

## **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill. cv. Hass) EN SU MADUREZ DE COSECHA Y CONSUMO**

Astudillo Ordoñez, Camilo Ernesto<sup>1</sup>; Rodríguez Fonseca, Pablo Emilio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, Correo-e: ceastudilloo@unal.edu.co. <sup>2</sup>Centro de investigación La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Rionegro, Colombia

### **Resumen**

El aguacate 'Hass' es un fruto altamente consumido a nivel Mundial. Colombia recientemente ha incrementado su participación como país exportador de fruto fresco al mercado europeo. Sin embargo, no se tiene suficiente información sobre la calidad de los frutos y sus parámetros objetivos de inspección y control en poscosecha. Por tales razones, en este trabajo, se evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos (FQ) de interés en calidad de frutos frescos. Para ello, se cosecharon aguacates en dos momentos de madurez de cosecha en dos fincas exportadoras en el Departamento de Antioquia codificadas como LA y LE. En poscosecha se simuló el almacenamiento (temperatura y humedad relativa) tiempos de exportación y maduración. Se tomó como indicador de cosecha la materia seca, se realizó análisis de sólidos solubles, pH y acidez titulable. Los parámetros fisicoquímicos fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ), lo que sugiere que hay un efecto índice de cosecha y estado de madurez. La finca LA tuvo mayor °Brix y pH, ambos parámetros incrementan a medida que se someten los frutos a almacenamiento y maduración. En conclusión, es importante tener en cuenta el índice de cosecha y los tratamientos poscosecha a los que se someten los frutos al momento de definir parámetros de calidad FQ.

**Palabras clave adicionales:** índice de madurez, almacenamiento, pH, acidez, °Brix

## **EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF AVOCADO (*Persea americana* Mill. cv. Hass) AT HARVEST AND CONSUMPTION MATURITY**

### **Abstact**

The 'Hass' avocado is a fruit highly consumed around the world. Recently Colombia has increased its participation as exporter country of fresh fruit to the European market. However, there is not enough information about the quality of the fruit and their parameters for inspection and control in postharvest. In this work, some physicochemical (PQ) parameters of interest in fresh fruit quality were evaluated. Fruit from two orchards (coded as LA and LE) in the Antioquia Department were harvested in two maturity indices. In postharvest, the storage (temperature and humidity), exporting time and ripening were simulated. Dry matter was the harvest index and the soluble solids, pH, and titratable acidity were analyzed. The physicochemical parameters were significantly different ( $P \leq 0.05$ ), which suggest an effect of harvest index and stage of maturity. The orchard LA had the highest °Brix and pH values, both parameters increased with the storage and ripening. In conclusion, is important to take into account the harvest indices and the postharvest treatments to which the fruits are subjected at the moment to define the PQ parameters of quality.

**Additional keywords:** Harvest index, storage, pH, titratable acidity, °Brix.

## Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.), principalmente el cv. Hass, es un fruto altamente consumido a nivel mundial (Özdemir et al., 2009), especialmente en países con gran nivel económico como Estados Unidos, Reino Unido, España y Países bajos. El fruto es apetecido, por los consumidores por sus características sensoriales, su alto contenido de nutrientes y sustancias bioactivas, los cuales ayuda a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles, como el cáncer y las enfermedades del corazón (Mooz et al., 2012).

En Colombia este cultivo ha tenido un notable crecimiento, impulsado por su exportación principalmente al mercado Europeo. En el 2016, se exportó 18,200 t por un valor de USD 35,04 millones en comparación con las 5543 t en 2015, que representaron USD 10.2 millones, lo cual registró un aumento en la exportación de 241 % (Analdex, 2017). Teniendo en cuenta las tendencias, se espera superar esta cifra en 2017. Sin embargo, en el país no hay suficiente información sobre los principales problemas de calidad de cosecha y poscosecha del fruto (Rodríguez y Henao, 2016). Adicionalmente, no se tienen estándares adaptados a las características fisicoquímicas del producto, lo cual dificulta tener criterios objetivos de calidad al momento de llevar a cabo pruebas de inspección en procesos poscosecha o de transformación agroindustrial de los frutos. Vinha et al. (2013) refieren que parámetros fisicoquímicos del fruto, como la acidez y el contenido de sólidos solubles, son indicadores de importancia en la calidad, los cuales pueden estar asociados con el índice de madurez.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar variables fisicoquímicas de interés (sólidos solubles, pH y acidez), en frutos de aguacate 'Hass' producido en dos localidades del Departamento de Antioquia, en sus estados de madurez de cosecha y consumo.

## Materiales y Métodos

Se muestrearon árboles de siete a nueve años de edad en dos fincas ubicadas en el departamento de Antioquia (Cuadro 1), se cosecharon aguacates 'Hass' en dos diferentes momentos o índices de cosecha, teniendo en cuenta su contenido de materia seca, como indicador de madurez. Para esto se realizó un seguimiento en cada finca, tomando al azar cinco frutos y determinando el contenido de materia seca de acuerdo a la metodología AOAC 934.01 (2016), por medio de secado en un horno de convección forzada (Brinder FD 115UL) a 105 °C durante 24 h y/o hasta peso constante.

Cuadro 1. Ubicación y condiciones climáticas de las fincas,

Código finca	LA	LE
Latitud	6°19'26.53"	06°05'53"
Longitud	75°23'23.9"	75°26'31"
Altitud (msnm)	2,009	2,248
Temp. anual promedio (°C)	19.08	17.54
HR anual promedio (%)	78.38	81.3
Radiación solar prom. (W/m <sup>2</sup> )	227.77	451.23

Los frutos se cosecharon con valores aproximados de 22 y 25 % en contenido de materia seca (Cuadro 2), se seleccionaron 15 frutos por cada índice en cada finca (para un total de 30 frutos por localidad). Se verificó que cumplieran con los requisitos comerciales y de exportación, en cuanto a daños físicos o presencia de plagas. Posteriormente, se codificaron y llevaron al laboratorio de Poscosecha del Centro de Investigación La Selva (Rionegro, Antioquia) donde se acondicionaron siguiendo el procedimiento de las empacadoras de la región: desinfección con prochloraz (Carbamoil Imidazol, componente activo) al 0.05 % p/v durante 30 segundos y empacado en cajas comerciales de cartón corrugado.

Cuadro 2. Indicador de madurez de cosecha para cada localidad

Finca	LA	LE
<b>Cosecha 1</b>	22.58 ± 2.11	21.73 ± 1.94
<b>Cosecha 2</b>	26.48 ± 2.08	24.49 ± 1.75

Promedio (± desviación estándar), para n = 5

Para cada finca y cada índice de madurez, se analizaron frutos en estado de madurez de cosecha y en madurez de consumo. En la maduración se tuvieron dos tratamientos: el almacenamiento refrigerando (Memmert HPP 110 a 5 °C y 90% HR) + maduración controlada (Memmert HPP 110 a 20 °C y 90% HR) y el segundo tratamiento, maduración directa después de cosecha, sin someter los frutos a almacenamiento refrigerado. Periódicamente, se realizó inspección al 100 % de la muestra para suspender la maduración cuando los frutos llegaron a su madurez de consumo, siguiendo lo establecido por White et al. (2009): color púrpura de la piel y deformación moderada al tacto suave.

Las características fisicoquímicas (FQ), se evaluaron en madurez de cosecha y de consumo. Cada aguacate se partió en mitades, se le retiró la semilla, piel y se homogenizó la pulpa. Las pruebas fueron realizadas por duplicado en cada análisis. El pH se midió de acuerdo a la AOAC 981.12 (2016), se tomaron 5 g de pulpa y se agregaron 25 mL de agua destilada, se homogenizó y se le determinó el pH a la mezcla mediante un potenciómetro (Accument Basic-Cole Parmer AB 15). La acidez, expresada en % de ácido tartárico, se midió por titulación inmediatamente después de la lectura del pH siguiendo la NTC 4623 (1999), para ello se utilizó hidróxido de sodio hasta llegar a  $8.1 \pm 0.2$  unidades de pH. Para los sólidos solubles totales (SST), referidos como °Brix, se utilizó la metodología descrita por Maftoonazad y Ramaswamy (2008). Se preparó una solución de pulpa de aguacate-agua destilada en relación 1:3, la cual se centrifugó (centrífuga Jouan G4.11) a 3000 rpm durante 15 min y posteriormente se realizó la medición al sobrenadante usando un refractómetro digital (Atago PAL - BX/RI).

**Análisis estadístico.** Para frutos en madurez de cosecha se utilizó un análisis de varianza con el factor del índice de cosecha sobre las variables FQ. Para el caso de fruto maduro, se usó un diseño factorial de la forma 2x2 (índices de madurez x condiciones de almacenamiento) En caso de encontrar diferencias significativas, se realizó una comparación de medias con el fin de establecer el grado de diferencias entre los tratamientos, para esto se usó la prueba de diferencias significativas (LSD). Los análisis se realizaron con el software Statgraphics Centurion XVI a un nivel de confianza del 95 %.

### **Resultados y Discusión**

Los frutos cosechados en diferentes estados de madurez, presentaron diferencias en sus variables FQ (Cuadro 4;  $P \leq 0.05$ ). En cuanto a los azúcares, se observó diferencias entre fincas, siendo LA la que presentó los mayores valores (Cuadro 4). Lo anterior puede estar asociado con las condiciones edafoclimáticas y manejos pre y poscosecha particulares en cada finca. Al respecto, Burdon et al. (2007) encontraron que los °Brix de aguacates 'Hass', evaluados en fincas y cosechas diferentes no fueron similares, tales diferencias estuvieron atribuidas a condiciones específicas del sitio como la temperatura o la precipitación, aspectos competitivos de los árboles (floración, actividad de las raíces, incremento de los brotes, etc.) y de la carga que tuvieron los cultivos ya sea alta o baja, es decir, cuanto más fruto tenían los árboles, menos carbohidratos estaban disponibles para cada fruta o viceversa.

Las variables FQ en frutos con madurez de consumo fueron diferentes, a causa del índice de cosecha y principalmente de las condiciones de almacenamiento. Lo anterior se observó para ambas fincas (Cuadro 3;  $P \leq 0,05$ ). Estos resultados son similares a lo encontrado por Henríquez *et al.* (2012), quienes analizaron pulpa de aguacate ‘Hass’ que previo a la maduración se refrigeró durante 0, 3 y 6 semanas. Para el índice de cosecha, las diferencias son atribuidas a los procesos que los frutos siguen realizando mientras aún se encuentra en el árbol, como la acumulación de materia seca, incremento de ácidos grasos, aumento en el contenido de azúcares, formación de ácidos y de sustancias volátiles (Agüero, 2012).

Cuadro 3. Efecto de los factores en los parámetros fisicoquímicos del aguacate ‘Hass’ en su estado de madurez de consumo (fruto maduro)

Finca	Parámetros fisicoquímicos	Índice de cosecha	Almacenamiento
LE	°Brix	0.0004	0.0000
	pH	0.1523	0.0000
	Acidez	0.0005	0.0000
LA	°Brix	0.1097	0.0019
	pH	0.0973	0.0007
	Acidez	0.0168	0.0942

Valores  $P$  menores o iguales a 0.05 indican diferencia significativa (con un 95 % de confianza)

Los valores reportados en el presente estudio para los °Brix en madurez de cosecha y de consumo (Cuadro 4) son acordes, respectivamente, a lo reportado por Burdon *et al.* (2007) y Henríquez *et al.* (2012). En cuanto al comportamiento de este parámetro, se observó una disminución después de la maduración, mientras que los frutos sometidos a refrigeración previa a la maduración, tuvieron valores superiores de °Brix (Figuras 1a y 1b). Estos resultados son similares a los obtenidos por Buelvas *et al.* (2012) para aguacate ‘Hass’ procedente de Antioquia (Colombia) en madurez de cosecha y consumo.

La disminución de azúcares durante los procesos de maduración puede estar asociada con su degradación, ya que estos compuestos son usados como fuente de carbono y energía para la producción de etileno, procesos enzimáticos y modificaciones de color en la cáscara (cambios de tonalidades verdes a moradas o negras) (Liu *et al.*, 1999). Por otra parte, el incremento en el valor de los °Brix en frutos sometidos a almacenamiento en refrigeración, podría estar relacionado con la concentración de estas sustancias por pérdida de agua o la disminución en su tasa de consumo en los procesos metabólicos, como efecto de la baja temperatura de almacenamiento (Buelvas *et al.*, 2012). Adicionalmente, en las condiciones

de refrigeración continúan procesos como la conversión de polisacáridos y ácidos orgánicos en azúcares de cadena corta, aunque de manera paulatina (Vinha et al., 2013; Caparrotta et al., 2015) (Figura 1).

Cuadro 4. Parámetros fisicoquímicos del aguacate Hass en diferentes estados de madurez

Finca	Estado de madurez (M)	Variable		
		°Brix	pH	Acidez
LE	M. de cosecha (verde)	7.61 ± 0.93 <sup>d</sup>	6.44 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.099 ± 0.031 <sup>a</sup>
	M. de consumo sin almacenamiento	4.7 ± 0.39 <sup>a</sup>	6.58 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.149 ± 0.036 <sup>b</sup>
	M. de consumo (con almacenamiento)	5.54 ± 0.32 <sup>b</sup>	6.88 ± 0.16 <sup>c</sup>	0.084 ± 0.017 <sup>a</sup>
LA	M. de cosecha (verde)	8.25 ± 1.19 <sup>d</sup>	6.57 ± 0.20 <sup>ab</sup>	0.139 ± 0.040 <sup>b</sup>
	M. de consumo sin almacenamiento	6.01 ± 0.42 <sup>bc</sup>	6.93 ± 0.08 <sup>c</sup>	0.129 ± 0.018 <sup>b</sup>
	M. de consumo (con almacenamiento)	6.33 ± 0.54 <sup>c</sup>	6.71 ± 0.19 <sup>b</sup>	0.141 ± 0.018 <sup>b</sup>

Promedios entre columnas (± desviación estándar) con letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ;  $n = 5$ )

Por otra parte hubo un incremento del pH durante la maduración, por consiguiente, los frutos con madurez de cosecha fueron los que presentaron valores inferiores (Figura 1c y 1d). Buelvas et al. (2012), reportaron un comportamiento similar en frutos verdes y maduros, aunque sus valores de pH (6.26–6.41) estuvieron por debajo de los reportados en el presente estudio (Cuadro 5). Salgado y Gómez (2012) indican que el pH incrementa en la etapa de madurez de consumo hasta acercarse a la neutralidad, lo cual fue observado en este trabajo (Figuras 1c y 1d).

La tendencia al incremento de este parámetro es asociado con el contenido de ácidos orgánicos presentes en el aguacate, ya que en la etapa de maduración estos tienden a disminuir (y consecuentemente el pH a incrementar), debido su consumo en los diferentes ciclos metabólicos que se desarrollan en el fruto, además muchos participan como precursores de sustancias volátiles (Márquez et al., 2014). El comportamiento de acidez también puede verse afectado por la presencia de compuestos diferentes a los ácidos orgánicos y que pueden influir en la medida de acidez, por ejemplo, los ácidos grasos, los cuales se acumulan rápidamente durante la maduración (Buelvas et al., 2012).

La acidez incrementó durante la maduración del fruto en la finca LE (Cuadro 4). Adicionalmente, los tratamientos con refrigeración tuvieron comportamientos a disminuir o mantenerse estables, respectivamente, en las fincas LE y LA (Figura 1e y 1f). Márquez et al. (2014) observaron una tendencia similar, en frutos a 21 días poscosecha en condiciones ambiente de 25 °C y 65 % de HR. La disminución en la acidez, está asociada al consumo

de los ácidos orgánicos en los diferentes ciclos metabólicos del fruto, entre ellos el ácido tartárico que predomina en el aguacate. Estos compuestos son utilizados para proporcionar la energía requerida por el fruto durante el proceso de maduración (Caparrotta et al., 2015).

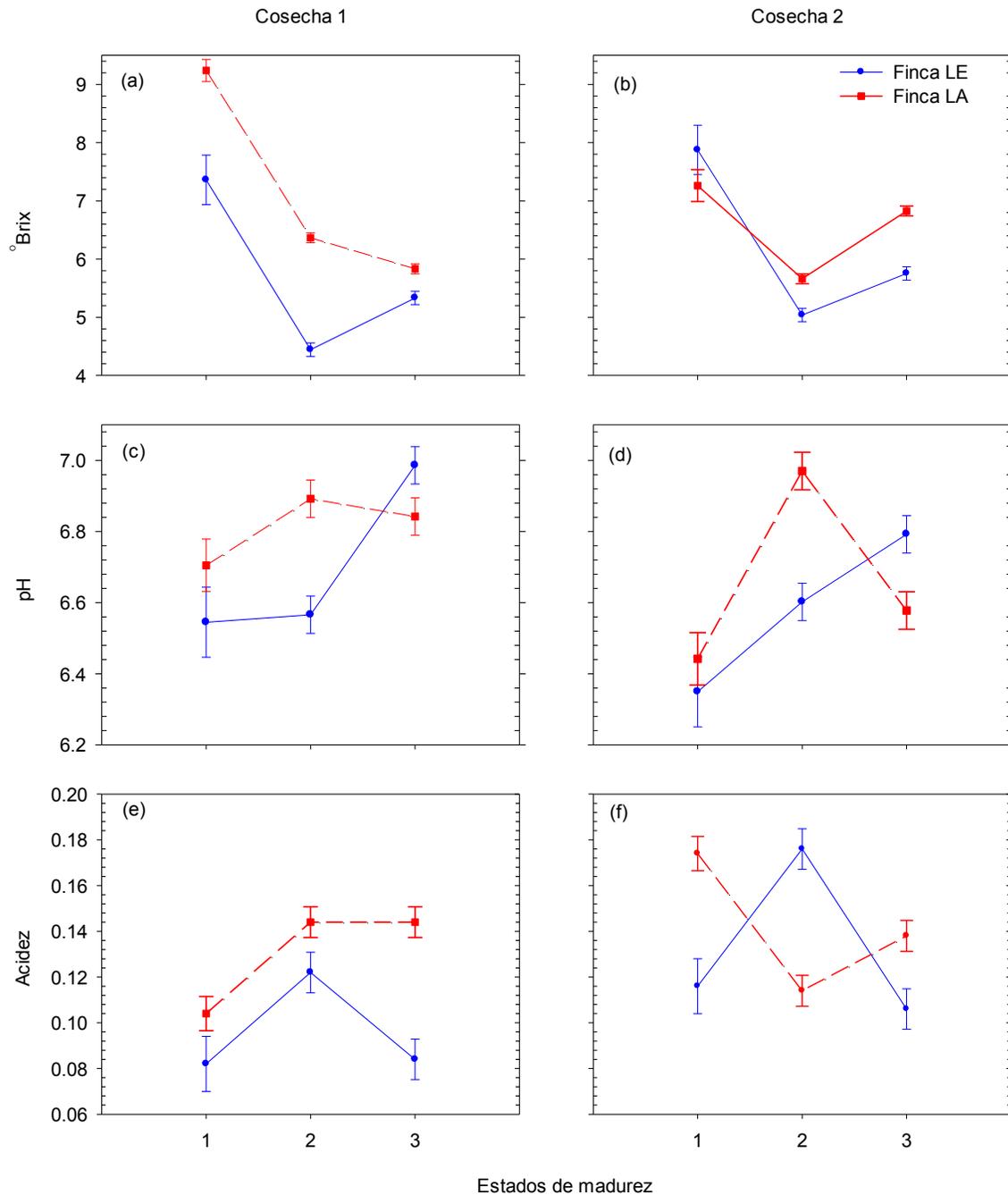


Figura 1. Comportamiento de variables fisicoquímicas (°Brix, pH y Acidez) de aguacates 'Hass'. Estados de madurez: 1 = Madurez de cosecha; 2 = Madurez de consumo (sin refrigeración) y 3 = Madurez de consumo (con refrigeración). Las barras verticales representan el error estándar. (n=5).

## Conclusiones

Las variables FQ fueron distintas tanto en estado de madurez de cosecha y madurez de consumo, exceptuando la acidez en la finca LA. Estas diferencias son atribuidas a factores como el índice de cosecha y localidad. El almacenamiento refrigerado previo a la maduración, tuvo efecto sobre los valores de las variables FQ del aguacate.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia y al Sistema General de Regalías y Secretaría de Agricultura de Antioquia por el financiamiento (Convenio Especial de Cooperación para la Investigación N°4600001078).

## Literatura Citada

- Agüero, R.P. 2012. Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Tesis. Almería, España. Universidad de Almería.
- ANALDEX. 2017. Asociación Nacional del Comercio Exterior. Exportaciones de aguacate crecieron a todos los destinos en 2016; [consultado 2017 ene]. <http://www.analdex.org/2017/03/31/aguacate-el-oro-verde-de-la-economia-colombiana/>
- AOAC. 2016. Official methods of analysis. 20<sup>th</sup> ed. Association of Analytical Communities, AOAC International, Gaithersbur, MD.
- Buelvas, G.A., J.H. Gomez, y J.A. Cano-Salazar. 2012. Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate Hass (*Persea americana* Mill) utilizando tratamiento enzimático. Revista Lasallista de Investigación 9(2):138-150.
- Burdon, J., N. Lallu, G. Haynes, P. Pidakala, P. Willcocks, D. Billing, and D. Voyle. 2007. Carbohydrate status of late season 'Hass' avocado fruit. New Zealand Avocado Growers Association Annual Research Report 7:97–102.
- Caparrotta, S., N. Bazihizina, C. Taiti, C. Costa, and P. Menesatti. 2015. Use of volatile organic compounds and physicochemical parameters for monitoring the post - harvest ripening. European Food Research and Technology 241(1):91-102
- Henríquez, L.E., J.H. Patiño, y J.A. Salazar. 2012. Aplicación de la ingeniería de matrices en el desarrollo de aguacate Hass (*Persea americana* Mill) mínimamente procesado adicionado con vitamina C y calcio. Revista Lasallista de Investigación 9(2):44–54.
- NTC-4623. 1999. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. Productos de Frutas y Verduras. Determinación de Acidez Titulable. Bogotá: ICONTEC.
- Liu, X., P.W. Robinson, M.A. Madore, G.W. Witney, and M.L. Arpaia. 1999. "Hass" Avocado Carbohydrate Fluctuations . II . Fruit Growth and Ripening. Journal of the American Society for Horticultural Science 124(6):676–681.
- Maftoonazad, N., and H.S. Ramaswamy. 2008. Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados. Journal of Food Processing and Preservation. 32:621–643.
- Márquez, C.J., D.P. Yepes, L. Sánchez, y J. Osorio. 2014. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. Temas agrarios 19(1):32-47
- Mooz, E. D., N. M. Gaino, M. Yoshie, H. Shimano, R.D. Amancio, M. Helena, and F. Spoto. (2012). Physical and chemical characterization of the pulp of different varieties of avocado targeting oil extraction potential 32(2):274–280.
- Özdemir, A.E., E.E. Çandır, C.Toplu, M. Kaplankıran, T.H. Demirköser, and E.Yıldız. 2009. The effects of physical and chemical changes on the optimum harvest maturity in some avocado cultivars. African Journal of Biotechnology 8:1878–1886.

- Rodríguez, P., y J. Henao. 2016. Maduración del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) y calidad de los frutos. *Agronomía Colombiana* 1:914–917.
- Salgado, B., y P. Gómez. 2012. Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (*Persea americana* Mill.) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de investigación* 9(2):138–150.
- Vinha, A.F., J. Moreira, and V. Ferreira. 2013. Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill). *Journal of Agricultural Science* 5(12):100–109.
- White, A.A., P. Woolf, M. Hofman, and L. Arpia. 2009. *The international Avocado quality manual*. Plan and Food Research, Auckland, Nueva Zelanda.