



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Optimización de la Calidad de Palta 'Hass'

Herramientas Para Enfrentar Nuevos Desafíos



Editores:

Bruno Defilippi B.

Raúl Ferreyra E.

Sebastián Rivera S.

INIA La Cruz - INIA La Platina
Chile, 2015

ISSN 0717 - 4829

BOLETÍN INIA N° 307

El trabajo presentado en esta publicación fue financiado por los siguientes proyectos: Innova 08CT111UM-10; Innova11CEII-9568 y Fondecyt Regular 1130107. Además, este boletín es una actualización de Ferreyra E., Raúl y Defilippi B., Bruno (eds.). 2012. Factores de Precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass. Clima, suelo y manejo. 100 p. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.

Directores responsables:

Ernesto Cisternas Arancibia, Dr.
Director Regional INIA La Cruz.

Manuel Pinto Contreras, Dr.
Director Regional INIA La Platina

Boletín INIA

Cita bibliográfica correcta:

Defilippi B., Bruno, Ferreyra E, Raúl y Rivera S, Sebastián (eds.). 2015. Optimización de la calidad de palta 'Hass': herramientas para enfrentar nuevos desafíos. 142p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

© 2015. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación La Cruz. Chorrillos 86. Comuna La Cruz. Teléfono fax (56-33) 321780. Casilla 3, La Cruz. Región de Valparaíso, Chile.
Centro Regional de Investigación La Platina. Santa Rosa 11.610. Comuna La Pintana. Teléfono fax (56-02) 25779100. Casilla 439, Correo 3. Región Metropolitana, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1.000

La Cruz, Chile, 2015

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE PRECOSECHA QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN LIPÍDICA Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA PALTA

*Raúl Ferreyra E.
Gabriel Selles Van Sch.
Bruno Defilippi B.
Jorge Saavedra T.*

*Jaime Ortiz V.
Mauricio González A.
Carlos Zúñiga E.
Claudia Troncoso P.*

En la palta los aceites grasos insaturados pueden llegar alrededor del 79% de los ácidos grasos presentes en el mesocarpio, y de éstos, el 13,6% son poliinsaturados (Ozdemir y Topuz, 2004; Takenaga *et al.*, 2008; Ariza *et al.*, 2011; Donetti y Terry, 2014). Los principales ácidos grasos presente en el mesocarpio son oleico (monoinsaturado, de 50 a 60% del contenido total de ácidos grasos), palmítico (saturado, 15-20%), palmitoleico (insaturado, 6-10%), linoleico (poliinsaturado, 11-15%) y linolénico con aproximadamente 1% (Olaeta *et al.*, 1999; Ozdemir y Topuz, 2004; Meyer y Terry, 2008; y Landahl *et al.*, 2009).

En la Tabla 7.1 (ver capítulo anterior) se observa la composición y proporción de los ácidos grasos en la palta, donde los ácidos grasos monoinsaturados son los predominantes. Los ácidos grasos monoinsaturados son beneficiosos para la salud humana ya que reducen las lipoproteínas de baja densidad (LDL), asociadas a la enfermedad cardiovascular. Por otro lado los ácidos grasos poliinsaturados, también presentes en la palta, mantienen los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) aparentemente benéficas para la salud y pueden incluso reducir los riesgos arteriales coronarios causados por las LDL.

Según observaciones realizadas por diferentes investigadores, el contenido de aceite y su composición varían de acuerdo a la ubicación del huerto (Landahl *et al.*, 2009; Lu, *et al.* 2009; Donetti y Terry, 2014), a la variedad (Ozdemir, y Topuz, 2004; Takenaga *et al.*, 2008), a los días que transcurren entre floración y cosecha (Ozdemir y Topuz, 2004; Donetti y Terry, 2014), y al contenido de materia seca (Requejo-Tapia *et al.*, 1999). Por otra parte Ozdemir y Topuz (2004) encontraron que el manejo de postcosecha afecta el contenido de ácidos, pero la influencia es de poca magnitud.

Trabajos realizados por Donetti y Terry (2014) muestran que al mercado del Reino Unido las paltas procedentes de Chile llegan con un contenido de ácido oleico de entre 57 y 61%, las procedentes de España con 54%-60% y las procedentes de Perú con 40 a 47%, 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 composición de los ácidos grasos de la fruta de palta depende de la geografía y del clima. Al comparar dos localidades, indica que la zona con menor temperaturas medias presentan mayores contenido de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) y menores niveles de ácidos grasos saturados (palmíticos) que la zona con mayor temperatura medias (Requejo-Tapia *et al.*, 1999). Resultados similares reporta Canvin (1965), quien indica que en algunos frutos de semilla al disminuir la temperatura aumenta el contenido de ácido oleico. Sin embargo, la temperatura no sería el único factor a determinar la tasa de síntesis de lípidos (Requero-Tapia *et al.*, 1999) y no hay trabajos que analicen diferentes factores de precosecha como el clima, suelo y manejo en la composición de ácidos grasos en la fruta.

La fruta de palta también presenta niveles interesantes de tocoferoles y fenoles, en la Tabla 7.1 (Capítulo 7), se presenta la composición y proporción de los tocoferoles (vitamina E) presentes en palta. Estos compuestos son poderosos agentes antioxidantes (inhibidores naturales de la peroxidación de lípidos *in vivo*), y ayudan a mantener intacta la estructura y la actividad funcional de las membranas celulares previniendo las reacciones de peroxidación de lípidos característica del fenómeno de enranciamiento.

Los fenoles desempeñan importantes funciones fisiológicas en los vegetales, y en general debido a su condición de polifenoles se oxidan con mucha facilidad y actúan como antioxidantes. También de una forma bastante general, los fenoles actúan como inhibidores del crecimiento de las plantas, aunque se han encontrado algunas estructuras que de forma específica lo activan al inhibir la degradación de una hormona vegetal que es la auxina. Particularmente, las semillas acumulan importantes cantidades de fenoles en sus cubiertas que actúan como un filtro para que el oxígeno no llegue al embrión, inhibiendo su germinación.

Lu *et al.* (2009), desarrollaron una investigación cuyo fin fue determinar el perfil fitoquímico de paltas var. "Hass" cosechadas en California en diferentes fechas dentro de la temporada y provenientes de distintas zonas productivas. Los resultados mostraron que se presentaron diferencias en el contenido de carotenoides en la pulpa, tanto dentro de la temporada como también dependiendo de la zona de donde provenían. Misma situación se presentó al medir los niveles de tocoferoles en pulpa.

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.

El desarrollo de una investigación local, que permita zonificar la producción de palta de acuerdo a su composición química, puede resultar de gran importancia tanto para las empresas productoras de fruta fresca como para las empresas agroindustriales productoras de aceite de palta.

Todas las características antes mencionadas de la palta, tanto de la pulpa como de la semilla y su piel, son producto de su composición química. Entonces, determinar *a priori* el comportamiento y composición

química de la fruta sería de gran utilidad para la industria, tanto para consumo fresco, la exportación o su industrialización, sobre todo en una zona de cultivo muy heterogénea.

Por lo anterior, en INIA y con financiamiento de INNOVACORFO, se ejecutó un proyecto que tuvo como objetivo la identificación de factores de precosecha que afectan la composición de compuestos bioactivos del fruto de palto. Para ejecutarlo, se seleccionaron 12 sitios (localidades), plantadas con palto var. "Hass", sobre patrón Mexícola. Siete localidades se encontraban en el Valle de Aconcagua, dos en el Valle del Maipo y dos en el Valle de La Ligua y Petorca. Las localidades seleccionadas presentaban diferentes condiciones de clima (**Tabla 8.1**), topográficas, de suelo y manejo agronómico, de manera de poder relacionar diferentes condiciones de precosecha con la composición de ácidos grasos de la fruta a la cosecha. Los 12 sitios experimentales están conformado por seis plantas homogéneas a las que se les midió Fe, Ca, Zn, B, N, K, en hoja (marzo) y en fruto (cosecha); porcentaje de brotes silépticos; nivel de clo-

Tabla 8.1. Características climáticas de los sitios experimentales ubicados en las zonas bajas, medias y altas respecto a la altura sobre el nivel del mar.

Zonas	Altitud m.s.n.m	UTME km	HR %	Eto mm/año	Temperaturas		
					Media anual °C	Máx. ene abs °C	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	28,5 ± 1,8	20,7 ± 1,2
Media	342 ± 5	308 ± 3	74 ± 3,1	1.119 ± 25	14,8 ± 0,7	32,7 ± 0,1	23,2 ± 0,5
Media alta	489 ± 5	322 ± 3	75 ± 0,0	1.069 ± 9	15,6 ± 0,7	34,3 ± 0,3	24,4 ± 0,7
Alta	1.103 ± 5	354 ± 3	55 ± 0,1	1.931 ± 96	16,6 ± 0,7	35,1 ± 0,1	23,3 ± 0,7

rofila en las hojas a través de SPAD; temperatura máxima media de enero; temperatura mínima media de julio; evapotranspiración potencial; altitud; exposición; agua aplicada, edad de la fruta, vigor, entre otros.

En cada sitio se tomaron muestras de fruta de 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 y se midió la composición de ácidos grasos. Además, se midió el contenido de tocoferoles, carotenos y fenoles presentes en la pulpa. Los datos recolectados durante dos temporadas fueron analizados a través de los siguientes procedimientos estadísticos. Como primer paso 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).

8.1 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN EL PERFIL DE ÁCIDO GRASO DE LA FRUTA DE PALTA

El análisis de los lípidos mostró que los ácidos grasos en las diferentes localidades estudiadas, estaban compuestos principalmente por cadenas de 16 (C16) y 18 (C18) átomos de carbono (**Tabla 8.2**). En este estudio, en promedio el 81,5% de los ácidos grasos presentes en la fruta fueron del tipo C18, donde el ácido oleico (18:1) representó en promedio un $69,2\% \pm 4,2$, de los presentes en el mesocarpio de la fruta, y linoleico (18:2) un $11,6\% \pm 1,7$. De esto se desprende que el ácido graso que predomina en el mesocarpio de la palta var. 'Hass' es el oleico (18:1). Esto concuerda con lo reportado por Olaeta *et al.* (1999); Ozdemir y Topuz (2004); Meyer y Terry (2008); Landahl *et al.* (2009) que indican que oleico corresponde al 50 o 60% del total de los ácidos grasos presente en esta fruta.

Tabla 8.2. Composición de los ácidos grasos de los sitios experimentales ubicados en las zonas bajas, medias y altas de la zona estudiada.

Zonas	Porcentajes											
	A. Mono- insaturado	C:16:1w9	C:18:1w9	C:20:1	A. polin- saturado	C:18:2	C:20	C:18:3	Ácido saturado	C:16	C:17	C:18
Baja	78±1,2	1,8±0,2	75,4±1,4	0,73±0,15	10,7±0,8	9,9±0,6	0,22±0,10	0,65±0,28	11,4±1,6	10,7±1,5	0,12±0,11	0,63±0,22
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	0,10±0,11	0,90±0,55	10,7±0,6	10,2±0,5	0,05±0,05	0,48±0,16
Media	71±1,6	4,4±0,9	66,3±2,2	0,70±0,55	13,9±0,4	13,3±0,6	0,10±0,11	0,50±0,35	14,7±1,4	14,2±1,3	0,10±0,08	0,50±0,08
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	0,15±0,05	0,62±0,31	17,3±2,4	16,6±2,3	0,08±0,04	0,65±0,19
Alta	72±1,0	4,3±1,2	66,6±0,8	0,72±0,15	12,2±2,0	11,4±1,4	0,10±0,00	0,73±0,48	14,9±2,0	14,2±1,5	0,03±0,06	0,67±0,14

8.1.1. Factores de precosecha que afectan la presencia de ácidos 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 8.1**), situación que no se encontró en linoleico. La proporción de ácido oleico (18:1) aumentó de $66,6 \pm 0,8\%$ en la parte alta de las zonas cultivadas con palto a $75,4 \pm 1,4\%$ en las zonas bajas (Tabla 8.2). De las 50 variables independientes estudiadas, las que presentan un mayor efecto en orden de importancia sobre el ácido oleico en el mesocarpio, son la 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 8.1).

Por lo tanto, las variables independientes que afectan la proporción de ácido oleico en la fruta en este estudio se pueden agrupar en tres categorías. i) las relacionadas con el clima (altitud del sitio respecto al nivel del mar, temperatura máxima media anual, temperatura máxima absoluta de enero, evapotranspiración de referencia, humedad relativa), ii) las relacionadas con la nutrición de la planta (contenido de Mn y Mg en la hoja), y iii) las relacionadas con las propiedades del suelo (macroporosidad). En parte esto concuerda con lo reportado por Ratovohery *et al.* (1988) y Ranalli, (1999) que indican que la composición de los ácidos grasos de la fruta de palta depende de la geografía y del clima.

Requejo-Tapia *et al.* (1999) sugieren que la temperatura puede influir en la síntesis y composición de los lípidos en la fruta, y Kaiser y Wolstenholme (1993, 1994) indican que al bajar la temperatura, las plantas requieren 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 8.1). Esto implica que al aumentar las magnitudes de las variables independientes relacionadas con el clima (altitud del sitio respecto al

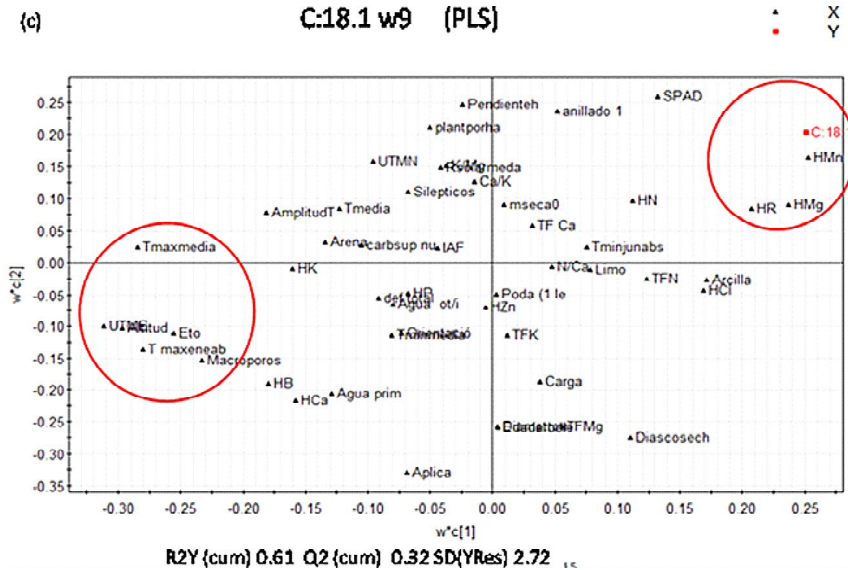


Figura 8.1. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre el ácido monoinsaturadosoleico, y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendenteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en la hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en la hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en la hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en la hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en la hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en la hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en la hojas en Marzo; HB: Contenido de B en la hojas en Marzo; HCl: Contenido de Cl en la hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual; AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadardbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Ácidos grasos C 20:1; C16:1 y C18:1

nivel del mar, temperatura máxima media anuales, temperatura máxima absoluta de enero), la proporción de ácido oleico en el mesocarpio disminuye (Tabla 8.2). Esto concuerda con lo reportado por Requejo-Tapia *et al.* (1999) y Canvin (1965) que indican que la zona con menores temperaturas medias presentan mayores contenidos de ácido oleico. Kaiser y Wolstenholme (1993, 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 8.1; **Tablas 8.2** y **8.3**). Según el análisis PLS estas variables se ubican en el mismo cuadrante que la variable dependiente (oleico), es decir presentan proporcionalidad directa. Finalmente, las variables climáticas afectan en mayor medida la concentración de ácido oleico que las variables nutricionales (Figura 8.1), por lo tanto, los antecedentes presentados permiten suponer que el contenido de ácido oleico puede estar fuertemente determinado por la localidad de origen de la fruta

Tabla 8.3. Características de físicas del suelo (macroporosidad) y nutrientes (N, Mg, Mn en hojas; y N, Mg en el mesocarpio) de los sitios experimentales estudiados en las zonas bajas, medias y altas de la zona estudiada, que según la regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS), tiene relación con la presencia de ácidos grasos.

Zonas	Nº hojas %	Mg hojas %	Mn hojas ppm	N mesocarpio %	Macroporosidad %	Materia seca a cosecha %
Baja	2,2±0,11	0,70±0,15	700±156	1,4±0,1	15,2±0,0	25,6±1,3
Media baja	2,2±0,10	0,53±0,06	485±71	1,7±0,2	16,1±0,0	23,1±1,2
Media	2,1±0,07	0,49±0,07	93±6	1,3±0,2	11,9±0,0	26,9±2,6
Media alta	1,5±0,05	0,46±0,03	241±43	0,9±0,5	40,3±0,0	26,5±1,6
Alta	2,1±0,13	0,44±0,10	275±54	1,1±0,1	22,1±0,0	24,5±1,3

8.1.2. Factores de precosecha que afectan la presencia de ácidos grasos de 16 carbonos (palmítico y palmitoleico) 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 (16:0) representó en promedio un $13,2 \pm 2,7\%$, y palmitoleico (16:1) $3,4 \pm 1,3\%$ (Tabla 8.1).

De las 50 variables independientes estudiadas se encontró, según el análisis PLS, que las que más afectan el contenido de ácidos grasos del tipo C16 (palmítico y palmitoleico) son el contenido de N en mesocarpio a cosecha, la temperatura máxima media anual, las coordenadas UTME, y la altitud del sitio respecto al nivel del mar (**Figuras 8.2a, 8.2b**).

Las variables independientes que afectan la concentración de palmitoleico (16:1) en la fruta en este estudio se pueden agrupar en dos. Las relacionadas con el clima (temperatura máxima media anual, coordenadas UTME, evapotranspiración de referencia, altitud del sitio respecto al nivel del mar), y las relacionadas con la nutrición de la planta (contenido de N y Mg en mesocarpio a cosecha). 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 8.2). Por el contrario al aumentar las magnitudes de las variables independientes que se encuentran en el cuadrante opuesto (N y 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 8.1 y 8.2). En las zonas más bajas y templadas, el contenido de ácido palmítico y palmitoleico disminuye y el ácido oleico aumenta respecto a zonas más altas y cálidas (**Figura 8.3**). La temperatura máxima media anual es responsable de gran medida del contenido de ácido oleico y palmítico que presenta el mesocarpio de la fruta (Figura 8.3). El ácido palmítico

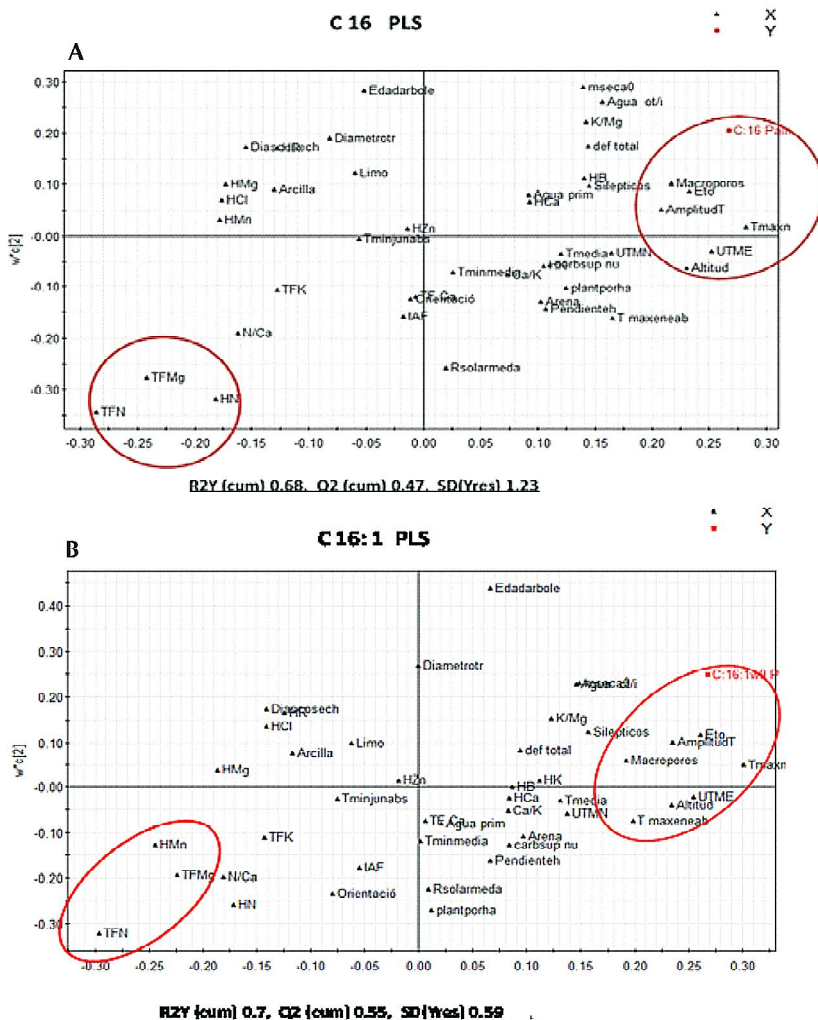


Figura 8.2. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre el ácidos palmítico y palmitoleico y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el

mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en la hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en la hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en la hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en la hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en la hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en la hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en la hojas en Marzo; HB: Contenido de B en la hojas en Marzo; HCl: Contenido de Cl en la hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual; AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Ácidos grasos C 20:1; C16:1 y C18:1

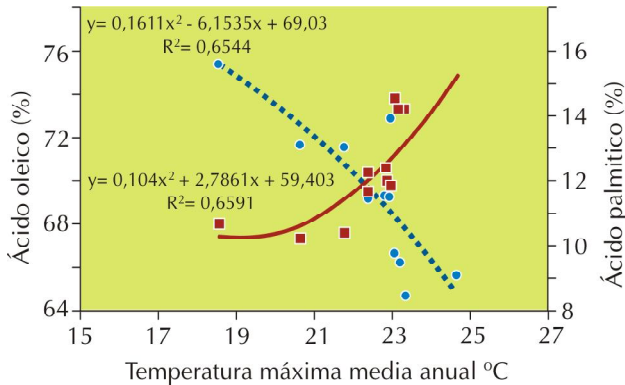


Figura 8.3. Relación entre la temperatura máxima media y el contenido de ácido oleico y palmítico. Significancia regresión $p < 0.01$ * y **

en la zona más cálida donde la temperatura máxima media es de 23,3°C es un 25% mayor que los valores encontrados en la zona 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 indica que al comparar dos huertos en dos zonas climáticas de Nueva Zelanda se encontró que en huertos con menores temperaturas medias la fruta presenta menores contenidos de ácido palmítico y mayores contenidos de ácido oleicos que los cultivados en zonas más cálidas.

Por lo tanto, basado en estos resultados podemos resumir que:

- El contenido de los principales ácidos grasos del mesocarpio de la palta (oleico, palmítico y palmitoleico) está influido 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 oleico en zonas de mayor temperatura. Por el contrario en estas zonas aumentan el ácido graso palmítico (saturado). 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. La temperatura máxima media anual explica aproximadamente el 66% de las variaciones que presentan los huertos respecto al contenido de ácido oleico. Por lo tanto, en la **Figura 8.4**, usando como base un plano de temperaturas máxima media se presenta como variaría el contenido de este ácido graso noinsaturado en los huertos de palto de la Región de Valparaíso.

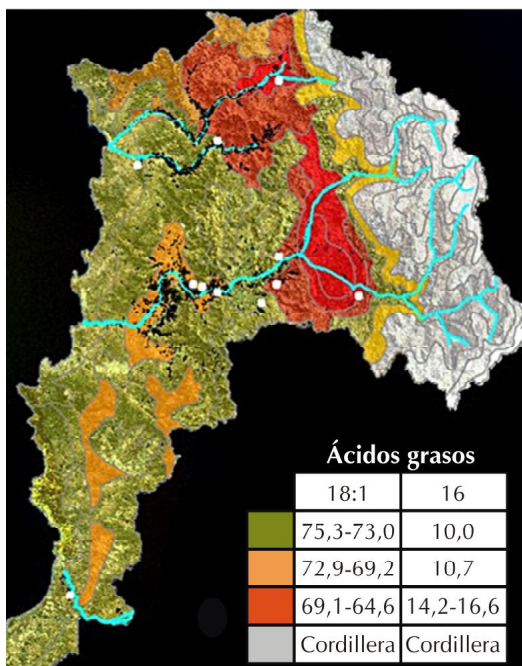


Figura 8.4.

Concentración de ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y saturados (palmítico) en la fruta de diferentes zonas de los valles de Petorca, La Ligua, Aconcagua y Maipo: Los monoinsaturados (oleico) se encuentra en mayor concentración en la fruta proveniente de zonas de menor altura, cercanía a la costa, donde temperatura máxima media, temperatura máxima absoluta, temperatura media son más bajas. Estas zonas por lo general el período de floración a cosecha es mayor.

8.2 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN LA FRUTA DE PALTA

La distribución de polifenoles en las plantas es muy amplia y se han encontrado en más del 60% de las especies vegetales donde se ha investigado su presencia. Además, aunque con frecuencia se piense que los flavonoides son pigmentos exclusivos de flores y frutos, también pueden encontrarse en todo el vegetal, incluidas la raíz, el tallo o las hojas.

Los fenoles desempeñan importantes funciones fisiológicas en los vegetales, y debido a su condición de polifenoles se oxidan con mucha facilidad y actúan como antioxidantes. También de una forma bastante general, los fenoles actúan como inhibidores del crecimiento de las plantas, aunque se han encontrado algunas estructuras, que de forma específica lo activan, al inhibir la degradación de una hormona vegetal que es la auxina. Particularmente, las semillas acumulan importantes cantidades de fenoles en sus cubiertas que actúan como un filtro para que el oxígeno no llegue al embrión, inhibiendo su germinación.

Muchos polifenoles presentan actividades terapéuticas y por ello, se han utilizado desde la antigüedad en fitoterapia. Los taninos, por ejemplo, confieren a las plantas que los poseen propiedades astringentes, vasoconstrictoras y antiinflamatorias. Las antraquinonas son laxantes, algunas calconas actúan como antihelmínticos y muchos isoflavonoides, furanocumarinas y estilbenos son antibacterianos y antifúngicos. Además al igual que en las plantas, en el hombre los polifenoles ingeridos formando parte de alimentos pueden actuar como antioxidantes y algunos estilbenos e isoflavonoides tienen actividad estrogénica dada su similitud estructural con el estrógeno de síntesis dietilestilvestrol. Finalmente destacar que muchos de estos compuestos que se encuentran en proporciones variables en los diferentes tipos de vinos, podrían ser responsables del efecto preventivo que tiene el consumo moderado de vino sobre las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras enfermedades degenerativas. Rodríguez-Carpena *et al.* (2011) determinaron un perfil fenólico de la pulpa, semilla y piel de palta, y los resultados se presentan en el **Tabla 8.4**.

En la **Tabla 8.5** se presentan la variabilidad de los polifenoles entre los diferentes sitios estudiados. Los modelos PLS mostraron una baja relación entre los factores de pre-cosecha y la concentración de fenoles en la fruta.

Tabla 8.4. Perfil fenólico de piel, pulpa y semilla de palta.

	Perfil fenólico (mg/100g de peso seco)									
	Catequinas		Ácido Hidroxibenzoico		Ácido Hidrocianamínico		Flavonoles		Procianidinas	
	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.
Piel	228,5	13,5	1,3	0,2	328,1	5,8	129,0	11,0	4.183,50	339,00
Pulpa	3,3	0,3	34,6	1,1	111,3	8,0	<límite de detección		73,40	1,20
Semilla	237,8	4,2	<límite de detección		282,7	6,9	1,7	2,5	4.592,00	129,40

Tabla 8.5. Composición de fenoles, tocoferoles y carotenos de los sitios experimentales ubicados en las zonas baja, medias y altas de la zona estudiada.

Zonas	Altitud m.s.n.m	Poli-fenoles mgEAG/100g	a-Tocoferol ppm	a-Tocotrienol ppm	γ-Tocoferol ppm	Tocoles totales ppm	Carotenos µg
Baja	112±5	222±12	65±13	44±6	3±0,9	112±9	135±4,7
Media baja	161±5	96±77	48±36	65±10	4±2	117±35	159±25
Media	342±5	143±66	47±15	45±13	2±0,6	94±27	121±26
Media alta	489±5	66±35	86±21	28±14	4±0,6	118±35	142±44
Alta	1.103±5	126±56	94±64	36±19	5±1,4	135±83	182±78

8.3 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE TOCOFEROLES EN LA FRUTA DE PALTA

Los tocoferoles (vitamina E) son poderosos agentes antioxidantes (inhibidor natural de la peroxidación de lípidos *in vivo*), ayudan a mantener intacta la estructura y la actividad funcional de las membranas de células y previenen las reacciones de peroxidación de lípidos característica del fenómeno de enranciamiento, ligado a procesos como el envejecimiento.

En la Tabla 8.5 se presentan la variabilidad de los tocoferoles entre los diferentes sitios estudiados. Los PLS explican los factores que afectan la concentración de tocoferoles en la fruta (**Figuras 8.5 a 8.7**). Los tocoferoles totales están afectados por el clima (temperatura máxima absolutas enero); por el nivel del Mg en el mesocarpio; por la carga del árbol y materia seca de la fruta (Figura 8.7). Los mayores niveles de tocoferoles se encontraron en zonas donde las temperaturas máxima absolutas en enero son más altas; en árboles de baja carga; en frutas con bajos contenido de materia seca y altos niveles de Mg (Figura 8.7). Los niveles de tocoferoles son afectados por el clima pero en menor magnitud que los ácidos grasos. La cantidad de ácidos grasos oleicos y palmíticos es explicada en aproximadamente un 66% por el clima (Figura 8.3) y en los tocoferoles totales no más de un 20% es explicado por esta variable. Los alfatocoferoles están influenciados por factores de precosecha similares a los indicados para los tocoferoles totales (Figura 8.5). Los alfatocotrienoles están afectados por el nivel de nitrógeno en la pulpa y la temperatura media anual (Figura 8.6). Por otra parte los betatocoferoles no presentaron relación con los factores de precosecha estudiados.

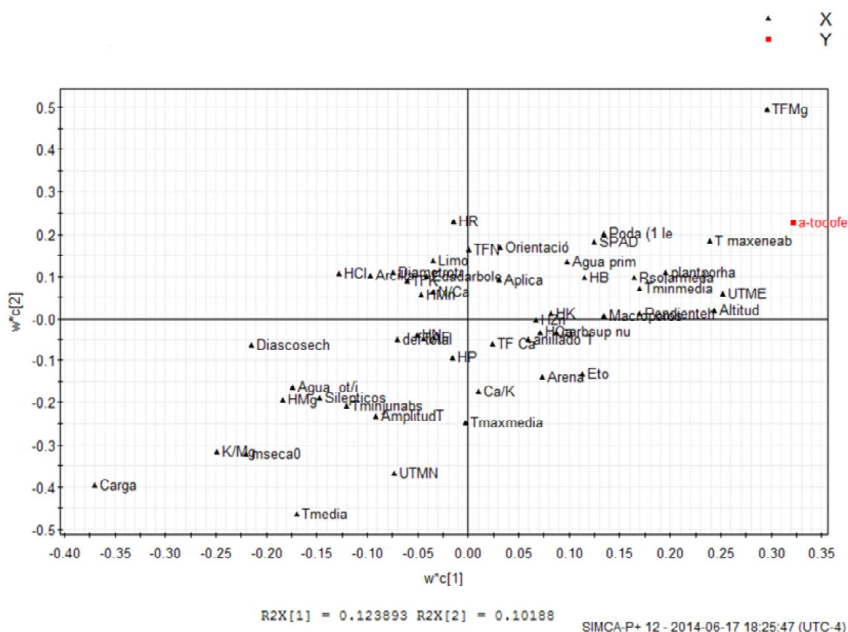


Figura 8.5. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los α -Tocoferol de los sitios evaluados y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en las hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en las hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en las hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en las hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en las hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en las hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en las hojas en Marzo; HB: Contenido de B en las hojas en Marzo;HCl: Contenido de Cl en las hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual;AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = alfa tocoferoles.

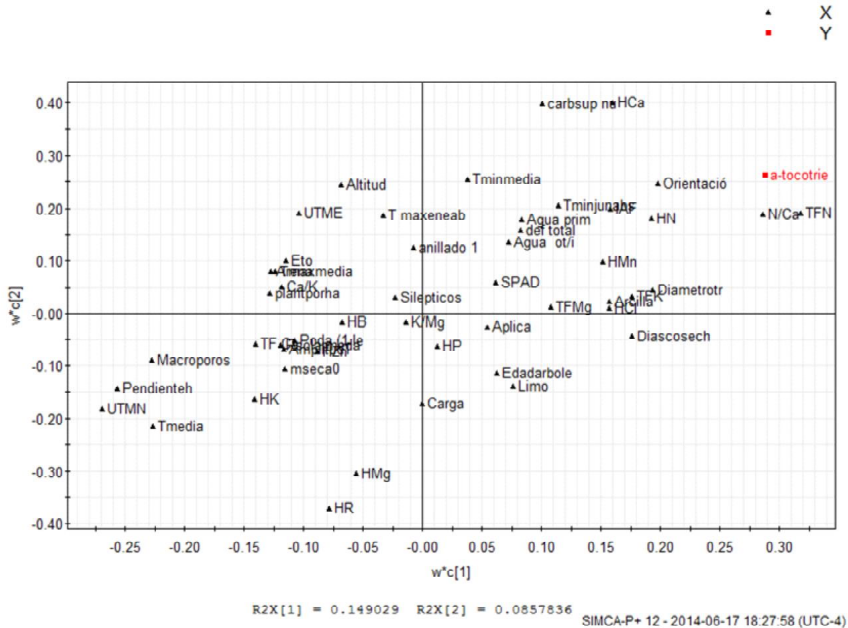


Figura 8.6. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los α -tocotrienol de los sitios evaluados y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limo: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en las hojas en Marzo; HP: Contenido de Fosforo en las hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en las hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en las hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en las hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en las hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en las hojas en Marzo; HB: Contenido de B en las hojas en Marzo;HCl: Contenido de Cl en las hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual;AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Tocotrienol.

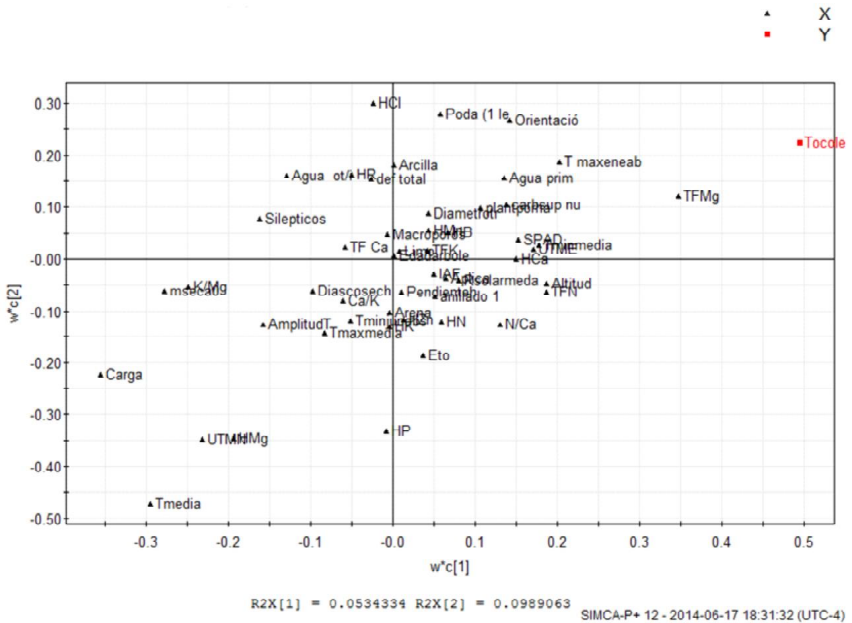


Figura 8.7. Regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre los tocoferoles totales de los sitios evaluados y el contenido nutricional de las planta y fruta; las características agroclimáticas; el desarrollo vegetativo de la planta y las características físicas del suelo.

Variable X = UTME : Universal TransverseMercatoreast; UTMN: Universal TransverseMercatornorth; Altitud: Altitud sobre el nivel del mar; Pendienteh: Pendiente de la hilera de plantación; Orientació: Orientación hilera de plantación; Diametrotr: Diámetro del tronco del árbol; SPAD: cantidad relativa de clorofila; Silepticos: Porcentaje de brotes silepticos; IAF: Índice de área foliar; Arena: Porcentaje de arena en el suelo; Limos: Porcentaje de limo en el suelo; Arcilla: Porcentaje de arcilla en el suelo; Macroporos: Porcentaje de macroporos en el suelo; TNF: Contenido de Nitrógeno en el mesocarpio a cosecha; TFK: Contenido de potasio en el mesocarpio a cosecha; TFCa: Contenido de Calcio en el mesocarpio a cosecha; TFMg: Contenido de Mg en el mesocarpio a cosecha; N/Ca: Relación N/Ca en el mesocarpio a cosecha; Ca/K: Relación Ca/K en el mesocarpio a cosecha; K/Mg: Relación K/Mg en el mesocarpio a cosecha; HN: Contenido de Nitrógeno en las hojas en Marzo; HP: Contenido de Fósforo en las hojas en Marzo; HK: Contenido de Potasio en las hojas en Marzo; HCa: Contenido de Calcio en las hojas en Marzo; HMg: Contenido de Mg en las hojas en Marzo; HZn: Contenido de Zn en las hojas en Marzo; HMn: Contenido de Mn en las hojas en Marzo; HB: Contenido de B en las hojas en Marzo;HCl: Contenido de Cl en las hojas en Marzo; Rsolarmeda: Radiación solar media anual; HR: Humedad relativa; Eto: Evapotranspiración de referencia; Tmedia: Temperatura media anual; T maxeneab: Temperatura máxima absoluta de enero; T minjunab: Temperatura mínima absoluta de junio; T maxmedia: Temperatura máxima media anual; T minmedia: Temperatura mínima media anual;AmplitudT: Amplitud térmica media anual; Diascosech: Días de floración a cosecha; Edadarbole: Edad del árbol; Planporha: N° de plantas por hectárea (densidad de plantación); Carga: Numero de frutos por árbol; Agua ot/i: Agua aplicada a las plantas durante otoño e invierno; Agua Prim: Agua aplicada a las plantas durante primavera; def total: Agua aplicada a las plantas durante la temporada; Poda (1 le : nivel de poda de los arboles; Aplica : aplicación o no de regulador de crecimiento; Anillado: nivel de anillado de los arboles; Carsupnu: Nivel de carbonato en superficie; Mseca0: contenido de materia seca a cosecha. Variable Y = Tocoferoles Totales.

8.4 EFECTO DEL CLIMA SUELO Y MANEJO EN LA CONCENTRACIÓN DE CAROTENOIDES EN LA FRUTA DE PALTA

La pulpa de la palta es considerada en diversas publicaciones como un alimento benéfico para la salud de las personas, Lu *et al.* (2005) señalan efectos anticancerígenos en células de cáncer prostático al ser inoculadas con extracto de palta, identificando a la luteína y otros carotenoides como responsables del efecto.

En la Tabla 8.5 se presentan la variabilidad de los carotenos entre los diferentes sitios estudiados. Los modelos PLS presentaron una baja relación entre los factores de precosecha y la concentración de carotenos en la fruta.

LITERATURA CITADA

- Ariza, J., López F., Coyot, J., Ramos, M., Díaz, J. y Martínez, A. 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.
- 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 Terry, L. 2014. Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. 'Hass'. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 34 (1): 90-98
- Dreher, M. and Davenport, A. 2013. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53:738-750.

- Landahl, S., Meyer, M.D. and Terry, L.A. 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.
- Meyer, M.D. and Terry, L.A. 2008. Development of a rapid method for sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56:7439-7445.
- Lu, Q.Y., Zhang, Y., Wang, D., Lee, R., Gao, K., Byrns, R. and Heber, D. 2009. California avocado: profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation and from different growing areas. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57 (21):10408-10413.
- Lu, Q.- Y., Arteaga, J., Zhang, Q, Huerta, S., Go. V. L. and Heber, D. 2005. Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: Role of lipid-soluble bioactive substances. *J. Nutr. Biochem.* 16: 23-40.
- Olaeta J., Undurraga P. and Schwartz M. 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 Topuz, A. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry* 86: 79-83
- Ranalli, A., De Mattia, G., Patumi, M. and Proietti P. 1999. Quality of virgin olive oil as influenced by origin area. *Grasas y Aceites* 50 (4): 249-259
- Ratovohery, J., Lozano, Y. and Gaydou E. 1988. Fruit development effect on fatty acid composition of *Persea Americana* fruit mesocarp. *J. Agric. Food Chem.* 36 (2):287-293.

- Requejo-Tapia, L.C., Woolf, A.B., 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
- Rodríguez-Carpena, J., Morcuende, D., Andrade, M., Kylli, P., Estévez, M. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59 (10): 5625-5635.
- Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S. Torii, Y. and Itoh, S. 2008. Lipid and fattyacidcomposition of mesocarp and see of avocado fruits harvested at northern range in Japan. J. Oleo Sci. 57 (11): 591 - 597
- Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. 1993. Aspects of late hung "Hass" avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in the Natal midlands I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. South African Avocado Grower's Association Yearbook, 16:39-45.
- Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. 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 (3): 437-445