperate). A geographic information system and spatial analysis techniques were used to quantify the roughness of the ventral lateral, upper dorsal frontal and ventral frontal equatorial sections of the fruit. Temperature and precipitation were recorded monthly in the three producing regions. The warm subhumid climate was the warmest while the driest was the sub-humid and the rainy temperate. The degree of roughness showed differences between regions (climates), sections of the skin and stages of development of the fruit. The fruits produced in warm subhumid climate showed greater roughness and those of temperate climate the lower roughness. The degree of roughness of the avocado ‘Hass’ skin is influenced by the environmental conditions where the fruit develops, which can evidence the genetic plasticity of this avocado cultivar.

*Recibido: junio de 2017
Aceptado: agosto de 2017

las condiciones ambientales donde se desarrolla el fruto lo que puede evidenciar la plasticidad genética del este cultivar de aguacate.

Palabras clave: *Persea americana*, desarrollo del fruto, ecofisiología,

Introducción

De las tres razas de aguacate identificadas (Barrientos-Priego y López-López 2000), la guatemalteca sobresale en dos rasgos: mayor grosor y rugosidad de la piel o cáscara (exocarpio) (Bergh y Ellstrand, 1986). El cv. Hass se originó por semilla de la raza guatemalteca y una de sus características genéticas es que el fruto presenta piel rugosa (Hass, 1935). Esta característica está descrita en las normas de calidad del fruto (Posse, 1993; NOM-128-SCFI-1997). Al ser el aguacate ‘Hass’ un híbrido entre las razas guatemalteca y mexicana ha mostrado una amplia adaptación desde regiones subtropicales hasta templadas (Bellon *et al.*, 2009).

Barrientos-Priego *et al.* (1996) sugirieron que el tipo de clima donde se produce aguacate puede influir en el grosor y rugosidad de la piel (en clima templado la piel es más lisa que en el clima cálido). El clima también influye sobre la concentración de fitoquímicos (compuestos fenólicos totales y clorofila) en la piel de los frutos de aguacate ‘Hass’ (Salazar-García *et al.*, 2016a). Las diferencias entre las condiciones climáticas de tres regiones productoras de aguacate ‘Hass’ de México (cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado) son de tal magnitud que podrían incidir en la fenología y calidad del fruto (Álvarez- Bravo y Salazar- García, 2016a).

En un estudio preliminar con aguacate ‘Hass’, Salazar-García *et al.* (2016b), encontraron mayor grosor y rugosidad de la piel en frutos provenientes del clima cálido comparado con los de clima templado. Sin embargo, un estudio posterior mostró que la rugosidad de la piel de frutos de ‘Hass’ producidos en clima cálido disminuyó con el desarrollo del fruto (desde tamaño aceituna hasta cosecha) (Álvarez- Bravo y Salazar- García, 2016b). Algunos comercializadores y consumidores mencionan que la excesiva rugosidad del fruto de ‘Hass’ lo hace poco atractivo y afecta su precio, especialmente para su consumo en fresco (Khalid *et al.*, 2012). Sin embargo, es una cualidad apropiada para el manejo postcosecha al servir de mayor protección, a diferencia de los frutos de piel lisa (Posse, 1993).

Keywords: *Persea americana*, fruit development, ecophysiology,

Introduction

Of the three avocado races identified (Barrientos-Priego and López-López 2000), Guatemalan stands out in two features: thicker and more rugged skin or exocarp (Bergh and Ellstrand, 1986). The cv. Hass originated by seed of the Guatemalan race and one of its genetic characteristics is that the fruit has rough skin (Hass, 1935). This characteristic is described in the quality standards of the fruit (Posse, 1993; NOM-128-SCFI-1997). Being the avocado ‘Hass’ a hybrid between the Guatemalan and Mexican races has shown a wide adaptation from subtropical to temperate regions (Bellon *et al.*, 2009).

Barrientos-Priego *et al.* (1996) suggested that the type of climate where avocado is produced can influence the thickness and roughness of the skin (in temperate climate the skin is smoother than in warm weather). The climate also influences the concentration of phytochemicals (total phenolic compounds and chlorophyll) in the skin of avocado ‘Hass’ fruits (Salazar- García *et al.*, 2016a). The differences between the climatic conditions of three Mexican avocado ‘Hass’ producing regions (warm sub-humid, sub-humid and temperate) are of such magnitude that they could influence phenology and fruit quality (Álvarez- Bravo and Salazar- García, 2016a).

In a preliminary study with avocado ‘Hass’, Salazar-García *et al.* (2016b), found greater thickness and roughness of the skin in fruits from the warm climate compared to the temperate climate. However, a subsequent study showed that the skin roughness of ‘Hass’ fruits produced in warm weather decreased with fruit development (from olive to harvest size) (Álvarez- Bravo and Salazar- García, 2016b). Some marketers and consumers mention that the excessive roughness of the ‘Hass’ fruit makes it unattractive and affects its price, especially for fresh consumption (Khalid *et al.*, 2012). However, it is an appropriate quality for post-harvest handling as it provides better protection, unlike smooth-skinned fruits (Posse, 1993).

The limited information available on the roughness of the skin of the avocado ‘Hass’ fruit motivated this research with the aim of quantifying the roughness in different sections of the skin and development stages of avocado ‘Hass’ fruits harvested in three contrasting climates of western Mexico.

La escasa información disponible sobre la rugosidad de la piel del fruto de aguacate 'Hass' motivó esta investigación con el objetivo de cuantificar la rugosidad, en diferentes secciones de la piel y estados de desarrollo de frutos de aguacate 'Hass' cosechados en tres climas contrastantes del occidente de México.

Materiales y métodos

Regiones productoras

La fase de campo se llevó a cabo de marzo a noviembre 2015. Fueron seleccionados tres huertos comerciales de aguacate 'Hass' en tres regiones productoras con diferente tipo de clima cada una: El huerto "El Parejo" propiedad de la SPR de RL PARGUT con clima cálido subhúmedo ubicado a 1 151 m de altitud en Tepic, Nayarit; el huerto "Paso de carretas" de la SPR de RL Agro González, en Gómez Farías, Jalisco, con clima semicálido subhúmedo y altitud de 2 180 m y el huerto "El Parejo" de José Manuel Báez en clima templado a 1 579 m de altitud en Uruapan, Michoacán. Todos los huertos contaban con sistema de riego por microaspersión y recibieron el manejo estándar de cada región.

Caracterización climática

El clima cálido subhúmedo (Aw2) presenta temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío y del más cálido superior a 17 y 22 °C, respectivamente; la precipitación del mes más seco varía entre 0 y 60 mm y lluvias de verano con una relación de precipitación/temperatura (índice P/T) mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2% del total anual. En el clima semicálido subhúmedo (AC(w)) la temperatura media anual es mayor de 18 °C, la temperatura del mes más frío y más caliente es menor de 18 y 22 °C, respectivamente; la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm y lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% anual. En el clima templado (C(m)) la temperatura media anual se ubica entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C y la temperatura del mes más caliente menor a 22 °C; la precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (García-Amaro, 1973).

Materials and methods

Producing regions

The field phase was carried out from March to November 2015. Three commercial orchards of avocado 'Hass' were selected in three producing regions with different types of climate each: The 'El Parejo' orchard owned by the SPR of RL PARGUT with climate warm sub-humid located at 1 151 m altitude in Tepic, Nayarit; the "Paso de Carretas" orchard of the RL Agro González SPR, in Gómez Farías, Jalisco, with subhumid subhumid climate and altitude of 2 180 m and the orchard "El Parejo" by José Manuel Báez in temperate climate at 1 579 m altitude in Uruapan, Michoacán. All orchards had a micro sprinkler irrigation system and received the standard management of each region.

Climatic characterization

The sub-humid warm climate (Aw2) has an average annual temperature higher than 22 °C and the temperature of the coldest and warmest month above 17 and 22 °C, respectively; the precipitation of the driest month varies between 0 and 60 mm and summer rains with a precipitation/temperature ratio (P/T index) greater than 55.3 and winter rainfall percentage of 5 to 10.2% of the annual total. In the semi-warm sub-humid climate (AC(w)) the average annual temperature is higher than 18 °C, the temperature of the coldest and hottest month is less than 18 and 22 °C, respectively; the precipitation of the driest month is less than 40 mm and summer rains with a P/T index between 43.2 and 55 and a winter rainfall rate of 5 to 10.2% per year. In the temperate climate (C(m)) the average annual temperature is between 12 and 18 °C, the temperature of the coldest month between -3 and 18 °C and the temperature of the hottest month lower than 22 °C; the precipitation in the driest month is less than 40 mm; summer rainfall and winter rainfall rate of 5 to 10.2% of the annual total (García-Amaro, 1973).

Climatic information

The average climatic data and monthly cumulative precipitation were collected from the national meteorological service's website (www.smn.cna.gob.mx), the information corresponds to the last climatology (1981-2010) which was calculated with the daily records of each variable. In order to

Información climatológica

Los datos climáticos de temperatura promedio y precipitación acumulada mensual fueron colectados del sitio de Internet del servicio meteorológico nacional (www.smn.cna.gob.mx), la información corresponde a la última climatología (1981-2010) la cual se calculó con los registros diarios de cada variable. Para caracterizar las condiciones de temperatura y precipitación de cada región se tomó de referencia la estación meteorológica más cercana al huerto (Cuadro 1).

Muestreo de frutos

En cada huerto fue seleccionado un grupo de 25 árboles (cinco repeticiones conformadas por cinco árboles cada una). En cada árbol se etiquetaron 20 frutos de la floración “principal” o “normal” ocurrida en enero- febrero 2015 y ubicados en orientación suroeste y de la parte media y exterior de la copa del árbol. Por cada fecha de muestreo fueron seleccionados al azar cinco árboles, en cada uno de ellos se colectaron cuatro frutos en diferentes etapas de desarrollo de acuerdo con su diámetro (Cuadro 2). Después de ser colectados, los frutos fueron trasladados al laboratorio de Frutifisiología del Campo Experimental Santiago Ixcuintla- INIFAP donde fueron lavados con agua destilada con hipoclorito de sodio (200 mg L^{-1}) y pesados en una balanza de precisión (Ohaus modelo P2001, Florham, NJ, USA). La longitud y diámetro se obtuvieron con un vernier digital (MTC500-196, Mitutoyo Corp., Sakado, Japón).

Cuadro 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

Table 1. Location of the weather stations.

Clave	Localidad	Estado	Altitud (msnm)	Latitud N	Longitud O
18039	Tepic	Nayarit	963	21° 29' 21"	104° 53' 35"
14030	Ciudad Guzmán	Jalisco	1 515	19° 43' 05"	103° 27' 53"
16165	Uruapan	Michoacán	1 611	19° 23' 42"	102° 03' 07"

Cuadro 2. Etapas de desarrollo del fruto y fechas de muestreo en cada tipo de clima.

Table 2. Stages of fruit development and sampling dates in each type of climate.

Etapa de desarrollo (diámetro del fruto)	Clima		
	Cálido subhúmedo	Semicálido subhúmedo	Templado
Aceituna (10-20 mm Ø)	15/04/2015	15/05/2015	29/03/2015
Etapa I (35-45 mm Ø)	22/05/2015	03/06/2015	25/05/2015
Etapa II (50-60 mm Ø)	16/06/2015	15/07/2015	22/06/2015
Etapa III (60-70 mm Ø)	06/08/2015	25/08/2015	29/07/2015
Cosecha (>70 mm Ø)	10/09/2015	12/11/2015	29/09/2015

characterize the temperature and precipitation conditions of each region, the meteorological station closest to the orchard was used as reference (Table 1).

Fruit sampling

In each orchard was selected a group of 25 trees (five replicates made up of five trees each). In each tree 20 fruits of the “main” or “normal” flowering occurred in January-February 2015 and were located in the south-west orientation and the middle and outer part of the tree canopy. For each sampling date, five trees were randomly selected, in each of which four fruits were collected at different stages of development according to their diameter (Table 2). After being collected, the fruits were transferred to the Laboratory of Frutifisiology of the Experimental Field Santiago Ixcuintla-INIFAP where they were washed with distilled water with sodium hypochlorite (200 mg L^{-1}) and weighed in a precision balance (Ohaus model P2001, Florham, NJ, USA). The length and diameter were obtained with a digital vernier (MTC500-196, Mitutoyo Corp., Sakado, Japan).

Sections of fruit evaluated

For each development stage of the collected fruit three skin samples were obtained (one per section). Which were separated from the pulp with a vegetable peeler. The sections evaluated were: ventral lateral equatorial (ELV), superior dorsal front (SFD) and superior ventral frontal (SFV) (Figure 1).

Secciones del fruto evaluadas

Por cada estado de desarrollo del fruto colectado se obtuvieron tres muestras de la piel (una por sección). Las cuales fueron separadas de la pulpa con un pelador de verduras. Las secciones evaluadas fueron: ecuatorial lateral ventral (ELV), superior frontal dorsal (SFD) y superior frontal ventral (SFV) (Figura 1).

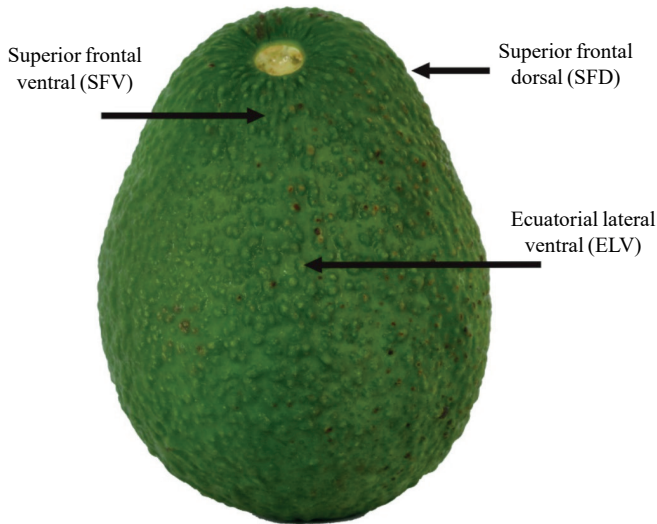


Figura 1. Secciones evaluadas del fruto de aguacate 'Hass'.
Figure 1. Sections evaluated for avocado 'Hass' fruit.

Medición de la rugosidad

Se obtuvo una imagen de 2×2 cm ($3\ 648 \times 2\ 736$ píxeles) para cada una de las secciones de los frutos mediante el uso de un microscopio estereoscópico (Zeiss modelo Stemi 2000-C; Barrington, NJ, USA) al cual se le montó una cámara fotográfica digital (Canon modelo Power Shot G11; NY, USA). Cada imagen fue incorporada al sistema de información geográfica Arc View versión 3.2 y mediante el módulo "Spatial Analyst" se cuantificó la superficie con una pendiente mayor a 20%. La rugosidad se expresó como la superficie rugosa (cm^2) respecto al área total de la imagen analizada (superficie rugosa/superficie total, $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$).

Clasificación de la rugosidad

Los valores de superficie se convirtieron a un valor porcentual de rugosidad respecto al área total de la imagen analizada. La clasificación fue de acuerdo a su nivel de rugosidad, según la escala de Salazar-García *et al.* (2016b) (Figura 2).

Measurement of roughness

A 2×2 cm ($3\ 648 \times 2\ 736$ pixels) image was obtained for each of the fruit sections using a stereomicroscope (Zeiss Model Stemi 2000-C; Barrington, NJ, USA) to which he set up a digital camera (Canon model Power Shot G11; NY, USA). Each image was incorporated into the ArcView version 3.2 geographic information system and the "Spatial Analyst" module quantified the surface with a slope greater than 20%. The roughness was expressed as the rough surface (cm^2) with respect to the total area of the analyzed image (rough surface/total area, $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$).

Classification of roughness

The surface values were converted to a percent roughness value with respect to the total area of the analyzed image. The classification was according to its level of roughness, according to the scale of Salazar-García *et al.* (2016b) (Figure 2).

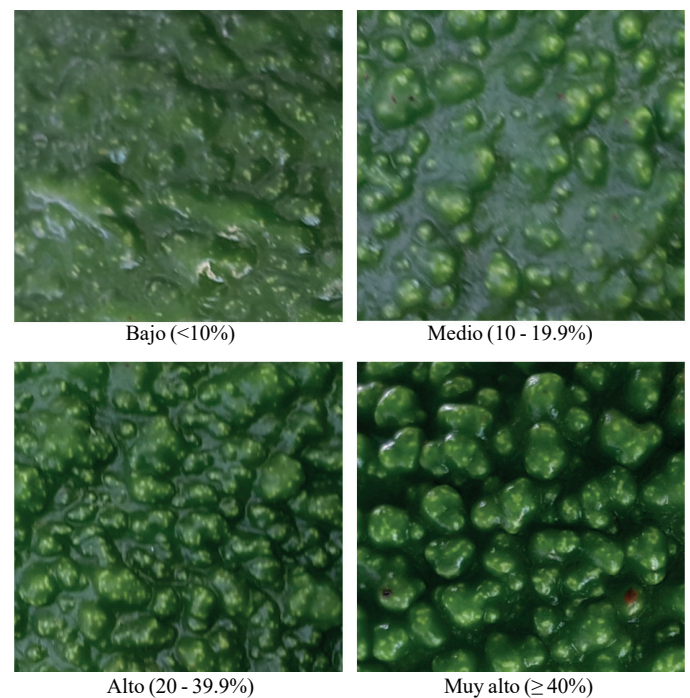


Figura 2. Escala del nivel de rugosidad del aguacate 'Hass'.
Figure 2. Scale of roughness level of avocado 'Hass'.

Analysis of the information

The monthly data of temperature and precipitation were organized in the program MS Excel version 2013. Later, a climogram was elaborated to graphically analyze the thermal and humidity distribution of the three study areas.

Análisis de la información

Los datos mensuales de temperatura y precipitación fueron organizados en el programa MS Excel versión 2013. Posteriormente, se elaboró un climograma para analizar gráficamente la distribución térmica y de humedad de las tres zonas de estudio.

Las variables de rugosidad a las que se les realizó análisis estadístico fueron: rugosidad de la sección ecuatorial lateral ventral, rugosidad de la sección superior frontal dorsal y rugosidad de la sección superior frontal ventral. Se realizó un análisis de varianza en donde las unidades experimentales fueron las tres secciones del fruto, como tratamientos las etapas de desarrollo del fruto (5) y el factor de variación fue el tipo de clima (3). Se empleó un diseño experimental completamente al azar y comparación de medias con la prueba de Tukey $p \leq 0.05$. El análisis se realizó con el programa estadístico Minitab versión 17.

Resultados y discusión

Descripción climatológica de las regiones productoras

Los parámetros climáticos mostraron diferencias entre las regiones de estudio. La temperatura media anual se diferenció entre regiones en 2 °C en promedio (hasta 4 °C entre el clima templado y el cálido subhúmedo). El clima cálido subhúmedo registró la temperaturas promedio mensual más altas (22 °C) y en el templado la más frías (18 °C). También hubo diferencias en la temperatura mensual durante todo el año y los registros más altos correspondieron al clima cálido subhúmedo. El verano más frío ocurrió en el clima templado; sin embargo, los meses más fríos se presentaron en el clima semicálido subhúmedo (diciembre y enero).

La precipitación anual varió entre climas, contrastando entre el mayor registro 1 450 mm (clima templado) y el menor con 710 mm en el clima semicálido subhúmedo. Para los tres climas, en verano (junio-septiembre) se precipitó >75% de la lluvia anual. Los meses más lluviosos fueron julio en el cálido subhúmedo y templado (367 y 315 mm respectivamente) y agosto para el semicálido subhúmedo (151 mm). La lluvia invernal (diciembre-febrero) varió de 40 y 66 mm entre climas, representando < 6% anual. En el clima templado se precipitó 51% más lluvia (promedio anual) que en el clima semicálido subhúmedo y 14% más que en el cálido subhúmedo.

The roughness variables that were statistically analyzed were: roughness of the ventral lateral equatorial section, roughness of the dorsal frontal superior section and roughness of the ventral frontal superior section. An analysis of variance was performed where the experimental units were the three sections of the fruit, as treatments the development stages of the fruit (5) and the variation factor was the type of climate (3). A completely randomized experimental design and comparison of means were used with the Tukey test $p \leq 0.05$. The analysis was performed with the statistical program Minitab version 17.

Results and discussion

Climatological description of the producing regions

The climatic parameters showed differences between the study regions. The mean annual temperature was differentiated between regions at 2 °C on average (up to 4 °C between temperate and warm sub-humid). In the subhumid warm climate, the highest average monthly temperatures were recorded (22 °C) and in the coldest temperatures (18 °C). There were also differences in the monthly temperature throughout the year and the highest records corresponded to the warm subhumid climate. The coldest summer occurred in the temperate climate; however, the colder months were in the sub-humid semi-warm climate (December and January).

The annual precipitation also varied between climates, contrasting between the highest 1 450 mm (temperate) and the lowest 710 mm in the subhumid sub-humid climate. For the three types of climate, in the summer (June to September) precipitation > 75% of the annual rainfall. The wettest months were July in warm subhumid and temperate (367 and 315 mm respectively) and august for sub-humid (151 mm). Winter rainfall (December to February) varied between 40 and 66 mm between climates, representing < 6% per year. In the temperate climate, 51% more precipitation (annual average) precipitated than in the semi-warm sub-humid climate and 14% more than in warm sub-humid.

The previous description of the three climates coincides with that published by García-Amaro (1973), particularly with the thermal conditions and the distribution of the monthly precipitation, which confirms the adequate selection of stations that allowed to characterize the environment of the study areas. With respect to the contrasts in the climatic

La anterior descripción de los tres climas coincide con lo publicado por García-Amaro (1973), particularmente con las condiciones térmicas y la distribución de la precipitación mensual, lo cual confirma la adecuada selección de estaciones que permitieron caracterizar el ambiente de las zonas de estudio. Respecto a los contrastes en las variables climáticas entre los tres tipos de clima, los resultados concuerdan con Salazar-García *et al.* (2016a) y Álvarez-Bravo y Salazar-García (2016a) corroborando la diversidad climática en la que se produce ‘Hass’ en la región occidente de México (Figura 3).

El cv. Hass fue seleccionado en La Habra Heights (Hass, 1935), al sur de California, EUA donde el clima es mediterráneo del tipo Csb (NOAA, 2017a) y que se caracteriza por una temperatura media anual mayor a 19 °C. En esta región, a lo largo del año la temperatura media mensual presenta fluctuaciones mayores a las encontradas en el presente trabajo. La temperatura promedio del mes más frío es menor a 15 °C (menor al clima templado) y del mes más cálido superior a 24 °C (mayores al clima cálido subhúmedo) (NOAA, 2017b). Lo anterior evidencia el amplio intervalo de adaptación del aguacate ‘Hass’ a las condiciones ambientales.

Rugosidad por secciones del fruto

La rugosidad de la piel del aguacate ‘Hass’ presentó claras diferencias entre las tres secciones evaluadas según el clima donde se produjo el fruto y durante el desarrollo del mismo (Cuadro 3). En el clima cálido subhúmedo, la sección con mayor rugosidad de forma consistente desde tamaño aceituna hasta cosecha fue la ELV. En el semicálido subhúmedo las secciones SFD y SFV en etapa I (0.86 y 0.82 cm², respectivamente) y etapa II (0.77 y 0.82 cm², respectivamente) presentaron mayor rugosidad. A partir de la etapa III y hasta la cosecha no hubo diferencias entre las tres secciones.

En el clima templado sólo hubo diferencias en la Etapa aceituna, en donde la sección ELV presentó mayor rugosidad (0.65 cm²) que las demás secciones (Cuadro 3). El análisis entre climas mostró diferencia para cada una de las secciones evaluadas en las diferentes etapas de desarrollo del fruto. La sección ELV en la mayoría de las etapas de crecimiento, con excepción de aceituna (0.83 a 0.86 cm²) y cosecha (0.65 a 0.75 cm²) donde no mostró diferencias con el semicálido subhúmedo, presentó frutos más rugosos en el clima cálido subhúmedo. Por su parte, la sección SFD, la cual no mostró un comportamiento estable, sólo mostró diferencias estadísticas entre climas en la etapa II (0.74 a 0.78 cm²). Finalmente la sección SFV fue superior (0.86 cm²) en la etapa aceituna en el

variables between the three types of climate, the results agree with Salazar-García *et al.* (2016a) and Álvarez-Bravo and Salazar-García (2016a) corroborating the climatic diversity in which ‘Hass’ occurs in the western region of Mexico (Figure 3).

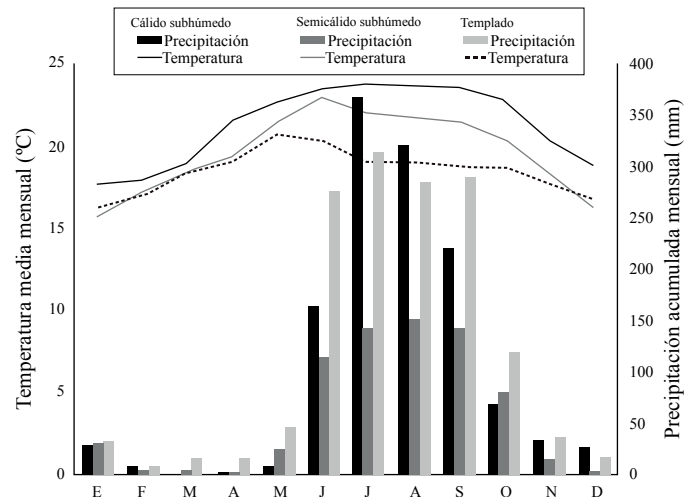


Figura 3. Temperatura media y precipitación acumulada de la climatología correspondiente al periodo 1980-2010.
Figure 3. Average temperature and cumulative precipitation of the climatology corresponding to the period 1980-2010.

The cv. Hass was selected in La Habra Heights (Hass, 1935), southern California, USA where the climate is Mediterranean type Csb (NOAA, 2017a) and characterized by an average annual temperature higher than 19 °C. In this region, throughout the year the average monthly temperature has fluctuations greater than those found in the present work. The average temperature of the coldest month is less than 15 °C (lower than the temperate climate) and the warmest month above 24 °C (higher than the warm subhumid climate) (NOAA, 2017b). This shows the wide range of adaptation of the avocado ‘Hass’ to the environmental conditions.

Roughness by sections of the fruit

The roughness of the skin of the avocado ‘Hass’ presented clear differences between the three sections evaluated according to the climate where the fruit was produced and during its development (Table 3). In the warm subhumid climate, the section with the highest roughness consistently from olive to harvest was ELV. The SFD and SFV sections in stage I (0.86 and 0.82 cm², respectively) and stage II (0.77

clima semicálido subhúmedo. En etapa I y etapa II no mostró diferencias entre climas, mientras que en cosecha fue superior (0.75 cm^2) en el cálido subhúmedo (Cuadro 3).

and 0.82 cm^2 , respectively) had a higher roughness. From stage III until harvest there were no differences between the three sections.

Cuadro 3. Superficie con rugosidad (cm^2) según tipo de clima, sección del fruto y etapa de desarrollo.
Table 3. Area with roughness (cm^2) according to type of climate, fruit section and stage of development.

Clima	Sección	Etapa de desarrollo del fruto				
		Aceituna	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Cosecha
Cálido subhúmedo	ELV	A ^y 0.86 a ^x	A 0.92 a	A 0.86 a	A 0.84 a	A 0.75 a
	SFD	A 0.77 b	A 0.92 a	A 0.79 b	A 0.74 b	A 0.8 a
	SFV	B 0.77 b	A 0.85 b	A 0.78 b	A 0.76 b	A 0.75 a
Semicálido subhúmedo	ELV	A 0.83 a	C 0.74 b	B 0.69 b	B 0.73 a	A 0.65 a
	SFD	A 0.7 b	AB 0.86 a	A 0.77 ab	B 0.62 a	B 0.67 a
	SFV	A 0.86 a	A 0.82 ab	A 0.82 a	AB 0.73 a	B 0.6 a
Templado	ELV	B 0.65 a	B 0.83 a	B 0.75 a	B 0.7 a	B 0.54 a
	SFD	B 0.51 b	B 0.81 a	A 0.74 a	A 0.72 a	C 0.54 a
	SFV	C 0.54 b	A 0.79 a	A 0.79 a	B 0.67 a	B 0.55 a

ELV= ecuatorial lateral ventral; SFD= superior frontal dorsal; SFV= superior frontal ventral; ^y= medias con la misma letra mayúscula en hileras no muestran diferencia estadística significativa (Tukey $p \leq 0.05$); ^x= medias con la misma letra minúscula en columnas para cada clima no muestran diferencia estadística significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

En el análisis entre secciones del fruto siempre hubo diferencias entre climas. En el clima cálido subhúmedo se registraron los valores de rugosidad más altos en ELV y SFD para todos los estados de desarrollo del fruto. En las etapas I, II y III los frutos del clima semicálido subhúmedo fueron similares a los del clima cálido subhúmedo para la sección SFV. Los resultados coinciden con lo mencionado por Álvarez-Bravo y Salazar-García (2016b) para frutos de ‘Hass’ producidos en clima cálido subhúmedo. Estos autores encontraron resultados similares al presente estudio donde frutos producidos en huertos de clima cálido subhúmedo tuvieron registros de rugosidad alto y muy alto, diferenciándose claramente de frutos de climas templado y semicálido subhúmedo que tuvieron menor rugosidad (baja y media, respectivamente) (Cuadro 3).

Proporción de frutos según su nivel de rugosidad por sección

Ecuatorial lateral ventral. El 67% de los frutos del clima cálido subhúmedo se clasificaron en el nivel de rugosidad alto, en contraste con los frutos del clima semicálido subhúmedo y templado los cuales presentaron rugosidad media (36 y 42%, respectivamente). Los frutos con rugosidad muy alta sólo se registraron en los climas cálido

In the temperate climate there were only differences in the Olive stage, where the ELV section presented greater roughness (0.65 cm^2) than the other sections (Table 3). The analysis between climates showed difference for each one of the sections evaluated in the different stages of development of the fruit. The ELV section in most of the growth stages, with the exception of olive (0.83 to 0.86 cm^2) and harvest (0.65 to 0.75 cm^2) where it showed no differences with the subhumid semicurid, presented more rugged fruits in warm subhumid climate. On the other hand, the SFD section, which did not show stable behavior, only showed statistical differences between climates in stage II (0.74 to 0.78 cm^2). Finally the SFV section was superior (0.86 cm^2) in the olive stage in the semi-warm sub-humid climate. In stage I and stage II showed no differences between climates, while in harvest was higher (0.75 cm^2) in warm subhumid (Table 3).

In the analysis between sections of the fruit there were always differences between climates. In the warm subhumid climate the highest roughness values were recorded in ELV and SFD for all stages of fruit development. In stages I, II and III the fruits of the semi-warm sub-humid climate were similar to those of the warm sub-humid climate for the SFV section. The results coincide with what Álvarez-Bravo and Salazar-García (2016b) mentioned for ‘Hass’ fruits produced in

subhúmedo (en todos los estados del desarrollo del fruto) y semicálido subhúmedo (con excepción de cosecha). En la mayoría de las etapas del desarrollo del fruto, el nivel de rugosidad alto se presentó con mayor frecuencia en el clima cálido subhúmedo. Su presencia varió de 75 a 80% de los frutos (excepto a cosecha). Los frutos menos rugosos fueron los del clima templado, colectados en las Etapa aceituna (40%) y cosecha (50%) (Figura 4).

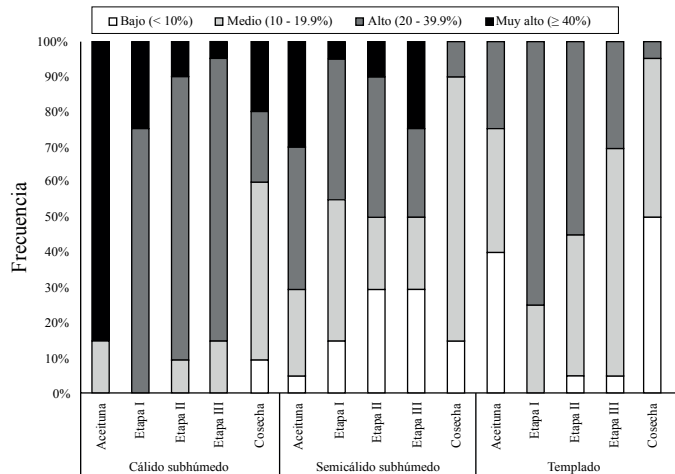


Figura 4. Distribución de frutos de aguacate ‘Hass’ según el nivel de rugosidad en la sección ecuatorial lateral ventral cosechados en cinco etapas de desarrollo.

Figure 4. Distribution of avocado ‘Hass’ fruits according to the level of roughness in the ventral lateral equatorial section harvested in five stages of development.

Superior frontal dorsal. En el clima cálido subhúmedo, desde Etapa aceituna hasta la cosecha, la proporción de frutos que mostraron alta rugosidad fue de 40 a 80%. Sólo en la etapa I, 30% de los frutos presentaron nivel de rugosidad muy alto. En el clima semicálido subhúmedo prevalecieron los frutos con nivel de rugosidad media. En la etapa aceituna 45% de los frutos presentaron esta condición mientras que en cosecha alcanzó hasta 60%. En la etapa III, 35% de los frutos mostraron nivel de rugosidad bajo. Al igual que en el clima semicálido subhúmedo, en el templado prevalecieron frutos con rugosidad media. La mayor proporción se registró en la etapa III (55%). Por otra parte, 75% de los frutos en etapa aceituna mostraron nivel de rugosidad bajo (Figura 5).

Superior frontal ventral. Solo los frutos provenientes del clima semicálido subhúmedo mostraron rugosidad muy alta (particularmente en las etapas aceituna, I y III). En los climas cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo la rugosidad de clase alta predominó con 63 y 49% respectivamente, mientras

warm subhumid climate. These authors found results similar to the present study where fruits produced in subhumid warm climate orchards had high and very high roughness records, clearly differentiating from temperate and sub-humid fruits with lower roughness (low and medium, respectively) (Table 3).

Proportion of fruits according to their level of roughness per section

Ventral lateral equatorial. The 67% of the fruits of the warm subhumid climate were classified in the high roughness level, in contrast to the fruits of the subhumid and temperate semi-warm climate, which presented average roughness (36 and 42%, respectively). The fruits with very high roughness were only recorded in warm subhumid climates (in all stages of fruit development) and subhumid (with the exception of harvesting). In most stages of fruit development, the high roughness level was most frequently present in warm subhumid climate. Their presence varied from 75 to 80% of the fruits (except harvest). Less rugged fruits were those of the temperate climate, collected in the olive stage (40%) and harvest (50%) (Figure 4).

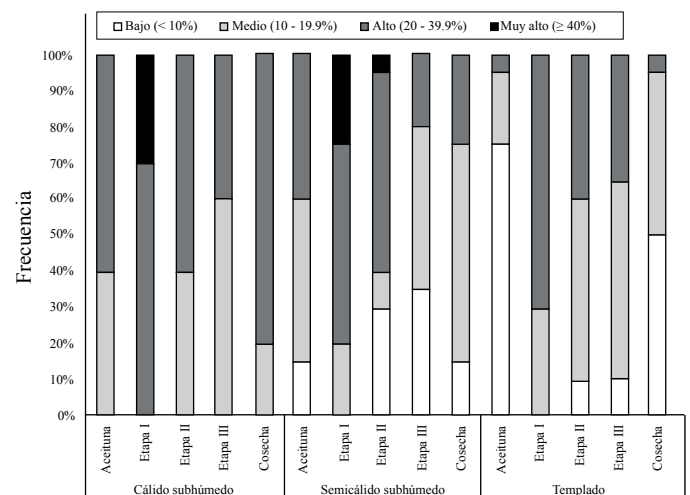


Figura 5. Distribución de frutos según el nivel de rugosidad en la sección superior frontal dorsal.

Figure 5. Fruit distribution according to the level of roughness in the upper front dorsal section.

Upper dorsal front. In the warm subhumid climate, from Olive stage to harvest, the proportion of fruits that showed high roughness was 40 to 80%. Only in stage I, 30% of the fruits presented very high roughness level. In the sub-humid

que en el clima templado prevaleció la rugosidad media (44%). La diferencia más marcada entre los frutos de los tres tipos de clima se observó en el nivel bajo de rugosidad a cosecha (5, 25 y 55% en el clima cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado, respectivamente) (Figura 6).

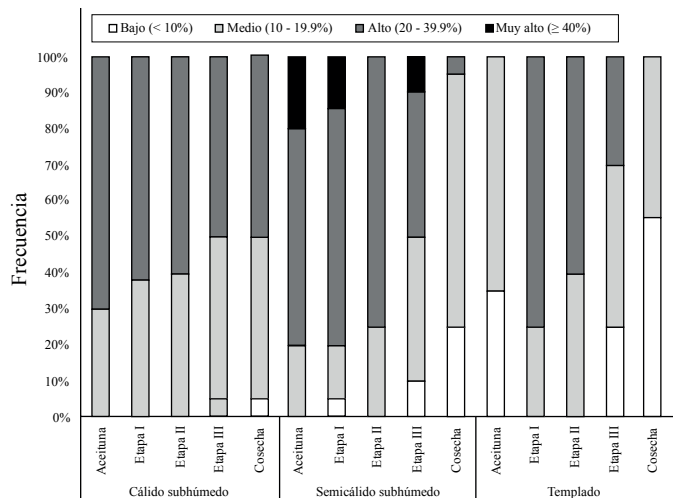


Figura 6. Distribución de frutos según el nivel de rugosidad en la sección superior frontal ventral.

Figure 6. Fruit distribution according to the level of roughness in the ventral frontal superior section.

Evolución del nivel de rugosidad

La rugosidad de los frutos producidos en el clima cálido subhúmedo, evolucionó desde tamaño aceituna hasta cosecha. En promedio, éstos presentaron nivel de rugosidad alto. En el clima semicálido subhúmedo la rugosidad de los frutos disminuyó desde el nivel alto en tamaño aceituna, hasta el nivel medio en cosecha. Por su parte, los frutos del clima templado fluctuaron del nivel medio de rugosidad en tamaño aceituna hacia nivel alto en etapa I, hasta disminuir al nivel bajo en cosecha. Con resultados similares, Álvarez-Bravo y Salazar-García (2016b) concluyeron que la rugosidad tiende a disminuir de la Etapa I hasta cosecha en frutos producidos en clima cálido subhúmedo (Figura 7).

Conclusiones

El clima donde se desarrolla el fruto de aguacate ‘Hass’ promueve o inhibe la expresión de su principal característica de la piel, su rugosidad. Se encontraron contrastes térmicos y pluviométricos importantes que permiten inferir sobre la

semi-warm climate, fruits with a medium roughness level prevailed. In the olive stage 45% of the fruits presented this condition while in the harvest reached up to 60%. In stage III, 35% of the fruits showed low roughness level. As in the sub-humid semi-warm climate, in the tempering, fruits with a medium roughness prevailed. The highest proportion was recorded in stage III (55%). On the other hand, 75% of the fruits in the olive stage showed low roughness level (Figure 5).

Superior frontal ventral. Only fruits from the semi-warm subhumid climate showed very high roughness (particularly in the olive, I and III stages). In warm subhumid and subhumid climates, high-grade roughness predominated with 63 and 49% respectively, while in the temperate climate the average roughness (44%) prevailed. The most marked difference between fruits of the three types of climate was observed in the low level of roughness to harvest (5, 25 and 55% in warm subhumid, subhumid and warm temperate, respectively) (Figure 6).

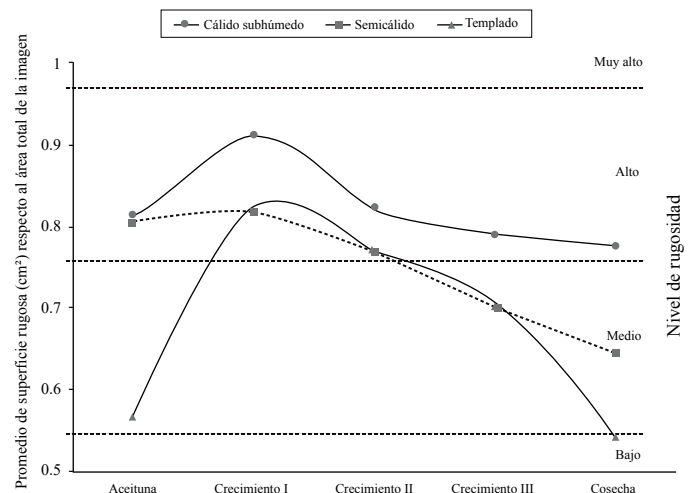


Figura 7. Evolución del nivel de rugosidad promedio de las tres secciones según clima.

Figure 7. Evolution of the average roughness level of the three sections according to climate.

Evolution of roughness level

The roughness of the fruits produced in the warm subhumid climate, evolved from olive to harvest. On average, they had a high roughness level. In the subhumid semi-warm climate, the roughness of the fruits decreased from the high level in olive size, to the average harvest level. On the other hand, the fruits of the temperate climate fluctuated from

influencia del clima en las características de la piel de 'Hass'. En el clima cálido subhúmedo la rugosidad es más alta que en los frutos de los climas semicálido subhúmedo y templado. La evolución de la rugosidad durante el desarrollo del fruto presenta una clara fluctuación, siendo entre mayo - junio donde se manifiesta con mayor intensidad. Por lo anterior, las condiciones ambientales inciden en diferencias en la piel de los frutos de 'Hass', siendo esto, una clara manifestación de adaptación varietal y no un defecto.

Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del INIFAP (proyecto SIGI: 116132972). Se agradece el apoyo de la SPR de RL Agro González (Jalisco), de la SPR de RL PARGUT (Nayarit) y de José Manuel Báez (Michoacán) por proporcionar los frutos para esta investigación, así como a Martha Elva Ibarra Estrada, José González Valdivia, Juan Antonio Herrera González y Jonathan Salazar Montoya por su excelente ayuda en el trabajo de campo.

Literatura citada

- Álvarez-Bravo, A. y Salazar-García, S. 2016a. Climatología de tres regiones productoras de aguacate 'Hass' del occidente de México. *In: XIX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. Octubre 2016. 44-48 pp.
- Álvarez-Bravo, A. y Salazar-García, S. 2016b. Rugosidad de la piel en frutos de aguacate 'Hass' producidos en Nayarit. *In: XIX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. Octubre 2016. 221-225 pp.
- Barrientos-Priego, A. F. y López-López, L. 2000. Historia y genética del aguacate. *In: el aguacate y su manejo integrado*. Téliz, D.; González, H.; Rodríguez, J. y Dromundo, R. (Eds.). Mundi-Prensa. México, D. F. 19-31 pp.
- Barrientos-Priego, A. F.; García-Villanueva, E. y Avitia-García E. 1996. Anatomía del fruto de aguacate, ¿drupa o baya? *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 2(2):189-198.
- Bellon, M. R.; A. F. Barrientos-Priego, A. F.; Colunga-GarcíaMarín, P.; Perales, H.; Reyes Agüero, J. A.; Rosales-Serna. R. y Zizumbo-Villarreal, D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *Capital Natural de México*. 2: 355-382.
- Bergh, B. and N. Ellstrand 1986. Taxonomy of the avocado. *California Avocado Soc. Yrbk.* 70: 135-145.
- García-Amaro, E. 1973. Los climas de México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

the average level of roughness in olive size to high level in stage I, until it diminished to the low level in harvest. With similar results, Álvarez-Bravo and Salazar-García (2016b) concluded that the roughness tends to decrease from Stage I to harvest in fruits produced in warm subhumid climate (Figure 7).

Conclusions

The climate where the avocado fruit develops 'Hass' promotes or inhibits the expression of its main characteristic of the skin, its roughness. We found important thermal and pluviometric contrasts that allow us to infer about the influence of climate on the characteristics of 'Hass' skin. In the warm subhumid climate the roughness is higher than in the fruits of sub-humid and temperate semi-warm climates. The evolution of the roughness during the development of the fruit presents a clear fluctuation, being between may-june where it manifests with greater intensity. Due to the above, the environmental conditions affect differences in the skin of 'Hass' fruits, being this a clear manifestation of varietal adaptation and not a defect.

End of the English version



- Hass, R. G. 1935. Hass plant patent 139. US patent Office. CI. 47-62.
- Khalid, S.; Malik, A. U.; Saleem, B. A.; Khan, A. S.; Khalid, M. S. and Amin, M. 2012. Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour×*Citrus deliciosa* Tenora). *Sci. Hort.* 135: 137-144.
- NOAA. 2017a. National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datatools/lcd>.
- NOAA. 2017b. National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datatools/normal>.
- NOM-128-SCFI-1997. Norma Oficial Mexicana. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1997. Diario Oficial de la Federación (DOF). 16 de diciembre de 1997. <http://www.dof.gob.mx>.
- Posse, J. 1993. Estudio de competitividad agropecuaria y agroindustrial. Productos agropecuarios no tradicionales. IICA Biblioteca Venezuela. 150 p.
- Salazar-García, S.; Medina-Carrillo, R. E. y Álvarez-Bravo, A. 2016a. Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate 'Hass'. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* Núm. 13:2565-2575.
- Salazar-García, S.; Medina-Carrillo, R. E. y Álvarez-Bravo, A. 2016b. Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate 'Hass' producido en tres regiones de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(2):277-289.