

## Nota técnica

# VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA COMO INDICADOR DE COSECHA PARA AGUACATE (*Persea americana*) CULTIVAR HASS EN ZONA INTERMEDIA DE PRODUCCIÓN DE LOS SANTOS, COSTA RICA

María del Milagro Cerdas Araya<sup>1\*</sup>, Marta Montero Calderón\*, Omar Somarribas Jones\*\*

**Palabras clave:** Aguacate Hass, contenido de materia seca, contenido de aceite, índice de cosecha.

**Keywords:** Hass avocado, dry matter content, oil content, harvest index.

**Recibido:** 07/10/13

**Aceptado:** 12/02/14

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar si el contenido de materia seca (CMS) de aguacate podría ser utilizado como un índice de cosecha adecuado en sustitución del contenido de aceite (CA) en aguacate Hass, cultivado en una zona de altitud intermedia (1750 msnm), en Los Santos, Costa Rica. Se marcaron 100 árboles y un total de 2000 flores polinizadas; se evaluaron 35 frutos cada semana, de la semana 31 a la 44. Se encontró que ambos, CA y CMS, mostraron un aumento rápido y significativo después de la semana 39 ( $p \geq 0,05$ ), con un coeficiente de correlación entre ellos de 0,92. Otros cambios observados simultáneamente, y relacionados con la maduración de la fruta, fueron el desarrollo del color morado en la cáscara (74% de la superficie), la reducción de la adherencia de la cubierta de la semilla a la pulpa de la fruta, y de ésta a la cáscara y a la semilla, así como la disminución de la firmeza del fruto, de 118 N durante la semana 31 hasta 57 N en la semana 40 y después de ésta. Se recomienda usar el 23% de CMS en el fruto de aguacate Hass como un índice de cosecha para el aguacate cultivado a 1750 msnm en la zona de Los Santos, como una alternativa al contenido de aceite de la fruta (CA).

## ABSTRACT

**Verification of dry matter content as indicator of harvest for Hass avocado fruits (*Persea americana*) grown in intermediate elevation production areas at Los Santos, Costa Rica.** The objective of this research was to study whether avocado dry matter content (DMC) could be used as an appropriate harvest index in substitution of fruit oil content (OC), for Hass avocados grown in intermediate elevation areas (1750 masl) at Los Santos geographical region, Costa Rica. A total of 2000 pollinated flowers were tagged in 100 trees after fruit set. Thirty five fruits were evaluated each week, from week 31 to 44. It was found that both, OC and DMC, showed a rapid and significant increase after week 39 ( $p \geq 0.05$ ), with a correlation coefficient between them of 0.92. Other observed simultaneous changes, related to fruit ripening, were the development of skin purple color (covering 74% of the surface area), the reduction of the adherence of the seed coat to the fruit pulp, and of the skin and seed to the pulp, as well as the decrease of the fruit firmness, from 118 N during the 31st week down to 57 N at week 40 and beyond. The use of 23% DMC in fruits is recommended as a harvest index for Hass avocado in Los Santos growing area, as an alternative to fruit oil content (OC).

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: maria.cerdasaraya@ucr.ac.cr

\* Laboratorio de Tecnología Poscosecha, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

\*\* Programa Nacional de Aguacate y Frutales de Altura, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

La determinación del momento de corta es un factor clave para garantizar que el fruto de aguacate madure adecuadamente, se alcancen atributos de calidad máximos y se minimicen las pérdidas poscosecha. Según Burg and Burg (1964) citados por Gazit and Blumenfeld 1970 la variedad de aguacate Hass no alcanza la madurez de consumo cuando está en el árbol unido a una rama con hojas funcionales, debido a que las mismas producen un inhibidor de la maduración que pasa al fruto a través del pedúnculo. Según varios autores (Cerdas et ál. 2006, Gómez 1998, Yahía 2001, Olaeta y Undurraga 1995) en general se pueden utilizar varios criterios como un índice adecuado de cosecha: tamaño y forma de los frutos, presencia o ausencia de brillo en la cáscara, color interno de la pulpa, color en la cáscara, días después del cuaje de la fruta, firmeza de la pulpa y contenido de aceite del fruto.

En Costa Rica en la zona de Los Santos, entre los principales criterios de cosecha que se usan están el cambio de color de la cáscara de verde claro a verde oscuro y la desaparición del brillo. No obstante Cerdas et ál. (2010), citan que en muestreos realizados en frutos de aguacate Hass en varios cantones del país encontraron que solamente el 8% de los productores cosechó lotes de fruta en los cuales maduró el 100% de los mismos y el 47,2% de los agricultores cortó fruta donde el porcentaje de maduración fue de 0. Lo anterior debido en parte a que muchas veces el productor cosecha los frutos semanas antes de obtener una fruta con el porcentaje mínimo de aceite que se necesita para asegurar una maduración adecuada y una palatabilidad aceptable por parte del consumidor.

Cuando el fruto del aguacate se cosecha sin la madurez adecuada el consumidor encontrará que al cortar el fruto la semilla permanece adherida a la pulpa, el tegumento permanece adherido a la pulpa, la pulpa no se desprende fácilmente de la cáscara, hay áreas de la pulpa endurecida y el fruto no presenta la palatabilidad

deseada por el consumidor el cual es descrito como sabor a "mantequilla".

Según Lewis (1978) y Cerdas et ál. (2010) el contenido de lípidos es un muy buen indicador de la madurez pero es un procedimiento de elevado costo, difícil y de mucha inversión de tiempo y en el que se requiere la utilización de equipo caro.

Por otro lado Mazliak (1971) indica que los aceites se incrementan durante el período de desarrollo del fruto en forma paralela al incremento de peso acompañado de una disminución en el contenido de humedad.

La determinación de materia seca, como una alternativa a la determinación del contenido de aceite, es un proceso confiable, reproducible, de bajo costo y de fácil aplicación, lo cual presenta la ventaja de que el mismo puede ser implementado por el agricultor de la zona de Santos fácilmente con lo cual podría disminuir la fruta rechazada. Este método ha sido usado con éxito en las condiciones climáticas y de manejo de Chile por Olaeta y Undurraga (1995), ellos indican que hubo un coeficiente de correlación de 0,98 entre el contenido de aceite y el de materia seca.

No obstante, en la zona productora de los Santos, actualmente ninguna de estas 2 determinaciones se usa como indicadores de la maduración a nivel de finca ni comercialmente. En el caso de la determinación de aceite solamente se han hecho pocas determinaciones a nivel de laboratorio por su costo y complejidad (Cerdas et ál. (2010), por lo que la implementación del contenido de materia seca le permitirá al agricultor cosechar fruta con la madurez adecuada y reducir el rechazo en el centro de acopio, y a éste el manejo de lotes más uniformes en su estado de madurez con un método fácil y barato de implementar.

El objetivo de esta investigación fue estimar la utilidad de la determinación del contenido de la materia seca del aguacate para definir un índice de cosecha adecuado para aguacate Hass producido en la zona intermedia de Los Santos (1750 msnm) según la edad de la fruta se cosecharon y dejaron 8 días al ambiente para permitir su maduración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se marcaron 100 árboles de aguacate y 2000 flores recién cuajadas en el lote de la finca seleccionada a 1750 msnm en San Martín de León Cortés (Zona de Los Santos). Durante 14 semanas se tomó una muestra semanal de 35 frutas con edades de 31 a 44 semanas de cuaje. Se evaluaron 15 frutas por semana para la determinación del contenido de materia seca, 5 para el de grasa y 15 para evaluar la maduración del fruto bajo condiciones ambientales (20°C, 80% de humedad relativa) durante 8 días.

El contenido de materia seca (CMS) se determinó mediante la técnica de secado hasta peso constante con un microondas; para ello se removió completamente la cáscara del aguacate con un pelador, se hizo un corte longitudinal en el aguacate (de proximal a distal) hasta la semilla, de tal manera que el fruto quedara dividido en 2 mitades. Luego se removió la semilla y el tegumento y se cortaron rodajas longitudinales de aguacate de aproximadamente 1 mm de espesor (10 g). Estas se colocaron sobre hojas de papel (9x12 cm) previamente pesadas. La muestra se secó en un horno de microondas General Electric (1200 W) en periodos de 30 s con una potencia media (50%), haciendo pausas de 45 s para evitar el calentamiento excesivo del papel y la muestra y evitar quemaduras. La potencia y tiempo de operación y de las pausas se determinaron en pruebas preliminares ya que estas deben ajustarse según las características del equipo y la cantidad de muestras. Durante la pausa se usó un ventilador para enfriar las muestras, que luego se pesaron con una balanza AND GX-2000 ( $\pm 0,01$  g). El proceso anterior se repitió hasta alcanzar peso constante (con variaciones menores a 0,03 g entre evaluaciones sucesivas). El CMS se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CMS (\%)} = \text{M1/M0} \cdot 100$$

Donde CMS: contenido de materia seca (%)

M1 = peso final de la muestra

M0 = peso inicial de la muestra

Para cada muestra de aguacate se evaluó el desarrollo de color morado en la cáscara (%), el desprendimiento de la semilla de la pulpa (% de frutas), del tegumento de la pulpa (% de frutas) y de la pulpa de la cáscara (% de frutas), la firmeza de la pulpa ( $N = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ ) en el extremo distal del fruto con el uso de un penetrómetro marca Guss, modelo GS-15 con un plato de compresión de 1,3 cm de diámetro y el contenido de aceite (CA) mediante el método de la AOAC en el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA).

El diseño estadístico utilizado fue un irrestricto al azar y el análisis de los datos se realizó mediante un análisis de varianza con separación de medias con el programa INFOS-TAT versión 2005 por medio de la prueba DMS y con un alfa de 0,05%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de aceite y materia seca

Tanto el contenido de aceite (CA) como el de materia seca (CMS) mostraron una tendencia creciente durante el desarrollo del fruto hasta la semana 38 y a partir de la semana 39 se registró un aumento mucho más pronunciado ( $p < 0,05$ ) de ambos componentes, al alcanzar valores de hasta 14,7% de contenido de aceite y 28% de contenido de materia seca. A la semana 40 del cuaje del fruto, los aguacates alcanzaron un contenido de aceite de 10,6%, que es un valor muy cercano al recomendado por Oleata y Undurraga (1995) quienes determinaron que para aguacate de la variedad Hass producido en Valparaíso, Chile, el mínimo contenido de aceite, requerido para asegurar que el fruto madure adecuadamente es de 10,9%. Sin embargo, es conocido que las condiciones climáticas y geográficas pueden hacer que las características de calidad de las frutas presenten variaciones por la gran influencia que tienen la temperatura y la pluviometría en la acumulación de aceite (Kruger et ál. 1999).

Por su parte, el contenido de materia seca de los aguacates determinado con el método con

horno de microondas se mantuvo entre 18,8 y 20,8% entre las semanas 31 y 38, sin diferencias significativas entre las fechas de evaluación, pero con un incremento importante ( $p < 0,05$ ) a partir de la semana 39 en que alcanzó 23,5% y hasta 28% en la semana 42. Los resultados coinciden con la recomendación dada por Waissbluth y Valenzuela (2007) quienes señalan que se requiere que los frutos alcancen un 23% de contenido de materia seca para cosecharlos.

El cambio detectado a partir de las semanas 39 y 40 en ambas variables, se atribuyó al comportamiento climatérico del fruto y como una

señal de que el mismo ha alcanzado su madurez fisiológica y se utilizó para definir el período entre la semana 39 y 41 para la zona de Los Santos (1750 msnm) como criterio de cosechar para garantizar que los niveles de CMS y CA sean alcanzados y que la fruta haya alcanzado la madurez fisiológica. Dada la similitud en el comportamiento de ambas variables, se estudió la correlación entre ellas (Figura 1) y se encontró una relación lineal ( $y = 1,015x - 14,269$ ) entre el CMS (x) y el CA (y) con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,85 y un coeficiente de correlación (r) de 0,92.

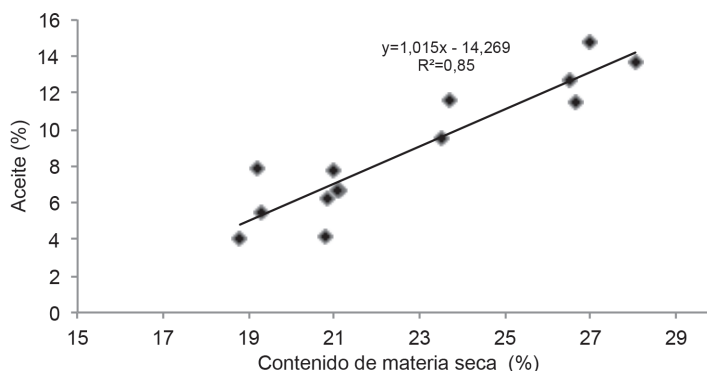


Fig. 1. Contenido de aceite (%) y materia seca (%) en aguacate Hass cosechado a partir de la semana 31 después del cuaje del fruto. Medias con letras iguales no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

Tradicionalmente la madurez fisiológica de aguacate se ha definido en términos del contenido de aceite, el cual se determina mediante métodos costosos y que deben ser realizados por laboratorios especializados, por lo que se consideró que la alta correlación entre el CMS y el CA permite conocer el contenido de aceite con solo determinar el CMS.

Además, cabe destacar que el método de determinación del CMS en este estudio, con un horno de microondas, permitió realizar determinaciones simples, reproducibles y consistentes de una manera rápida, en las que solo se requiere el uso del horno, una lámina de papel para colocar

la muestra y un cuchillo con filo para cortar rodajas finas del aguacate. También se podría usar el tiempo desde el cuaje de la fruta, como criterio de cosecha complementario (39 a 40 semanas); de modo que el productor podría iniciar sus mediciones del CMS con un muestreo desde las semanas 37 o 38 y a medida que se cuente con más información histórica y se valide el tiempo adecuado desde el cuaje de la fruta para cosechar, los muestreos podrían reducirse a 1 o 2 semanas.

### Desarrollo de color

La Figura 2 muestra los resultados del desarrollo de la coloración morada en la cáscara del

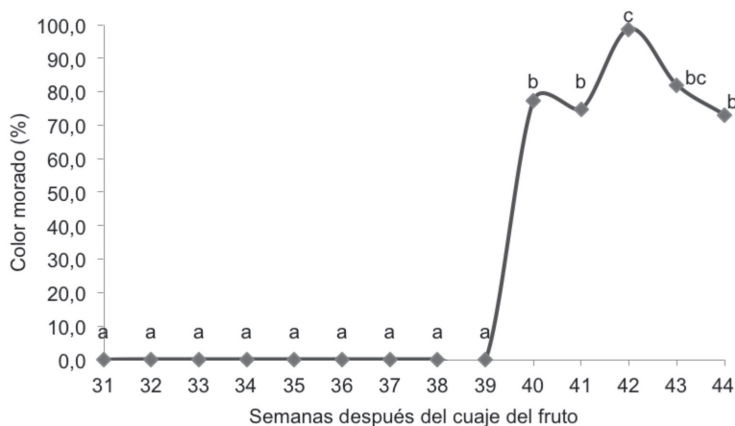


Fig. 2. Coloración morada (%) en la cáscara de aguacate cosechado a partir de la semana 31 después del cuaje del fruto. Medias con letras iguales no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

fruto, la cual se midió después de almacenarlo por 8 días bajo condiciones ambiente (22°C) después de la cosecha. La fruta almacenada antes de la semana 40 no mostró cambios en la coloración, pero a partir de esta, el color morado se desarrolló rápidamente al alcanzar el 77% del color de la superficie del fruto en promedio. Al respecto Woolf et ál. (2004) señalan que el desarrollo de color púrpura oscuro de la cáscara es un indicador de que el aguacate Hass ha alcanzado la madurez de consumo. Por otro lado, las observaciones del cambio de color coinciden con el aumento en el CMS y CA, todos a partir de las semanas 39 y 40. El cambio de color no se usa como indicador de cosecha, porque ocurre generalmente después del almacenamiento a temperatura ambiente, al respecto Campbell y Malo (1978), señalan que el color no es un buen índice para la cosecha de aguacates y que la mayoría de cultivares de este fruto no muestran cambios visibles en el color de la cáscara durante el desarrollo del fruto.

#### Adherencia tegumento-semilla-pulpa-cáscara

Se evaluó la adherencia tegumento-pulpa, pulpa-cáscara y pulpa-semilla cuyos resultados se muestran en las Figuras 3, 4 y 5. En los 3 casos, hubo un 100% de adherencia hasta la semana 39, inclusive. Para la semana 40 se observó que la adherencia tegumento-pulpa comenzó a disminuir y a partir de la semana 41 la adherencia pulpa-cáscara y pulpa-semilla también comenzó a reducirse. Estos resultados también evidencian que la fruta alcanzaba la madurez fisiológica entre las semanas 39 y 41, que coincide con los resultados de CMS, CA y color externo.

El resultado contrasta con los resultados para las frutas cosechadas antes de las semanas 39-40 en que la adherencia se dio aproximadamente en el 100% de las frutas (Figuras 3, 4 y 5).

Según fue discutido previamente cabe resaltar que después de una semana de almacenamiento, los aguacates seguían con cierta adherencia, pero posiblemente esta se reduciría en los días posteriores, conforme avanzara la maduración del fruto, ya que la madurez fisiológica ya había sido alcanzada.

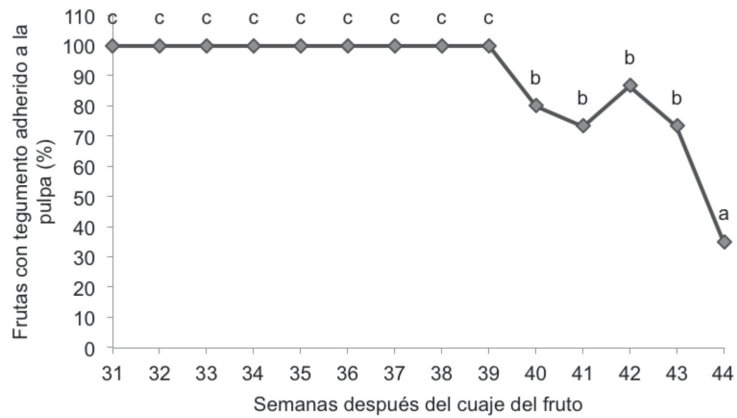


Fig. 3. Frutas con tegumento adherido a la pulpa (%) en aguacate cosechado a partir de la semana 31 después del cuaje del fruto. Medias con letras iguales no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

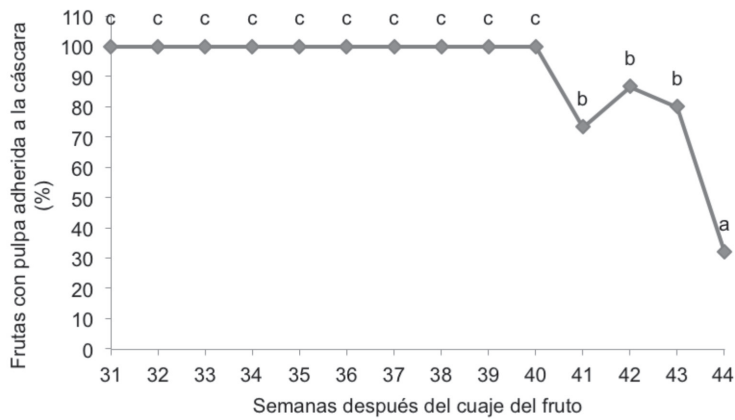


Fig. 4. Frutas con pulpa adherida a la cáscara (%) en aguacate cosechado a partir de la semana 31 después del cuaje del fruto. Medias con letras iguales no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

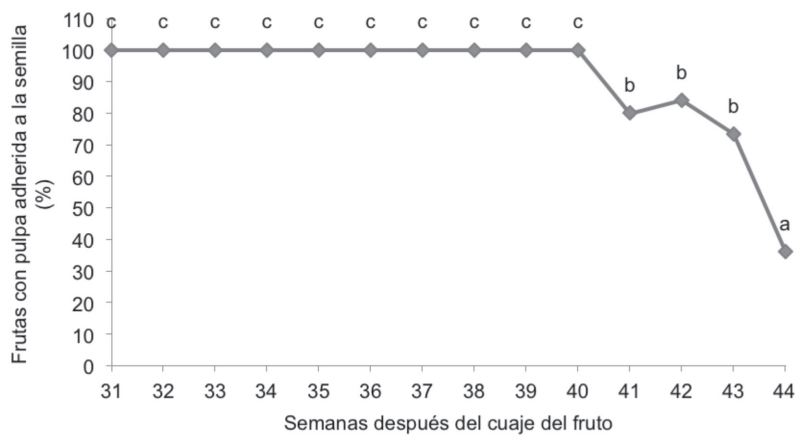


Fig. 5. Frutas con pulpa adherida a la semilla (%) en aguacate cosechado a partir de la semana 31 después del cuaje del fruto. Medias con letras iguales no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.



## Firmeza

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de Proctor y Miesle (1991) quienes señalan que una de las características de la maduración del fruto está constituida por la pérdida de firmeza, la cual está estrechamente relacionada con la alteración enzimática de la laminilla media y pared celular de los frutos, las cuales están constituidas principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa y con Toivonen y Beveridge (2005) quienes indican que se asume en general que la fruta menos madura tiene una estructura más compleja en la pared celular que la fruta más suave y que estos cambios en firmeza indican el avance en la maduración.

Los cambios en la firmeza y adherencia de tegumento-pulpa, pulpa, semilla y pulpa cáscara coinciden con las observaciones de estos autores y reflejan la ocurrencia de múltiples cambios propios de la maduración, y que suceden en la fruta cosechada entre la semana 39 y 40. La firmeza de los frutos de aguacate cosechados y almacenados por 8 días a condiciones ambientales fue de 118 N entre la semana 36 a la 39 y a partir de la semana 40 se registró una drástica reducción (57 N) que mantuvo una tendencia decreciente descrita por un polinomio de segundo grado, con coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0,91 y un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,84 a partir de la semana 40, lo que evidencia la rapidez con que la firmeza del fruto se reduce durante la maduración.

## CONCLUSIONES

Tanto el contenido de materia seca como el de aceite mostraron una tendencia creciente significativa durante el desarrollo del fruto y a partir de la semana 39 se registra un aumento más pronunciado que alcanzó valores de hasta 14,6% de CA y 28% de CMS.

Un contenido de 23% de materia seca es útil como índice de cosecha para el agricultor de la zona intermedia de altura de Los Santos, San José, Costa Rica (1750 msnm) pues cuando se

alcanzó ese valor el aguacate tuvo un buen desarrollo de color morado y la adherencia semilla-pulpa-cáscara se redujo así como la firmeza, lo que permite identificar con estas variables buenos indicadores del inicio y avance de la maduración.

La variable tiempo después del cuaje de la flor, puede ser un criterio de cosecha complementario para el agricultor de esta zona porque los cambios ocurridos en las variables de maduración evaluadas se iniciaron entre las semanas 39 y 40, que coinciden con el valor adecuado del contenido de materia seca para obtener un fruto con palatabilidad aceptable al consumidor.

## LITERATURA CITADA

- CAMPBELL C.W., MALO S. 1978. Review of methods for measuring avocado maturity in Florida. Proceedings tropical region American Society Horticulture Science 2:58-64.
- CERDAS M.M., UMAÑA G., SÁENZ A. 2010. Documento respaldo para la elaboración del Reglamento Oficial de Aguacate (*Persea americana*). Laboratorio Poscosecha, CIA, UCR. San José, C.R. 12 p.
- CERDAS M.M., MONTERO M., DÍAZ E. 2006. Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (*Persea americana*). FITTACORI-UCR-CNP. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. 95 p.
- GAZIT S., BLUMENFELD A. 1970. Response of Mature Avocado Fruits to Ethylene Treatments Before and After Harvest. Journal American Society Horticulture Science 95(2):229-231.
- GÓMEZ V.M. 1998. Characterization of Avocado (*Persea americana*) Varieties of Very Low Oil Content. Journal Agricultural Food Chemical 46:3643-3647.
- KRUGER F.J., CLAASSENS N.J.F., KRITZINGER M.Y., CLAASSENS V.E. 1999. A short review of recent research of the impact of climatic conditions on the postharvest quality of South African export avocados. Revista Chapingo. Serie Horticultura 58(5):339-345.
- LEWIS C.E. 1978. The Maturity of avocados: a general review. Journal Science Food Agriculture 29:857-866.
- MAZLIAK P. 1971. Avocado lipid constituents. Fruits 26(9):615-623.
- OLAETA J.A., UNDURRAGA P. 1995. Estimación del índice de madurez en paltos, pp. 421-426. In: L. Kushwaha, R. Serwatowski and R. Brook eds. Tecnologías de cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas. ASAE, Michigan.

- PROCTOR A., MIESLE T. 1991. Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities en developing highbush blueberries. *HortScience* 26(5):579-581.
- TOIVONEN P., BEVERIDGE T. 2005. Maturity, Ripening and Quality Relationships, pp. 55-77. In: O. Lamikanra, S. Imam and D. Ukuku (eds.). *Produce Degradation: Pathways and Prevention*. Taylor & Francis.
- WAISSBLUTH R., VALENZUELA J. 2007. Proceedings VI World Avocado Congress Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. Consultado: 21/08/2013. Disponible en <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/5b-213.pdf>
- WOOLF A., WHITE A., ARPAIA M.L., GROSS K. 2004. Avocado, sp. In: USDA. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66. Consultado: 11/03/2013. Disponible en <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/034avocado.pdf>
- YAHÍA E. 2001. Manejo poscosecha del aguacate, pp. 295-304. In: Congreso Latinoamericano del Aguacate 2001, Michoacán, México. (Memorias) Michoacán, México.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a [rac.cia@ucr.ac.cr](mailto:rac.cia@ucr.ac.cr)