

## **IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PRECOSECHA QUE AFECTAN COMPUESTOS BIOACTIVOS (ÁCIDOS GRASOS) DEL FRUTO DE PALTO (*Persea americana* Mill.) 'HASS'**

Ferreira-Espada, Raúl<sup>1</sup>; Selles, G.<sup>1</sup>; Defilippi, B.<sup>1</sup>; Saavedra, J.<sup>2</sup>; Ortiz, J.<sup>3</sup>; Zuñiga, C.<sup>1</sup>; Troncoso, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de investigaciones Agropecuarias. Av. Santa Rosa - 11610, La Pintana, Santiago, Chile. Correo-e: rferreyr@inia.cl <sup>2</sup>Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Valparaíso, Chile. <sup>3</sup>Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Santiago, Chile.

### **Resumen**

Durante dos temporadas se midió el perfil de ácidos grasos en frutos de palta 'Hass' provenientes de 12 localidades considerando 50 variables, entre las que se cuentan clima, nutrición, desarrollo vegetativo y manejo agronómico (denominadas variables de precosecha). La información obtenida fue vertida en una base de datos, la cual se analizó a través de regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS). El contenido de ácido oleico, palmítico y palmitoleico está influido por factores climáticos y nutricionales, siendo la temperatura máxima media el más gravitante. Por otra parte, se pudo constatar que en las localidades de menor temperatura aumentan el contenido de ácidos grasos de 18 átomos de carbono y disminuyen los de cadenas de 16 átomos de carbono y que el contenido de N y Mg en el mesocarpio a cosecha está relacionado con el contenido de ácidos grasos palmítico y palmitoleico. Cuando el nivel de N y Mg aumenta en el mesocarpio disminuye el contenido de ácidos grasos de 16 carbonos.

**Palabras clave adicionales:** Temperatura, ácido oleico, ácido palmítico.

## **IDENTIFICATION OF PREHARVEST FACTORS AFFECTING BIOACTIVE COMPOUNDS (FATTY ACIDS) OF 'HASS' AVOCADO (*Persea americana* Mill.) FRUIT**

### **Abstract**

This study measured the fatty acid profiles of avocado fruits during two seasons from 12 localities cultivated with the variety Hass. Fifty variables were measured, including climate, nutrition, vegetative development, and agricultural management (called pre-harvest variables) Data obtained were analyzed with a partial means squares multivariate regression (PLS). The analysis showed that the contents of oleic, palmitic, and palmitoleic acids were influenced by climatic and nutritional factors, with mean annual maximum temperature proving most important. In localities with lower temperatures, the 18-carbon fatty acid content increased, and the 16-carbon fatty acid content decreased. Moreover, the N and Mg contents in the mesocarp at harvest were related to the contents of palmitic and palmitoleic acids, and when the levels of N and Mg increased in the mesocarp, the 16-carbon fatty acid content decreased.

**Additional keywords:** Temperature; Oleic acid; Palmitic acid.

### **Introducción**

La palta (*Persea americana* Mill.) es una fruta tropical-subtropical muy apreciada en el mundo, siendo el cv. Hass el de mayor consumo. Las diferentes condiciones de cultivo

conducen a una gran variación en la composición química de la fruta comercializada y en la duración de la fruta en el período de poscosecha.

El fruto del palto es único en su valor nutricional debido al alto contenido de aceite en el mesocarpio (pulpa), destacan los insaturados (79%) (Ozdemir y Topuz, 2004; Takenaga et al., 2008; Ariza et al., 2011; Donetti y Terry, 2014) y poliinsaturados (13.6%) (Takenaga et al., 2008). Los principales ácidos grasos insaturados presentes en el mesocarpio son: oleico (monoinsaturado; 50-60%), palmitoleico (insaturado; 6-10%), linoleico (poliinsaturado; 11-15%) y linolénico (aprox. 1%), Mientras que el ácido graso palmítico (saturado) está presente entre 15-20% (Olaeta et al., 1999; Ozdemir y Topuz, 2004; Meyer y Terry, 2008; Landahl et al., 2009).

El contenido de aceite y su composición varía de acuerdo a la localidad donde se ubique el huerto (Landahl et al., 2009; Lu et al., 2009; Donetti y Terry, 2014), la variedad (Ozdemir and Topuz, 2004; Takenaga et al., 2008), los días transcurridos de floración a cosecha (Ozdemir y Topuz, 2004; Donetti y Terry, 2014), el contenido de materia seca (Requejo-Tapia et al., 1999), e incluso, dentro del fruto, a la sección que se analiza (Landahl et al., 2009). Ozdemir y Topuz (2004) encontraron que el manejo poscosecha afecta el contenido de ácidos grasos; sin embargo, la influencia es de poca importancia. Donetti y Terry (2014) reportaron que las paltas que ingresaron al mercado del Reino Unido procedentes de Chile, España y Perú registraron de ácido graso oleico 57-61%, 54-60% y 40-47%, respectivamente; por lo que estos autores sugieren al ácido oleico como posible marcador del lugar de origen de la fruta.

Ratovohery et al. (1988) indican que la geografía y el clima son otros factores adicionales que afectan la composición de los ácidos grasos de la fruta de palta. Resultados similares encontró Ranalli (1999) en olivo donde sus trabajos muestran que la composición de ácidos grasos depende de factores climáticos y de suelo. Requejo-Tapia et al. (1999), al comparar dos localidades, encontraron que la zona con menor temperatura media anual presenta mayores contenidos de ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y menores niveles de ácidos grasos saturados (palmítico) que la zona con mayor temperatura media. Resultados similares reportó Canvin (1965), quien indicó que al disminuir la temperatura de la zona productora aumentó el contenido de ácido oleico en la semilla de varios cultivos. Sin embargo, Requero-Tapia et al. (1999) también indicaron que la temperatura no puede ser el único factor que determina la tasa de síntesis de lípidos. Sin embargo, no hay trabajos que analicen diferentes factores de precosecha como el clima, suelo y manejo en la composición de ácidos grasos en la fruta. Una forma de mantener una zona diferenciada

en el mercado mundial es a través de la comercialización de productos saludables y eficaces. Esto sólo es posible mediante el aumento del conocimiento de las características químicas del producto a ser vendido. Por ello, es interesante conocer la relación entre el clima, suelo y manejo en la composición de los lípidos en el palto con la esperanza de estimular el desarrollo de esos ácidos grasos deseables. Por lo indicado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue conocer cuáles son los factores de precosecha que afectan los ácidos grasos del fruto del palto 'Hass' como una forma de obtener materia prima homogénea para la industria y dar valor agregado a la fruta que se exporta en fresco.

### Materiales y Métodos

**Sitio experimental.** Los paltos en la zona central de Chile están plantados en valles que nacen en la cordillera de los Andes y terminan en la costa. Debido a lo anterior las condiciones climáticas, de topografía y de suelo de los huertos son muy variables. La temperatura máxima media anual puede llegar a 23.3 °C en las zonas más altas y en las zonas costeras los valores son cercano a los 18.6 °C (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características climáticas de cinco sitios experimentales ubicados en las zonas baja, medias y altas respecto a la altitud sobre el nivel del mar.

Zona	Altitud (m)	UTME (km)	HR (%)	ETo (mm/año)	T media anual (°C)	T máx abs. ene °C	T media máx. anual °C
Baja	112±5	283±3	85±0.0	796±38	13.5±0.6	25.7±2.0	18.6±0.7
Media							
Baja	161±5	261±3	85±0.1	882±2	12.8±0.3	25.8±1.8	20.7±1.2
Media	342±5	308±3	85±3.1	1119±25	14.8±0.7	32.7±0.1	23.2±0.5
Media alta	489±5	322±3	75±0.0	1069±9	15.6±0.7	34.3±0.3	24.4±0.7
Alta	1103±5	354±3	55±0.1	1931±96	16.6±0.7	35.1±0.1	23.3±0.7

Para ejecutar el trabajo, se consideraron 12 localidades, plantadas con palto 'Hass', sobre portainjerto de semilla 'Mexícola'. Las localidades seleccionadas presentaban diferentes condiciones de clima, de topografía, de suelo y manejo agronómico, de tal forma que pudieran compararse diferentes condiciones de precosecha con la presencia de ácidos grasos de la fruta a la cosecha.

**Caracterización de los sitios experimentales.** El estudio se realizó durante dos temporadas (2012 y 2014). En cada una de las localidades se consideraron tres

repeticiones, cada una constituida por dos árboles homogéneos. Anualmente, en cada repetición se midió: a) el contenido de nutrimentos en hojas [N (HN), P (HP), K (HK), Ca (HCa), Mg (HMg), Zn (HZn), Mn (HMn), B (HB), Cl (HCl)]; b) contenido de nutrimentos en la pulpa (N (TNF), K (TFK), Ca (TFCa), Mg (TFMg); relación N/Ca, Ca/K, K/Mg); c) características agroclimáticas de cada localidad (Radiación solar media anual (Rsolarmeda), humedad relativa (HR), evapotranspiración de referencia (Eto), temperatura media anual (Tmedia), temperatura máxima absoluta de enero (T maxeneab), temperatura mínima absoluta de junio (T minjunab), temperatura máxima media anual (T maxmedia), temperatura mínima media anual (T minmedia), Amplitud térmica media anual (AmplitudT)); d) agua aplicada a las plantas (agua aplicada total (def total), agua aplicada en primavera (Agua Prim), agua aplicada en otoño e invierno, (Agua ot/i)); e) desarrollo vegetativo de los arboles (diámetro de tronco del árbol (Diametrotr), cantidad relativa de clorofila de las hojas (SPAD), índice de área foliar (IAF), edad del árbol (Edadarbole), número de frutos por árbol (Carga), número de brotes silépticos (silépticos), días de 50% de plena flor a cosecha (Diascosech)); f) s características del suelo (porcentaje de arena en el suelo (Arena), porcentaje de limo en el suelo (limo), porcentaje de arcilla en el suelo (arcilla), carbonato de calcio en el suelo (Carsup un) y porcentaje de macroporos en el suelo (macroporosidad)); g) características topográficas (Universal Transverse Mercator east (UTME), Universal Transverse Mercator north (UTMN), altitud sobre el nivel del mar (Altitud), pendiente de la hilera de plantación (Pendienteh), orientación hilera de plantación (Orientació)); h) manejo agronómico (nivel de poda de los arboles (Poda (1 le), aplicación regulador de crecimiento (Aplica), nivel de anillado de los arboles (Anillado), e i) l contenido de materia seca de los frutos a cosecha, (Mseca0).

**Análisis de la calidad de la fruta.** Se tomaron muestras de fruta de las tres repeticiones de las 12 localidades, cuando la materia seca de la fruta alcanzaba valores cercanos al  $25.3\% \pm 1.5$ . Luego, se realizó la extracción del aceite de la pulpa del fruto basado en la metodología de Bligh y Dyer (1959), con el objetivo de obtener la grasa o aceite del mesocarpio mediante extracción directa con disolventes en frío.

**Manejo de datos y análisis estadístico.** Los datos recolectados fueron analizados a través de los siguientes procedimientos estadísticos. Primero se depuraron y analizaron las variables a través de análisis exploratorio descriptivo y regresiones simples. Como segundo paso, se aplicó análisis por componentes principales (PCA) y se desarrollaron modelos predictivos a través de regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS).

## Resultados y Discusión

### Factores de precosecha que afectan la presencia de ácido oleico en el mesocarpio de la palta.

El análisis PLS de los ácidos grasos C18 (oleico y linoleico), mostró que el contenido de oleico (18:1) está relacionado con variables de precosecha (Figura 1), situación que no se encontró en linoleico. La concentración de ácido oleico (18:1) aumentó de  $66.6 \pm 0.8\%$  en las partes altas de las zonas cultivadas con palto a  $75.4 \pm 1.4\%$  en las zonas bajas (Cuadro 2). Posteriormente se aplicó un análisis de Influencia de Variables (VIP) (como parte del análisis PLS). De las 50 variables independientes estudiadas se encontró, según el VIP, que las que presentan un mayor efecto en orden de importancia, sobre el ácido oleico en el mesocarpio, son las coordenadas UTM, altitud del sitio respecto al nivel del mar, temperatura máxima media anual, temperatura máxima absoluta de enero, contenido de Mn en la hoja, evapotranspiración de referencia, contenido de Mg en la hoja, porcentaje de macroporos en el suelo y humedad relativa (Figura 1). Por lo tanto, las variables independientes que afectan la concentración de ácido oleico en la fruta en este estudio se pueden agrupar en tres categorías: 1) las relacionadas con el clima, 2) las relacionadas con la nutrición de la planta y 3) las relacionadas con las propiedades del suelo (macroporosidad). En parte esto concuerda con lo reportado por Ratovohery et al. (1988) y Ranalli (1999) que indicaron que la composición de los ácidos grasos de la fruta de palta depende de la geografía y del clima. Requejo-Tapia et al. (1999) sugiere que la temperatura puede influir en la síntesis y composición de los lípidos en la fruta y Kaiser y Wolstenholme (1994) indicó que al bajar la temperatura las planta se requiere que sus membranas estén compuestas de niveles más altos de ácidos grasos insaturados con el fin de funcionar adecuadamente.

Las variables relacionadas con el clima (temperatura) se concentran en el cuadrante opuesto a la variable dependiente ácido oleico (Figura 1). Esto implica que al aumentar las magnitudes de las variables independientes relacionadas con el clima (coordenadas UTM, altitud del sitio respecto al nivel del mar, temperatura máxima media anuales, temperatura máxima absoluta de enero), la concentración de ácido oleico en el mesocarpio disminuye (Cuadro 2). Esto concuerda con lo reportado por Requejo -Tapia et al. (1999) y Canvin (1965) que indican que la zona con menores temperaturas medias presenta mayores contenidos de ácido oleico. Kaiser y Wolstenholme (1994) encontraron que el ácido oleico fue aproximadamente 20% menos en el sitio más cálido al compararlo con sitio más fresco. Por otra parte, al aumentar el contenido de Mn y Mg en la hoja aumenta el contenido de

ácido oleico en el mesocarpio (Figura 1, Cuadros 2 y 3). Según el análisis PLS estas variables se ubican en el mismo cuadrante que la variable dependiente (oleico), es decir presentan proporcionalidad directa.

Cuadro 2. Composición de los ácidos grasos de cinco sitios experimentales ubicados en las zonas baja, medias y altas de la zona estudiada.

Zona	Monoenoico (%)	C:16:1w9 (%)	C:18:1w9 (%)	C:20:1 (%)	Polyenoico (%)	C:18:2 (%)	C:20 (%)
Baja	78±1.2	1.8±0.2	75.4±0.0	0.73±0.15	10.7±0.8	9.9±0.6	18.6±0.7
Media Baja	75±1.9	2.2±0.2	71.7±1.5	0.97±0.59	14.4±1.7	13.4±1.2	20.7±1.2
Media	71±1.6	4.4±0.9	66.3±2.2	0.70±0.55	13.9±0.4	13.3±0.6	23.2±0.5
Media alta	71±1.9	4.3±1.3	66.0±2.6	0.50±0.14	10.9±2.4	10.2±2.0	24.4±0.7
Alta	72±1.0	4.3±1.2	66.6±0.8	0.72±0.15	12.2±2.0	11.4±1.4	23.3±0.7

Cuadro 2. Continúa...

Zona	C:18:3 (%)	Ácido saturado (%)	C:16 (%)	C:17 (%)	C:18 (%)
Baja	0.65±0.28	11.4±1.6	10.7±1.5	0.12±0.11	0.63±0.22
Media Baja	0.90±0.55	10.7±0.6	10.2±0.5	0.05±0.05	0.48±0.16
Media	0.50±0.35	14.7±1.4	14.2±1.3	0.1±0.08	0.5±0.08
Media alta	0.62±0.31	17.3±2.4	16.6±2.3	0.08±0.04	0.65±0.19
Alta	0.73±0.48	14.9±2.0	14.2±1.5	0.03±0.06	0.67±0.14

Cuadro 3. Características de físicas del suelo (macroporosidad) y nutrimentos (N, Mg, Mn en hoja y N, Mg en mesocarpio) de cinco sitios experimentales estudiados en las áreas baja, medias y altas de la zona, que según la regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS), tiene relación con la presencia de ácidos grasos.

Zona	Hoja			Mesocarpio (pulpa)			
	N (%)	Mg (%)	Mn (%)	N (%)	Mg (%)	Materia seca cosecha (%)	Macroporosidad (%)
Baja	2.2±0.11	0.7±0.15	700±156	1.4±0.1	0.11±0.0	25.6±1.3	15.2±0.0
Media Baja	2.2±0.10	0.53±0.06	485±71	1.7±0.2	0.11±0.0	23.1±1.2	16.1±0.0
Media	2.1±0.07	0.49±0.07	93±6	1.3±0.2	0.10±0.0	26.9±2.6	11.9±0.0
Media alta	1.5±0.05	0.46±0.03	241±43	0.9±0.5	0.08±0.0	26.5±1.6	40.3±0.0
Alta	2.1±0.13	0.44±0.10	275±54	1.1±0.1	0.09±0.0	24.5±1.3	22.1±0.0

Las variables climáticas afectan en mayor medida la concentración de ácido oleico que las variables nutricionales (Figura 1). Los antecedentes presentados permiten suponer que el contenido de ácido oleico puede estar fuertemente determinado por la localidad de origen de la fruta.

### **Factores de precosecha que afectan la presencia de ácidos grasos de 16 carbonos en el mesocarpio de la palta.**

En este estudio, los ácidos grasos del tipo C16 alcanzaron en promedio el 16.6% en el mesocarpio de la fruta, donde palmítico (16:00) representó en promedio un 13.2%  $\pm$  2.7, y palmitoleico (16:1) 3.4  $\pm$  1.3% (Cuadro 2). De las 50 variables independientes estudiadas se encontró, según el análisis VIP, que las que más afectan el contenido de ácidos grasos del tipo C 16 (palmítico y palmitoleico) son el contenido de N en mesocarpio a cosecha, la temperatura máxima media anual, las coordenadas UTME, y la altitud de la localidad o respecto al nivel del mar (Figura 2a y 2b). Las variables independientes que afectan la concentración de palmitoleico (16:1) en la fruta en este estudio se pueden agrupar en dos: 1) las relacionadas con el clima y 2) las relacionadas con la nutrición de la planta. Al aumentar las magnitudes de las variables independientes (temperatura máxima media anual, coordenadas UTME, evapotranspiración de referencia y altitud del sitio respecto al nivel del mar), que se encuentra en el mismo cuadrante que la variable dependiente, la concentración de ácido palmítico y palmitoleico en el mesocarpio aumentan (Figura 2b). Por el contrario, al aumentar las magnitudes de las variables independientes que se encuentran en el cuadrante opuesto (N, Mg en mesocarpio a cosecha) disminuye el contenido de ácido palmitoleico en la fruta. En general las variables que afectan la concentración del ácido palmítico y palmitoleico en el mesocarpio son similares a las que afectan el contenido de ácido oleico, pero en forma inversa (Figuras 1, 2a y 2b).

En las localidades más bajas y templadas el contenido de ácido palmítico y palmitoleico disminuyó y el ácido oleico aumentó respecto a zonas más altas y cálidas (Figura 3). La temperatura máxima media anual es responsable en gran medida del contenido de ácido oleico y palmítico que presenta el mesocarpio de la fruta (Figura 3). El ácido palmítico en la localidad más cálida, donde la temperatura máxima media anual es de 23.3 °C, es un 25% mayor que los valores encontrados en la localidad más fría, donde la temperatura máxima media es inferior en 4.7 °C. Esto concuerda con lo reportado por Requejo-Tapia et al. (1999) que indicaron que al comparar dos huertos en dos zonas climáticas de Nueva Zelanda se encontró que en huertos con menores temperaturas medias la fruta presentó menores

contenidos de ácido palmítico y mayores contenidos de ácido oleico que los cultivados en zonas más cálidas.

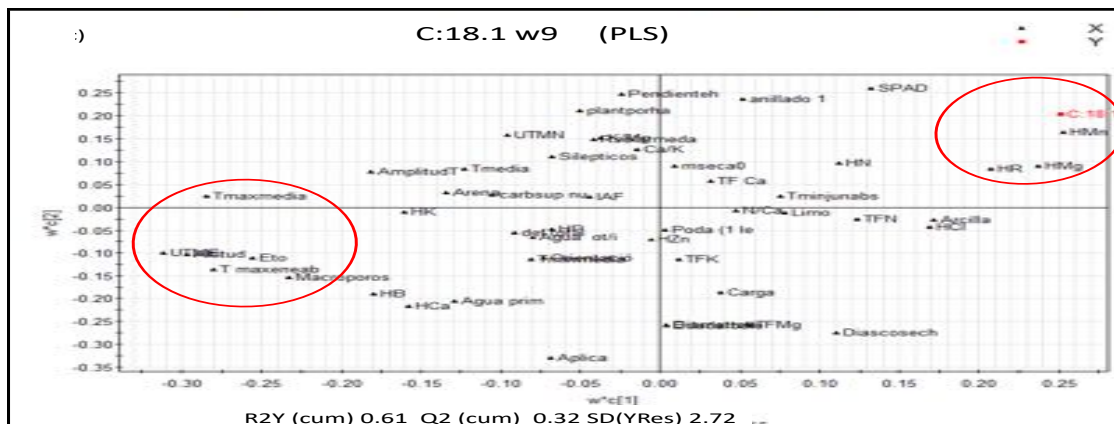
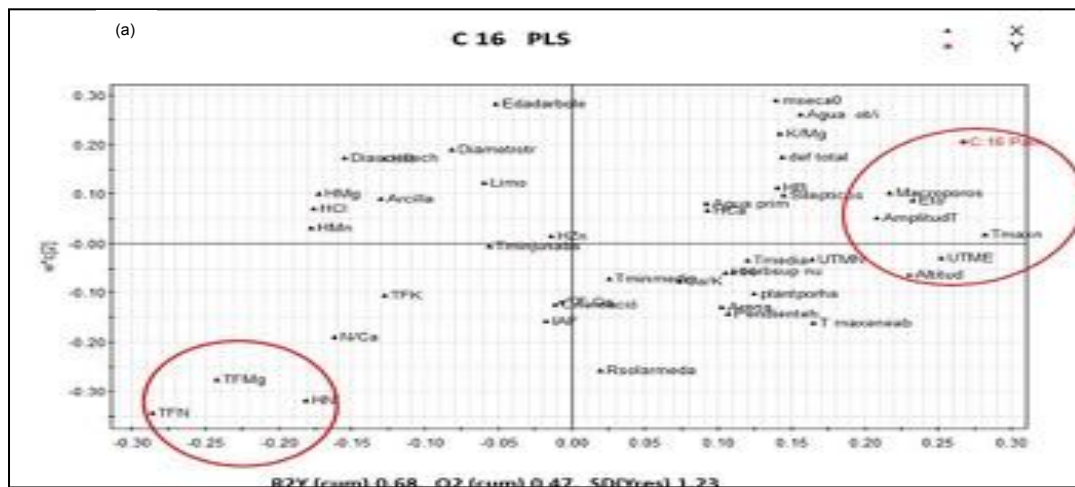


Figura 1. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre el ácido monoinsaturado oleico, y el contenido nutricional de la planta y fruta, las características agroclimáticas, el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.





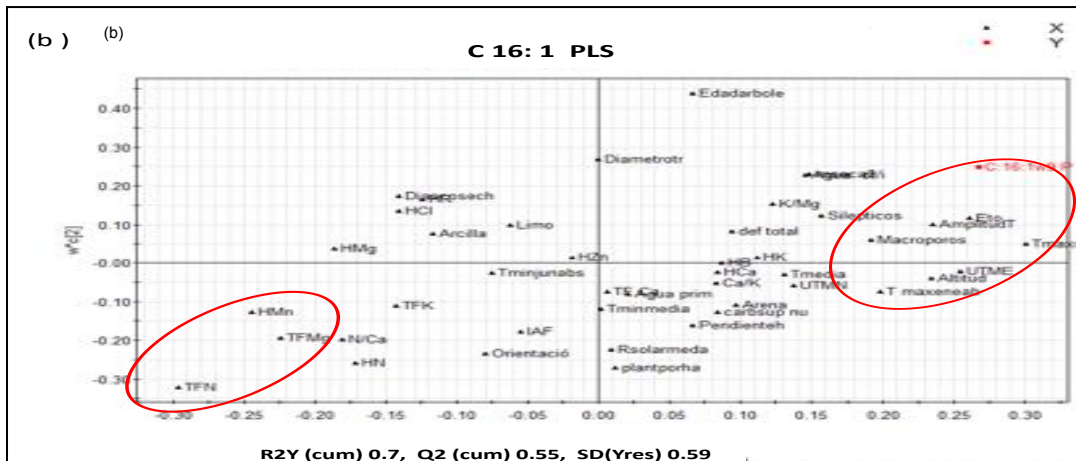


Figura 2. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre el ácidos palmítico y palmitoleico y el contenido nutricional de las plantas y fruta, las características agroclimáticas, el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

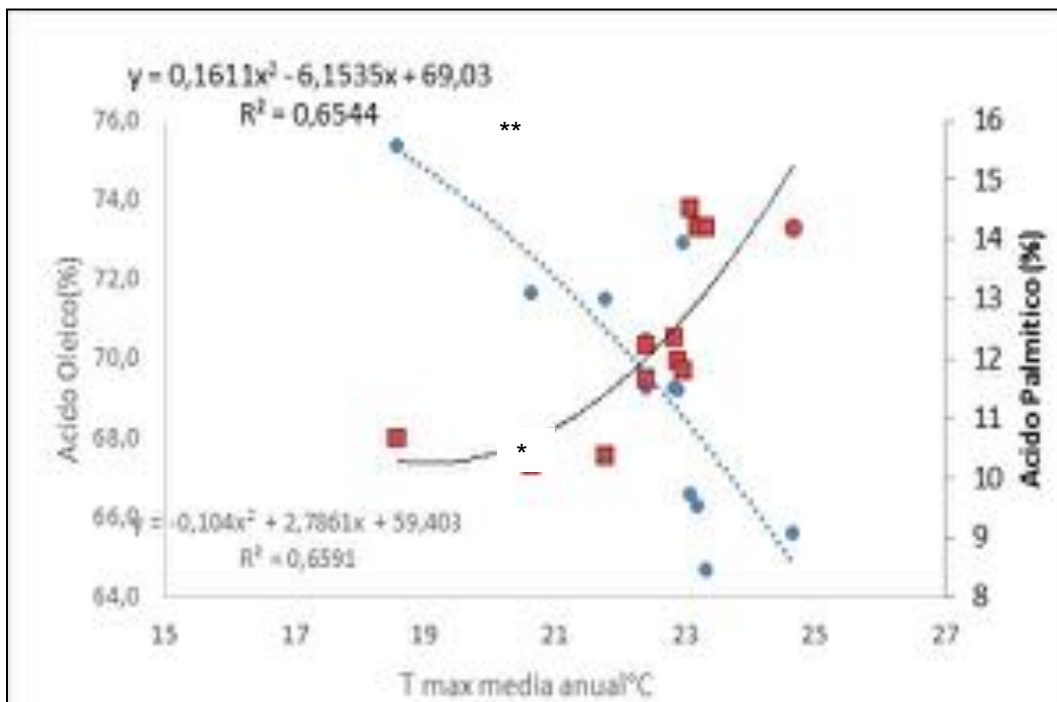


Figura 3. Relación entre la temperatura máxima media y el contenido de ácido oleico y palmítico. Significancia regresión  $p < 0.01$  \* y \*\*.

### Conclusiones

El contenido de los principales ácidos grasos del mesocarpio de la palta (oleico, palmítico y palmitoleico) está influenciado por factores climáticos y nutricionales. La temperatura máxima media anual es el factor climático que más afecta el contenido de los ácidos grasos oleico,

palmítico y palmitoleico. La palta presenta en el mesocarpio, un menor contenido de ácido graso de 18 átomos de carbono, en localidades de mayor temperatura. Por el contrario, en estas localidades aumentan los ácidos grasos de cadenas de 16 átomos de carbono. El contenido de N y Mg en el mesocarpio de la fruta en la cosecha está relacionado con el contenido de ácidos grasos palmítico y palmitoleico. Cuando el nivel de N y Mg aumenta en el mesocarpio disminuye el contenido de ácidos grasos de 16 carbonos.

### Literatura Citada

- Ariza, J., F. López, J. Coyot, M. Ramos, J. Díaz, y A. Martínez. 2011. Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2(2):263-276.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 37:911-917.
- Canvin, D. 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops Canadian Journal of Botany 43(1):63-69.
- Donetti, M. and L. Terry. 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass. Journal of Food Composition and Analysis.34(1):90-98.
- Kaiser, C. and B.N. Wolstenholme. 1994. Aspects of delayed harvest of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in cool subtropical climate. I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. Journal of Horticultural Science 69:437-445.
- Landahl, S., M.D. Meyer, and L.A. Terry. 2009. Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. Journal of Agriculture and Food Chemistry 57:7039-7047.
- Lu, Q.Y., Y. Zhang, D. Wang, R. Lee, K. Gao, R. Byrns, and D. Heber. 2009. California Hass avocado: profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation 321 and from different growing areas. Journal of Agriculture and Food Chemistry 57:10408-10413.
- Meyer, M.D. and L. A. Terry. 2008. Development 326 of a rapid method for the sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. Journal of Agriculture and Food Chemistry 56:7439-7445.
- Olaeta, J., P. Undurraga, M. Schwartz. 1999. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en Chile. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:117-122.
- Ozdemir, F. and A. Topuz. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. Food Chemistry. 86:79-334 83.
- Ranalli, A., G. De Mattia, M. Patumi, and P. Proietti. 1999. Quality of virgin olive oil as influenced by origin area. Grasas y Aceites 50:249-259.
- Ratovohery, J., Y. Lozano, and E. Gaydou. 1988. Fruit development effect on fatty acid composition of *Persea americana* fruit mesocarp. Journal of Agriculture and Food Chemistry 36(2):287-293.
- Requejo-Tapia, L.C., A.B. Woolf, G. Roughan, R. Schroeder, H. Young, and A. White. 1999. Avocado Postharvest Research: 1998/99: Seasonal Changes in Lipid Content and Fatty Acid Composition of 'Hass' Avocados. Report to the NZ Avocado Industry Council. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand. Ltd. 27 p.
- Takenaga, F., K. Matsuyama, S. Abe, Y. Torii, and S. Itoh. 2008. Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. Journal of Oleo Science 57:591-597.