



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 8 (1): 001-013. Enero-Junio, 2017
<https://sites.google.com/site/1rvcta>

ISSN: 2218-4384 (versión en línea)



Asociación RVCTA, 2017. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

Contenido de aceite en frutos de selecciones de aguacate (*Persea americana*) criollo de clima tropical y subtropical de Nayarit, México

Oil content in fruit of criollo avocado (*Persea americana*) selections of tropical and subtropical climate of Nayarit, Mexico

Raúl Medina Torres^{1*}, Yadira Viviana Jaime Ruiz¹, Martha Elva Ibarra Estrada²,
Samuel Salazar García²

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Km 9, Carretera Tepic-Compostela, Apartado Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apartado Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México.

*Autor para correspondencia: raulmetorr@yahoo.com.mx

Aceptado 12-Mayo-2017

Resumen

El trabajo se desarrolló sobre 65 selecciones de aguacate criollo de las zonas tropical y subtropical de Nayarit, con el objetivo de calificar el contenido de aceite y relacionarlo con el porcentaje de materia seca y del color de la pulpa del fruto, y de ubicar e identificar selecciones de interés comercial. Se usó análisis estadístico multivariado de componentes principales para el procesamiento de datos. Dos componentes principales explicaron el 63,93 % de la varianza total. En el componente principal 1 resultaron relevantes porcentaje de aceite y materia seca de la pulpa; y en el componente principal 2 las variables de color de la pulpa en madurez de consumo. Cuatro grupos de selecciones fueron identificadas por los promedios de los vectores característicos de los componentes 1 y 2. Se encontró alta correspondencia entre el contenido de aceite y materia seca en la pulpa ($R^2 = 0,9387$) de los aguacates. El color de la pulpa del fruto no resultó un parámetro que se relacione con el contenido de aceite de la pulpa de aguacate. El contenido de materia seca puede constituir un parámetro

fácil y útil para determinar con aproximación el contenido de aceite. En general, los aguacates de clima subtropical mostraron mayor contenido de aceite que los de origen tropical.

Palabras claves: calidad de fruto, diversidad genética, *Persea americana*.

Abstract

The work was developed over 65 avocado criollo selections of the tropical and subtropical areas of Nayarit, with the objective to qualify the oil content and relate it to the percentage of dry matter and the color pulp fruit, and to locate and identify genotypes of commercial interest. Multivariate statistical analysis of principal components for data processing was used. Two main components explained the 63.93 % of the total variance. In the principal component 1 were relevant oil content and dry matter; and in the principal component 2, the variables of color pulp in consumption maturity. Four groups of selections were identified by the averages of the characteristic vectors of the principal component 1 and principal component 2. It was found a high correspondence between the oil content and dry matter ($R^2 = 0.9387$) of criollo avocados flesh. The color fruit pulp was not a parameter that relates to the oil content of the avocado pulp. In general, avocados of subtropical climate shown a higher oil content than those of tropical origin.

Key words: fruit quality, genetic diversity, *Persea americana*.

INTRODUCCIÓN

Nayarit es el cuarto estado productor de aguacate (*Persea americana*) en México con una superficie sembrada de 5293,87 ha (SIAP, 2013) y el cultivar 'Hass' es el de mayor importancia económica. Los principales municipios productores (clima subtropical) son Tepic y Xalisco, donde más del 90 % de los huertos son cultivados sin riego, con lluvia promedio anual de 1220 mm distribuida de julio a octubre (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003). El clima predominante en la zona costera donde se hizo el muestreo es cálido subhúmedo, con lluvias en verano de 1089 a 1300 mm de julio a octubre; temperatura media anual de 21,7 a 22,7 °C (Castro-López *et al.*, 2012).

Para la determinación de la madurez óptima del aguacate para su recolección y posterior consumo se establecen algunos criterios tales como el contenido de aceite de la pulpa, el cambio de densidad del fruto o el

color interno de la pulpa y el contenido de materia seca (Rodríguez-Suppo, 1992).

La determinación de materia seca resulta al eliminar casi toda el agua presente en el fruto. Los componentes principales de la materia seca son polisacáridos de la pared celular y lignina, además del componente del protoplasma, incluyendo proteínas, lípidos, aminoácidos, ácidos orgánicos y determinados elementos, como potasio, que existen como iones pero que no forman parte esencial de compuesto orgánico alguno (Salisbury y Ross, 1992). El contenido de materia seca puede variar de acuerdo a las condiciones de cultivo empleadas en la producción de aguacate, la variedad y el estado de madurez del fruto. Herrera-Patrón *et al.* (2003) informan de 20,29 a 22,77 % de materia seca en aguacate 'Hass' y Cajuste-B. *et al.* (1994) 26,71 % en el mismo cultivar. Por su parte, Gómez-López (1998; 1999) determinaron 12,59 y 18,14 % para diversos cultivares. El porcentaje de materia seca tiene un alto grado de correlación con el

contenido de aceite y se usa como índice de madurez; para el cv. ‘Hass’ la recomendación es 20,8 % de materia seca (Kader y Arpaia, 2013).

El contenido de aceite puede variar según sea la raza de aguacate. En la raza mexicana generalmente es superior a 12 % y puede llegar hasta 27 %; en la guatemalteca es similar a la raza mexicana, es decir, de mediano a alto contenido (20 %); y en la antillana suele ser bajo (10 %) (Rodríguez-Suppo, 1992).

Barrientos-Priego *et al.* (2000) documentaron una clasificación de algunos cultivares (cvs.) de aguacate basados en la región climática donde se cultivan y el contenido de aceite que alcanzan en la madurez legal; como subtropicales los cvs. ‘Hass’ 23,7 % y “Fuerte” 18 %; ‘Bacon’, contenido medio; “Colín V-33”, alto contenido; ‘Reed’ 18 a 20 %; y como tropicales a los cvs. ‘Booth-8’, 6 a 8 % y ‘Choquette’ 13 %.

Swarts (1977) menciona que se ha usado la correlación entre el contenido de agua y aceite en cultivares de aguacate con un elevado contenido de este, en diversos países en los subtrópicos (no aplica en antillanos), en los cvs. “Fuerte” (89,8 %), “Edranol” (90,9 %), ‘Hass’ (87,8 %) y ‘Zutano’ (90,7 %). Algunos países fijan en sus normas de calidad estándares en relación al contenido mínimo de materia seca (MS) en el fruto. En España se exige en los cvs. ‘Bacon’ y ‘Ettinger’ 21 %; “Fuerte” y “Zutano” 22 % y ‘Hass’ 23 % de MS (Galán-Saúco, 2005).

En ciertos países productores de aguacate, el contenido de aceite es la norma de calidad. California (Estados Unidos) ha establecido un contenido mínimo de 8 % de aceite para todos los cultivares y un 12 % óptimo para “Fuerte”; Israel un contenido mínimo de 9 % en los cvs. “Fuerte”, ‘Hass’, ‘Ettinger’, ‘Pinkerton’; y Australia un 15 % mínimo para “Fuerte”, ‘Edranol’, “Zutano” y “Rincón” (Galán-Saúco, 2005).

Los criterios para seleccionar las variedades de aguacate han cambiado en años

recientes. Anteriormente las características sensoriales fueron una cualidad clave en la decisión de calidad, pero en la actualidad los nuevos usos del aguacate, por ejemplo, como una fuente de aceite crudo (Southwell *et al.*, 1990) han cambiado los criterios y abierto nuevas posibilidades para este producto, incluyendo el uso de su aceite para propósitos cosméticos (Swisher, 1988). En adición, podría ser posible el uso de su semilla, la cual es un subproducto de algunas técnicas de extracción de aceite de la pulpa, además, como una fuente almidón caracterizado como apropiado para los alimentos que tienen que ser tratados a 100 °C, tales como sopas y salsas (Gómez-López, 1999).

El contenido de aceite de la pulpa del aguacate puede cambiar con la variedad, la localidad donde se cultive, las condiciones de nutrición y fitosanitarias del huerto donde se coseche el fruto. Al respecto, Gómez-López (1999) determinó contenido de aceite en la pulpa de variedades de aguacate en Venezuela, entre 6,73 y 8,07 %. En algunas variedades tropicales se ha documentado 7-13 % y 8-13 % de aceite en los cultivares ‘Booth-7’ y ‘Choquette’, respectivamente (UF/IFAS/TREC, 2008). En Brasil, se encontró en 3 cultivares de aguacate que el contenido de aceite de la pulpa varió significativamente, con valores de 11,9; 13,6 y 16,2 % para ‘Barker’, ‘Collinson’ y “Fortuna”, respectivamente (Galvão *et al.*, 2014).

En Nayarit el consumo de aguacate en fresco depende casi del cv. ‘Hass’ que tiene una estacionalidad de producción muy definida (septiembre-noviembre), por lo cual, la identificación de selecciones de aguacates criollos, que definen su producción de fruto fuera de esta temporada y que reúnan características de calidad de fruto para el consumo en fresco, podrá constituir una opción económica para los productores.

En este trabajo se hizo exploración de aguacates criollos en localidades de los municipios de Tepic, Xalisco, Ruiz y San Blas

(Nayarit, México); con el objetivo de relacionar el contenido de aceite con la materia seca en la pulpa del fruto que permita evaluarlos como prospectos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo

Se realizaron estudios de exploración en el Estado de Nayarit en los municipios de Tepic, Xalisco, Ruiz y San Blas, cuyos sitios de muestreo se ubicaron aproximadamente entre 21°15'43,2' a 21°29'9,24'' latitud norte y de 104°0'0" a 104°31'52,68'' longitud oeste, a alturas entre 763 y 1069 msnm, considerados de clima subtropical. En la zona tropical fueron muestreadas localidades en los municipios de San Blas y Ruiz geolocalizados entre los 21°19'53,4'' a 21°56'24'' latitud norte y de 104°35'25,44'' a 105°7'7,32'' longitud oeste, con altitudes entre 5 y 346 m.

Los árboles de aguacate (*Persea americana*) se encontraron en traspacios o parcelas agrícolas, se identificaron con siglas, conformadas por las iniciales del nombre del propietario y se ubicaron con un geoposicionador satelital GPS, marca GARMIN, modelo eTrex® HC (Garmin Corporation, Taiwán). Los árboles se eligieron sin daños físicos que tuvieran hojas y frutos visualmente sanos. Se evaluaron 65 selecciones de árboles adultos que estuvieron en producción. De cada árbol se obtuvo una muestra de 10 frutos cosechados directamente del árbol y se etiquetaron con los datos de procedencia.

Metodología para extracción de aceite y materia seca

Se usaron 4 frutos por selección (repeticiones) para las siguientes determinaciones: porcentaje de materia seca de la pulpa (MS), que se determinó por el método gravimétrico, que consistió en colocar 100 g de pulpa fresca en un crisol de porcelana y secados

en una estufa con aire forzado (Blue-M Electric Co., USA) a 70 °C por 72 h hasta sequedad constante; los resultados se expresaron como porcentaje de materia seca por pérdida de peso, método similar al publicado por Galán-Saúco (1990). El porcentaje de aceite de la pulpa (PA) se determinó por el método Soxhlet publicado por la AOAC Internacional (2006). Se utilizaron 2 gramos de muestra previamente seca utilizándose éter de petróleo como disolvente. Se expresó como porcentaje de aceite en la pulpa/100 g MS.

Medición del color de pulpa de fruto

Para el color interno de la pulpa, se usó el colorímetro digital ColorTec™ PCM (ColorTec Associates, Inc., Clinton, NJ, USA), de donde se obtuvieron los valores absolutos en la escala CIE (L*, a*, b*) directamente de la zona de la pulpa cercana a la semilla. El valor de L* se refiere a la brillantez o luminosidad y toma valores de 0 negro a 100 blanco; a* se refiere a colores que van desde el verde (-) hasta el rojo (+); y b* se refiere a colores que van desde el azul (-) hasta amarillo (+). Con las coordenadas a* y b* se calcularon el tinte o ángulo de tono (h°) y la pureza de color o croma (C*). En el espacio cromático cilíndrico el ángulo de tono se expresa en grados, en donde el color puede variar de rojo (0°) a amarillo (90°) a verde (180°) a azul (270°) y se obtiene con la fórmula $\text{tono (h}^\circ) = \arctan(b^*/a^*)$ para a* y b* positivos; y para valores a* negativo y b* positivo se emplea $\text{tono (h}^\circ) = 180 + \arctan(b^*/a^*)$. El valor de croma (C*) en el centro vale 0 y se incrementa a medida que se aleja de éste hasta llegar a 100, el cual se obtiene con la fórmula $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ (McGuire, 1992). Los resultados se expresaron mediante las coordenadas del espacio cromático cilíndrico CIE-L*C*h°.

Análisis estadístico

Se usó análisis multivariado de componentes principales (CP), previo al cual, las variables originales (VO) fueron

estandarizadas mediante el valor de Z , calculado como: $Z = (X_b - X_m) S^{-1}$, donde Z es el valor estandarizado, X_b es el valor original de la variable, X_m es el promedio general de dicha variable y S^{-1} es el inverso de la desviación estándar (Johnson, 2000).

El análisis de CP estudia la dispersión o variabilidad presente en las VO y cumple con las siguientes condiciones: el número de CP será igual al número de VO, la varianza del primer CP es la máxima varianza (CP1), la varianza del segundo CP será la segunda máxima (CP2) y así sucesivamente (CPn) (Iezzoni y Pritts, 1991). Se seleccionaron los CP que acumularon ≥ 80 % de la variación total, con pesos canónicos $> 1,0$ y con valores característicos $> 0,30$.

Con el objeto de verificar las diferencias significativas de estas variables entre los diferentes grupos formados, se realizaron pruebas de F usándose análisis de varianza; también se efectuaron pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0,05$) para establecer las diferencias entre grupos en el análisis de varianza. Se realizó regresión lineal y correlación para observar la dependencia y grado de asociación entre el contenido de materia seca y color de la pulpa vs. el porcentaje de aceite de la pulpa de los aguacates criollos, respectivamente. Se usó el programa Statistical Analysis System, versión 8.0 (SAS. Institute Inc., Cary, NC, USA) para todos los análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticas simples

Alta dependencia mostró el porcentaje de aceite vs. materia seca de la pulpa del fruto de aguacates criollos, que rindieron una ecuación de la forma $y = 0,996x + 10,167$; $R^2 = 0,9387$; C.V. = 14,45 % (Fig. 1) que significó que el 93,87 % del contenido de aceite depende del porcentaje de materia seca. También ambas variables mostraron alta correlación ($R = 0,96$;

$Pr > F = 0,0001$), pues mientras el porcentaje de materia seca en el fruto aumentó el contenido de aceite de la pulpa aumentó en la misma proporción. Lo anterior coincide con lo encontrado por Parodi *et al.* (2007) en localidades como El Alto Larán y El Carmen con coeficientes de correlación de 0,9583 y 0,9544, respectivamente, demostrándose alto grado de asociación entre ambas variables.

No se encontraron relaciones importantes cuando se realizaron pruebas de regresión y correlación (no se muestran datos) entre el contenido de aceite y el color de la pulpa, lo que indicó que la intensidad del color de la pulpa no varió significativamente entre las selecciones de aguacate cuando fue medida en la madurez de consumo.

Componentes principales

Dos componentes principales (CP) explicaron 63,93 % de la varianza total (VT). El CP1 explicó el 41,10 % de la VT, con un valor característico de 2,05 donde resultaron relevantes el contenido de aceite y el porcentaje de materia seca de la pulpa del fruto. En el CP2 resultaron importantes el ángulo de tono (h°) y el croma (C^*) del color de la pulpa del fruto, medidos en plena madurez de consumo, que representaron el 22,84 % de la VT (Cuadro 1).

Se formaron 4 grupos de selecciones de aguacate basados en las combinaciones lineales del CP1-CP2 de los vectores característicos del porcentaje de aceite de la pulpa (PA), el porcentaje de materia seca de la pulpa (MS), y los parámetros de color de la pulpa: luminosidad (L^*), croma (C^*) y ángulo de tono (h°) (Fig. 2; Cuadros 2 y 3). En el Grupo I se agruparon 28 selecciones cuyos PA fluctuaron entre 20,61 y 11,31 % y de 33,16 a 21,51 % de MS; en el grupo II se reunieron 5 selecciones con rendimientos de PA entre 11,46 a 7,37 % y 19,68 a 17,85 de MS; el Grupo III con 10 selecciones mostró promedios de 12,08 a 7,00 de PA y de 21,56 a 17,49 de MS; el Grupo IV, con los más bajos promedios, fue integrado por

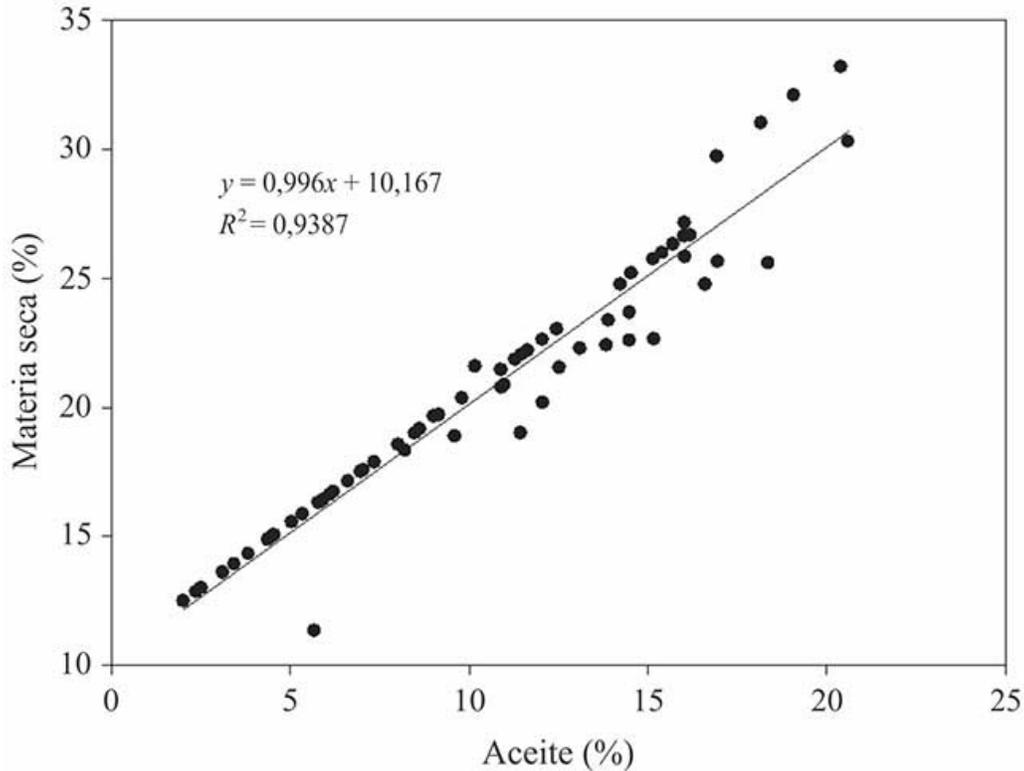


Figura 1.- Grado de dependencia del contenido de aceite vs. pulpa seca del fruto de aguacates criollos tropicales y subtropicales.

Cuadro 1.- Valores característicos de los componentes principales (CP) que permitieron la conformación de grupos *a priori* de selecciones de aguacate criollo.

Genotipo	Grupo ^z	Identificación ^y	CP1	CP2
EP-4	I	V	2,9617	1,89920
EP-1	I	T	2,8671	0,34840
JB-1	I	Y	2,3950	0,80970
DCR-4	I	Ø	2,0502	-2,06290
TLA-1	I	P	2,0457	-0,23350
ACR-4	I	9	1,8778	1,01300
CER-2	I	1	1,7232	0,27730
EP-5	I	W	1,6549	-0,29920
BRA	I	β	1,5856	-0,54540
LUC	I	2	1,4443	0,35030
LJ-1	I	h	1,3272	-0,26830
SPV	I	3	1,3050	1,01300
MOC-3	I	k	1,3031	0,41760
LJ-2	I	e	1,3012	-0,00010
V-6	I	s	1,2871	-1,30860
AG-8	I	f	1,1276	-0,20680
ML-1	I	4	0,9627	1,09680
PA	I	8	0,9451	0,12420

Cuadro 1.- Continuación.

Genotipo	Grupo ^z	Identificación ^y	CP1	CP2
DCR-3	I	u	0,9157	-1,10880
LLAN	I	O	0,8728	-1,00600
MOC-1	I	a	0,5138	-0,35910
VA	I	o	0,5021	1,06380
TC	I	@	0,4879	1,62330
LEO	I	N	0,4548	0,23730
LJ-3	I	d	0,4470	-1,88750
TL-2	I	m	0,3866	0,01010
TLA-4	I	S	0,3817	0,11170
LCS	I	b	0,2539	-0,75270
CER-1	III	Z	-0,0228	-1,67250
AC	III	#	-0,0877	-1,24680
V-7	II	r	-0,1427	1,35610
TLA-7	III	5	-0,1769	-0,41800
SF-2	II	p	-0,2090	1,57703
TLA-2	III	Q	-0,2098	0,12550
EP-6	III	X	-0,2309	-0,52140
V-11	III	t	-0,2948	-1,53010
ACR-1	III	6	-0,3625	-0,81300
JGL-2	III	u	-0,4898	-1,00000
AG-4	III	j	-0,5723	-0,54750
AG-1	III	I	-0,6223	-0,71220
SF-1	IV	z	-0,8898	1,26100
AG-7	IV	c	-0,9263	-0,32240
JCC-2	II	M	-0,9290	0,55490
EP-2	II	U	-0,9426	0,35180
PC	II	v	-1,0333	0,24720
JCC-1	IV	L	-1,0351	-0,03960
JGL-1	IV	x	-1,0455	-0,04800
SIC-1	IV	q	-1,0701	-0,04800
AG-6	IV	g	-1,0737	-0,32600
CA	IV	H	-1,1133	0,48820
AG-5	IV	i	-0,1645	0,68950
AG-9	IV	n	-1,2576	0,24280
JL	IV	A	-1,3042	0,71730
SG-1	IV	J	-1,3085	-0,19510
TLA-3	IV	R	-1,3684	0,49060
JGL-3	IV	y	-1,5019	0,87010
AF	IV	B	-1,6119	-0,61940
LS-1	IV	D	-1,6511	-0,06200
JCI	IV	G	-1,6719	0,64300
M4	IV	C	-1,7643	0,03850
ACR-3	IV	7	-1,8059	-0,41360
LS-2	IV	E	-1,9995	-0,22160
SIC-2	IV	w	-2,1763	0,23340
CV	IV	F	-2,3354	1,21140
SG-2	IV	K	-2,3657	0,54210
Varianza total (%)			41,10	22,84
Varianza acumulada (%)			41,10	63,93

^zGrupo de selecciones agrupadas en la Fig. 2.

^yLas letras, números y símbolos corresponden a la identificación de cada genotipo y a la disposición espacial en la Fig. 2.

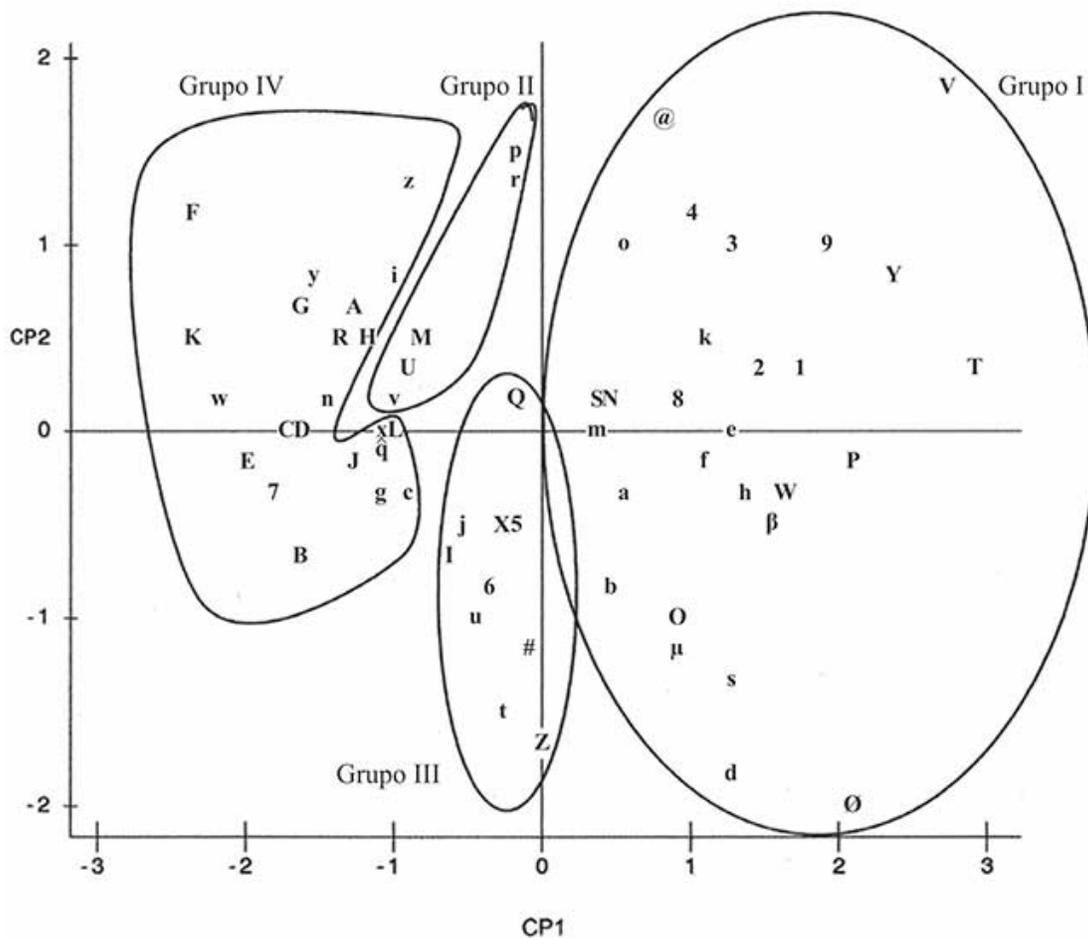


Figura 2.- Distribución espacial de los grupos (I - IV) de selecciones de aguacate criollo en función de la combinación lineal de los vectores característicos del CP1-CP2. Para la identificación de cada genotipo remitirse al Cuadro 1.

22 selecciones con promedios que oscilaron de 11,00 a 2,03 de PA y 20,85 a 11,32 % de MS (Cuadro 2).

De los índices de cosecha en aguacate, tal vez, el más importante es la determinación del contenido de aceite de la pulpa, debido a que el grado de madurez del fruto tiene una relación directa con la acumulación de aceite y el contenido de materia seca de la pulpa (Lee *et al.*, 1983); y puede ser un buen parámetro para la selección de genotipos sobresalientes en la producción de aceite.

Del total de las selecciones (65) evaluadas 28 de ellas rindieron entre 20,61 y 11,31 % de aceite en la pulpa (PA), de las

cuales solo V-6 y V-A del grupo I son de clima tropical. Por otro lado, 20 selecciones pertenecientes al grupo IV rindieron entre 6,99 y 2,03 PA, entre las cuales se encuentran 4 de clima subtropical (AG-6, AG-7, AG-9 y ACR-3). El resto de las selecciones pertenecientes a los grupos II y III mostraron PA entre los intervalos antes mencionados (Cuadro 2 y 3).

Globalmente en este trabajo el contenido de aceite de la pulpa varió de 20,61 a 2,03 %. Ortiz-Moreno *et al.* (2003), señalan que la cantidad de lípidos en la pulpa de aguacate es considerable, con valores entre 21 y 33 % que lo hace un fuerte potencial de aceite; y obtuvieron valores promedios en la materia

Cuadro 2.- Promedios de las variables de calidad de fruto en selecciones de aguacates criollos de clima tropical y subtropical de Nayarit.

Genotipo	Ubicación por municipio de Nayarit	Clima	Aceite del fruto (%)	Materia seca del fruto (%)	L*	C*	h°
LEO	Xalisco	CST	20,61	30,27	75,35	42,69	88,11
EP-4	Xalisco	CST	20,41	33,16	72,02	52,67	81,35
EP-1	Xalisco	CST	19,09	32,06	64,25	50,24	86,81
DCR-4	Xalisco	CST	18,38	25,56	67,37	37,99	97,26
JB-1	Xalisco	CST	18,18	30,99	69,81	48,71	85,40
CER-2	Xalisco	CST	16,97	25,62	71,77	50,51	91,36
TLA-1	Xalisco	CST	16,94	29,69	65,60	36,09	96,04
EP-5	Xalisco	CST	16,62	24,74	68,70	49,68	93,35
LJ-1	Tepic	CST	16,20	26,64	69,72	40,00	87,35
LUC	Tepic	CST	16,05	25,80	70,24	48,00	85,63
ACR-4	Xalisco	CST	16,04	27,12	66,12	53,00	85,09
BRA	Xalisco	CST	16,03	26,60	72,85	45,59	94,45
MOC-3	Tepic	CST	15,72	26,29	69,54	43,64	84,88
LJ-2	Tepic	CST	15,41	25,96	67,13	43,32	86,40
PA	Tepic	CST	15,19	22,62	73,69	47,15	91,27
AG-8	Tepic	CST	15,16	25,72	73,60	42,14	90,28
SPV	Tepic	CST	14,55	25,17	71,59	51,75	86,94
LLAN	Xalisco	CST	14,50	23,64	73,09	44,08	90,60
ML-1	Xalisco	CST	14,50	22,56	71,06	51,59	86,15
V-6	Ruiz	CT	14,25	24,74	67,63	45,04	96,98
DCR-3	Xalisco	CST	13,91	23,35	71,00	43,57	96,29
LCS	Tepic	CST	13,85	22,38	72,65	34,52	88,77
TLA-4	Xalisco	CST	13,12	22,25	70,56	41,32	86,16
TC	Tepic	CST	12,54	21,51	72,76	51,83	83,59
MOC-1	Tepic	CST	12,47	23,00	69,45	42,15	89,45
TL-2	Tepic	CST	11,65	22,17	70,33	45,03	89,23
LJ-3	Tepic	CST	11,49	22,02	64,44	39,73	96,12
VA	Ruiz	CT	11,31	21,83	71,36	48,57	85,09
EP-2	Xalisco	CST	11,46	18,98	71,73	44,75	87,58
JCC-2	San Blas	CT	9,17	19,68	72,07	32,52	80,76
V-7	Ruiz	CT	9,03	19,53	74,61	52,90	87,22
PC	Ruiz	CT	8,04	18,53	75,15	37,10	85,00
SF-2	Ruiz	CT	7,37	17,85	68,49	59,02	86,78
CER-1	Xalisco	CST	12,08	20,16	72,13	36,09	96,04
TLA-2	Xalisco	CST	10,92	20,74	74,42	43,92	87,23
AC	Xalisco	CST	10,91	21,43	61,20	33,25	85,88
TLA-7	Xalisco	CST	10,19	21,56	70,84	35,93	91,30
JGL-2	Ruiz	CT	9,82	20,33	75,08	35,00	92,37
ACR-1	Xalisco	CST	9,62	18,85	73,05	41,76	94,27
AG-1	Tepic	CST	8,64	19,14	66,71	37,04	87,46
EP-6	Xalisco	CST	8,50	18,97	73,23	40,23	91,29
V-11	Ruiz	CT	8,23	18,30	70,53	44,12	99,64
AG-4	Tepic	CST	7,00	17,49	63,90	46,10	90,89
TLA-3	Xalisco	CST	11,00	20,85	69,91	46,20	86,48
AG-5	Tepic	CST	7,06	17,54	73,22	40,25	83,08
CA	Ruiz	CT	6,99	17,48	68,43	39,80	81,76
AG-6	Tepic	CST	6,63	17,11	72,41	40,91	90,19
AG-7	Tepic	CST	6,63	17,11	66,44	42,31	88,14

Cuadro 2.- Continuación.

Genotipo	Ubicación por municipio de Nayarit	Clima	Aceite del fruto (%)	Materia seca del fruto (%)	L*	C*	h°
JGL-1	Ruiz	CT	6,22	16,70	70,81	39,61	96,64
AG-9	Tepic	CST	6,13	16,60	73,69	41,85	87,51
SF-1	Ruiz	CT	6,13	16,60	70,77	51,66	84,89
JCC-1	San Blas	CT	5,93	16,38	61,24	43,30	84,29
JL	San Blas	CT	5,81	16,28	72,67	43,74	84,95
ACR-3	Xalisco	CST	5,69	11,32	71,24	42,44	91,35
SG-1	San Blas	CT	5,36	15,83	68,31	42,04	88,07
SIC-1	Ruiz	CT	5,06	15,53	71,10	49,39	93,21
LS-1	San Blas	CT	4,57	15,03	68,81	40,04	86,64
JGL-3	Ruiz	CT	4,49	14,95	71,49	46,61	85,24
JCI	San Blas	CT	4,39	14,85	67,77	42,00	82,27
M4	San Blas	CT	3,85	14,30	65,02	40,50	83,91
AF	San Blas	CT	3,45	13,90	67,65	44,19	92,20
SIC-2	Ruiz	CT	3,13	13,58	76,30	39,05	88,13
LS-2	San Blas	CT	2,54	12,98	68,97	42,68	89,15
SG-2	San Blas	CT	2,39	12,83	71,52	39,16	82,83
CV	San Blas	CT	2,03	12,47	71,82	43,64	81,23

L* = luminosidad o brillantez. C* = pureza de color o croma de la pulpa. h° = tinte o ángulo de tono. CST = clima subtropical. CT = clima tropical.

Cuadro 3.- Grupos de selecciones de aguacate criollo agrupados por los promedios del contenido de aceite y color de fruto.

Grupo	Selecciones
I	LEO, EP-4, EP-1, DCR-4, JB-1, CER-2, TLA-1, EP-5, LJ-1, LUC, ACR-4, BRA, MOC-3, LJ-2, PA, AG-8, SPV, LLAN, ML-1, V-6, DCR-3, LCS, TLA-4, TC, MOC-1, TL-2, LJ-3, VA.
II	EP-2, JCC-2, V-7, PC, SF-2.
III	CER-1, TLA-2, AC, TLA-7, JGL-2, ACR-1, AG-1, EP-6, V-11, AG-4.
IV	TLA-3, AG-5, CA, AG-6, AG-7, JGL-1, AG-9, SF-1, JCC-1, JL, ACR-3, SG-1, SIC-1, LS-1, JGL-3, JCI, M4, AF, SIC-2, LS-2, SG-2, CV.

seca de 29,73 % relacionados a un 70,27 % de humedad y 19,78 % de aceite.

Baja correlación fue observada entre PA vs. L*, C* y h°, con $R = 0,05$; $0,19$ y $0,13$; respectivamente. Los valores más altos de luminosidad correspondieron a los genotipos LEO 75,35 (grupo I); PC 75,15 (grupo II) y JGL-2 75,08 (grupo III). Los valores más altos

de croma correspondieron a las selecciones SF-2 59,02 (grupo II); ACR-4 53,00 (grupo I) y V-7 52,90 (grupo II), genotipos que exhibieron mayor color amarillo. El ángulo de tono tampoco resultó un parámetro útil para agrupar a las selecciones de acuerdo al PA (Cuadro 2 y 3).

En líneas generales, los valores de

luminosidad se ubicaron entre 61,20 y 76,30; el croma varió de 37,99 a 75,15 (52,31 % por encima de 70) y los valores de ángulo de tono oscilaron entre 80,76° y 99,64° (35,78 % por encima de 90°); que corresponden en el espacio de color CIE-L*C*h° a colores muy puros o intensos combinados de amarillo y verde, donde el amarillo fue predominante. Kwiatkowski *et al.* (2014) publicaron para pulpa de aguacate de 3 cultivares (“Beatriz”, ‘Beda’ y ‘Ouro Verde’), valores que denotan similar brillantez (L*: 64,12-69,78), menor pureza (C*: 39,97-41,66) y mayor predominancia del color verde sobre el amarillo (h°: 128,38-139,23), si se compara con la mayoría de las selecciones de este trabajo. Un valor de ángulo de tono menor a todos los indicados (66,14°) ha sido determinado por Undurraga *et al.* (2007) en aguacate cv. ‘Edranol’ con contenido de aceite de 18 a 20 %.

CONCLUSIONES

Alto grado de dependencia (93,87 %) se encontró en el porcentaje de aceite (PA) vs. materia seca de la pulpa (MS) entre las selecciones de aguacate criollo de clima tropical y subtropical. No se encontró correlación relevante entre el color de la pulpa vs. el porcentaje de aceite. Dos componentes principales (CP) explicaron el 63,93 % de la varianza total (VT), donde resultaron relevantes el contenido de aceite y materia seca del fruto en el CP1; el ángulo de tono (h°) y el croma (C*) contribuyeron con el 22,84 % de la VT en el CP2. Se conformaron 4 grupos de selecciones basadas en las combinaciones lineales del CP1-CP2. En el grupo I se agruparon 28 selecciones predominantemente subtropicales con los más altos promedios de PA (20,61 a 11,31 %) y en el grupo IV por 22 selecciones donde predominaron las tropicales que mostraron los más bajo promedios de PA (11,00 a 2,03 %). Bajas correlaciones fueron encontradas entre PA vs. C* y PA vs. h° con valores de $R = 0,19$ y $0,13$; respectivamente.

La estimación del PA podría resultar un método rápido y fácil a través del porcentaje de MS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC International. 2006. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. (25ta. ed.). Washington, USA.
- Barrientos-Priego, A.F.; Muñoz-Pérez, R.; Borys, M.W. y Martínez-Damián, Ma.T. 2000. Cultivares y portainjertos del aguacate. En El aguacate y su manejo integrado. (pp. 35-54). México, D. F.: Mundi-Prensa México, S. A. de C. V.
- Cajuste-B., J.F; Saucedo, V.C. y Colinas-L., Ma.T. 1994. Comportamiento postcosecha de fruto de aguacate (cv. Hass) en función de la época de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. 17(1):94-102.
- Castro-López, Mariela Guadalupe; Salazar-García, Samuel; González-Durán, Isidro José Luis; Medina-Torres, Raúl y González-Valdivia, José. 2012. Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(4):685-700.
- Galán-Saúco, Víctor. 1990. Los frutales tropicales en los subtrópicos. I. Aguacate – mango - litchi y longan. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. pp. 51, 52.
- Galán-Saúco, Víctor. 2005. Tropicales y subtropicales. En Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas. (pp. 832, 835). España: José M. Mateo Box-Ediciones Mundi-Prensa-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Galvão, Mercia de Sousa; Narain, Narendra and Nigam, Nisha. 2014. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. Food Science and Technology (Brazil). 34(3):539-546.
- Gómez-López, Vicente Manuel. 1999.

- Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(7):2707-2710.
- Gómez-López, Vicente Manuel. 1998. Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of very low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(9):3643-3647.
- Herrera-Patrón, G.; Gutiérrez-Martínez, P. y Salazar-García, S. 2003. Efecto de la fertilización en algunos cambios en poscosecha de frutos de aguacate (*Persea americana*) cv. Hass. En *Memorias del Congreso de Investigación Científica y Tecnológica Nayarit 2003*. 9-11 Noviembre. (pp. 205-214). Tepic, Nayarit, México.
- Iezzoni, Amy F. and Pritts, Marvin P. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. *HortScience*. 26(4):334-338.
- Johnson, Dallas, E. 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México: Internacional Thompson Editores. 566 p.
- Kader, Adel A. y Arpaia, Mary Lu. 2013. Aguacate (palta): recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. *Indicadores básicos en español*. UC Davis Postharvest Technology Center's "Produce Fact Sheets".
- Kwiatkowski, Angela; de Oliveira, Dalany Menezes; Marques, Diego Rodrigues; Bertozzi, Janksyn and Clemente, Edmar. 2014. Obtention and evaluation of lyophilized pulp powder of different cultivars of avocado. *International Journal of Sciences*. 3(12):1-7.
- Lee, S.K.; Young, R.E.; Schiffman, P.M. and Coogins, C.W. Jr. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 108(3):390-394.
- McGuire, Raymond G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255.
- Ortiz-Moreno, Alicia; Dorantes, Lidia; Galíndez, Juvencio and Guzmán, Rosa I. 2003. Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(8):2216-2221.
- Parodi, G.; Sánchez, M. y Daga, W. 2007. Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) var. Hass cultivada bajo condiciones de dos localidades en Chíncha-Perú. En *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*. 12-16 Noviembre. (9 p.). Viña del Mar, Chile.
- Rodríguez-Suppo, F. 1992. *El aguacate*. México: AGT Editor, S. A. pp. 10-54.
- Salazar-García, Samuel y Lazcano-Ferrat, Ignacio. 2003. La fertilización en "sitio específico" incrementa los rendimientos y el tamaño de la fruta del aguacate en México. En *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*. 19-24 Octubre. Volume I. (pp. 373-379). Granada-Málaga, España.
- Salisbury, F.B y Ross, C.W. 1992. *Fisiología vegetal*. México: Grupo Editorial Iberoamericana. pp. 127-141.
- SIAP. 2013. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Producción Agrícola. Ciclo: Cíclicos y Perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Aguacate*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Southwell, K.H.; Harris, R.V. and Swetman, A.A. 1990. Extraction and refining of oil obtained from dried avocado fruit using a small expeller. *Tropical Science*. 30(2):121-131.

- Swarts, D.H. 1977. The post-harvest handling of avocados. Avocado Series. II: harvesting, handling and packaging. Avocados I. 1 Farming in South Africa.
- Swisher, Horton E. 1988. Avocado. Oil from food use to skin care. Journal of the American Oil Chemists' Society. 65(11):1704-1706.
- UF/IFAS/TREC. 2008. University of Florida/The Institute of Food and Agricultural Sciences/Tropical Research & Education Center. Avocado cultivar viewer. Major cultivars: mid season. Booth 7, Choquette. <http://trec.ifas.ufl.edu/crane/avocado/#majormid>
- Undurraga, P.; Olaeta, J.A. y Olivares, C. 2007. Evaluación de tres tipos de material de envase sobre palta (*Persea americana* Mill.) cv. Edranol, como producto IV gama. En Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. 12-16 Noviembre. (9 p.). Viña del Mar, Chile.