

# BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias · Universidad del Cauca

El Comité Editorial de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial informa que este manuscrito ha cumplido los requisitos editoriales y científicos y ha sido aprobado para publicación, con base en los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Se publica anticipadamente, en versión pdf, de manera provisional, con base en la última versión electrónica del manuscrito y sin haber sido sometido a los procesos de edición, diagramación y corrección de estilo.

# Cambios fisicoquímicos del aguacate Hass durante el almacenamiento frío y la maduración acelerada\*

## Physicochemical changes of avocado hass during cold storage and accelerated ripening

BENÍTEZ, JUAN<sup>1</sup>; SÁNCHEZ, ANDREA<sup>2</sup>; BOLAÑOS, CATHERIN<sup>3</sup>; BERNAL, LAURA<sup>4</sup>; OCHOA-MARTÍNEZ, CLAUDIA<sup>5</sup>; VÉLEZ, CARLOS<sup>6</sup>; SANDOVAL, ANGÉLICA<sup>7</sup>

### RESUMEN

El aguacate Hass es un fruto climatérico con alto contenido de aceite y óptimas características organolépticas. Las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) durante el transporte y la maduración, son definitivas para garantizar que el fruto llegue al consumidor con las mejores características fisicoquímicas y organolépticas. El objetivo del presente trabajo fue

---

\* Proyecto de investigación de origen: "Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el Departamento, Valle del Cauca, Occidente". Financiación: Sistema General de Regalías. Finalización: Enero 30 de 2021.

<sup>1</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Magister en Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5966-6128>

<sup>2</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Ingeniera Agroindustrial, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8686-2108>

<sup>3</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Estudiante de Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0418-978X>

<sup>4</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Estudiante de Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9404-0286>

<sup>5</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Ph.D. en Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2666-1726>

<sup>6</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB). Ph.D. en Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9974-0639>

<sup>7</sup> Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica, Grupo Interdisciplinario de Investigación en Fruticultura Tropical. Ph.D. en Ingeniería de Alimentos. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0850-6394>

**Correspondencia:** [andrea.pilar.sanchez@correounivalle.edu.co](mailto:andrea.pilar.sanchez@correounivalle.edu.co)

### Cómo citar este artículo

BENÍTEZ, JUAN; SÁNCHEZ, ANDREA; BOLAÑOS, CATHERIN; BERNAL, LAURA; OCHOA-MARTÍNEZ, CLAUDIA; VÉLEZ, CARLOS; SANDOVAL, ANGÉLICA. Cambios fisicoquímicos del aguacate Hass durante el almacenamiento frío y la maduración acelerada. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, v. 19, n. 2, 2021, p. xx-xx. Doi:

### Historial del Artículo

**Recibido para evaluación:** 2 de Abril 2020.

**Aprobado para publicación:** 13 de Abril 2021.

determinar el efecto combinado de la temperatura de almacenamiento durante el transporte refrigerado y de la temperatura de maduración sobre las propiedades fisicoquímicas del aguacate Hass de exportación del Valle del Cauca. Se utilizó un diseño factorial 3<sup>2</sup>, en el cual los factores correspondieron a las temperaturas de almacenamiento (5, 7 y 9 °C) y de maduración (17, 20 y 23 °C). En ambos casos, la humedad relativa fue de 90%. Los frutos se almacenaron durante 20 días para simular el proceso de exportación y las propiedades fisicoquímicas se midieron cada 5 días. Posteriormente se sometieron a una maduración a 17, 20 y 23 °C hasta un grado de madurez 5, correspondiente a la madurez de consumo. Las mejores condiciones de manejo se lograron a una temperatura de almacenamiento de 7 °C y de maduración de 20 °C. El producto final presentó una maduración homogénea y sin defectos internos.

**PALABRAS CLAVE:** Frutas; Pérdidas; Conservación; Poscosecha; Refrigeración; Maduración; Propiedades fisicoquímicas; Exportación; Aguacate Hass; Almacenamiento.

## ABSTRACT

The Hass avocado is a climacteric fruit with high oil content and excellent organoleptic characteristics. The storage conditions (temperature and relative humidity) during transport and ripening are essential to guarantee that the fruit reaches the consumer with the best physicochemical and organoleptic characteristics. The objective of this work was to determine the combined effect of storage temperature during transport under refrigerated conditions and the ripening temperature, on the physicochemical properties of the Hass avocado exported from Valle del Cauca. A factorial design 3<sup>2</sup> was used, in which the factors corresponded to the storage temperatures (5, 7, and 9 °C) and ripening temperatures (17, 20, and 23 °C). In both cases, the relative humidity was 90%. The fruits were stored for 20 days to simulate the export process, and the physicochemical properties were measured every 5 days. Subsequently, the fruits were submitted to ripening at 17, 20, and 23 °C until a maturity degree of 5, corresponding to the maturity of consumption. The best handling conditions were achieved at a storage temperature of 7 °C and ripening of 20 °C. The final product presented a homogeneous ripening, without internal defects.

**KEYWORDS:** Fruits; Losses; Conservation; Postharvest; Refrigeration; Ripening; Physicochemical properties; Exportation; Hass Avocado; Storage.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill cv. 'Hass') es un fruto apetecido a nivel mundial por las características funcionales y sensoriales de su pulpa, posicionado como la variedad de mayor demanda a nivel mundial (Escobar *et al.*, 2019). Su valor nutricional se debe al contenido de lípidos (ácido oleico, palmítico, linoleico), azúcares de 7 carbonos (D-manoheptulosa, sorbitol), compuestos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos), vitaminas, entre otros componentes bioactivos (Araujo-González *et al.*, 2018; Villa-Rodríguez *et al.*, 2020).

Según la Asociación Nacional De Comercio Exterior (ANALDEX, 2019), las exportaciones de aguacate en el año 2019 representaron más de U\$ 6.500 millones y Colombia ocupó el sexto lugar como exportador (U\$ 175 millones), después de México (U\$ 2.800 millones), Holanda (U\$ 1.000 millones), Perú (U\$ 751 millones), España (U\$ 392 millones) y Chile (U\$ 301 millones). Los principales destinos de exportación del aguacate Hass colombiano son Reino Unido, España y Países Bajos, con tiempos de transporte que varían entre 15 y 21 días. Entre los años 2018 y 2019 las exportaciones crecieron aproximadamente 42 % (ANALDEX, 2019), lo que es positivo para la economía y la competitividad de los mercados colombianos a nivel internacional. Según

el Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural (2018), el 86 % del área sembrada en Colombia está concentrada en los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca, Risaralda y Quindío. En cuanto a rendimiento, el Valle del Cauca ocupa el primer lugar, con 12 Ton/ha, comparado con el promedio nacional de 8,1 Ton/ha.

El aguacate Hass de exportación requiere un manejo poscosecha riguroso, de tal manera que se cumpla con los estándares internacionales de los países importadores (Herrera-González *et al.*, 2020). Las condiciones de almacenamiento refrigerado durante el transporte y la maduración en el lugar de destino, combinadas con otras tecnologías, deben garantizar características de calidad y maduración homogénea. Durante la maduración, la despolimerización de polisacáridos presentes en la pared celular conlleva a cambios en la estructura, firmeza y color del producto, entre otros, los cuales son importantes en la calidad del producto (Tochihuitl-Martíñon *et al.*, 2018). Las pérdidas poscosecha durante la exportación del aguacate Hass colombiano alcanzan hasta 60 %; éstas generalmente están relacionadas con condiciones no adecuadas de transporte y de maduración final (Granada *et al.*, 2020; Olivares *et al.*, 2020).

Una de las consecuencias del mal manejo del aguacate durante su comercialización es la disminución de su vida útil. Este mal manejo está relacionado con las condiciones del transporte y la maduración, lo que puede ocasionar ablandamiento del fruto como consecuencia de modificaciones en la composición y estructura de la pared celular (Xoca-Orozco *et al.*, 2019); daños por frío (Sierra *et al.*, 2019); daños internos como pardeamiento de pulpa y vascular (Ospina *et al.*, 2019) desórdenes fisiológicos como el aumento de la actividad de las enzimas endógenas (Gil-Giraldo *et al.*, 2019), sabores desagradables y aumento del contenido de etanol y acetaldehído. Estos cambios provocan baja aceptabilidad por parte del consumidor, lo que ocasiona una disminución en el precio, rechazos del producto y un bajo reconocimiento de origen (Pedreschi *et al.*, 2019; Perkins *et al.*, 2019). Con el fin de mejorar la calidad final y extender la vida útil del aguacate, se han empleado numerosos tratamientos poscosecha dentro de los que se destacan la refrigeración (viajes menores a 30 días) (Taiti *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2019), atmósferas controladas (viajes largos entre 30 y 55 días) (Munhuweyi *et al.*, 2020; Peláez y Núñez, 2020), aplicación de secuestrantes de etileno (Arpaia *et al.*, 2018; Olivares *et al.*, 2020), y recubrimientos y tratamientos térmicos (Careli-Gondim *et al.*, 2020). Aunque se ha demostrado que el aumento de la temperatura de maduración puede acelerar este proceso, y al mismo tiempo ser perjudicial para la calidad, el impacto de la temperatura de almacenamiento refrigerado previo no ha sido explorado (Arpaia *et al.*, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto combinado de las temperaturas del almacenamiento refrigerado y de maduración sobre las propiedades fisicoquímicas del aguacate Hass de exportación.

## MÉTODO

### Material biológico

Para cada réplica se seleccionaron 306 aguacates Hass provenientes de 2 municipios del departamento del Valle del Cauca (Colombia) (Cuadro 1), cosechados con un contenido de materia seca de  $25,3 \pm 1,1\%$  y un peso de  $180,11 \pm 10,55$  g, calibre 22, de acuerdo con la norma internacional Codex Stan 197 (2013).

**Cuadro 1.** Ubicación y condiciones climáticas de los sitios de producción.

Características	Municipios del Valle del Cauca
-----------------	--------------------------------

	<b>Versalles</b>	<b>Bolívar</b>
Nombre de la finca	Rancho Grande	El Horizonte
Región	Norte	Norte
Latitud	4°34'59''	4°19'59''
Longitud	76°12'0'	76°10'59'
Altura (m.s.n.m)	1700	1670
Temperatura promedio (°C)	18	20
Humedad relativa promedio (%)	85	80
Precipitación mensual (mm)	223	151

Fuente: Elaboración propia

Se descartaron frutos con daños mecánicos y/o biológicos. Los frutos sanos se trataron con ácido peracético (0,1 %) por inmersión durante 5 min y una inmersión posterior instantánea en una solución de 0,5 cm<sup>3</sup>/L de Bio Citric (Industrial de Químicos, S.A.S), con el fin de curar infecciones latentes y/o prevenir el desarrollo de otras. Los aguacates se codificaron y se depositaron en canastillas plásticas (una para cada tratamiento) para ser sometidos a las condiciones de almacenamiento refrigerado y maduración.

### **Condiciones de almacenamiento y maduración**

Los frutos se almacenaron durante 20 días para simular el proceso de exportación a Europa a 5, 7 y 9 °C y 90 % de humedad relativa; las propiedades fisicoquímicas se midieron cada 5 días. Después de 20 días en refrigeración, los aguacates se sometieron a un proceso de maduración a tres temperaturas (17, 20 y 23 °C) y 90 % de humedad relativa. Durante la refrigeración se realizó un muestreo cada 24 h, hasta lograr una firmeza de la pulpa entre 4 y 5 N, que corresponde a grado de madurez 5 (madurez de consumo), color púrpura del exocarpio y deformación moderada al tacto suave, según la escala definida por el Manual internacional de la calidad del aguacate (White *et al.*, 2009).

### **Propiedades fisicoquímicas**

Se evaluó la materia seca al inicio de cada tratamiento, según el método de la AOAC (1980) empleando una estufa (Jeio Tech OF-01E), con secado convectivo a 105 °C durante 18 h. La medición de peso se realizó en una balanza analítica (Mettler Toledo AB204-S/FACT (± 0,1 mg)).

El color de la cáscara y de la pulpa se determinó en un colorímetro (Colorflex Hunterlab 45/0 CBM-910), con resolución espectral de 10 nm, rango de fotometría entre 0 y 150% y rango espectral de 400 a 700 nm. Para la cáscara se tomaron mediciones en dos puntos separados 180° en el eje ecuatorial y para la pulpa se cortaron láminas de 1,5x1,5x1,0 cm. Se registraron los parámetros L, a\* y b\*, de acuerdo con el sistema CIELab. Para la calibración se emplearon los valores de referencia estándar negro (L=0,00, a\*=0,00 y b\*=0,00) y blanco (L=93,82, a\*=-1,07 y b\*=0,64) y para la validación se empleó el verde (L=51,89, a\*=-23,88 y b\*=14,47).

Para la firmeza de la pulpa se empleó un texturómetro digital (Shimadzu EZ Test SM-500N-168) con un punzón cónico de 80 mm de largo y 3 mm de diámetro, una velocidad de 1 mm/s y una profundidad de penetración de 20 mm. La firmeza se consideró como el promedio de dos mediciones tomadas en dos puntos separados 180° en la zona ecuatorial de la muestra. El valor de la firmeza se expresó en Newton (N).

Para la medición del pH se empleó un pH-metro (Hanna HI3220 (± 0,01)). Se determinó el contenido de sólidos solubles (°Brix) en un refractómetro digital (Atago RX-700α (± 0,1 °Brix)), para lo cual se preparó una solución de pulpa de aguacate con agua destilada en relación 1:5

hasta lograr una mezcla homogénea que se filtró posteriormente. El contenido de aceite se evaluó mediante extracción por el método soxhlet (Acosta-Díaz *et al.*, 2019). La acidez (reportada como contenido de ácido tartárico), se realizó por el método potenciométrico de acuerdo con la NTC 4523 (1999). Se pesaron 60 g de pulpa y se homogenizaron con 150 mL de agua destilada, se tituló con NaOH (0,1 N) hasta un pH de  $8,1 \pm 0,2$ .

Para determinar defectos externos se utilizó una escala de puntos de 1 a 5 (donde 1: 0 % y 5: >40 %), evaluando la aparición de defectos como manchas, arrugamiento o pudriciones. Los daños internos se calificaron de forma visual en una escala de 1 a 5 (donde 1: no hay daños y 5: daños severos), registrando la proporción de la fruta con signos de pardeamiento.

Se realizaron pruebas microbiológicas en dos muestras para identificar crecimiento fúngico mediante cortes de 0,5x0,5 cm en las áreas afectadas. Para las pruebas se utilizaron cajas de petri con agar PDA y se realizó la incubación a 25 °C durante al menos 12 días. Posteriormente se observó en un microscopio óptico con aumentos de 40X y 100X (Olympus BX53).

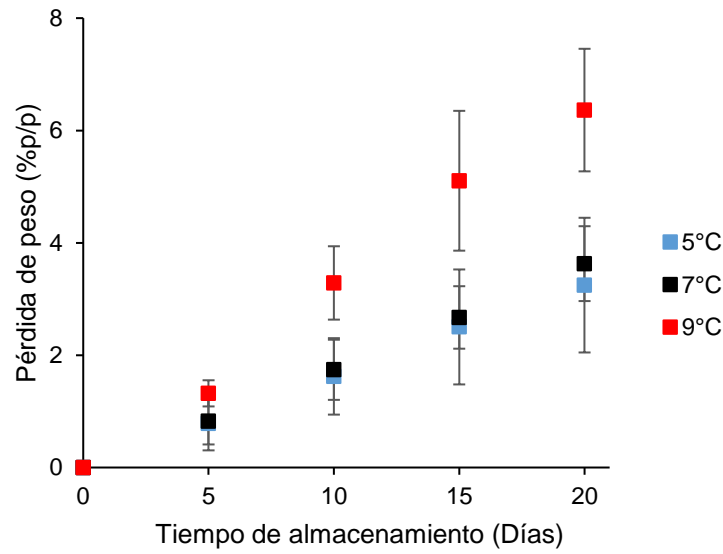
### **Análisis estadístico**

Se empleó un diseño factorial  $3^2$  para un total de 9 tratamientos con dos réplicas. Los factores correspondieron a la temperatura de refrigeración (5, 7 y 9 °C) y la temperatura de maduración (17, 20 y 23 °C). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar diferencias significativas entre tratamientos con 5% de significancia utilizando el software Minitab 19. Las variables de respuesta se midieron por triplicado.

## **RESULTADOS**

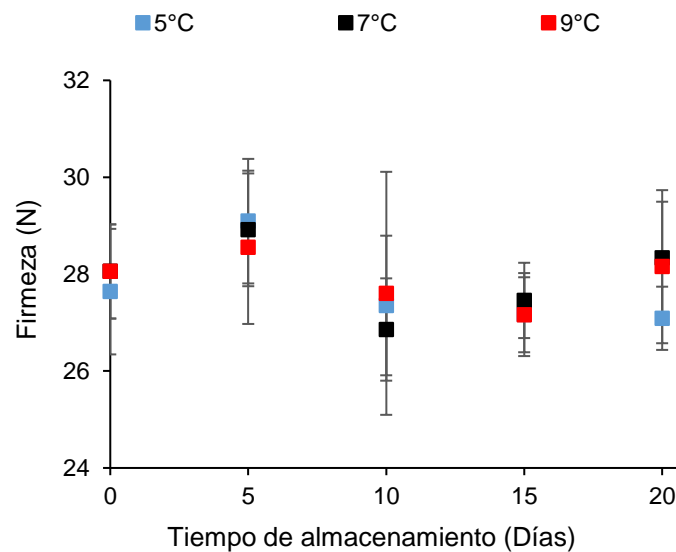
### **Almacenamiento refrigerado**

**Pérdida de peso.** En la Figura 1 se presenta la pérdida de peso (%) respecto al peso inicial. Se observó un aumento lineal de esta variable con el tiempo del almacenamiento, con un coeficiente de correlación superior a 0,95 para todos los tratamientos. La temperatura tuvo efecto significativo directo sobre la pérdida de peso ( $p < 0,05$ ). Estadísticamente se observó que la pérdida de peso en el tratamiento a 9 °C ( $6,36 \pm 1,09$  %) es diferente a la presentada a 5 °C ( $3,2 \pm 1,2$  %) y 7 °C ( $3,6 \pm 0,7$  %). De acuerdo con Ocaña (2019), la temperatura óptima que permite disminuir los procesos fisiológicos que causan la pérdida de agua en el aguacate Hass está entre 4,5 y 7,2 °C. Se han reportado pérdidas de peso similares: 3,84 % a 5 °C (Escobar *et al.*, 2019), 5,56 % a 7 °C (Aguirre *et al.*, 2017) y 6 % a 10 °C (Careli-Gondim *et al.*, 2020).



**Figura 1.** Efecto de la temperatura sobre la pérdida de peso durante el almacenamiento.

**Firmeza de la pulpa.** En la Figura 2 se observa la firmeza de la pulpa en función de la temperatura de almacenamiento, la cual no tuvo efecto significativo sobre esta variable ( $p > 0,05$ ). El valor promedio obtenido fue  $28,05 \pm 0,97$  mostrando que se mantuvo la firmeza durante el almacenamiento. Las temperaturas bajas durante el almacenamiento reducen la actividad enzimática asociada con la degradación de la pared celular. Esto permite que se conserve la firmeza aumentando la resistencia a daños mecánicos durante la manipulación y almacenamiento (Ocaña, 2019). La madurez del producto permaneció entre 1 y 2 (verde) (Sierra *et al.*, 2019). Se observaron comportamientos similares de la textura respecto a otros estudios, aunque los valores son difíciles de comparar debido a las diferencias de los métodos utilizados para medir esta variable. Osuna *et al.* (2017) evaluaron temperaturas de 4, 6 y 8 °C durante 3 semanas de almacenamiento sin encontrar cambios significativos en la firmeza de la pulpa.



**Figura 2.** Efecto de la temperatura sobre la firmeza de la pulpa durante el almacenamiento.

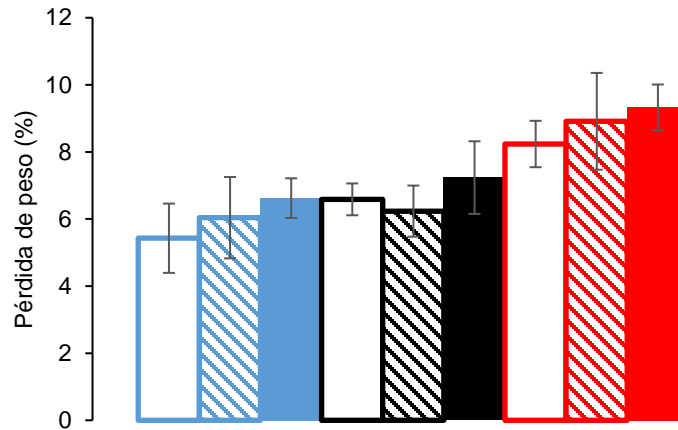
**Parámetros fisicoquímicos: sólidos solubles, acidez titulable, pH, contenido de aceite y color de la cáscara.** En general, las condiciones de almacenamiento no tuvieron efecto significativo sobre los valores de estos parámetros, demostrando que las temperaturas evaluadas conservan las características iniciales del producto sin provocar cambios. El contenido de sólidos solubles fue  $7,37 \pm 0,34$  °Brix y la acidez fue  $0,0349 \pm 0,0036$  (% ácido tartárico). La poca variabilidad en los valores muestra que los carbohidratos y los ácidos orgánicos requeridos para los procesos metabólicos no se consumieron debido a que la refrigeración disminuye la biosíntesis de etileno y la tasa de respiración durante el almacenamiento (Astudillo y Rodríguez, 2018). Se presentaron valores de pH de  $6,72 \pm 0,17$ , similares a los reportados por otras investigaciones (Aguirre *et al.*, 2017; Astudillo y Rodríguez, 2018). Estos valores cercanos a la neutralidad son característicos del aguacate Hass (Aguirre *et al.*, 2017). De igual manera, se mantuvieron los valores del contenido de aceite,  $12,79 \pm 1,13$  el cual tiene una relación directa con el grado de madurez del aguacate Hass. Osuna *et al.* (2017) reportaron valores similares ( $13,36 \pm 1,47$  %) para frutos con un contenido de materia seca de  $23,68 \pm 1,35$  %. Tampoco se presentó cambio de color en la cáscara, el cual está relacionado con las demás propiedades fisicoquímicas que no presentaron cambios. Los valores de la cáscara fueron: L:  $33,36 \pm 0,87$ , a\*:  $-4,13 \pm 0,86$  y b\*:  $9,51 \pm 0,81$ . Aguirre *et al.* (2017) reportan únicamente el valor del parámetro L como índice para la evaluación del color, con un comportamiento similar al obtenido en este trabajo.

## **Maduración**

**Pérdida de peso.** En la Figura 3 se presenta la pérdida de peso durante la etapa de maduración con valores entre  $5,4 \pm 1,0$  y  $9,3 \pm 0,67$  %, dependiendo de las condiciones estudiadas. Escobar *et al.* (2019) reportaron pérdidas de  $6,51 \pm 1,08$  % a  $5/20$  °C (almacenamiento/maduración) que son similares a las obtenidas en este trabajo. La temperatura de maduración tuvo efecto significativo sobre esta variable ( $p < 0,05$ ). Es importante resaltar el efecto combinado de las temperaturas de almacenamiento y maduración. Se observó que las muestras almacenadas a  $5$  y  $7$  °C presentaron menores pérdidas de peso. El tratamiento con menor pérdida de peso correspondió  $5/17$  °C ( $5,4 \pm 1,0$  %). La reducción de peso durante la maduración se debe a la biosíntesis del etileno y al aumento en el contenido de aceite. Cuando éste aumenta, el contenido de humedad disminuye debido a un desplazamiento de las moléculas de agua por parte de las inclusiones oleosas fuera de las vacuolas celulares (Xoca-Orozco *et al.*, 2019). La pérdida de peso es indeseable en los frutos, debido a que implica pérdidas económicas.



■ 5°C -17°C    ▨ 5°C -20°C    ■ 5°C -23°C    ■ 7°C -17°C    ▨ 7°C -20°C  
■ 7°C -23°C    ▨ 9°C -17°C    ▨ 9°C -20°C    ■ 9°C -23°C

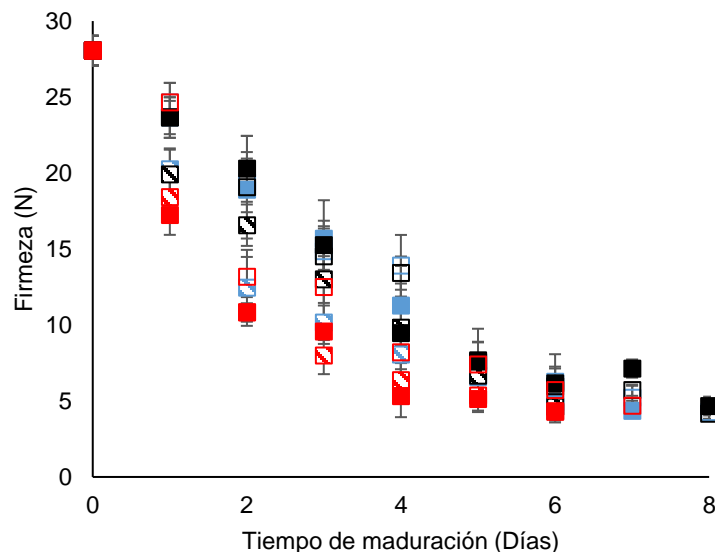
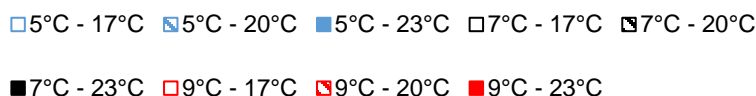


**Figura 3.** Pérdida de peso en relación con las temperaturas de almacenamiento y maduración.

**Firmeza.** En la Figura 4 se observa disminución de la firmeza de la pulpa durante la maduración. La madurez de consumo (4-5 N) se alcanzó entre 5 y 8 días. No se evidenciaron diferencias significativas para los factores y la interacción entre ellos. Al aumentar la temperatura (después del almacenamiento refrigerado) se inicia el proceso de degradación de los compuestos estructurales disminuyendo la firmeza del producto (Defilippi *et al.*, 2018).

La pérdida de firmeza está relacionada con la hidrólisis de polisacáridos por acción de enzimas (pectinasas, celulasas, amilasas y poligalacturonasas (PG)) que generan cambios en la estructura en la pared celular produciendo el ablandamiento del fruto (Pinto *et al.*, 2019; Shezi *et al.*, 2020). Durante la maduración de aguacates sometidos a almacenamiento previo se presenta mayor actividad de celulasas y PG (Peláez y Núñez, 2020). La pérdida de firmeza también se ha relacionado con la pérdida de agua (pérdida de peso) debido a que ésta estimula la síntesis de etileno y los procesos metabólicos (Aguirre *et al.*, 2017; Peláez y Núñez, 2020). Se ha observado un comportamiento similar con un proceso de almacenamiento refrigerado a 5 °C-90% HR y posterior maduración a 20 °C-45% HR (Defilippi *et al.*, 2018).

En la figura también se observa que los tratamientos que alcanzaron la madurez de consumo en menor tiempo correspondieron a 9 °C en el almacenamiento con todas las temperaturas de maduración, coincidiendo con el comportamiento de la pérdida de peso. Es posible que durante el almacenamiento se haya producido mayor reducción de ácido galacturónico, y mayor depolimerización de galactosa y solubilización de arabinosa a 9 °C (Defilippi *et al.*, 2018), produciendo un efecto combinado con las condiciones más altas de temperatura durante la maduración.



**Figura 4.** Firmeza de la pulpa en relación con las temperaturas de almacenamiento y maduración.

**Color de la cáscara y de la pulpa.** En el Cuadro 2 se presentan los parámetros L, a\* y b\* de la cáscara y la pulpa. De acuerdo con análisis de Tukey, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos al final de la maduración.

**Cuadro 2.** Color de la cáscara y de la pulpa al final del proceso de maduración.

Tempe almac (°C)	Tempe madurac. (°C)	Cáscara			Pulpa		
		L	a*	b*	L	a*	b*
5	17	25,64 ± 1,5 a	1,1 ± 0,7 a	2,2 ± 1,3 b	62,67 ± 3,6 a	-1,4 ± 0,7 a,b	24,9 ± 2,3 a
	20	23,14 ± 2,1 a,b	1,4 ± 0,5 a	2,4 ± 1,1 b	61,37 ± 4,5 a	-2,6 ± 0,6 a,b	26,1 ± 1,3 a
	23	25,14 ± 2,0 a	1,8 ± 1,0 a	1,5 ± 1,2 b	65,57 ± 5,4 a	-1,3 ± 0,7 a,b	27,2 ± 2,8 a
7	17	24,54 ± 1,4 a,b	0,2 ± 1,1 a	2,9 ± 1,1 a,b	64,27 ± 1,2 a	-1,4 ± 1,4 a,b	27,5 ± 2,0 a
	20	24,34 ± 2,1 a,b	1,6 ± 0,9 a	3,4 ± 1,6 a,b	62,27 ± 2,7 a	-3,5 ± 1,8 b	26,0 ± 1,6 a
	23	21,84 ± 1,1 b	1,5 ± 0,5 a	1,8 ± 0,5 a,b	62,97 ± 2,2 a	-0,6 ± 1,3 a	26,6 ± 3,5 a
9	17	25,94 ± 1,8 a	1,7 ± 0,9 a	3,3 ± 1,9 b	59,77 ± 4,6 a	-2,1 ± 0,9 a,b	24,7 ± 1,9 a
	20	23,24 ± 1,0 a,b	2,0 ± 0,7 a	3,0 ± 1,3 b	62,77 ± 2,4 a	-1,1 ± 1,7 a	26,1 ± 1,4 a
	23	25,04 ± 2,2 a,b	2,3 ± 2,3 a	4,0 ± 2,5 b	60,37 ± 4,2 a	-1,9 ± 0,9 a,b	25,7 ± 3,4 a

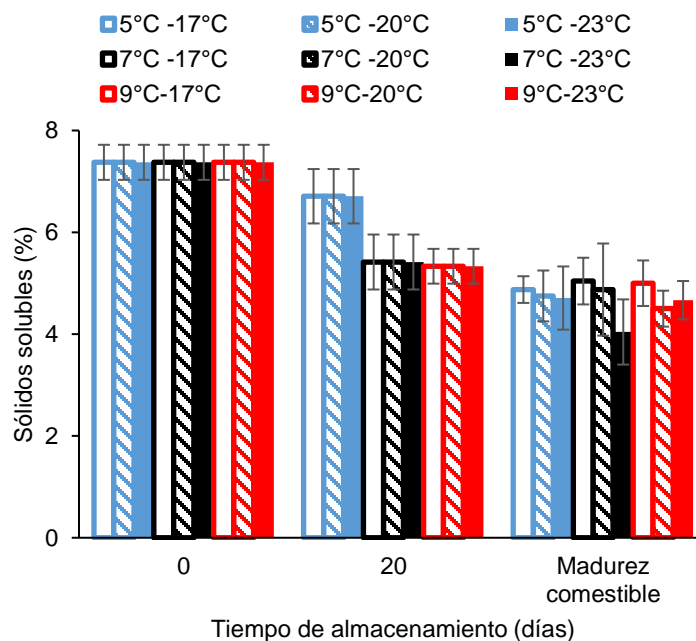
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En la cáscara, durante los primeros 3 días, la coordenada a\* cambió de valores negativos (-5 a -2) indicadores del color verde, hasta valores positivos (0 a +2). Por otro lado, se observó disminución de las coordenadas b\* de  $9,51 \pm 0,81$  a  $2,38 \pm 1,07$  y L de  $33,36 \pm 0,87$  a  $24,34 \pm 1,81$ .

El cambio de color de la cáscara de verde a púrpura es característico en el proceso de maduración del aguacate Hass. Esto se puede relacionar con el aumento en  $a^*$  que indica una disminución del color verde asociada con la degradación de la clorofila que es un proceso catabólico importante en la maduración de frutas verdes (Xoca-Orozco *et al.*, 2019; Olivares *et al.*, 2020). Los valores de L son inferiores a los reportados por Escobar *et al.* (2019) (valores de  $41,04 \pm 2,5$ ), posiblemente esto se deba a la diferencia de condiciones precosecha o climáticas. Teniendo en cuenta la disminución en el valor de L con el aumento en la temperatura de maduración (Arpaia *et al.*, 2015).

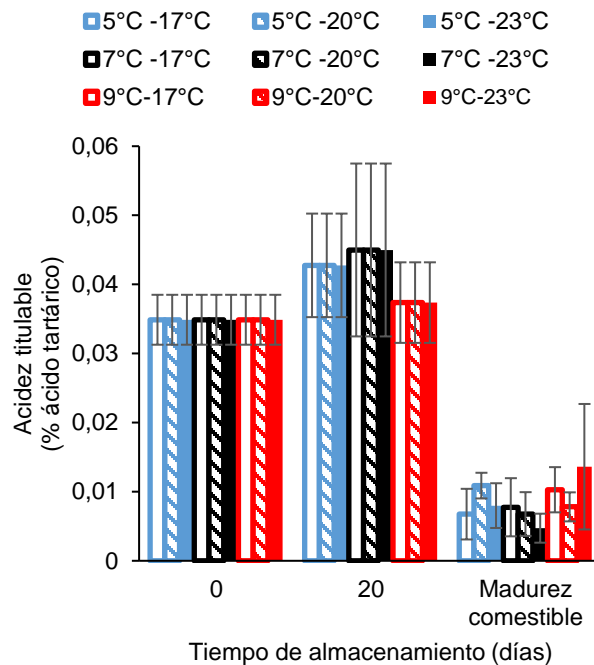
Con respecto al color de la pulpa, la temperatura de maduración tuvo efecto significativo sobre el parámetro  $a^*$  (no se muestran datos en todos los tiempos evaluados). En general, las temperaturas de almacenamiento y maduración no tuvieron efecto sobre los parámetros de color al final del proceso de maduración. Se observaron resultados inconsistentes para 20 °C en todas las temperaturas de almacenamiento mostrando un verde más intenso a 20 °C con valores de  $-2,8 \pm 0,98$  que a 17 y 23 °C con valores promedio de  $-1,43 \pm 0,27$ . A medida que los frutos maduran el color verde de la pulpa disminuye (no se muestran datos en todos los tiempos evaluados), comportamiento reportado también por Kokawa *et al.*, 2020).

**Parámetros fisicoquímicos: sólidos solubles, acidez titulable, pH, contenido de aceite.** Los sólidos solubles disminuyeron significativamente con el aumento de la temperatura de maduración (Figuras 5 y 6, Cuadro 3). La disminución de los sólidos solubles se debe a que a medida que el fruto madura, los azúcares son utilizados para la producción de energía vía glicólisis, como fuente de carbono, para la producción de etileno, procesos enzimáticos y modificaciones de color en la cáscara. Todos los tratamientos alcanzaron un contenido de sólidos similar ( $4,8 \pm 0,98$  °Brix) al final de la maduración, independientemente del alto cambio observado durante el almacenamiento a temperaturas de 7 y 9 °C. Peláez y Núñez (2020) también reportaron disminución en la concentración de azúcares. Valores semejantes se obtuvieron en aguacates de Antioquia ( $6,2 \pm 1,5$  °Brix) (Astudillo y Rodríguez, 2018).



**Figura 5.** Sólidos solubles en relación con las temperaturas de almacenamiento y maduración.

En la Figura 6 se muestra una disminución de la acidez durante la maduración. Esto se debe a que los ácidos orgánicos son utilizados junto con los carbohidratos para proporcionar la energía que el fruto requiere durante el proceso de maduración para los diferentes ciclos metabólicos del fruto (Taiti *et al.*, 2015; Astudillo y Rodríguez, 2018). El pH presentó valores promedio de  $7,1 \pm 0,70$ , comparables a los reportados por Astudillo y Rodríguez (2018) y Xoca-Orozco *et al.* (2019).



**Figura 6.** Acidez titulable (% ácido tartárico) en relación con las temperaturas de almacenamiento y maduración.

Una de las variables más importantes en el proceso de maduración es el contenido de aceite después del almacenamiento refrigerado. Las condiciones de maduración no tuvieron efecto significativo sobre esta variable al final de la maduración. El contenido de aceite aumentó de  $13,36 \pm 1,47$  % al final del almacenamiento refrigerado a  $17,2 \pm 2,11$  % al final de la maduración.

El tiempo requerido para alcanzar la madurez de consumo es un parámetro de calidad importante durante la comercialización. Se observó una variación entre 4 y 8 días dependiendo de las condiciones de almacenamiento y maduración (Cuadro 3). Los tratamientos a 7 °C presentaron mayor homogeneidad para todas las temperaturas de maduración. Rodríguez y Henao-Rojas (2016) y Peláez y Núñez (2020) reportaron entre 5 y 6 días para alcanzar la madurez de consumo con almacenamiento a 5 °C. Se reportó una disminución en el tiempo para alcanzar la madurez de consumo a medida que se aumenta la temperatura de maduración desde 15 °C (6,4 días) hasta 25 °C (4,6 días) empleando 5 °C en el almacenamiento, pero con muy poco cambio a partir de 20 °C (Arpaia *et al.*, 2018). Este comportamiento es consistente con el presentado en el Cuadro 3, para las tres temperaturas de almacenamiento. Peláez y Núñez (2020) obtuvieron 6 días para la combinación almacenamiento/refrigeración de 5/21 °C y 8 días para 1/21 °C.

**Cuadro 3.** Características fisicoquímicas después del proceso de maduración.

Tempe almac. (°C)	Tempe madur. (°C)	Sólidos solubles (%)	Acidez titulable (% ácido tartárico)	pH	Contenido de aceite (%)	Tiempo para madurez de

						consumo (días)
5	17	4,9 ± 0,3 a	0,007 ± 0,004 a,b	7,03 ± 0,21 b	16,3 ± 1,5 a	7-8
	20	4,8 ± 0,5 a	0,011 ± 0,002 a,b	6,98 ± 0,27 b	16,9 ± 1,8 a	5-6
	23	4,7 ± 0,6 a	0,008 ± 0,003 a,b	7,02 ± 0,22 b	17,0 ± 1,3 a	5-6
7	17	5,0 ± 0,5 a,b	0,008 ± 0,004 a,b	8,28 ± 0,03 a	16,7 ± 1,7 a	8
	20	4,9 ± 0,9 a,b	0,007 ± 0,003 a,b	6,89 ± 0,36 b	16,6 ± 2,2 a	6
	23	4,0 ± 0,6 a,b	0,005 ± 0,002 b	8,35 ± 0,04 a	18,5 ± 2,8 a	6-7
9	17	5,0 ± 0,4 b	0,010 ± 0,003 a,b	7,00 ± 0,22 b	16,4 ± 2,2 a	6-7
	20	4,5 ± 0,4 b	0,008 ± 0,002 a,b	6,88 ± 0,31 b	18,3 ± 3,0 a	5-6
	23	4,7 ± 0,4 b	0,014 ± 0,009 a	6,82 ± 0,39 b	17,5 ± 2,6 a	4-6

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

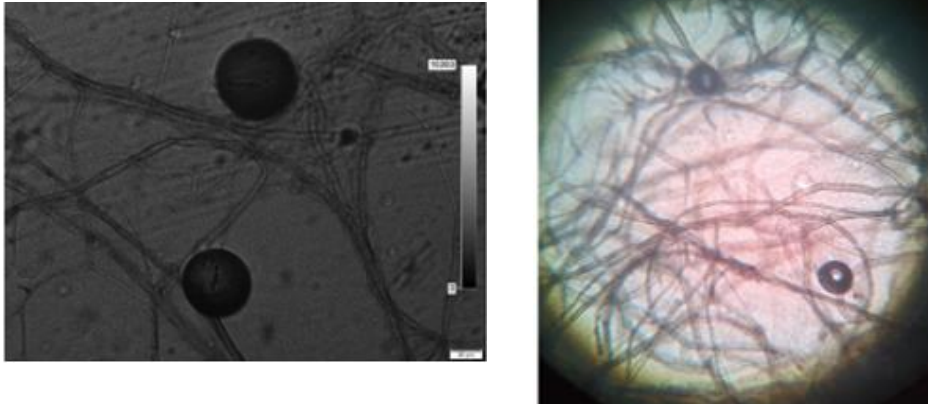
**Daños externos e internos.** A las condiciones estudiadas, ninguno de los tratamientos causó daños externos apreciables. Peláez y Núñez (2020) presentaron resultados similares y mencionan que, en general, los daños externos leves son aceptados comercialmente debido a que se enmascaran con el cambio de color.

Por otra parte, no se observaron daños internos para la combinación de las temperaturas de almacenamiento (5, 7 y 9 °C) con las temperaturas de maduración (17 y 20 °C). Este tipo de daños sólo se presentó para los tratamientos de maduración a 5/23 °C y 9/23 °C (Figura 7). En la combinación 9/23 °C se observó una pudrición lateral de la pulpa mayor del 30%, correspondiente a 4 en la escala de daños internos (White *et al.*, 2009) mientras que en el tratamiento 5/23 °C el daño fue menor al 10%, equivalente a 2 en la escala de daños. Estos resultados son similares a los obtenidos para una combinación de 5/20 °C por Rodríguez y Henao-Rojas (2016). Durante la maduración se desencadenan procesos enzimáticos que provocan daños internos y estimulan el desarrollo de hongos. Una de las enzimas más importantes involucradas en el daño interno del aguacate es la polifenol oxidasa, la cual se incrementa en presencia de etileno (Aguirre *et al.*, 2017).



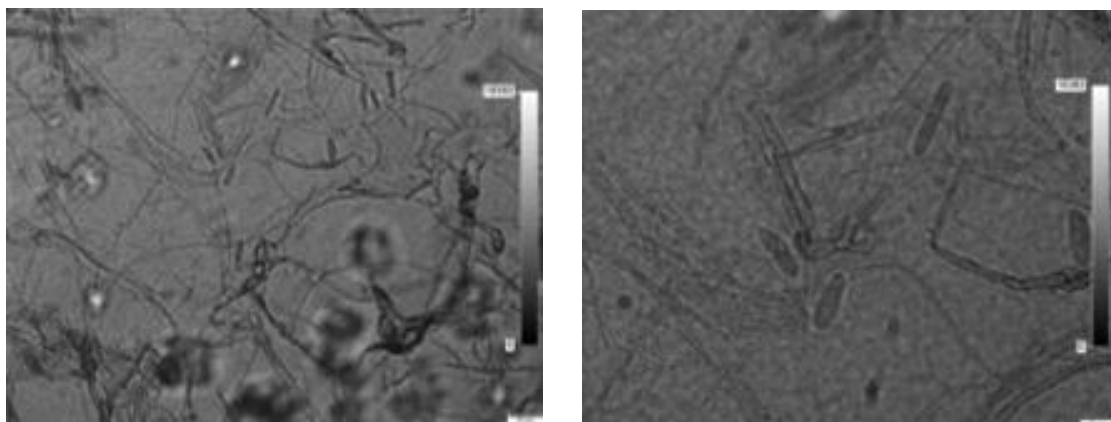
**Figura 7.** Efecto combinado de las temperaturas de almacenamiento y maduración con relación al daño interno.

**Resultados microbiológicos.** Se observó crecimiento radial de hongos del género *Nigrospora sp.*, de aspecto algodonoso, que presentaron un cambio de color de gris a negro; también se observaron esporas globosas coloreadas de 15  $\mu\text{m}$  de diámetro que salen de un conidióforo corto simple (Figura 8). Esta morfología coincide con la mostrada por otros autores quienes mencionan que este microorganismo puede estar en cualquier etapa de desarrollo del fruto sin síntomas visibles y con mayor frecuencia en la madurez de consumo (Thakur *et al.*, 2012). Janashia *et al.* (2018) reportaron la presencia de *Nigrospora sp.* en aguacate y banano y su efecto sobre la salud.



**Figura 8.** Hongos del género *Nigrospora sp.* observados al microscopio 40x y 100x en aguacates en madurez comestible a 23 °C.

Se presentó también *Colletotrichum sp.* (Figura 9); en la muestra de 5/23 °C se observó un micelio algodonoso blanco y luego de tonalidad rosa. Las esporas encontradas en forma de hilos de 16  $\mu\text{m}$  de largo y 4  $\mu\text{m}$  de ancho aproximadamente, son típicas de este género. Esta descripción es similar a la reportada por Kubheka *et al.* (2020) en aguacates variedad Maluma almacenados a 5,5 °C por 3 semanas. La presencia de *Colletotrichum sp.* debida a condiciones de almacenamiento inapropiadas, puede ocasionar enfermedades como la antracnosis y disminuir la firmeza de los frutos y la calidad sensorial (Kubheka *et al.*, 2020). Este hongo ha sido reportado en aguacate, papaya, mango, guayaba y banano (Perkins *et al.*, 2019; Kimaru *et al.*, 2020).



**Figura 9.** Vista microscópica 40x y 100x de *Colletotrichum sp.* en aguacates en madurez comestible.

## CONCLUSIONES

La temperatura de almacenamiento tuvo mayor influencia en la pérdida de peso y en la textura que la temperatura de maduración. Los tratamientos a 9 °C en el almacenamiento, y los tratamientos combinados de esta temperatura con las de maduración, presentaron las mayores pérdidas de peso. A mayor temperatura de maduración, el tiempo para alcanzar la madurez de consumo fue menor, sin importar las temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, los tratamientos de maduración a 23 °C ocasionaron daños internos y crecimiento de hongos del género *Nigrospora sp.*, y *Colletotrichum sp.* independientemente de la temperatura de almacenamiento.

La menor pérdida de peso se obtuvo a temperatura de almacenamiento de 5 °C, pero se presentó maduración heterogénea.

El almacenamiento a 7 °C durante 20 días combinado con la maduración a 20 °C durante 6 días permite obtener frutos con maduración homogénea, menor cantidad de daños internos y pérdida de peso aceptable. En trabajos posteriores se soportarán estos resultados con análisis sensorial.

## AGRADECIMIENTOS

Al Sistema General de Regalías (proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el Departamento, Valle del Cauca, Occidente”) ejecutado por UNAL (Palmira), UNIVALLE y CIAT, a través del convenio No. 039-2018.

## REFERENCIAS

- ACOSTA-DÍAZ, EFRAIN; ÁLVAREZ-OJEDA, MARIA; GUZMÁN-MALDONADO, SALVADOR; ALMEYDA-LEÓN, ISIDRO. Variability of the total oil content and fatty acid profile of creole avocados from Nuevo León, México. *Agronomy Mesoamerican*, v. 30, n. 3, 2019, p. 705-719.  
<https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34490>
- AGUIRRE, JORGE, VENTURA, MARGARITA; MARTINEZ, GABRIELA; RUELAS, XOCHITL; ROJAS, ROMEO; RODRIGUEZ, RAUL; AGUILAR, CRISTOBAL. Effects of a natural bioactive coating on the quality and shelf life prolongation at different storage conditions of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 14, 2017, p. 102–107.  
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.09.003>
- ARAUJO-GONZALEZ, RAFAEL; RODRIGUEZ-JASSO, ROSA; RUIZ, HECTOR; PINTADO, MARIA-MANUELA; AGUILAR, CRISTOBAL. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, v. 80, 2018, p.51-60.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- ARPAIA, MARY-LU; COLLIN, SUE; SIEVERT, JAMES; OBENLAND, DAVID. Influence of cold storage prior to and after ripening on quality factors and sensory attributes of “Hass” avocados. *Postharvest Biology and Technology*, v. 110, 2015, p. 149-157.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.016>
- ARPAIA, MARY-LU; COLLIN, SUE; SIEVERT, JAMES; OBENLAND, DAVID. “Hass” avocado quality as influenced by temperature and ethylene prior to and during final ripening. *Postharvest Biology and Technology*, v. 140, 2018, p. 76-84.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.02.015>
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR [ANALDEX] Informe de exportaciones de aguacate primer semestre de 2019. 2019. <https://www.analdex.org/2019/09/27/informe->



- [de-exportaciones-de-aguacate-primer-semester-de-2019/](#) [consultado noviembre 2 de 2020].
- ASTUDILLO, CAMILO; RODRÍGUEZ, PABLO. Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 19, n. 2, 2018, p. 383-392.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:694](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:694)
- CARELI-GONDIM, ITALO; CARVALHO, TACIENE; BARROS, EDUARDO; CALIARI, MARCIO; SOARES, MANOEL. The effect of active coating and refrigerated storage on the quality of avocado cultivar, Quintal. *Journal of Food Science and Technology*, v. 57, n. 1, 2020, p. 143-151.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04039-3>
- CODEX STAN 197. Norma del codex para el aguacate. 2013, p. 5.  
<http://www.colpos.mx/bancodenormas/ninternacionales/CODEX-STAN-197-1995.pdf>  
[consultado noviembre 2 de 2020].
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de aguacate. Indicadores e Instrumentos. Bogotá (Colombia): 2018.
- DEFILIPPI, BRUNO; EJSMENTEWICZ, TROY; COVARRUBIAS, MARIA; GUDENSCHWAGER, ORIANNE; CAMPOS, REINALDO. Changes in cell wall pectins and their relation to postharvest mesocarp softening of “Hass” avocados (*Persea americana* Mill.). *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 128, 2018, p. 142-151.  
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.018>
- ESCOBAR, JOHANNA; RODRÍGUEZ, PABLO; CORTÉS, MISAEL; CORREA, GUILLERMO. Influence of dry matter as a harvest index and cold storage time on cv. Hass avocado quality produced in high tropic region. *Información Tecnológica*, v. 30, n. 3, 2019, p. 199-210.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300199>
- GIL-GIRALDO, ERICA-JULIETH; DUQUE-CIFUENTES, ALBA-LUCIA; QUINTERO-CASTANO, VICTOR. Efecto del baño químico sobre la conservación de propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de fresa (*Fragaria x ananassa*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 17, n. 2, 2019, p. 36-45.  
<http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v17n2.1251>
- GRANADA, DAVID; LÓPEZ-LUJAN, LORENA; RAMÍREZ-RESTREPO, SARA; MORALES, JUAN; PELÁEZ-JARAMILLO, CARLOS; ANDRADE, GALDINO; BEDOYA-PÉREZ, JUAN-CARLOS. Bacterial extracts and bioformulates as a promising control of fruit body rot and root rot in avocado cv. Hass. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 19, n. 3, 2020, p. 748-758.  
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62720-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62720-6)
- HERRERA-GONZALEZ, JUAN-ANTONIO; BAUTISTA-BAÑOS, SILVIA; SALAZAR-GARCIA, SAMUEL; GUTIERREZ-MARTINEZ, PORFIRIO. Situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate ‘Hass’ para exportación en Michoacán. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, v. 11, n. 7, 2020, p.1647-1660.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2402>
- JANASHIA, IRAKLI; CHOISET, YVAN; JOZEFIAK, DAMIAN; DÉNIEL, FRANCK; COTON, EMMANUEL; MOOSAVI-MOVAHEDI, ALI AKBAR; CHANISHVILI, NINA; HAERTLÉ, THOMAS. Beneficial Protective Role of Endogenous Lactic Acid Bacteria Against Mycotic Contamination of Honeybee Beebread. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, v. 10, n. 4, 2018, p. 638-646.  
<https://doi.org/10.1007/s12602-017-9379-2>
- KIMARU, STANLEY; MUCHEMI, K; MWANGI, JULIUS. Effects of anthracnose disease on avocado production in Kenya. *Cogent Food & Agriculture*, v. 1, 2020, p. 1–14.  
<https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1799531>



- KOKAWA, MITO; HASHIMOTO, AZUSA; LI, XINYUE; TSUTA, MIZUKI; KITAMURA, YUTAKA. Estimation of “Hass” Avocado (*Persea americana* Mill.) Ripeness by Fluorescence Fingerprint Measurement. *Food Analytical Methods*, v. 13, 2020, p. 892-901.  
<https://doi.org/10.1007/s12161-020-01705-7>
- KUBHEKA, SANELE; TEFAY, SAMSON; MDITSHWA, ASANDA; MAGWAZA, LEMBE. Evaluating the efficacy of edible coatings incorporated with moringa leaf extract on postharvest of “maluma” avocado fruit quality and its biofungicidal effect. *HortScience*, v. 55, n. 4, 2020, p. 410-415.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI14391-19>
- MUNHUWEYI, KAREN; MPAI, SEMAKALENG; SIVAKUMAR, DHARINI. Extension of avocado fruit postharvest quality using non-chemical treatments. *Agronomy*, v. 10, n. 2, 2020, p. 212  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10020212>
- OCAÑA, JESSICA. Evaluación del efecto de tres tiempos de exposición al 1- metilciclopropeno en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill.) [Tesis Ingeniería Agrónoma]. Quito (Ecuador): Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2019, 75 p
- OLIVARES, DANIELA; ALVAREZ, EDGARD; VELIZ, DANIELA; GARCIA-ROJAS, MIGUEL; DIAZ, CAMILA; DEFILIPPI, BRUNO. Effects of 1-Methylcyclopropene and Controlled Atmosphere on Ethylene Synthesis and Quality Attributes of Avocado cvs. Edranol and Fuerte. *Journal of Food Quality*, v. 2020, 2020, p. 1-14.  
<https://doi.org/10.1155/2020/5075218>
- OSPINA, SEBASTINA; ORTIZ, DORALICE; ORREGO, CARLOS. Enzymatic Browning and Color Evolution in Frozen Storage of Two Kinds of Minimally Processed Avocado Puree. *International Journal of Food Engineering*, v. 15, n. 11-12, 2019, p. 1–12.  
<https://doi.org/10.1515/ijfe-2018-0431>
- OSUNA, JORGE; NOLASCO, YOLANDA; HERRERA, JUAN; GUZMÁN, SALVADOR; ALVAREZ, ARTURO. Influence of climate and roughness on the tolerance to refrigeration of avocado “Hass”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 19, n. 1, 2017, p. 3911-3921.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.660>
- PEDRESCHI, ROMINA; UARROTA, VIRGILIO; FUENTEALBA, CLAUDIA; ALVARO, JUAN; OLMEDO, PATRICIO; DEFILIPPI, BRUNO; MENESES, CLAUDIO; CAMPOS-VARGAS, REINALDO. Primary Metabolism in Avocado Fruit. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, 2019, p.1-16.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00795>
- PELAEZ, VALENTINA; NUÑEZ, DIEGO. Potencial exportador de aguacate colombiano a Corea del Sur. *Revista Mundo Asia Pacífico*, v. 9, n. 17, 2020, p. 90-103.  
<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/map/article/view/6793/5078>
- PERKINS, MELINDA; JOYCE, DARYL; COATES, LIINDY. Possible contribution of impact injury at harvest to anthracnose expression in ripening avocado: A review. *Scientia Horticulturae*, v. 246, n. 1, 2019, p. 785-790.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.012>
- PINTO, JHON; RUEDA-CHACÓN, HOOVER; ARGUELLO, HENRY. Classification of Hass avocado (*Persea americana* Mill) in terms of its ripening via hyperspectral images. *Tecnológicas*, v. 22, n. 45, 2019, p. 109-128.  
<https://doi.org/10.22430/22565337.1232>
- RODRÍGUEZ, PABLO; HENAO-ROJAS, JUAN-CAMILO. Avocado ripening (*Persea americana* Mill. cv. Hass) and fruit quality. *Agronomía colombiana*, v. 1, 2016, p. 914-917.  
<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58101>
- SHEZI, SABELO; MAGWAZA, LEMBE; TEFAY, SAMSON; MDITSHWA, ASANDA. Biochemical changes in response to canopy position of avocado fruit (cv. “Carmen” and “Hass”) during

- growth and development and relationship with maturity. *Scientia Horticulturae*, v. 265, 2020, p. 109227.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109227>
- SIERRA, NEIDY; LONDOÑO, ALEXANDRA; GOMEZ-MORENO, JOSE; HERRERA, ANIBAL; CASTELLANOS, DIEGO. Evaluation and modeling of changes in shelf life, firmness and color of "Hass" avocado depending on storage temperature. *Food Science and Technology International*, v. 25, n. 5, 2019, p. 370-384.  
<https://doi.org/10.1177/1082013219826825>
- TAITI, COSIMO; COSTA, CORRADO; MENESATTI, PAOLO; CAPARROTTA, STEFANIA; BAZIHIZINA, NADIA; AZZARELLO, ELISA; PETRUCCI, WILLIAM; MASI, ELISA; GIORDANI, EDGARDO. Use of volatile organic compounds and physicochemical parameters for monitoring the post-harvest ripening of imported tropical fruits. *European Food Research and Technology*, v. 241, n. 1, 2015, p. 91-102.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-015-2438-6>
- THAKUR, ABHINAY; KAUR, SANEHDEEP, KAUR; SINGH, VARINDER. Detrimental effects of endophytic fungus *Nigrospora sp.* on survival and development. *Biocontrol Science and Technology*, v. 22, n. 2, 2012, p. 151-161.  
<https://doi.org/10.1080/09583157.2011.646952>
- TOCHIHUITL-MARTÍNÓN, ANAHI; CHÁVEZ-FRANCO, SERGIO-HUMBERTO, SAUCEDO-VELOZ, CRESCENCIANO; SUAREZ-ESPINOSA, JAVIER; GUERRA-RAMÍREZ, DIANA. Extractos de *Persea americana* Mill. que retrasan maduración en frutos de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 9, n. 8, 2018, p. 1639-1650.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1720>
- VILLA-RODRIGUEZ, JOSE; YAHIA, ELHADI; GONZALEZ-LEON, ALBERTO; IDOLO, IFIE; ROBLES-ZEPEDA, RAMON ENRIQUE; DOMINGUEZ-AVILA, ABRAHAM; GONZALEZ-AGUILAR, GUSTAVO. Ripening of "Hass" avocado mesocarp alters its phytochemical profile and the in vitro cytotoxic activity of its methanolic extracts. *South African Journal of Botany*, v. 128, 2020, p. 1-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.09.020>
- WHITE, ANNE; WOOLF, ALLAN; HOFMAN, PETER; ARPAIA, MARY-LU. The international avocado quality manual. Auckland, Nueva Zelanda: Institute for Plant and Food Research, 2009. [https://ucanr.edu/sites/Postharvest\\_Technology\\_Center\\_/files/235493.pdf](https://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/235493.pdf) [consultado noviembre 2 de 2020].
- XOCA-OROZCO, LUIS-ANGEL; AGUILERA-AGUIRRE, SELENE; LÓPEZ-GARCÍA, ULISES; GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, PORFIRIO; CHACÓN-LÓPEZ, ALEJANDRA. Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum sp.*, and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Revista Bio Ciencias*, v. 5, 2019, p. 1-20.  
<https://doi.org/10.15741/revbio.05.e355>