

## Componentes agronómicos y diversidad en el patrón de ácidos grasos en líneas avanzadas de cilantro

Salvador Horacio Guzmán Maldonado  
Salvador Villalobos Reyes  
Diana Escobedo López  
Enrique González Pérez<sup>§</sup>

Campo Experimental Bajío-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Colonia Roque, Celaya, Guanajuato, México. CP. 38110.

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx.

### Resumen

El cilantro en México es consumido en fresco y las variedades cultivadas son de procedencia extranjera, y no existe reportes de germoplasma con alto contenido de aceite que puedan ser usadas en la industria. El objetivo fue evaluar fenotípica, morfológica y bioquímicamente siete líneas avanzadas de cilantro con características agronómicas deseables para producción de biomasa fresca y aceite. Bajo un diseño en bloques completos al azar se sembraron las líneas L9-CB, L13-CB, L17-CB, L21-CB, L25-CB, 29-CB e INIFAP-17. El manejo agronómico se realizó de acuerdo con González *et al.* (2017). Se determinaron los caracteres fenotípicos, morfológicos y bioquímicos en planta y semilla. El mejor material para la producción en fresco fue la línea INIFAP-17 por su mayor número de hojas basales (31), biomasa fresca (221 g) y largo periodo vegetativo, mientras que para producción de semilla las mejores líneas fueron L9-CB (1.12 g pta<sup>-1</sup>) y L13-CB (1.16 g pta<sup>-1</sup>) son una opción. El contenido de aceite de las líneas avanzadas analizadas (6.21 a 11.23%) fue mayor al reportado en la literatura (3-5%). El ácido petroselinico fue el mayoritario con una concentración de entre 68.95 y 73.51 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite, seguido por el ácido linoleico (14.2-18.55 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite). Desde el punto de vista nutracéutico, el aceite de cilantro presentó una relación oleico/linoleico (O/L) menor a 1. Es de interés identificar germoplasma con mayor contenido de ácido linoleico porque la relación O/L mayor a 1 contribuye a prevenir ciertas enfermedades.

**Palabras clave:** aceite, ácidos grasos, biomasa fresca, cilantro, mejoramiento genético.

Recibido: julio de 2018

Aceptado: septiembre de 2018

## Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum* L) es una planta aromática nativa de la región este del Mediterráneo (Ayanoglu *et al.*, 2017) que se cultiva en muchas partes del mundo. Los principales países productores son la India, Marruecos, Bulgaria, Rumania, Canadá, China, Siria y México. Mientras que Malasia, Pakistán, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos e Inglaterra son los principales países importadores (FAO, 2016; Sharma *et al.*, 2014). En México se siembran más 7 000 hectáreas al año (SIAP, 2017), donde Puebla (3 312 ha) y Baja California Norte (1 227 ha) siembran más de 60% de la superficie destinada a este cultivo. Toda la producción se destina para el mercado en fresco tanto para consumo nacional como de exportación.

Durante el último lustro, la exportación de cilantro fresco ha crecido un 100%, siendo Estados Unidos de América el principal comprador (98%), seguido de Canadá (1.8%) y otros 15 países de forma intermitente (SIAP, 2017). El rendimiento de biomasa fresca oscila entre 6 y 30 t ha<sup>-1</sup>, y se asocia principalmente a la época de siembra, variedad, densidad de población, tipo de riego y la fertilización. Mientras que los bajos rendimientos se asocian al manejo rustico de riego por gravedad, siembra manual, bajas dosis de fertilización y uso de semilla que se cosecha.

En contraste el mayor rendimiento se alcanza con riego por goteo, semilla certificada, manejo integrado de plagas y enfermedades y un programa de fertilización apoyado por el análisis de suelo y planta (González *et al.*, 2017). En México, el cilantro se consume en fresco como especia por lo que los trabajos sobre su producción se han enfocado en la sanidad y el rendimiento de biomasa fresca. Sin embargo, la información sobre la producción de biomasa seca y de semilla es escasa, por lo que la mayor parte de la semilla utilizada para la siembra es importada. La semilla también es un recurso subutilizado que por su aceite tiene importancia económica gracias a sus propiedades medicinales (Bhat *et al.*, 2014) y al uso de la semilla en sí como condimento en alimentos incluido el curry de la comida de la India (Laribi *et al.*, 2015). La semilla también se ha utilizado en el tratamiento de problemas digestivos como la indigestión, náusea y disentería (Al-Mofleh *et al.*, 2006; Maroufi *et al.*, 2010).

El aceite se utiliza en varios campos de la industria por su alto contenido de ácido petroselínico (C18:1n-12), (hasta un 80 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite) (Kleiman y Spencer, 1982; Camilo-Manríquez, 2008), seguido por el ácido linoleico (C18:2n-6). El ácido petroselínico es un isómero del ácido oleico y puede ser utilizado en la producción de ácidos grasos de cadena media ya que puede transformarse fácilmente a ácido laúrico (C12:0) y adípico (C6). El ácido laúrico se utiliza como suavizante, emulsificador y en la industria del jabón, mientras que el adípico se utiliza para la producción de plásticos de alto grado (polímeros de uso especializado) (Khodadadi *et al.*, 2016). Además de la importancia industrial que tiene el aceite, también es atractivo para la industria farmacéutica; se ha reportado que tiene propiedades antimicrobiales, antioxidantes, antidiabéticas, anti epilépticas, antimutagenicas, antiinflamatorias y anti hipertensas, entre otras (Ullagaddi y Bondada, 2011; Sahib *et al.*, 2013). El aceite de cilantro puede ser consumido como alimento por adultos sanos en una dosis de hasta por 600 mg por día (Agostoni *et al.*, 2013).

En México las variedades de cilantro que existen en el mercado son de procedencia extranjera, por lo que, realizar el mejoramiento de genotipos de cilantro de alto rendimiento de hoja y fruto es altamente deseable. A la par, es necesario que las nuevas variedades produzcan fruto de calidad en lo que se refiere al contenido y balance de los ácidos grasos contenidos en el aceite (Giridhar *et al.*, 2016). A pesar de que se han caracterizado los compuestos bio-activos del aceite, así como la composición química, los datos son dispersos y fragmentados. Por lo tanto, no solo es importante desarrollar nuevos materiales con características y propiedades sobresalientes desde el punto de vista de la salud y para la industria, también se requiere de su caracterización química con el fin de que encuentren su propio nicho. Con base a lo anterior, el objetivo fue evaluar fenotípica y bioquímicamente siete líneas avanzadas de cilantro con características agronómicas deseables para producción de biomasa fresca y de aceite.

## Materiales y métodos

### Material biológico y manejo agronómico

Se sembraron siete líneas avanzadas de cilantro en agosto 2017 en el campo Experimental Bajío del INIFAP, en Celaya, Guanajuato, localizado en las coordenadas geográficas 20° 32' 05" latitud norte y 100° 48' 49" longitud oeste, a 1 750 msnm, durante la temporada otoño-invierno, 2017, bajo las condiciones de temperatura ambiental, precipitación, humedad relativa y evapotranspiración que se describen (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Variables ambientales prevalecientes en el Campo Experimental Bajío durante el ciclo del cultivo. Otoño-invierno, 2017.**

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	RH media (%)	Eto (mm) acumulado
	Máxima	Mínima			
Agosto	30.2*	11.1	122.4	69.7	148.6
Septiembre	30.7	6.8	91.6	73.3	109.6
Octubre	29.9	3.5	2	65.4	116.9
Noviembre	30.3	0.6	0	50.9	93.6
Diciembre	28.1	-1	0	51	83.8
Enero	26.7	-0.5	0	50.5	84.3

\*= datos del laboratorio nacional de modelaje y sensores remotos, 2018. Campo Experimental Bajío-INIFAP; RH= humedad relativa; Eto= evapotranspiración.

El lote experimental utilizado fue de 500 m<sup>2</sup> con suelo franco arcilloso (Cuadro 2). El cilantro se sembró bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones (Cuadro 3). El arreglo de plantación fue a tres bolillo con separación entre matas y líneas de 25 y 20 cm, respectivamente. En cada punto de siembra se colocaron cinco semillas a 1.5 ±0.5 cm de profundidad, para lograr una densidad de plantación de 500 000 plantas por hectárea. El cultivo se manejó de acuerdo a lo reportado por González *et al.* (2017). Se utilizó riego por goteo con cintilla de calibre 8 000 de 16 mm de diámetro con goteros cada 20 cm con caudal de 1 L h<sup>-1</sup>. Durante el ciclo de cultivo se manejó una lámina total de riego de 38 cm (3 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). En los primeros 20 días después de la siembra (DDS) se aplicó el riego cada dos días con

volúmenes de 15 a 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para favorecer la emergencia. Posteriormente el manejo del riego fue con base a la tensión de humedad en el suelo a 20 centibares, medida con un dispositivo TDR colocado entre las matas.

La dosis de fertilización (kg ha<sup>-1</sup>) aplicada consistió de 160 N-70 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-100 K<sub>2</sub>O-120 Ca-90 Mg. Para el control de plagas y enfermedades se utilizó sustancias orgánicas como repelentes, extractos naturales, microorganismos benéficos, entre otros permitidos en la producción orgánica (González *et al.*, 2017).

**Cuadro 2. Condición de la fertilidad del suelo experimental antes de establecer el cultivo de cilantro. Campo Experimental Bajío, 2017.**

Parámetro	Valor	Nutrimento	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Nutrimento	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )
pH	8.55	Nitrógeno	10.55	Hierro	17.3
ρ <sub>a</sub> (g cm <sup>-3</sup> )	0.99	Fósforo	18.42	Zinc	0.42
MO (%)	1.68	Potasio	399.56	Manganeso	7.74
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0.9	Calcio	4209.39	Cobre	1.04
		Magnesio	792.65	Boro	0.11
		Sodio	1066.81		

**Cuadro 3. Líneas avanzadas de cilantro obtenidas mediante el método de selección masal y estabilizadas durante ocho ciclos.**

Núm.	Accesión	Origen <sup>†</sup>	Latitud <sup>‡</sup>	Longitud	Altitud (m)
1	L9-CB	Mextiquic de Carmona, San Luis Potosí	22°15'03"	101°07'36"	2 050
2	L13-CB	Tekax, Yucatan	20°12'42"	89°16'34"	37
3	L17-CB	Tizimin, Yucatan	21°08'10"	88°08'44"	21
4	L21-CB	San Juan Teposcolula, Oaxaca	17°33'03"	97°25'29"	2 302
5	L25-CB	San Juan Teposcolula, Oaxaca	17°33'03"	97°25'29"	2 302
6	L29-CB	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tlaxcala	19°19'31"	98°22'44"	2 282
7	INIFAP-17	Roque, Celaya, Guanajuato	20°35'50"	100°54'18"	1 760

<sup>†</sup>= lugar donde se colectó el material original; <sup>‡</sup>= coordenadas geográficas estimadas con base en el lugar de la colecta.

### Caracteres evaluados

Se evaluaron características fenológicas, morfológicas y bioquímicas (Cuadro 4) con base a lo sugerido por Diederichsen y Hammer (2003); González *et al.* (2017). Los resultados de cada carácter fueron el promedio de cuatro plantas individuales elegidas al azar dentro de cada población.

**Cuadro 4. Caracteres de importancia agronómica evaluados en siete líneas avanzadas de cilantro. Otoño-invierno, 2017**

Carácter*	Descripción
<b>Fenológicos</b>	
Días a emergencia (DE)	Días desde de la siembra hasta la aparición de más del 50% de plantas.
Días a emisión del escapo floral (DEEF)	Días desde de la siembra hasta la aparición del escapo floral en más del 50% de plantas.
Días entre emergencia y emisión del escapo floral (DEEEF)	Días entre la emergencia y la aparición del escapo floral.
Días a comienzo de la floración (DCF)	Días entre fecha de siembra y el inicio de la floración en cada planta.
Días a cosecha de semilla (DCS)	Días desde la cosecha hasta el día de la cosecha.
<b>Morfológicos</b>	
Altura de la planta in cm (AP)	Medida desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja más alta.
Numero de hojas basales (NHB)	Total, de hojas basales contadas hasta la emisión del escapo.
Numero de umbelas (NU)	Total, de umbelas contabilizadas en la cosecha.
Producción de biomasa fresca por planta (BFP)	Peso de la parte aérea determinado al final del periodo vegetativo.
Producción de semilla por planta en g (PSP)	Peso promedio estimado de cuatro plantas.
Peso de 1 000 semillas in g (P1000S)	Estimado del peso de cuatro repeticiones de 1000 semillas.

\*= Caracteres basados en Diederichsen y Hammer (2003); González *et al.* (2017).

### Contenido de aceite y perfil de ácidos grasos

El contenido de aceite en las muestras se determinó con el método 920.85 de la AOAC (2000), mientras que el perfil de ácidos grasos se determinó por el método propuesto de Agilent Industries para el cromatógrafo de gases acoplado a masas (AOCS, 2013) (Agilent Technologies, Inc. Santa Clara CA, USA. Modelos 6890N y 5973). Se usó una columna HP-88 (100 m x 0.25 mm ID, 0.2  $\mu\text{m}$ , 250  $^{\circ}\text{C}$ , 1  $\mu\text{L}$  volumen de inyección), con hidrógeno como gas acarreador A y helio como gas acarreador B, con flujo constante de 2  $\text{mL min}^{-1}$  y condiciones del horno A: 120  $^{\circ}\text{C}$  por 1 min, 10  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  a 175  $^{\circ}\text{C}$  por 10 min, 5  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  a 210  $^{\circ}\text{C}$  por 5 min, 5  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  a 230  $^{\circ}\text{C}$  por 5 min y del horno B: 175  $^{\circ}\text{C}$  por 10 min, 3  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  a 220  $^{\circ}\text{C}$  por 5 min.

El flujo de gases en el detector fue de hidrógeno 40  $\text{mL min}^{-1}$ , de aire 450  $\text{mL min}^{-1}$  y de helio 30  $\text{mL min}^{-1}$ . El detector de temperatura estuvo a 280  $^{\circ}\text{C}$ . Para identificar y cuantificar los ácidos grasos se utilizó un estándar de una mezcla de 21 ácidos grasos (Sigma) a una concentración conocida. La mezcla se inyectó en el cromatógrafo para generar un patrón de altura de pico (concentración) y tiempo de retención de cada ácido graso. Los picos de cada muestra se

compararon con los tiempos de retención para su identificación, y con la altura del pico para su cuantificación al extrapolar con el algoritmo que provee el programa del propio equipo (ChemStation). Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (Anova) y comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS (SAS, 2008).

## Resultados y discusión

### Diversidad fenotípica y morfológica

El comportamiento de las líneas de cilantro mostró diferencias significativas en algunos caracteres fenológicos ( $p \leq 0.05$ ). La emergencia se presentó entre los 12 y 15 días después de la siembra (DDS). Para la DEEF, línea INIFAP-17 fue tardía al iniciar la emisión del escapo floral a los 86 días, mientras que las demás líneas iniciaron esta etapa a los 58 DDS. La precocidad mostrada por estas líneas deja un margen de cinco días para la cosecha en fresco a diferencia de la línea INIFAP-17 que muestra un margen de 25 días (Cuadro 5). El periodo de crecimiento vegetativo al igual que los días a emergencia (DE) y días a emisión del escapo floral (DEEF) fue mayor en la línea INIFAP-17, seguida de la L17-CB.

El inicio de la floración en las líneas precoces comenzó a los 78 DDS y en la línea tardía 20 días después. La cosecha de semilla en líneas precoces fue a los 100 DDS, en la intermedia a los 105 DDS y la tardía a los 125 DDS. Se observó que la línea INIFAP-17 presenta un ciclo mayor en comparación con el resto que son líneas precoces e intermedias, esta línea puede ser destinada para la producción en fresco, mientras que las precoces se sugiere para zonas con clima templado y para la producción de aceite.

En estudios realizados en cilantro se ha determinado que la precocidad de los materiales está determinada por la emisión del escapo floral o punteamiento el cual es influenciado por el fotoperiodo, la temperatura y el cambio en la concentración hormonal endógena (González *et al.*, 2017). Bashtanova y Flowers (2011), al evaluar 90 accesiones de cilantro procedentes de la región Caucásica encontraron que el periodo vegetativo del cilantro dura de 31 a 60 días (a partir de la germinación hasta la emisión del escapo floral) y que el tiempo es específico para cada genotipo, pero que en general todos los materiales se comportan igual cuando se cultivan en invierno. Por el contrario, el periodo vegetativo en verano dura de 22 a 45 días porque es afectado por la longitud del día (horas luz) y la temperatura. Ghobadi y Ghobadi (2010), mencionan que durante los primeros 40 DDS el crecimiento es lento y que entre los 40 y 60 DDS la velocidad de crecimiento aumenta y que posterior a los 60 DDS es lento nuevamente. Resultados similares se encontraron en las líneas con ciclo de cultivo corto (precoces) (Cuadro 5).

Los materiales evaluados se pueden clasificar en genotipos sensibles a excepción de la línea INIFAP-17 que puede considerarse un genotipo neutral de acuerdo con la clasificación propuesta por Bashtanova y Flowers (2011). Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran dos eventos en la senescencia de las plantas: cuando la roseta madura completamente y cuando termina la floración. Estos resultados podrían indicar eventos independientes y mostrar una relación por el cambio en etapas vegetativas durante la ontogenia de la planta (Guiboileau *et al.*, 2010; Bashtanova y Flowers, 2011).

**Cuadro 5. Comparación de caracteres agronómicos en siete líneas avanzadas de cilantro. Otoño-invierno, 2017.**

Carácter	L9-CB	L13-CB	L17-CB	L21-CB	L25-CB	L29-CB	INIFAP-17
Días a emergencia (DE)	12 <sup>**</sup> a	12 a	14 a	12 a	12 a	12 a	15 a
Días a emisión del escapo floral (DEEF)	58 a	58 a	65 b	58 a	58 a	58 a	86 c
Días entre emergencia y emisión del escapo floral (DEEEF)	36 a	36 a	51 b	36 a	36 a	36 a	71 c
Días a comienzo de la floración (DCF)	78 a	78 a	84 b	78 a	78 a	78 a	98 c
Días a cosecha de semilla (DCS)	100 b	100 b	105 b	100 b	100 b	100 b	125 ab
Altura de la planta in cm (AP)	51.6 c	71.1 a	53.5 c	53.7 c	58.4 bc	63.4b	76.1 a
Numero de hojas basales (NHB)	17 c	17 c	24 b	26 b	19 bc	24 b	31 a
Numero de umbelas (NU)	14.2 a	14 a	21 b	16 a	14 a	14 a	16 a
Producción de biomasa fresca (g)	91.8 c	91.5 c	141.6 b	149.2 b	98.3 c	139.8 b	221.7 a
Producción de semilla por planta en g (PSP)	1.12 a	1.16 a	0.57 bc	0.68 b	0.78 b	0.77 b	0.97 ab
Peso de 1 000 semillas en g (P1000S)	10.7 b	9.7 b	14.1 a	11.2 b	10.5 b	10.9 b	11.2b

\*= medias dentro de la fila seguida por la misma letra no son diferentes estadísticamente Tukey ( $p \leq 0.05$ ); ‡= valores medios de tres repeticiones.

Con respecto a las variables morfológicas se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), ya que la mayor altura de planta (AP) se registró en las líneas INIFAP-17 y L13-CB con 76.1 y 71.1 cm, respectivamente (Cuadro 5). Resultados similares fueron reportados por Ayanoğlu *et al.* (2002) quienes al evaluar 43 líneas de cilantro registraron AP de 68.3 a 127 cm y Ghobadi y Ghobadi (2010) de 69.6 a 77.7 cm en densidades de plantación de 70 ptas m<sup>2</sup>. Mientras que Hnamte *et al.* (2013) en cilantro cultivado en invierno reporta AP de 40.8 a 63.9 cm, valores por debajo de los obtenidos en el presente trabajo.

El mayor número de hojas basales (NHB) lo mostró la línea INIFAP-17 con 31 hojas basales, seguido de la L17-CB, L21-CB y L29-CB con 25 hojas basales en promedio cada una. Este número de hojas es mayor a los reportado por Ayanoğlu *et al.* (2002) que en 43 líneas de cilantro registro un máximo de 8.7 hojas basales. El mayor número de umbelas (UN) se registró en la L17-CB con 21 umbelas, mientras que el resto presento 15 umbelas en promedio. Estos resultados están dentro de los valores reportados por Ayanoğlu *et al.* (2002) (5.8 a 27.4 umbelas por planta) y Ghobadi y Ghobadi (2010) (6.7 a 50.7 umbelas por planta).

En relación con la biomasa fresca (BF), se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) ya que como era de esperarse la línea INIFAP-17 registró la mayor acumulación de BF con 221.07 g pta<sup>-1</sup>, seguido de la L17-CB, L21-CB y L29-CB que en promedio obtuvieron 35.4% menos de BF. Mientras que las otras líneas L13-CB y L25-CB registraron menos de 100 g pta<sup>-1</sup> de BF (Cuadro 5). Cruz *et al.* (2017) al evaluar diferentes concentraciones de NPK en la variedad Pakistán cultivado en hidroponía registro de 155 a 325 g de BF después de 90 días, valores por encima de los encontrados en este estudio.

Las diferencias con los resultados del presente trabajo pueden explicarse por el número de semillas por maceta (3 semillas germinadas por maceta) utilizadas por Cruz *et al.* (2017), que en promedio produjeron entre 51.6 y 108 g pta<sup>-1</sup> de BF, mientras que en este trabajo se tuvo de 91.5 a 221.7 g pta<sup>-1</sup> de BF, lo que significaría mayor producción de BF en la línea INIFAP-17. Por otro lado, Rashed y Darwesh (2015) reportan valores de 355 a 860 g de BF en otoño-invierno, valores superiores a los reportados en este estudio, pero influenciados por la fecha de siembra y por las características morfológicas de los genotipos empleados y número de semillas por mata (entre 6 y 8 semillas).

En la producción de semilla por planta (PSP) no hubo diferencias entre las líneas ( $p \leq 0.05$ ), pero la mayor producción se registró en L9-CB y L13-CB con 1.12 y 1.16 g pta<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que la L17-CB registró la menor producción de semilla con 0.57 g pta<sup>-1</sup> (Cuadro 5). El mayor peso de 1 000 semillas se registró en la L17-CB con 14.1 g, seguido de la L21 e INIFAP-17 con 11.2 g, mientras que las demás líneas presentaron en promedio 10.2 g. Resultados similares fueron reportados por Ghobadi y Ghobadi (2010) que al evaluar diferentes genotipos registro un peso de mil semillas de 9.36 a 10.5 g mientras que Ayanoglu *et al.* (2002) indican pesos de 1 000 semillas de 7.05 a 17.55 g, valores por encima del encontrado en este estudio.

### Contenido de aceite

El contenido de aceite del fruto de los materiales bajo análisis se presentó en el rango de entre 6.21 a 11.23% en las líneas L17-CB y L25-CB, respectivamente (Cuadro 6). Los niveles de aceite encontrados son mayores que lo reportado por la literatura; por ejemplo, Camilo-Manríquez (2008) reportó un contenido de 3-3.1% en cilantro adquirido en el mercado de Santiago de Chile. Khodadadi *et al.* (2016) reportaron niveles de aceite de hasta 5% en fruto sin descascarillar y hasta 40% en fruto descascarillado. Comparando estos valores de contenido de aceite con lo encontrado, aparentemente hay líneas avanzadas promisorias con relación al contenido de aceite. Sin embargo, Nguyen *et al.* (2015) reportan que el contenido de aceite en cilantro se incrementa significativamente en función del tiempo que el fruto permanece en la planta, a los 10 días después de la floración el contenido de aceite fue de 10.5% mientras que a los 53 días fue 25.1%.

Estos autores no realizaron ninguna prueba para evaluar el perfil de ácidos grasos y otras características del aceite como se realizó en este estudio. La semilla utilizada en este trabajo fue cosechada después de los 100 DDS (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Contenido de aceite de seis líneas avanzadas de cilantro.**

Línea	Contenido de aceite (%)
L9-CB	6.95 ±0.05* f
L13-CB	10.21 ±0.055 b
L17-CB	6.21 ±0.005 g
L21-CB	9.24 ±0.06 c
L25-CB	11.23 ±0.1 a
L29-CB	7.06 ±0.08 e
INIFAP-17	7.73 ±0.15 d

\*= medias dentro de la columna seguida por la misma letra no son diferentes estadísticamente Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## Perfil de ácidos grasos

En este trabajo se detectaron los ácidos grasos mirístico, palmítico, petroselinico, oleico y linoleico. Se observaron otros picos que no fue posible detectar con base en los estándares comerciales que se utilizaron (Cuadro 7). De estos, hasta 80% fueron saturados (mirístico, palmítico y petroselinico) (L13-CB) y el resto insaturados (oleico y linoleico) (Cuadro 7). El ácido graso mayoritario fue el petroselinico con un rango de entre 68.95 (INIFAP-17) y 73.51 mg/100 g de aceite (L13-CB) seguido por el ácido linoleico con un contenido de hasta 17.07 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite (L25-CB). El alto contenido de ácido petroselinico es normal en aceite de esta especie; se han reportado contenidos de este ácido en cilantro de entre 65.7 a 80.9 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite, seguido por el ácido linoleico (13.05-16.7 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite) (Ramadan y Mörsel, 2002; Msaada *et al.*, 2009; Sriti *et al.*, 2009; Sriti *et al.*, 2010).

Como se puede observar en el Cuadro 7 los niveles de ambos ácidos grasos aquí reportados están dentro del rango señalado por la literatura con excepción de la muestra L25-CB que presentó 17.07 g 100 g<sup>-1</sup> de aceite de ácido linoleico. El aceite de cilantro puede tener diferentes usos además de los aquí indicados. Por ejemplo, dietas suplementadas con ácido petroselinico dadas a peces incrementaron el contenido de ácidos grasos poli-insaturados, mejorando la calidad nutracéutica de la carne (Teoh y Ng, 2013).

**Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos (mg 100 g<sup>-1</sup> de aceite) de siete líneas avanzadas de cilantro.**

Línea	Mirístico	Palmítico	Petroselinico	Oleico	Linoleico	O/L
L9-CB	2.96 ±0.065* c	2.68 ±0.012 f	72.34 ±0.545 b	6.76 ±0.05 d	15.93 ±0.025 d	0.42
L13-CB	3.46 ±0.05 b	3.68 ±0.015 e	73.51 ±0.152 a	5.2 ±0.012 f	14.2 ±0.011 g	0.37
L17-CB	2.42 ±0.03 e	3.2 ±0.017 g	71.44 ±0.51 c	7.88 ±0.011 b	15.05 ±0.024 f	0.52
L21-CB	3.82 ±0.075 a	4.45 ±0.11 b	69.84 ±0.458 d	5.33 ±0.027 e	16.57 ±0.025 c	0.32
L25-CB	2.61 ±0.061 d	3.94 ±0.045 c	69.6 ±0.451de	7 ±0.016 c	17.07 ±0.051 a	0.41
L29-CB	2.35 ±0.01 f	3.84 ±0.024 d	69.27 ±0.314 e	8.75 ±0.019 a	15.80 ±0.015 e	0.55
INIFAP-17	2.36 ±0.015 f	4.88 ±0.101 a	68.95 ±0.147 f	6.88 ±0.013 d	16.94 ±0.045 b	0.41

\*= medias dentro de la columna seguida por la misma letra no son diferentes estadísticamente Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Desde el punto de vista nutracéutico, además del alto contenido de aceites saturados, se ha demostrado que cuando un aceite contiene una relación oleico/linoleico (O/L) cercana o mayor a 1, puede tener efectos positivos sobre la salud, al reducir la posibilidad de padecer cáncer (Parry *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2011) y enfermedades del corazón (Parry *et al.*, 2005). En este sentido, los aceites de las muestras analizadas presentaron una relación O/L menor a 0.56 por lo que se presume que su consumo no contribuye a la reducción de estas enfermedades. Sin embargo, en este aspecto aparentemente negativo, se presenta un área de oportunidad en relación con incrementar el contenido de oleico en el aceite del cilantro. La opción inmediata es buscar variedades o líneas cuyo contenido de oleico permita acercar lo más posible la relación O/L al valor de 1, o buscar con el manejo del cultivo propiciar el incremento del oleico. Al respecto, se observó un rango muy amplio en el contenido de ácido oleico entre los materiales estudiados (5.2-8.75%) (Cuadro 7).

## Conclusiones

Del estudio se identificó a INIFAP-17 como la línea con potencial para la producción de biomasa fresca. Esta línea cuenta con atributos morfológicos como el mayor número de hojas basales que le permiten la mayor producción de biomasa fresca, además de tener un ciclo vegetativo más largo lo que le confiere mayor vida de anaquel el campo, aunque su contenido de aceite es menor al de otras líneas. Para la producción de aceite las líneas L17-CB y L29-CB son una opción. Estudios futuros con las líneas que mostraron mayor contenido de aceite oleico y linalol deben ser realizados para obtener germoplasma con potencial industrial ya que es de interés en el cuidado de la salud humana.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el apoyo financiero otorgado y por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación mediante el proyecto SIGI 9474334102.

## Literatura citada

- Agostoni, C.; Canani, R. B.; Fairweather, T. S.; Heinonen, M.; Korhonen, H.; La Vieille, S.; Marchelli, R.; Martin, A.; Naska, A.; Neuhäuser, B. M.; Nowicka, G.; Sanz, Y.; Siani, A.; Sjödin, A.; Stern, M.; Strain, S.; Tetens, I.; Tomé, D.; Turck, D. and Verhagen, H. 2013. Scientific opinion on the safety of coriander seed oil as a novel food ingredient. *EFSA J.* 11(10):1-20.
- Al-Mofleh, I. A.; Alhaider, A. A.; Mossa, J. S.; Al-Sohaibani, M. O.; Rafatullah, S. and Qureshi, S. 2006. Protection of gastric mucosal damage by *Coriandrum sativum* L. pretreatment in Wistar albino rats. *Environ Toxicol Pharmacol.* 22(1):64-69.
- Ayanoğlu, F.; Mert, A.; Aslan, N. and Gürbüz, B. 2017. Seed yield components and essential oil of selected coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. *J. Herbs, Species Med. Plants.* 9(2):71-76.
- Bashtanova, U. B. and Flowers, T. J. 2011. Diversity and physiological plasticity of vegetable genotypes of coriander improves herb yield, habit and harvesting window in any season. *Euphytica.* 180(3):369-384.
- Bhat, S.; Kaushal, P.; Kaur M. and Sharma, K. 2014. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): processing, nutritional and functional aspects. *Afr. J. Plant Sci.* 8(1):25-33.
- Cruz, C. E.; Can, C. A.; Loera, R. L. J.; Aguilar, B.G.; Pineda, P. J. y Bugarin, M. R. 2017. Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(2):355-367.
- Diederichsen, A. and Hammer, K. 2003. The infraspecific taxa of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Genet Resour. Crop Evol.* 50(1):33-63.
- FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Giridhar, K.; Suryakumari, S.; Sarada, C. and Naidu, L. 2016. Crop improvement of coriander (*Coriandrum sativum* L: subsp. *indicum* var. *indicum*) through crossing. *J. Spices Aromatic Crop.* 25(1):1-6.

- Ghobadi, M. E. and Ghobadi, M. 2010. The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Inter. J. Agric. Biosys. Eng.* 4(10):725-728.
- González, P. E.; Villalobos, R. S.; Rodríguez, G. A. y Avilés, B. W. I. 2017. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) un cultivo ancestral con potencial sub-utilizado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Centro. Libro técnico núm. 9. 76 p.
- Guiboileau, A.; Sormani, R.; Meyer, C. and Daubresse, C. M. 2010. Senescence and death of plant organs: nutrient recycling and developmental regulation. *Plant Biol Pathol.* 333(4):382-391.
- Hnamte, V.; Chatterjee, R. and Tania, T. 2013. Growth, flowering, fruit setting and maturity behaviour of coriander (*Coriandrum sativum* L.) with organics including biofertilizers and inorganics. *The Bioscan.* 8(3):791-793.
- INIFAP. 2018. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Datos del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Campo Experimental Pabellón. <http://clima.inifap.gob.mx/lmmyr/Estaciones>.
- Khodadadi, M.; Dehghani, H.; Jalali-Javaran, M. and Christopher, J. T. 2016. Fruit yield, fatty and essential oils content genetics in coriander. *Ind. Crop Prod.* 94(12):72-78.
- Kleiman, R. and Spencer, G. F. 1982. Search for new industrial oils: Umbelliflorae-seed oils rich in petroselinic acid. *J. Am. Oil Chem.* 59(1):29-38.
- Laribi, B.; Kouki, K.; M'Hamdi, M. and Bettaieb, T. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoter.* 103(6):9-26.
- Manríquez, C. S. C. 2008. Análisis proximal de frutos no comunes: palma chilena (*Jubaea chilensis*), cilantro (*Coriandrum sativum*), mora (*Rubus glaucus*), rosa mosqueta (*Rosa* aff. *Rubiginosa*) y caracterización de su aceite. Tesis de licenciatura. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago de Chile. 65 p.
- Maroufi, K.; Farahani, H. A. and Darvishi, H. H. 2010. Importance of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.) between the medicinal and aromatic plants. *Adv. Environ. Biol.* 4(3):433-436.
- Martin, C.; Butelli, E.; Petroni, K. and Tonelli, C. 2011. How can research on plants contribute to promoting human health? *Plant Cell.* 23(5):1685-1699.
- Msaada, K.; Hosni, K.; Taarit, M. B.; Hammami, M. and Marzouk, B. 2009. Effects of growing region and maturity stages on oil yield and fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit. *Sci. Hortic.* 120(4):525-31.
- Nguyen, Q. H.; Talou, T.; Cerny, M.; Evon, P. and Merah, O. 2015. Oil and fatty acid accumulation during coriander (*Coriandrum Sativum* L.) fruit ripening under organic cultivation. *Crop J.* 3(4):366-369.
- Parry, J.; Su, L.; Luther, M.; Dhou, K.; Yurawecz, M. P.; Whittaker, P. and Yu, L. 2005. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. *J. Agric. Food Chem.* 53(3):566-573.
- Ramadan, M. F. and Mörsel, J. T. 2002. Oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit-seeds. *Eur. Food Res. Technol.* 215(3):204-209.
- Rashed, N. M. and Darwesh, R. K. 2015. A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). *Annals Agric. Sci.* 60(2):227-243.
- Sahib, N. G.; Anwar, F.; Gilani, A. H.; Hamid, A. A.; Saari, N. and Alkharfy, K. M. 2013. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): a potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals. *Phytother. Res.* 27(10):1439-1456.

- SAS (Statistical Analysis System). 2003. SAS on line Doc. Versión 9.1. SAS Intitute Inc., Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola, cíclicos y perenes modalidad riego más temporal. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306141/marzo-cilantro-2018.pdf>.
- Sharma, R. P.; Singh, R. S.; Verma, T. P.; Tailor, B. L.; Sharma, S. S. and Singh, S. K. 2014. Coriander the taste of vegetables: present and future prospectus for coriander seed production in Southeast Rajasthan. *Econ. Affairs*. 59(3):345-354.
- Sriti, J.; Talou, T.; Wannes, W. A.; Cerny, M. and Marzouk, B. 2009. Essential oil, fatty acid and sterol composition of Tunisian coriander fruit different parts. *J. Sci. Food Agric*. 89(10):1659-1664.
- Sriti, J.; Wannes, W. A.; Talou, T.; Mhamdi, B.; Cerny, M. and Marzouk, B. 2010. Lipid profile of Tunisian coriander (*Coriandrum sativum*) seed. *J. Am. Chem. Soc*. 87(4):395-400.
- Teoh, C. Y. and Ng, W. K. 2013. Evaluation of the impact of dietary petroselinic acid on the growth performance, fatty acid composition, and efficacy of long chain-polyunsaturated fatty acid biosynthesis of farmed Nile tilapia. *J. Agric. Food Chem*. 61(25):6056-6068.
- Ullagaddi, R. and Bondada, A. 2011. Medicinal benefits of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Spatula DD*. 1(1):51-58.