

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL FRUTO DE AGUACATE CV. HASS PLANTADO EN DIVERSOS AMBIENTES EN EL TRÓPICO ANDINO DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA.

J. Bernal Estrada¹, J. Cartagena Valenzuela²

¹ Agrosavia. Rionegro, Antioquia, Colombia.

² Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia.

Resumen

Se analizó la calidad frutos procedentes de árboles de aguacate cv. Hass, plantados en siete localidades del departamento de Antioquia, Colombia; (Támesis, 1.340 msnm, Venecia PB, 1.510 msnm, Venecia SC, 1.770 msnm, Jericó 1.900 msnm, Marinilla, 2.087 msnm, Rionegro, 2.140 msnm y Entrerríos, 2.420 msnm). La mayor respuesta en calidad de fruto cosechado (peso, porcentaje de pulpa, semilla y cáscara y análisis sensorial), se presentó en los árboles ubicados a mayor altura; contrariamente, las más bajas calidades se encontraron en los árboles plantados en los ambientes más cálidos. El peso promedio del fruto, obtenido en dos años de evaluación (2011, 2012), en las localidades por encima de los 2.000 msnm, fue superior a los 190 g, catalogados dentro de este estudio como de categoría Extra (mayor de 180 g). En Jericó, se obtuvieron frutos con un peso promedio de 179,12 g, que clasifican dentro de la categoría Primera (mayor de 140 y menor de 180 g). En esta misma clasificación se ubicaron los frutos procedentes de los ambientes por debajo de los 1.700 msnm, pero con valores promedio inferiores a los de Jericó. En los ambientes ubicados por encima de los 1.770 msnm, el porcentaje de pulpa, fluctuó entre 64 a 70 %, mientras que en los ambientes por debajo de esta altitud, se presentaron porcentajes de pulpa más bajos, aproximadamente 63 %. Los porcentajes de semilla y cáscara, fueron mayores en los ambientes donde el porcentaje de pulpa fue menor y viceversa. Las localidades por encima de los 1.700 msnm, mostraron que más del 55 % de su fruto era de calidad Extra y el porcentaje de descarte fue inferior al 3,5 %.

Palabras clave: *Persea americana* Mill, agroindustria, cultivos, frutales, poscosecha.

Abstract

Fruit quality from avocado trees cv. Hass, planted in seven locations in the department of Antioquia, Colombia; (Tamesis, 1,340 masl, Venecia PB, 1,510 masl, Venecia SC, 1,770 masl, Jericó 1,900 masl, Marinilla, 2,087 masl, Rionegro, 2,140 masl and Entrerríos, 2,420 masl). The highest response in quality of harvested fruit (weight, percentage of pulp, seed and peel, and sensory analysis), was presented in the trees located in higher altitude; conversely, the lowest qualities were found in the trees planted in the warmest environments. The average weight of the fruit, obtained in two years of evaluation (2011, 2012), in the locations above 2,000 masl, was higher than 190 g, classified within this study as Extra category (greater than 180 g) . In Jericó, fruits with an average weight of 179.12 g were obtained, which are classified within the Primera category (greater than 140 and less than 180 g). In this same classification were located the fruits from the environments below 1,700 masl, but with average values lower than those of Jericó. In environments located above 1,770 masl, the percentage of pulp fluctuated between 64 and 70%, while in environments below this altitude, lower pulp percentages were found, approximately 63%. Seed and peel percentages were higher in environments where the percentage of pulp was lower and vice versa. The localities above 1,700 masl, showed that more than 55% of its fruit was of Extra quality and the percentage of discarding was less than 3.5%.

Keywords: *Persea americana* Mill, agroindustry, crops, fruit trees, postharvest,

Introducción

La comprensión de los efectos del ambiente prevalente en la precosecha sobre los procesos de crecimiento y maduración y la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos y patológicos, ayudará a explicar las inconsistencias observadas en la evolución del fruto en poscosecha. Aunque en el cultivo en campo, la mayoría de los factores ambientales son difícilmente modulables, se ha comprobado que tienen una gran influencia en la calidad y valor nutricional de numerosos productos agrarios, tanto por efecto de la intensidad y calidad de la luz que reciben, como por las temperaturas a los que están expuestos, contenido de CO₂ en el ambiente, etc. (Romojaro *et al.*, 2006).

Las propiedades químicas del fruto (componentes orgánicos y minerales) son más afectadas que la morfología (p. ej. tamaño de los frutos), por las diferencias en el ambiente dado por diversas microrregiones (Izhaki *et al.*, 2002). La escasa disponibilidad de información actual de áreas ecológicamente óptimas para el cultivo del aguacate en Colombia, ha causado el incursionar en ambientes en donde se desconoce el comportamiento del cultivo, así como su producción y calidad del fruto. La composición nutrimental del fruto incide tanto en su calidad durante la cosecha como en poscosecha (Arpaia, 1994; Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001).

Existe una creciente preocupación acerca de las interacciones entre todos los elementos del sistema de producción y poscosecha, en relación con la calidad del fruto. En general, la máxima calidad del fruto se alcanza en la cosecha y los sistemas de poscosecha están diseñados para minimizar las pérdidas durante el manejo y la distribución. Un mayor conocimiento y comprensión de estas interacciones conduce a un mayor desarrollo en los sistemas de la cadena de distribución, para abarcar los complejos tópicos involucrados en la producción y comercialización hortícola (Hofman *et al.*, 2007). Cualquier actividad que se realice en el huerto antes y durante el desarrollo del fruto, influirá sobre el periodo poscosecha; sin embargo, la etapa con mayor repercusión comienza desde el momento que se corta el fruto de aguacate, ya que desde ahí hasta su presentación al consumidor final transcurre un periodo de tiempo considerable, durante el cual, el fruto puede sufrir diferentes tipos de daños mecánicos y fisiológicos que lo hacen susceptible al ataque de diferentes fitopatógenos (Nieto *et al.*, 2007). El porcentaje de MS está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad (Lee *et al.*, 1983; Brown, 1984; Ranney, 1991). El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y, generalmente se suman a una constante para cualquier cultivar (Swarts, 1978). Por lo tanto, el porcentaje de MS es utilizado actualmente como un índice de madurez en Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos, entre otros. Para el cv. Hass, el índice de maduración mínimo estándar basado en el porcentaje de materia seca es el siguiente: Para California 21,6 % (Ranney, 1991) o 21,8 % (Lee *et al.*, 1983), Australia 21 % (Brown, 1984), Sudáfrica 23 % (Milne, 1994), México 22 % (Sánchez, 1993), Chile 23 % (Waissbluth y Valenzuela, 2007), España 23 % (Galán-Sauco, 1990). Para Colombia no se tiene aún establecido este estándar y la cosecha se realiza solo con criterios subjetivos, basados en la experiencia de los cosechadores y en los que se tienen en cuenta aspectos como la época de año, cambios en el color y brillo del fruto, días entre floración a cosecha, presencia o ausencia de lenticelas, entre otros. Los resultados de contenido de materia seca se obtienen en unas pocas horas por lo que se pueden utilizar para determinar si un lote de la plantación está listo para cosechar y para realizar análisis a los frutos cosechados en caso de duda sobre el grado de madurez; el corto tiempo permite dar información oportuna a los productores para modificar los criterios (afinar) de cosecha. Uno de los aspectos de mayor incidencia en el proceso de selección del aguacate, lo constituye el porcentaje de pulpa o cantidad relativa al peso del fruto que es aprovechable. Entre las características que debe presentar un cultivar para ser considerado de buena calidad, la semilla juega un papel importante.

La misma debe ser pequeña, pues su tamaño está en relación inversa con la porción comestible del fruto. Una semilla puede considerarse pequeña cuando representa menos del 12 % del peso del fruto. Además, debe estar presa o adherida a la cavidad, pues esta condición evita que en el manipuleo en la cosecha y durante el transporte, golpee la pulpa y le cause lesiones (Avilán y Rodríguez, 1997). Por lo tanto, un índice de la calidad de fruto en aguacate se refiere a la relación que existe entre la semilla, la corteza y la pulpa. Esta relación se obtiene pesando el fruto completamente maduro y cada una de sus partes (Storey, 1973). Los frutos del cv. Hass, son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 g (Newett *et al.*, 2007) y de 8 a 10 cm de largo (Ríos-Castaño y Tafur, 2003); de forma ovoide a piriforme; la cáscara es mediana a gruesa, coriácea, rugosa, de textura rugosa y corchosa, de superficie áspera y granulosa. El contenido de grasa de la pulpa es del 17 % hasta el 21 % (Newett *et al.*, 2007). Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores. Esto proporciona gran variación en la respuestas de los cultivares en cuanto a comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad del fruto, sumado al hecho de que existe gran cantidad de genotipos criollos, que son producto del cruce entre las diferentes razas, lo cual hace que exista un suministro casi permanente de fruto y por lo cual la producción total del país es consumida internamente. Pese a que la calidad, tanto externa como interna del fruto del aguacate, está íntimamente ligada al factor genético, no hay que desconocer el efecto que sobre esta ejerce el ambiente. Son pocos los resultados que existen en Colombia al respecto, pues a nivel mundial, los estudios sobre calidad del fruto se han hecho en su mayoría, teniendo en cuenta la variación estacional, más no la variación altitudinal, que a la postre, lo que indica es una diferente oferta ambiental. Con este estudio se pretendió caracterizar la calidad de frutos obtenidos de árboles de aguacate cv. Hass en producción que busca acceder al mercado internacional.

Materiales y Métodos

El estudio se hizo durante los años 2011 y 2012, en huertos de aguacate cv. Hass, plantados en el Oriente, altiplano Norte y Suroeste de Antioquia, Colombia (Tabla 1). Se utilizaron árboles adultos de aguacate cv. Hass, de cinco años, injertados sobre portainjertos de raza antillana.

Tabla 1. Condiciones ambientales de los sitios de procedencia en el departamento de Antioquia, de los frutos de aguacate cv. Hass, utilizados para determinar la calidad de la pulpa.

Municipio	Altura (msnm)	Temp. (°C)	H.R. (%)	Precipitación promedio año (mm)	Brillo solar (horas año ⁻¹)	Zona de vida*
Támesis	1.340	22,5	81,0	1.917	1.726	(bh-PM)
Venecia	1.510	20,1	74,0	2.504	2.090	(bh-PM)
Venecia	1.770	19,5	75,0	2.300	2.164	(bh-PM)
Jericó	1.900	19,0	82,0	1.917	2.430	(bh-MB)
Marinilla	2.087	17,0	81,5	1.800	1.876	(bh-MB)
Rionegro	2.140	17,0	78,0	1.900	1.861	(bh-MB)
Entrerriós	2.420	14,7	82,7	1.917	1.684	(bh-MB)

* Holdridge, 1967.

Una vez por año (2011, 2012), en la cosecha principal de cada localidad, se seleccionaron cinco árboles a los cuales se les tomó al azar, un total de 60 frutos. Con esta población, se obtuvieron los

pesos promedios de fruto y la clasificación de éste, en porcentaje, con base en peso, de acuerdo con las categorías establecidas para el mercado nacional y de exportación en el aguacate cv. Hass, así: Extra (+180 g), Primera (140 a 179 g), Industria (90 a 139 g) y Descarte (-89 g). En las mismas cosechas, se tomaron 10 frutos para evaluar la calidad externa e interna.

Para la evaluación de calidad del fruto, en cada cosecha, se tomaron 4 frutos del estrato medio de cada uno de 5 árboles seleccionados en cada localidad, para un total de 20 frutos por lote experimental. Las variables medidas consistieron en longitud, diámetro y peso del fruto; peso y espesor de la cáscara y porcentaje del peso de la cáscara con respecto al peso del fruto; longitud, diámetro y peso de la semilla y porcentaje del peso de la semilla con respecto al peso del fruto; peso de la pulpa y porcentaje del peso de la pulpa con respecto al peso del fruto. Se seleccionaron frutos de aguacate con madurez fisiológica (21,5 % de materia seca) y libre de daños físicos.

Para el análisis de la calidad inicial, se tomó una submuestra de 6 frutos por sector, a la cual se le determinaron los siguientes parámetros para cada fruto de cada árbol: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, peso de cáscara, pulpa y semilla, materia seca, porcentaje de humedad, porcentaje de aceite.

Para el análisis de la calidad comercial se tomó una submuestra de 6 frutos por cada sector y posteriormente, se determinó en las siguientes 24 horas, los siguientes parámetros para cada fruto, por árbol: Peso fresco, diámetro polar y ecuatorial. Una vez determinados los parámetros anteriores, los frutos se almacenaron a temperatura ambiente hasta que alcanzaron su madurez de consumo (ablandamiento). Diariamente, se determinaron los siguientes parámetros para cada fruto, por árbol: Peso, tiempo de maduración y materia seca.

Análisis Estadístico

El estudio se realizó en las siete localidades descritas anteriormente, a fin de contar con un rango amplio de exploración de las condiciones ambientales en que suele cultivarse el aguacate cv. Hass en el departamento de Antioquia, sin la pretensión de aplicar técnicas inferenciales para la comparación de localidades (modelos de clasificación de una vía: análisis de varianza), dado que los árboles evaluados dentro de cada una de ellas no constituyen repeticiones válidas de las mismas, siendo, por el contrario, pseudo-repeticiones, en el sentido del término acuñado por Hurlbert (1984). En este contexto, los resultados se analizan con base en técnicas de regresión, adicionadas con herramientas descriptivas y solo se muestran los casos en los que se encontraron diferencias significativas.

Resultados y Discusión

Peso promedio del fruto

En general, cuando se promediaron los dos años de evaluación, se observó que el peso del fruto, está directamente relacionado con la altura en que están ubicados cada uno de los huertos, observándose que a mayor altura sobre el nivel del mar se registraron mayores pesos (Figura 1). Las localidades en las cuales se observó fruto con peso promedio superior a los 200 g, fueron Rionegro con 214,6 g (el más alto) y Entrerriós con 205,2 g. La localidad que presentó frutos de menor peso fue Támesis, con un valor promedio de 143,09 g. Esto coincide con lo expuesto por Tapia-Vargas *et al.* (2007), los cuales exponen que los frutos tienden a obtener mayor peso fresco y mayor peso en pulpa en los climas templados sub-húmedos, características propias del sector de Entrerriós, así mismo concluyen que en climas semi-cálidos sub-húmedos los frutos presentaron menor peso fresco y menor peso en pulpa.

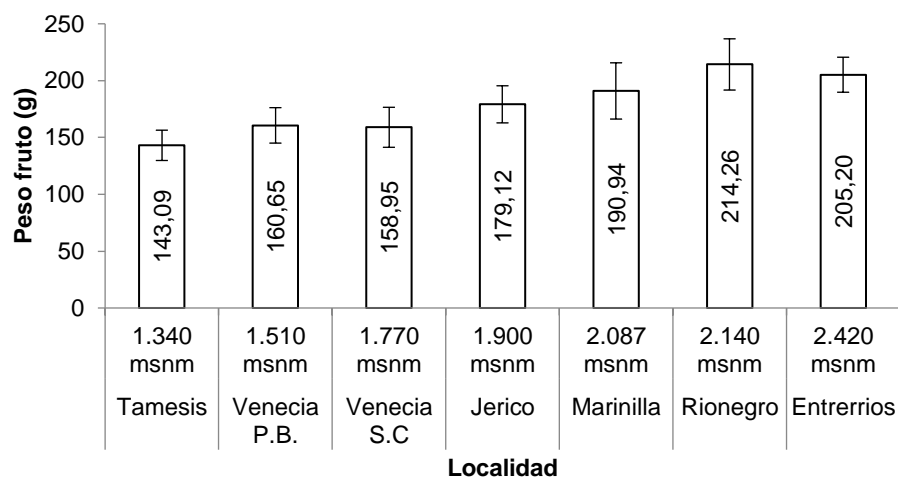


Figura 1. Peso del fruto, en dos años de evaluación, en árboles de aguacate cv. Hass establecidos en siete localidades del departamento de Antioquia (2011-2012).

Calidad del fruto en pulpa, cáscara y semilla

Con respecto a las características de los frutos, obtenidos en las localidades estudiadas, de una muestra de 120 frutos por localidad, en dos años consecutivos de muestreo, en la Figura 2 se observa que en los ambientes por encima de los 1.770 msnm, el porcentaje de pulpa, fluctuó entre 64 a 70 %, mientras que los ambientes por debajo de esta altitud, presentaron porcentajes de pulpa más bajos, aproximadamente 63 %; Newett *et al.* (2007) mencionan que el aguacate cv. Hass presenta entre un 66 a 70 % de pulpa aprovechable.

Los porcentajes de semilla y cáscara, fueron mayores en los frutos donde el contenido de pulpa fue menor y viceversa. Esta característica también demuestra que no solamente se obtienen frutos de menor tamaño en ambientes por debajo de los 1.770 msnm, sino que también la calidad interna de éstos disminuye, pues presentan menores contenidos de pulpa aprovechable (Figura 2), tanto para consumo en fresco, como para la agroindustria.

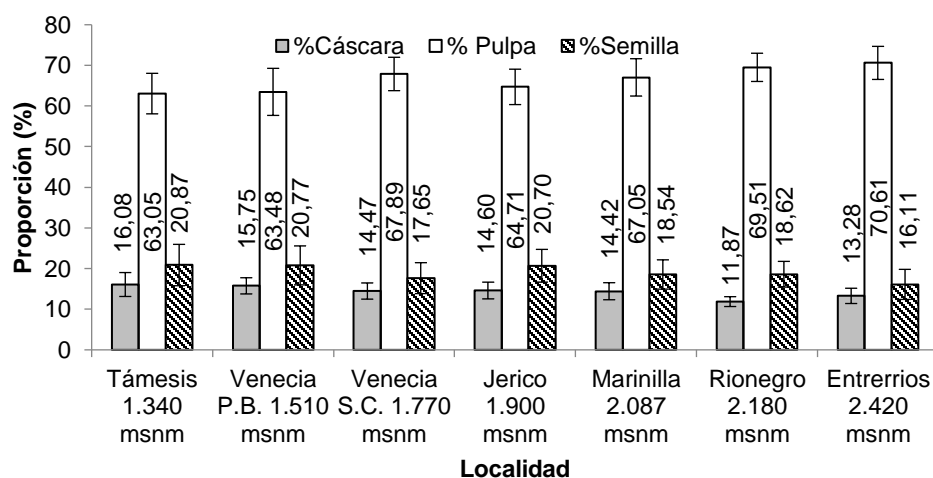


Figura 2. Proporción de cáscara, pulpa y semilla en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia. Promedio de dos cosechas (2011-2012).

Lo anterior se corroboró con una regresión simple donde se presentó una asociación inversa y significativa ($\beta = -0,79966$; $P = 0,0115$; $R^2 = 75,14 \%$), entre el porcentaje de pulpa en frutos y la temperatura promedio. Lo anterior mostró que los frutos procedentes de ambientes más frescos (localidades a mayor altura), presentaron el mayor contenido de pulpa, en dos años de cosecha (2011-2012). Es decir a medida que aumentó la temperatura promedio, se disminuyó el porcentaje de pulpa en los frutos, información que no ha sido informada por otros autores para este cultivar; Izhaki *et al.* (2002) mencionan que las propiedades químicas del fruto (componentes orgánicos y minerales) son más afectadas que la morfología (p. ej. tamaño de los frutos), producto de las diferencias en el ambiente dado por diversas microrregiones.

De acuerdo con Bergh (1984), en California, se considera que el cv. Hass debe tener una relación semilla: cáscara: pulpa de 16:12:72 %, respectivamente; en este caso, solo en Tálesis se cosecharon frutos con proporción de semilla cercano al 16 %, en las demás localidades se presentaron valores inferiores, sugiriendo que este fruto en condiciones del trópico andino, es de semilla pequeña, característica deseable en un fruto; sin embargo, en todos los casos, a excepción de los frutos cosechados en Rionegro (11,87 %), el porcentaje de cáscara fue superior al reportado por Bergh (1984), del 12 %, ya que este valor fluctuó entre un 13,28 % para los frutos cosechados en Entreríos hasta un 16,08 % en los de Tálesis, lo cual indica que este fruto en el trópico presenta cáscara más gruesa, condición que va en detrimento del porcentaje de pulpa, pero le confiere mayor resistencia al fruto en la cosecha y poscosecha (Lahav y Lavi, 2007).

De nuevo se observa que la altitud influyó sobre el grosor de la cáscara en el fruto, pues el menor porcentaje fue obtenido en una de las localidades más altas (Rionegro) y contrariamente el mayor, se obtuvo en la localidad más baja (Tálesis) (Figura 2). Los frutos de Entreríos mostraron el valor más alto en el porcentaje de pulpa con un 70,61 % y la localidad con frutos de menor valor fue Tálesis con 63,05 % (Figura 2). Lo que se relaciona directamente con el peso de los frutos. Con respecto al porcentaje de semilla, en Entreríos los frutos mostraron el menor porcentaje de peso en semilla con un 16,11 % y en Tálesis el mayor con un 20,87 %, donde se obtuvieron frutos de menor peso promedio, mostrando de nuevo en esta localidad, su baja respuesta en peso, producción y calidad del fruto. En Rionegro, se observaron frutos de menor porcentaje de cáscara, con un 11,87 % y en de Tálesis los de mayor, con un 16,08 %, lo que también está relacionado con el peso del fruto (Figura 2). En general, se puede decir que en los huertos situados a mayor altitud, se presentan frutos de mayor tamaño, traducido en un mayor peso, diámetro, y porcentaje de pulpa y en un menor porcentaje de cáscara y semilla. Al respecto, hay que considerar que en la producción de aguacate, el tamaño del fruto tiene una enorme importancia económica y al mismo tiempo, si se considera la calidad interna de los mismos, el contenido de aceite, también tiene una marcada importancia. Es así como se ha determinado que el contenido de aceite en aguacate está fuertemente influenciado por la producción y el tamaño del fruto; de tal manera que a mayor tamaño, mayor es el contenido de aceite (Lahav y Whiley, 2007).

De acuerdo con este muestreo, el fruto presentó una masa que osciló entre 156,12 g hasta 215,18 g, con un valor promedio de 183,24 g. El valor medio del largo del fruto es de 8,66 cm, con un mínimo de 6,41 cm y un máximo de 9,04 cm, el valor promedio del diámetro fue de 6,81 cm, con valores de mínimo y máximo de 6,41 cm y 7,06 cm respectivamente. La relación largo/diámetro fue en promedio, de 1,27 y varió entre 1,25 y 1,30, de acuerdo con la altitud (Tabla 2). Esta característica coincide con lo encontrado por Bárcenas (2002) en Michoacán (México), ubicado en el semitrópico, entre los 17° 55' y los 20° 24' de latitud Norte, quien observó que el fruto del cv.

Hass, es más redondo, cuando es cultivado en ambientes más frescos, en alturas comprendidas entre los 2.000 a 2.500 msnm, además presentan una mínima rugosidad de la cáscara. Al contrario, la forma del fruto se hace mucho más alargada cuando este cultivar se establece en ambientes más cálidos, entre 1.400 a 1.600 msnm. En ambientes intermedios, el fruto de este cultivar presenta una forma más alargada que globosa (como lágrima) e igualmente una rugosidad intermedia. El efecto ambiental sobre la forma del fruto es también evidente cuando se examina, para un cierto árbol, la forma del fruto en relación a la floración y cuajamiento. Los frutos provenientes de año de baja floración son más redondeados que aquellos que cuajaron durante la floración principal (Arpaia *et al.*, 2004). Támesis presentó los frutos con menor Diámetro Ecuatorial y Polar (DE y DP) con un valor de 6,41 y 8,36 cm, respectivamente; mientras que Rionegro los más altos con 7,06 y 9,04 cm; de acuerdo a lo observado para peso (Tabla 2). Según Olaeta *et al.* (2007), el fruto en desarrollo aumenta su volumen, por lo cual también adquiere mayor diámetro y peso.

Tabla 2. Características del fruto de aguacate cv. Hass, en siete localidades del departamento de Antioquia.

Localidad	Altura (msnm)	Peso fruto (g)	Pulpa (%)	Semilla (%)	Cáscara (%)	DP (cm)	DE (cm)	Relación (DP/DE)
Támesis	1.340	156,12	63,05	20,87	16,08	8,36	6,41	1,30
Venecia PB	1.510	156,21	63,48	20,77	15,75	8,42	6,65	1,27
Venecia SC	1.770	190,49	67,89	17,65	14,47	8,92	7,05	1,28
Jericó	1.900	182,09	64,71	20,70	14,6	8,77	6,91	1,27
Marinilla	2.087	189,55	67,05	18,54	14,42	8,54	6,81	1,25
Rionegro	2.140	215,18	69,51	18,62	11,87	9,04	7,06	1,26
Entrerriós	2.420	193,06	70,61	16,11	13,28	8,56	6,78	1,26

Calidad del fruto por categorías

En el consolidado en dos años de evaluación (2011-2012), los cuales se consignan en la Figura 3, se observa como las localidades por encima de los 1.700 msnm, mostraron que más del 55 % de la cosecha era fruto de calidad Extra, siendo Rionegro la que mejor calidad de fruto arrojó, con un 79,40 % en esta categoría, seguido por Entrerriós con un 69,50 %, Marinilla con un 59,56 %, Venecia SC con un 56,24 %, Jericó con 55,75 % y con los más bajos valores, Venecia PB con un 33,73 % de fruto en calidad Extra y finalmente, Támesis con tan solo un 22,83 %.

De acuerdo con una regresión simple, se presentó una asociación inversa y significativa ($\beta = -6,6252$; $P = 0,0342$; $R^2 = 62,53\%$), entre el porcentaje de frutos de calidad Extra y la temperatura promedio. Los frutos procedentes de ambientes más frescos (localidades a mayor altura), presentaron el mayor porcentaje de frutos de categoría Extra, en dos años de cosecha (2011-2012). Es decir a medida que aumentó temperatura promedio, se disminuyó el porcentaje de frutos de calidad Extra. Para los otros calibres (Primera, Industrial y Descarte), se presentó una asociación directa y significativa ($\beta = 6,66408$; $P = 0,0335$; $R^2 = 62,85\%$), de acuerdo con una regresión simple. Una vez más se observa como las condiciones climáticas de los huertos donde se encontraba plantado el aguacate cv. Hass, influyó sobre la calidad del fruto.

Es interesante mencionar que en las localidades ubicadas por encima de los 1.770 msnm, el porcentaje de descarte fue inferior al 3,5 %, mientras en las ubicadas por debajo de este rango los porcentajes fueron de 5,66 % en Venecia PB y 11,59 % en Támesis. Si se suman los porcentajes

de fruto de Descarte e Industrial, Támesis presentó un 38 % del fruto en estas dos categorías, lo cual significa que de toda la producción, solamente un 62 % pudo ser comercializada como fruto fresco, lo cual es sumamente desventajoso para los ingresos del productor. Venecia PB, presentó casi un 25 % del fruto entre Industrial y Descarte, mientras que en Venecia SC, este porcentaje fue del 20 %. De ahí hacia arriba estos porcentajes fueron disminuyendo, siendo en Jericó del 16,93 %, en Marinilla de 13,28 %, Entrerriós del 10,54 % y con apenas un 6,69 %, en Rionegro. Este último, presentó un 93,26 % de fruto, entre las calidades Extra y Primera, lo cual significa un buen ingreso para el agricultor en esta localidad (Figura 3), cumpliendo no solo con la necesidades del mercado nacional, sino también internacional.

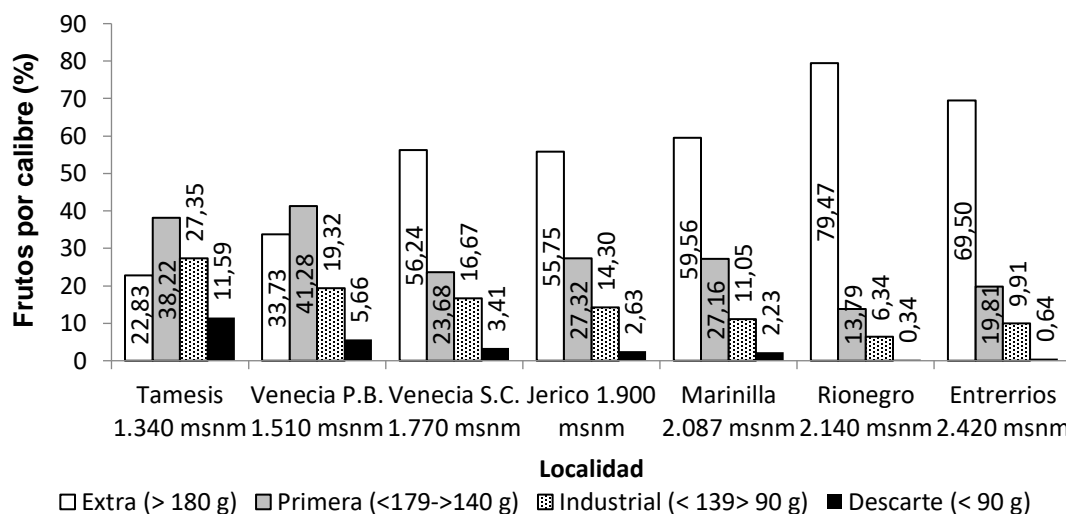


Figura 3. Porcentaje de frutos obtenidos por calibre (según normas de exportación), en aguacate cv. Hass, procedentes de siete ambientes del departamento de Antioquia (2011-2012).

Analisis de la calidad inicial

En la Tabla 3, se consignan los valores promedios de materia seca (MS), obtenidos en cada localidad (2011), en la cual se puede observar que en ninguna de los huertos, se logró el porcentaje mínimo establecido para cosechar frutos con madurez fisiológica (21 %). El porcentaje de MS obtenido en este estudio, fluctuó desde el 21,98 en Marinilla, hasta un 30,11 % en Entrerriós. Según Waissbluth y Valenzuela (2007), en Chile para aguacate cv. Hass, para que un fruto pueda ser cosechado comercialmente, debe de tener un mínimo del 23 % de MS; sin embargo, este índice de cosecha varía de acuerdo al país. Australia exige un 21 % (Brown, 1984), Estados Unidos 21,6 % (Ranney, 1991) y 21,8 % (Lee *et al.*, 1983), Sudáfrica 23 % (Milne, 1994) y México 22 % (Sánchez, 1993). Para Colombia aún no se ha definido el valor mínimo de MS para cosecha en este cultivar. El porcentaje de MS en aguacate es de gran importancia ya que es un indicador del índice de madurez fisiológica de los frutos. Se ha encontrado que aquellos frutos cosechados sin su madurez completa en el árbol, presentan una maduración irregular en poscosecha, con sabores desagradables y desórdenes fisiológicos, siendo posteriormente frutos de mala calidad en el mercado (Ochoa, 2009; Olaeta *et al.*, 2007). Esto no significa que en estas localidades no se alcance este índice de madurez, solamente que debido a la dificultad de reconocer visualmente en campo este estado de madurez en el fruto, añadido al hecho de que en el árbol se encuentran frutos con varios estados de desarrollo, muchas veces es difícil alcanzar este promedio en cosecha muestreada. Además

depende del criterio del cosechador. El índice de MS mínimo para cosechar también depende del mercado al que se destinan los frutos; si el destino es un mercado cercano, entonces los frutos se pueden recolectar con un índice de MS más elevado o sea más maduros, sin embargo si el destino es la exportación, el índice de MS debe ser más bajo, para que los frutos permanezcan un mayor período de tiempo.

Tabla 3. Características de peso, humedad y materia seca de frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de siete localidades del departamento de Antioquia (2011).

Localidad	Altura (msnm)	Peso fruto (g)	Humedad (%)	MS Inicial (%)	MS Final (%)
Támesis	1.340	156,11	76,19	21,88	35,15
Venecia PB	1.510	156,20	75,95	23,81	36,78
Venecia SC	1.770	190,49	74,02	25,98	35,93
Jericó	1.900	182,09	74,67	30,11	35,99
Marinilla	2.087	189,55	78,12	25,33	31,85
Rionegro	2.140	215,18	76,45	24,05	29,48
Entrerriós	2.420	193,05	69,89	23,55	28,4

Calidad comercial del fruto

Junto con las muestras cosechadas para la caracterización de la calidad inicial de cada huerto, se cosecharon frutos para dejar madurar a temperatura ambiente y evaluar la pérdida de peso diaria, tiempo de maduración y calidad sensorial. En la Tabla 4, se muestran los valores promedios, para cada uno de los parámetros evaluados, en los frutos destinados a análisis sensorial en los seis huertos, en las dos primeras cosechas.

Tabla 4. Caracterización inicial de frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de seis ambientes del departamento de Antioquia (2011).

Localidad*	Altura (msnm)	Peso Fresco (g)	DL (cm)	DE (cm)
Támesis	1.340	126,6	71,2	58,6
Venecia PB	1.510	185,9	87,1	65,0
Venecia SC	1.770	193,8	85,5	66,9
Jericó	1.900	210,4	89,1	68,5
Rionegro	2.140	219,5	93,8	69,1
Entrerriós	2.240	239,7	92,7	71,4

*No se evaluó Marinilla por no poseer fruto en la fecha de evaluación.

Tal como lo observado en la Tabla 5, también aquí, en los huertos localizadas a mayor altitud se encontró fruto de mayor peso y diámetro (Entrerriós, seguida de Rionegro y Jericó) y, en las de menor altitud (Támesis), se registró el fruto de menor peso y diámetro. Para este fruto el contenido de humedad y materia seca solo se pudo realizar al final, en el momento del análisis sensorial cuando los frutos ya estaban listos para consumo, debido a que estos análisis son destructivos. En la Tabla 5, se exponen los valores promedio para los porcentajes de humedad y materia seca encontrados en los frutos empleados para análisis sensorial después de maduración. También aquí las diferencias en porcentaje de materia seca (% MS) entre huertos se deben a diferencias en el muestreo y no a diferencias entre contenidos atribuidos a las localidades.

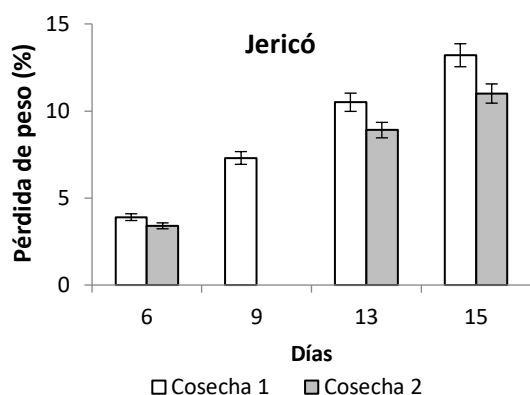
Tabla 5. Contenido de humedad y materia seca final en frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de seis ambientes del departamento de Antioquia (2011)

Localidad*	Altura (msnm)	Humedad Final (%)	MS Final (%)
Támesis	1.340	70,0	30,0
Venecia Piedras Blancas	1.510	78,0	22,0
Venecia Santa Cruz	1.770	75,4	24,6
Jericó	1.900	71,3	28,7
Rionegro	2.140	71,8	28,2
Entrerriós	2.240	69,6	30,4

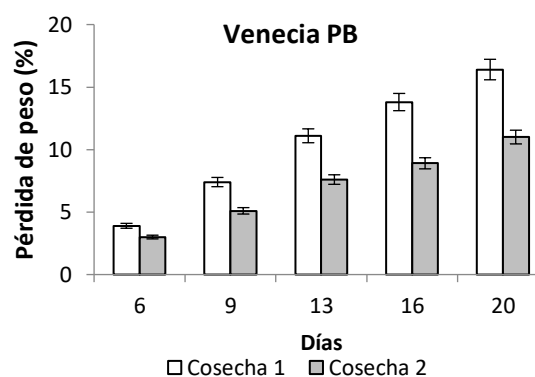
*No se evaluó Marinilla por no poseer fruto en la fecha de evaluación.

Pérdida de peso (PP)

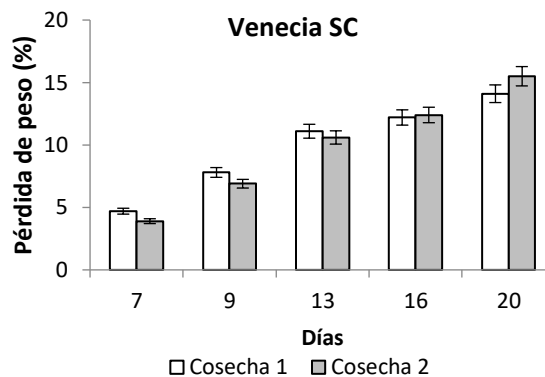
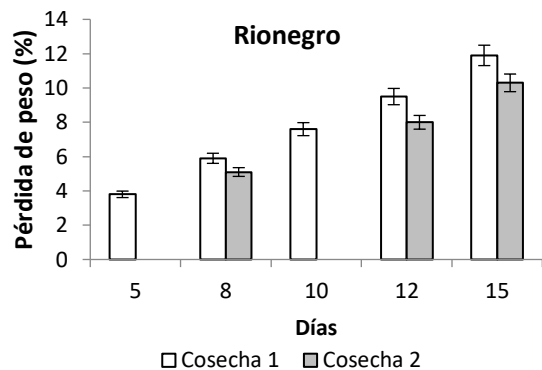
La pérdida de peso (Figura 4) en los frutos cosechados en todas las localidades, presentó una tendencia ascendente a través del tiempo. Comparando frutos en un mismo día de análisis (día 13), se observa que no se registraron diferencias relevantes entre localidades en PP, excepto para los frutos procedentes de Támesis, donde se alcanzó un promedio de 15,8 % de PP entre cosechas, para ese día. De acuerdo con la Figura 4, para mayores contenidos de materia seca, la pérdida de peso es relativamente menor, siendo de destacar el caso de Venecia PB, donde los frutos con un % MS inferior al 21 % tuvieron un % PP del 16,4 en 20 días, mientras que los frutos con % MS inicial del 22,8 % apenas alcanzaron un 11,0 % de PP en el mismo día. Esto parece indicar que la condición de maduración fisiológica es importante para la pérdida de peso durante el proceso de maduración, lo cual coincide con la investigación de Vakis *et al.* (1985), quienes afirman que en los frutos inmaduros se presenta un porcentaje de pérdida de peso mayor. Con respecto al efecto de la época de cosecha sobre este parámetro, se pudo observar que en Jericó donde el estado de madurez inicial de los frutos fue el mismo (MS 26,85 %), los frutos cosechados en agosto presentaron menor PP que los cosechados en junio. Sin embargo, se requieren más estudios para llegar a conclusiones contundentes. Igualmente, hay que tener en cuenta que este parámetro se puede manipular a través del uso de frigoconservación y de atmósferas modificadas.



Cosecha 1 (22/06/2011): MS inicial= 26,8 %
Cosecha 2 (06/08/2011): MS inicial= 26,9 %

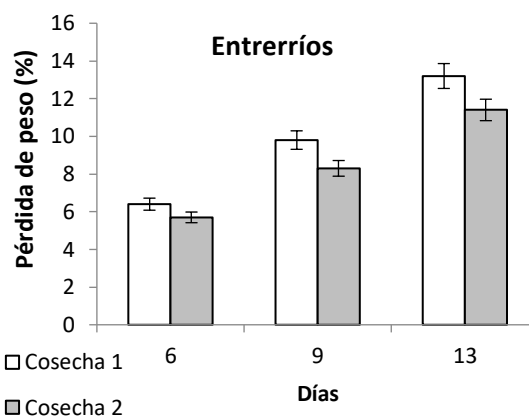
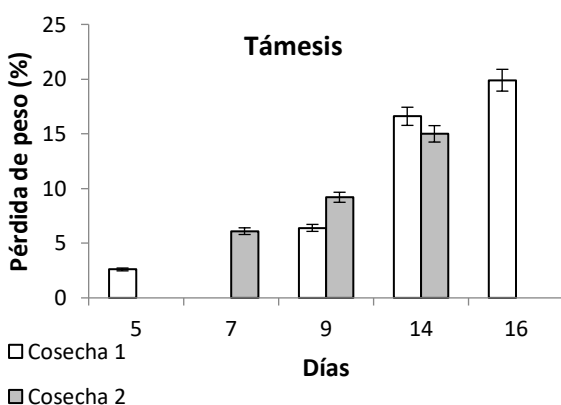


Cosecha 1 (23/07/2011): MS inicial= 19,0 %
Cosecha 2 (16/08/2011): MS inicial= 22,8 %



Cosecha 1 (25/06/2011): MS inicial= 26,5 %
Cosecha 2 (29/09/2011): MS inicial= 28,3 %

Cosecha 1 (29/06/2011): MS inicial = 28,2 %
Cosecha 2 (17/08/2011): MS inicial = 19,8 %



Cosecha 1 (11/07/2011): MS inicial = 25,6 %
Cosecha 2 (23/08/2011): MS inicial = 30,2 %

Cosecha 1 (07/07/2011): MS inicial = 22,3 %
Cosecha 2 (28/07/2011): MS inicial = 30,7 %

Figura 4. Pérdida de peso del fruto en poscosecha de aguacate cv. Hass, procedente de seis localidades del departamento de Antioquia (2011).

Tiempo de maduración

Con los frutos muestreados para análisis sensorial se calculó el tiempo necesario para alcanzar la madurez comercial a temperatura ambiente (23 °C) en el C.I. La Selva en Rionegro (Antioquia). Las diferencias presentadas entre cosechas se debieron al índice de madurez inicial de los frutos, así que se calculó el promedio para cada huerto. En la Tabla 6, se muestra el tiempo promedio de maduración para cada huerto y los respectivos valores de MS, a cosecha (inicial) y después de maduración (final). En ésta se observa que en general, el fruto con un % MS inicial más elevado tarda menos tiempo en madurar y que este parámetro aumenta durante el periodo de maduración. Este es un detalle a tener en cuenta a la hora de comercializar, considerando el mercado destino (tiempos de transporte), especialmente en el caso de exportación. Todos los huertos registraron valores superiores al 21 % MS, excepto la segunda cosecha de VeneciaSC y la primera cosecha de Venecia Piedras Blancas, presentando un valor de MS inferior del 21 %. De acuerdo con estos resultados se puede apreciar que los frutos no desarrollaron su madurez fisiológica ya que no hubo cambios significativos en el porcentaje de materia seca final (19,0 a 20,5 % en Venecia PB y 19,8 a 20,7 % en Venecia SC).

Tabla 6. Tiempo promedio de maduración de los frutos de aguacate cv. Hass, procedentes de seis ambientes del departamento de Antioquia (2011).

Finca	Altura (msnm)	Días de Maduración	MS Inicial (%)	MS Final (%)
Támesis	1.340	15,5	26,9	28,7
Venecia PB	1.510	20,5	20,9	22,0
Venecia SC	1.770	15,0	27,4	28,2
Jericó	1.900	20,0	24,0	24,6
Rionegro	2.140	15,0	27,9	30,0
Entrerriós	2.240	12,5	26,5	30,5

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios criterios indicadores para definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno de la pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre del fruto y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto (Cerdas *et al.*, 2006).

El contenido de grasa es un criterio de madurez confiable pero es difícil de determinar; sin embargo, existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y el de materia seca en el aguacate, y este último se determina por un método simple, barato y rápido con un horno para secar. Lo anterior ha permitido que en California y en la mayoría de las áreas productoras de aguacate de otros países, se utilice el contenido de materia seca como índice de madurez para definir el momento de cosecha, el cual debe alcanzar de 19 a 25 %, dependiendo del cultivar (PROEXANT, 2002; Kader, 2002).

Si se considera un mercado de exportación y, si el fruto es cosechado con un alto % MS (superior al 28 %), éste llegaría a su destino con un contenido de MS aún más elevado y consecuentemente con altos contenidos de aceite. Lo anterior pone de relieve que los contenidos de aceite no son debidos a la característica intrínseca del fruto, sino a los altos porcentajes de materia seca con que es cosechado. De tal forma que si ese mismo fruto es cosechado con % MS entre 21 y 23 % (como se exige en la mayoría de los países exportadores), obviamente el contenido de aceite va a ser inferior. Por lo anterior, es pertinente seguir haciendo evaluaciones en el país para determinar si realmente el aguacate cv. Hass producido en Colombia tiene un contenido de aceite superior al reportado en otros países.

De recalcar que los frutos del huerto de Entrerriós solo tardan 12,5 días en madurar con un % MS inicial de 26,5, mientras que los frutos de los huertos de Jericó, Rionegro y Támesis, con un % MS inicial similar tardaron alrededor de 15 días. Según Waissbluth y Valenzuela (2007), la maduración del aguacate cv. Hass está directamente relacionada con la altura en que están ubicadas las plantaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este parámetro se puede manipular a través del uso de frigoconservación y atmósferas modificadas. A medida que el fruto crece hay un aumento en la cantidad de aceite y una disminución en la humedad (López-López y Cajuste-Bontemps, 1999).

Conclusiones

El comportamiento del aguacate cv. Hass, híbrido de guatemalteco x mexicano, en condiciones del trópico andino colombiano, guarda una fuerte correlación con su origen evolutivo, por lo que la mayor respuesta en calidad de fruto cosechado (peso del fruto, % de pulpa, % de semilla, % de cáscara y aceptación por análisis sensorial), se presentó en ambientes de menor temperatura en las zonas altas tropicales y contrariamente, las más bajas calidades se encontraron en los ambientes de mayor temperatura en las zonas medias tropicales.

El peso promedio de los frutos, obtenidos en dos años de evaluación (2011, 2012), en las localidades por encima de los 2.000 msnm, fue superior a los 190 g, catalogado dentro de este estudio, como de categoría Extra (mayor de 180 g). Jericó ubicado a 1.900 msnm, mostró frutos con un peso cercano a este valor (179,12), pero se ubicó dentro de la categoría de Primera (mayor de 140 y menor de 180 g), al igual que los ambientes por debajo de los 1.700 msnm, Venecia PB (160,65 g), Venecia SC (158,95 g) y Támesis (143,09 g), pero con valores promedio muy inferiores a Jericó.

En los ambientes ubicados por encima de los 1.770 msnm, el porcentaje de pulpa, fluctuó entre 64 a 70 %, mientras que en los ambientes por debajo de esta altitud, se presentaron porcentajes de pulpa más bajos, aproximadamente 63 %. Los porcentajes de semilla y cáscara, fueron mayores en los ambientes donde el porcentaje de pulpa fue menor y viceversa. Esta característica también demuestra que no solamente se obtienen frutos de menor tamaño en ambientes por debajo de los 1.770 msnm, sino que también la calidad interna de éstos disminuye, pues presentan menores contenidos de pulpa aprovechable, tanto para consumo en fresco, como para la agroindustria.

La altitud influyó en la calidad del fruto, favoreciendo la mayor acumulación de materia seca en aquellos cosechados por encima de los 1.700 msnm, atributo que permite que un alto porcentaje de la producción se incluya en la categoría Extra.

Fue consistente en los frutos cosechados en todas las localidades, que a mayor contenido de materia seca, era menor el tiempo de maduración y la pérdida de peso.

Los frutos de las localidades con mejor calificación sensorial procedían de Rionegro y Entrerriós, que corresponden a ambientes más fríos y contrariamente los peor calificados fueron de la localidad más baja (Támesis).

Literatura citada

- Arpaia, M.L. 1994.** Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. *HortScience* 29: 982-985.
- Arpaia, M.L.; Van Rooyen, Z.; Bower, J.P.; Hofman, P.J. y Woolf, A.B. 2004.** Las prácticas culturales influyen sobre la calidad del fruto en post cosecha. Seminario Internacional de Palto. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, Chile. 10 p.
- Avilán R., L. y Rodríguez, M. 1997.** Descripción y evaluación de la colección de aguacates (*Persea* spp.) del CENIAP. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias; Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias; IICA/CREA/PROCIANDINO/FRUTEX. 92 p.
- Bárcenas O., A.E. 2002.** Botánica y ecología del aguacate cv. Hass en Michoacán. En: *El Cultivo del Aguacate en México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Volumen 1. 40 p.

- Bergh, B.O. 1984.** Avocado varieties for California. California Avocado Society Yearbook 68: 75-93.
- Brown, B.I. 1984.** Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland. Food Technology in Australia 37: 474-476.
- Cerdas, M.; Calderón, M. y Díaz, E. 2006.** Manual de Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (Persea americana). MAG. San José, Costa Rica. 95p.
- Galán-Sauco, V. 1990.** Aguacate. En: Los frutales tropicales en los subtrópicos. Aguacate, mango, litchi y longan. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 50- 53.
- Hofman, P.J.; Fuchs, Y. y Milne, D.L. 2007.** Cosecha, embalaje, tecnología de pos cosecha, transporte y procesamiento. En: Wiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 331-364.
- Holdridge, L.R. 1967.** Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 149 p.
- Hurlbert, S.H. 1984.** Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecological Monographs 54(2): 187-211.
- Izhaki, I.; Tsahar, E.; Paluy, O. and Friedman, J. 2002.** Within population variation and interrelationships between morphology, nutritional content, and secondary compounds of Rhamnus alaternus fruits. New Phytol. 156(2): 217-223.
- Kader, A.A. 2002.** Postharvest technology of horticultural crops. 3th Ed. University of California, Agriculture and Natural Resources. Publication 3311, 535 p.
- Lahav, E. and Lavi, U. 2007.** Genética y mejoramiento clásico. En: Wiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 39-69.
- Lahav, E. and Whiley, A.W. 2007.** Riego y nutrición mineral. En: Wiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 241-274.
- Lee, S. 1981.** A review and background of the avocado maturity standard. California Avocado Society Yearbook. 65: 101-109.
- Lee, S.K.; Young, R.E.; Schiffman, P.M. and Coggins, C.W. 1983.** Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. Journal of the American Society of Horticultural Science 108 (3): 390-394.
- López-López, L. y Cajuste-Bontemps, J. 1996.** Tratamientos precosecha con fuentes de calcio sobre la capacidad de almacenamiento de frutos de aguacate Fuerte. En: Memoria Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec de Harinas Estado de México. México. pp. 141-148.
- Milne, D.L. 1994.** Postharvest handling of avocado, mango and lychee for export from South Africa. In: Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. (eds) Postharvest Handling of Tropical Fruits. ACIAR. Canberra. Proceedings 50: 73-89.
- Newett, S.; Crane, J.H. y Balerdi, C.F. 2007.** Cultivares y portainjertos. En Wiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 155-175.
- Nieto, A.D.; Acosta R., M. y Téliz O., D. 2007.** El manejo pos cosecha en aguacate. En: El aguacate y su manejo integrado. Téliz, D. y Mora, A. (eds.) 2a edición, Mundi-Prensa, México. pp. 209-219.
- Ochoa, S. 2009.** Calidad y manejo poscosecha del fruto de aguacate. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. III Congreso Latinoamericano del Aguacate. 2009. Colombia. 18 p.

- Olaeta, J.A.; Undurraga, P. y Espinosa, G. 2007.** Evolución del contenido de aceite y compuestos no saponificables en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Hass, Fuerte e Isabel. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. En: Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña del Mar, Chile.
- PROEXANT. 2002.** Aguacate (Avocado): proyectos exitosos para el sector agropecuario. PROEXANT. Quito, Ecuador. 10. p.
- Ranney, C. 1991.** Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. California Avocado Society Yearbook 75: 71–85.
- Romojaro, F.; Martínez-Madrid, M.C. y Pretel, M.T. 2006.** Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. Dpto. Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC, Murcia. Escuela Politécnica Superior (UMH)-Orihuela, Alicante. pp. 91-96.
- Salazar-García, S. and Lazcano-Ferrat, I. 2001.** Identifying fruit mineral removal, differences in four avocado cultivars. Better Crops International 15(1): 28-31.
- Sánchez, P.J. de la L. 1993.** Índices de madurez en aguacate: Muestreo de frutos en campo y determinación de materia seca. SARH. INIFAP. CIRPAC. Folleto para Productores No. 20. Uruapan, Michoacán, México. 12 p.
- Storey, W.B. 1973.** What kind of fruit is the avocado?. California Avocado Society 1973–74. Yearbook 57: 70–71.
- Swarts, D.H. 1978.** The no-nonsense determination of oil content for avocados. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute Information Bulletin 42: 4.
- Tapia-Vargas, L.M.; Vidales-Fernández, I. y Larios-Guzmán, A. 2007.** Manejo del riego y el fertirriego en aguacate. En: El Aguacate y su Manejo Integrado. Téliz, D. (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. México D. F., México. pp. 107-122.
- Vakis, N.J.; Gregorion, C. and Pandemetrion, L. 1985.** Maturity and picking data of avocado under Cyprus conditions. Calif. Avocado Society Yearbook 69: 81-87.
- Waissbluth, R. y Valenzuela, J. 2007.** Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. En: Proceedings VI World Avocado Congress. Viña del Mar, Chile. p. 12–16.