



Fecha de recibido: jun-15-2023
Fecha de aceptado: nov-05-2023
DOI: 10.22490/21456453.6908

EXTRACTO ETÉREO EN SEMILLAS DE ZAPALLO (*Cucurbita moschata* Duchesne) EN TRES GENERACIONES DE ENDOCRÍA

ETHEREAL EXTRACT IN BUTTERNUT SQUASH SEEDS (*Cucurbita moschata* Duchesne) IN THREE GENERATIONS OF INBREEDING

Magda Piedad Valdés Restrepo¹
Ginna Alejandra Ordoñez Narváez²
Sanín Ortiz Grisales³

¹ Doctora en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Abierta
y a Distancia UNAD. Palmira, Colombia.
magda.valdes@unad.edu.co

² Doctora en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Palmira,
Colombia. ginna.ordonez@unad.edu.co

³ Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
sortizg@unal.edu.co

Citación: Valdés, M., Ordoñez, G. y Ortiz, S. (2024). Extracto etéreo en semillas de zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne) en tres generaciones de endocría. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15(2), 113-129. <https://doi.org/10.22490/21456453.6908>

RESUMEN

Contextualización: la semilla de zapallo es rica en extracto etéreo con alta calidad de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga.

Vacío de conocimiento: se desconoce cómo influye la endocría con respecto al carácter extracto etéreo en semillas de zapallo.

Propósito: el objetivo fue evaluar el comportamiento del contenido de extracto etéreo y sus caracteres asociados a la semilla de genotipos de zapallo *C. moschata* en tres generaciones de endocría S_0 , S_1 y S_2 e identificar los ácidos grasos predominantes en el mejor genotipo.

Metodología: se empleó un diseño de bloques completos al azar en seis genotipos, cuatro repeticiones y cinco plantas por unidad experimental, se valuó la depresión por endocría (DE) entre generaciones para las variables extracto etéreo (EE), peso de semilla por fruto (PSPF), peso unidad de semilla (PUS) y número

de semillas por fruto (NSPF); para la identificación de los ácidos grasos presente en el EE se empleó la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MC).

Resultados y conclusiones: en los genotipos 129 y 160 al pasar de la generación S_0 a S_1 , no presentaron DE en el carácter EE y al pasar de la generación S_1 a la generación S_2 , solo el genotipo 129 presentó -DE, los demás genotipos aumentaron el contenido de EE. Se presentaron fluctuaciones entre genotipos para las variables PSPF, PUS y NSPF en las cuales no se identificó un factor diferenciador entre generaciones. Al analizar el EE se identificó que el 66.98% corresponde a ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, donde el 60.15% corresponde al ácido oleico, además se encontró dentro de los componentes el compuesto escualeno de escasa presencia en semillas oleaginosas.

Palabras clave: aceite, ácidos grasos, *Cucurbitas*, extracción, generación

ABSTRACT

Contextualization: Pumpkin seed is rich in ether extract with a high quantity of long-chain polyunsaturated fatty acids content.

Knowledge gap: It is unknown how inbreeding influences the ether extract character in pumpkin seeds.

Purpose: It aimed to evaluate the behavior of ether extract content and its characteristics associated to the seed of *C. moschata* pumpkin genotypes in three generations of inbreeding S_0 , S_1 , and S_2 and to identify the predominant fatty acids in the best genotype.

Methodology: A randomized complete block design was used with six (6) genotypes, four (4) repetitions, and five (5) plants per experimental unit. Inbreeding depression (ID) between generations was evaluated for the ether extract (EE), seed weight per fruit (PSPF, in Spanish), seed unit weight (PUS, in Spanish), and num-

ber of seeds per fruit (NSPF) variables. Gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MC) was used to identify the fatty acids present in the EE.

Results and conclusions: In genotypes 129 and 160, when passing from generation S_0 to S_1 , they did not have ID in the EE character, and when passing from generation S_1 to S_2 , only genotype 129 had ID; the other genotypes increased the EE content. There were fluctuations between genotypes for the variables PSPF, PUS, and NSPF in which no differentiating factor between generations was identified. When analyzing the EE, it was identified that 66.98% corresponds to monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, of which 60.15% corresponds to oleic acid, and squalene, which is scarcely present in oilseeds, was found among the components.

Keywords: *Cucurbitas*, extraction, fatty acids, generation, oil

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

El zapallo *Cucurbita moschata* Duches-
 ne, tradicionalmente ha sido domesti-
 cado y cultivado en pequeños huertos, de
 una sola planta se pueden obtener varios
 frutos, condición que favorece múltiples
 generaciones de endocria (Lira *et al.*, 2016;
 Castellanos *et al.*, 2018) y, a pesar de su
 naturaleza alógama, no es evidente la de-
 presión asociada a la endogamia para los
 caracteres de valor agronómico (Ortiz *et al.*,
 2020). La diversificación de esta espe-

cie ha permitido utilizarla como alimento,
 empleando los frutos, flores y semillas, las
 cuales son consideradas oleaginosas por
 su contenido de aceite de hasta del 50%
 (Ordóñez *et al.*, 2014) y una composición
 de ácidos grasos poliinsaturados alrede-
 dor del 62%, además de aminoácidos,
 vitaminas y alto contenido en zinc que
 favorecen su valor nutricional (Karrar *et al.*,
 2019). Según Goldschmidt y Byrdwell,
 (2021), los ácidos grasos conjugados son

ácidos poliinsaturados con enlaces dobles o más, separados por un enlace carbono-carbono; es así como al analizar el aceite de semillas de zapallo se identificó que predominan los ácidos grasos insaturados de tipo Omega-3 y Omega-6, ácidos grasos esenciales que los monogástricos no pueden sintetizar y deben consumir en la dieta (Abdelnour, 2023).

La especie más conocida de zapallo es *C. pepo* variedad styriaca, de las semillas se extrae aceite de alta calidad, reconocido por su color verde oscuro, olor y sabor a nuez (Vigor *et al.*, 2022). El aceite de semillas de zapallo es particularmente valioso porque contiene tipos de compuestos inusuales como escualeno, tocofenoles y carotenoides (Tańska *et al.*, 2020), por lo cual ha sido objeto de mejoramiento genético para incrementar tanto el contenido como la calidad del aceite (Paris *et al.*, 2016; Adam *et al.*, 2018). Ortiz *et al.*, (2009) reportaron un porcentaje de extracto etéreo en semilla del 30 al 40% en una colección de genotipos de *C. moschata*. Nawirska *et al.* (2013) reportaron la concentración de aceite en la semilla de 12 cultivares de *C. máxima* y *C. pepo* en un rango del 40 al 48%, respectivamente; Türkmen *et al.* (2017) evaluaron 120 genotipos de *C. moschata*, *C. máxima* y *C. mixta* y encontraron

una variación para el contenido de aceite entre el 30 y el 38%; Charaya *et al.* (2023) evaluaron el contenido de aceite en genotipos de styriaca y reportaron 36% de aceite en semillas con cascara.

La endocría es una herramienta útil en el mejoramiento genético, porque permite modificar las frecuencias alélicas de una población y ha sido asociado a la naturaleza alógama de la especie, debido a que las autofecundaciones sucesivas pueden afectar los individuos altamente heterocigotos de la población; sin embargo, en las *Cucurbitas* en general, se ha encontrado que la endocría es significativa únicamente en algunos caracteres agronómicos (Restrepo *et al.*, 2018). En la especie *Cucurbita moschata* Duch., para caracteres de calidad en fruto se presenta un comportamiento muy variable, es así como la media del carácter entre genotipos aumenta o disminuye al pasar de una generación a otra y en muchos casos se ve poco afectada (Espitia *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2014).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento del contenido de aceite en la semilla de zapallo *C. moschata* en tres generaciones de endocría e identificar los ácidos grasos predominantes en el mejor genotipo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Los campos de cruzamientos (generaciones endocriadas S_1 y S_2) en zapallo se realizaron durante dos semestres consecutivos en la granja Mario Gonzales Aranda (GMGA), ubicada en el municipio de Palmira a $03^{\circ} 30' 26.8''$ Latitud norte y $76^{\circ} 18' 47.6''$ Longitud Oeste, 998 msnm (Valdés, 2014). El orden taxonómico de estos suelos se clasificó como Calciustert Údico Arcilloso sobre arenoso Aniso Vermiculítico Isohipertérmico. Las pruebas macromoleculares se llevaron a cabo en el laboratorio de semillas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y el análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MC) se realizó en el laboratorio de análisis instrumental Sede Medellín.

Material Vegetal

De una investigación realizada por Valdés *et al.* (2014) sobre la variabilidad en frutos y semillas de *Cucurbita moschata*, se trabajó con las introducciones que presentaron los más altos contenidos de extracto etéreo, según el índice de selección ponderado (ISP) aplicado a la colección del programa de hortalizas con 295 introducciones de *Cucurbita moschata* Duchesne.

Factor de ponderación

Extracto etéreo de la semilla (EE) 0.4; producción de semilla por fruto (PSPF) 0.3 y número de frutos por planta (NFP) 0.3. En la Tabla 1 se presentan las introducciones seleccionadas.

■ **Tabla 1.** Introducciones seleccionadas con base en el contenido de extracto etéreo (EE) para *C. moschata*

Origen	Introducción	EE (%)
Colombia	308	41.09
Centro América	129	42.43
	142	44.27
	144	37.39
	136	39.69
	160	46.43

Fuente: adaptado de Valdés *et al.* (2014).

Las semillas provenientes de un solo fruto para cada introducción se sembraron en la Granja Mario González Aranda, empleando un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis genotipos (tratamiento), cuatro repeticiones y cinco plantas por unidad experimental para un total de 120 plantas, empleando una distancia de siembra de 3 metros entre y dentro de surco con una densidad de siembra de 1.111 plantas.ha. Durante la etapa de botones florales (40 días en *C. moschata*) se embolsaron las flores pistiladas y estaminadas dispuestas en la misma planta, utilizando una bolsa de tull de 5 mm de malla y en las primeras horas de la mañana del día siguiente se realizó la polinización controlada para cada generación S_0 , S_1 y S_2 .

En el período de formación y maduración de frutos (120 a 150 días de siembra en *C. moschata*), se cosecharon individualmente y se separó la semilla de las introducciones endocriadas en generación S_1 , la cual se llevó nuevamente a siembra en el semestre siguiente, bajo el mismo método de polinización controlada y se obtuvo la semilla de las introducciones endocriadas en generación S_2 .

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron número de semillas por fruto (NSPF); peso unidad de semilla (PUS) (peso en gramos de 100 semillas tomadas de la octava parte de las semillas de cada fruto, técnica del octaneio); peso de semillas por fruto (PSPF) (expresada en gramos) y contenido de extracto etéreo (EE) (porcentaje de grasa

total en una muestra de 3.0 gramos de semilla (AOAC, 1990).

Para cada introducción se midió el contenido de extracto etéreo (EE) utilizando la técnica AOAC (920.39-1990) de extracción soxhlet por gravimetría, entendido como el porcentaje del contenido de extracto etéreo de la semilla, corregido por la materia seca de la muestra (105 °C por 24 h); para la caracterización del extracto etéreo se analizaron las muestras de semilla proveniente de autocruzamientos (generación S_2) mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MC), se identificó el tipo de compuesto, peso molecular y grado de saturación, los porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, se determinaron mediante el número de ácidos grasos divididos el número de picos. El porcentaje de depresión por endocría (DE) se estimó mediante el índice $1-(w_s/w_0)$, donde w_s es el valor promedio del carácter en las plantas endocriadas y w_0 es el valor promedio del carácter en las plantas no endocriadas (Ortiz *et al.*, 2014). La significancia estadística de la depresión por endocría se estimó utilizando el nivel de probabilidad de $p < 0,05$.

Para los datos obtenidos se realizó la prueba de supuestos de normalidad empleando un gráfico de cuantiles teóricos [Q-Q plot] que señaló una distribución normal con un intervalo de confianza de $p = 0,05$. Para el análisis de homocedasticidad se utilizó el procedimiento F-test en SPSS. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para el

contenido de extracto etéreo (EE), peso de semillas por fruto (PSPF), peso unidad de semilla (PUS) y número de semillas por fruto (NSF); el análisis estadístico fue

realizado utilizando como herramienta el software SPSS (versión 21 Windows) y Microsoft Office, Excel 2010.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presentan los cuadrados medios y suma de cuadrados para el contenido de EE y caracteres asociados. Para los genotipos dentro de cada generación no se observaron diferencias ($P < 0.05$) para el carácter EE, pero sí se observaron diferencias entre generaciones ($P < 0.05$), a su vez se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la interacción genotipo por generación para los caracteres peso de semilla por fruto (PSPF) y peso unidad de semilla (PUS) y altamente significativas ($p < 0.01$) para número de semillas por fruto (NSPF); esto indica que al

menos de uno de los genotipos evaluados es diferente para estos caracteres en estudio. Es necesario resaltar que los caracteres PSPF y NSPF son considerados caracteres altamente poligénicos asociados al rendimiento de semilla; según Singh *et al.* (2015) en *Cucurbitas* se manifiesta una pérdida de vigor hasta la segunda o tercera generación de endocria, porque en ella se logra alcanzar un mayor grado de homocigosis, por lo tanto, se espera una mayor acumulación y expresión de genes favorables para la expresión del carácter.

■ **Tabla 2.** Cuadrados medios CM y contribución de la suma de cuadrados SC para los caracteres extracto etéreo (EE), peso de semillas por fruto (PSPF), peso unidad de semilla (PUS) y número de semillas por fruto (NSF) en genotipos de zapallo con diferente grado de endocria de la especie *C. moschata*

	GL	EE (%)			PSPF (g)			PUS (g)			NSPF		
		CM	SC		CM	SC		CM	SC		CM	SC	
Generación	2	62.77	5.39	*	1.47	10.94	**	45.44	16.39	**	15079.69	3.64	ns
Genotipo	5	41.29	8.87	ns	1.80	33.49	**	27.58	24.87	**	30552.60	18.42	*

Genotipo*- Generación	10	56.33	24.21	*	0.40	15.04	*	12.51	22.57	*	27641.37	33.32	**
Error	34	24.82	36.26		0.21	26.97		4.80	29.44		9166.40	37.57	
Promedio		26.60			58.66			12.16			428.80		
CV (%)		18.72			24.88			18.02			22.32		

Diferencias significativas **($p < 0.01$) y * ($p < 0.05$).

Fuente: autores

Para un mayor entendimiento de cómo se comportan las variables entre generación, en la Tabla 3, se presentan los valores para la depresión por endocría (DE), expresada en porcentaje, para el carácter EE y sus componentes asociados a la semilla para la especie *Cucurbita moschata*. Los valores positivos (+DE) indican depresión por endocría (reducción del promedio), mientras que los valores negativos (-DE) corresponden al incremento del promedio del carácter.

Los mayores porcentajes de DE_{0-1} para el carácter EE se presentaron en los genotipos 142 y 136 con porcentajes de 31.4% y 37.6% respectivamente y, en menor proporción, se presentó en el genotipo 308 y 144 con porcentajes 20.4% y 7.5% respectivamente, indicando que son genotipos que pueden reducir su contenido de EE; no obstante, en los genotipos 129 y 160, con valores de -33.9% y de -5.8% respectivamente, no presentaron DE, al contrario incrementan su rendimiento al pasar de S_0 a S_1 . Por otra parte al pasar de la gene-

ración de endocría S_1 a S_2 se incrementó el contenido de EE en todos los genotipos, con excepción del 129, por lo tanto los valores de DE fueron negativos. Este resultado fue similar al encontrado por Ortiz *et al.* (2014) en caracteres de semilla en *C. moschata*, en donde las expresiones que afectan el promedio del carácter son más habituales durante la primera generación, con mayor frecuencia de alelos recesivos indeseables, pero esta condición parece ser temporal en zapallo, dado que puede recuperarse en la siguiente generación, mostrando mayor tolerancia a la endocría en comparación con otras especies.

La DE en las variables como PSPF, PUS y NSPF varía de una generación a otra, sin embargo, el genotipo 142 aumenta significativamente el NSPF de generación en generación, lo que indica que al aumentar el número de semillas aumenta la posibilidad de obtener mayor rendimiento de EE por fruto y por hectárea, además, no presenta DE.

■ **Tabla 3.** Depresión por endocría, expresada en porcentaje para el carácter extracto etéreo (EE) y caracteres asociados en la semilla de *Cucurbita moschata*

GENOTIPO		E.E (%)	PSPF(g)	PUS(g)	NSPF
308	DE ₀₋₁	20.4*	40.2*	22.4*	15.4*
	DE ₁₋₂	-4.5ns	12.8*	15.4*	2.4ns
129	DE ₀₋₁	-33.9*	-25.5*	-27.8*	-11.8*
	DE ₁₋₂	24.2	29.6*	17.8*	44.4*
142	DE ₀₋₁	31.4	9.1ns	36.0*	-52.8**
	DE ₁₋₂	-29.9*	16.8*	1.7ns	-9.9ns
144	DE ₀₋₁	7.5	38.3*	28.3*	21.7*
	DE ₁₋₂	-27.5*	31.7*	-28.7*	-15.8*
136	DE ₀₋₁	37.6	40.2*	28.1*	6.3ns
	DE ₁₋₂	-31.8*	-2.8ns	5.7ns	15.2*
160	DE ₀₋₁	-5.8ns	31.6*	14.9*	33.1*
	DE ₁₋₂	-20.8*	-3.9ns	-14.9*	6.3ns

Diferencias significativas * ($P < 0.05$). Donde: $DE_{0-1} = 100 \cdot (S_0 - S_1) / S_0$; $DE_{1-2} = 100 \cdot (S_1 - S_2) / S_0$

Fuente: autores

Perfil de ácidos grasos en aceite de zapallo

El genotipo 160 no presentó depresión por endocría entre generaciones para el contenido de EE, por tanto, este fue el genotipo seleccionado para determinar mediante la separación de compuestos volátiles la identificación de ácidos grasos, a partir de cromatografía GC-MS en el EE de la semilla. En la Tabla 4, se presenta la información correspondiente al tiempo de retención, área en (%), identificación del compuesto, ácido graso detectado y su

respectivo nombre sistemático. Se identificaron 17 picos, los cuales son proporcionales a la cantidad del compuesto presente, se evidencia que el EE de la semilla de zapallo está formado por 47.05% de ácidos grasos saturados y 47.06% de ácidos grasos insaturados, correspondiente a 29.41% monoinsaturados, 17.65% diinsaturados y escualeno 5.88%. Predominan en el aceite de la semilla los ácidos grasos oleico, linoleico, margárico y esteárico, estos resultados están acordes con lo reportado por Dotto y Chacha (2020).

■ **Tabla 4.** Compuestos volátiles identificados a partir de cromatografía GC-MS en el EE de la semilla de *C. moschata*

Pico	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Identificación del compuesto	Ácidos grasos	Nombre sistemático
1	17,02	0,20	Ácido tridecílico	Saturado	Ácido tridecanoico
2	20,52	0,24	Ácido Palmitoleico	Monoinsaturado	Ácido 9-cis Hexadecenoico
3	21,04	20,49	Ácido margárico	Saturado	Ácido Heptadecanoico
4	22,40	1,49	Ácido mirístico	Saturado	Ácido tetradecanoico
5	23,16	0,22	Ácido Margarico	Saturado	Ácido Heptadecanoico
6	25,47	60,15	Ácido oleico	Monoinsaturado	9-octadecenoico
7	25,96	9,99	Ácido esteárico	Saturado	7-octadecanoico
8	26,29	0,26	Ácido linoleico	Poliinsaturado	Octadecadienoico
9	26,51	0,17	Ácido linoleico	Poliinsaturado	Octadecadienoico
10	26,74	2,02	Ácido linoleico	Poliinsaturado	Octadecadienoico
11	26,91	2,13	Ácido oleico	Monoinsaturado	9-octadecenoico
12	27,67	0,81	Ácido esteárico	Saturado	7-octadecanoico
13	29,79	0,41	Ácido oleico	Monoinsaturado	10-octadecenoico
14	30,50	0,42	Ácido oleico	Monoinsaturado	10-octadecenoico
15	31,24	0,57	Ácido Araquídico	Saturado	Eicosanoico
16	36,46	0,16	Ácido Behénico	Saturado	Docosanoico
17	43,87	0,26	escualeno	C30H50	Tetracosahexano

Fuente: autores

Según Posert y Bacongus (2023), la cuantificación del área bajo la curva de un compuesto, se relaciona con la cantidad total presente en el analito inyectado, por tanto, entre más área mayor será la cantidad del compuesto. Lo que indica que el 60.15% fue el pico con mayor área que corresponde a la presencia del ácido oleico (monoinsaturado), siendo este ácido de la serie omega 9 típico de aceites como aceite de olivo (Santa-María *et al.*, 2023),

su importancia radica en que disminuye la expresión de proteínas relacionadas con el transporte de colesterol y disminuye la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL) previniendo la arterosclerosis (Chen *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2022). También se identificó que el 66.07% corresponde a la presencia de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados incluyendo el escualeno, convirtiendo el aceite de semillas de zapallo en un aceite de altísima

calidad nutricional. Fisher y Kinsey (2023) mencionan que el escualeno es un triterpenoide de la familia de los terpenoides, que comprende seis dobles enlaces (Paramasivan y Mutturi, 2022), los terpenoides se producen en las plantas en pequeñas cantidades, pero el escualeno es inusual porque se encuentra en altas concentraciones en el aceite del hígado de tiburón, que se ha utilizado como adyuvante de vacunas contra la influenza (Fox y Haensler, 2013). Las semillas de zapallo contienen aproximadamente 0.26% de escualeno.

Cabe resaltar que entre los ácidos poliinsaturados se destaca el ácido linoleico, un ácido graso esencial de la serie omega-6 (18:2n-6) caracterizado por tener dobles enlaces, un ácido esencial para el cuerpo humano (Li *et al.*, 2023), requerido

para el crecimiento y el desarrollo (Taha, 2020); Brenna (2016) menciona que el ácido linoleico se considera no funcional para el cerebro debido a su baja concentración menor al 2% de los ácidos grasos totales y sostiene que el ácido palmítico (16:0), ácido oleico (18:1n-9) y el ácido esteárico (18:0) constituyen el 84% de los ácidos grasos cerebrales en humanos. El tiempo de retención según Zhang *et al.* (2009), se entiende como el tiempo que tarda un péptido desde la inyección de la muestra hasta la aparición del pico máximo, es decir, cuanto más fuerte sean las interacciones de la muestra con la superficie tendrá mayor retención del compuesto; al evaluar los ácidos desde esa perspectiva, se identifica que el compuesto escualeno tiene la mayor retención en comparación con los demás ácidos grasos.

4 CONCLUSIONES

El avance generacional en *C. moschata* mostró diferencias significativas entre los genotipos y su interacción, los valores de la depresión por endocría fluctuaron entre generaciones en todos los genotipos, excepto para el genotipo 160 que incrementó el contenido de aceite en semilla en cada generación y se propone como el de mejor genotipo para el carácter EE. Los caracteres número de semillas y peso de semillas por fruto, en los genotipos evaluados mostraron variación entre ge-

notipos y generaciones sin evidenciar un único patrón en su comportamiento frente a la endocría. El carácter extracto etéreo en la semilla de zapallo puede mejorarse por selección de genotipos que expresen el mejor comportamiento para sus componentes en cada generación de endocría. El aceite de semillas de zapallo contiene ácidos grasos insaturados como el **ácido** oleico y **ácido** linoleico, esenciales para la salud humano y presenta un tipo de compuesto inusual, el escualeno.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Magda Piedad Valdés Restrepo: investigación, análisis de datos, escritura, revisión y edición. **Ginna Alejandra Ordoñez Narváez**: metodología, investi-

gación, conceptualización, análisis de datos, escritura. **Sanín Ortiz Grisales**: logística, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de investigación de mejoramiento genético, agronomía y producción de semillas de hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

LITERATURA CITADA

Abdelnour, S.A., Metwally, M.G.E., Bahgat, L.B, and Naiel, M.A.E. (2023). Pumpkin seed oil-supplemented diets promoted the growth productivity, antioxidative capacity, and immune response in heat-stressed growing rabbits. *Trop Anim Health Prod.* 30(1),55 <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03460-3>

Adam, E., Bernhart, M., Müller, H., Winkler J., and Berg, G. (2018). The *Cucurbita pepo* seed microbiome: genotype-specific composition and implications for breeding. *Plant Soil*, 422, 35–49.

<https://doi.org/10.1007/s11104-016-3113-9>

Association of official agricultural chemistry. (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official analytical chemists*. 15 Ed. Método número 920.39.

Brenna, J. T. (2016). Arachidonic acid needed in infant formula when docosahexaenoic acid is present. *Nutr. Rev.* 74(5), 329–336. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw007>

- Castellanos-Morales, G., Paredes-Torres, L.M., Gámez, N., Hernández-Rosales, H.S., Sánchez-de la Vega, G., Barrera-Redondo, J., Aguirre-Planter, E., Vázquez-Lobo, A., Montes-Hernández, S., Lira-Saade, R., and Eguiarte, L.E. (2018). Historical biogeography and phylogeny of Cucurbita: insights from ancestral area reconstruction and niche evolution. *Molecular phylogenetics and evolution*, 128, 38-54. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.07.016>
- Charaya, A., Chawla, N., Dhatt, A., Sharma, M., Sharma, S., and Kaur, I. (2023). Evaluation of biochemical composition of hulled and hull-less genotypes of pumpkin seeds grown in subtropical India. *Heliyon*, 9(1), e12995. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12995>
- Chen, J., Li, Q., Zhang, Y., Yang, P., Zong, Y., Qu, S., and Liu, Z. (2011). Oleic Acid Decreases the Expression of a Cholesterol Transport-Related Protein (NPC1L1) by the Induction of Endoplasmic Reticulum Stress in CaCo-2 Cells. *J. Physiol. Biochem.* 67(2), 153–163. <https://doi.org/10.1007/s13105-010-0058-y>
- Dotto, J.M., and Chacha, J.S. (2020). The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. *Scientific African*, 10, e00575. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00575>
- Espitia, M., Vallejo, F.A. y Baena, D. (2006). Depresión en vigor por endogamia y heterosis para el rendimiento y sus componentes en zapallo Cucurbita moschata Duch. *Ex poir. Rev. Fac. Nal. Agr.* 59 (1), 3089-3103. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24291>
- Fisher, K.J., Kinsey, R., Mohamath, R., Fan, T., Liang, H., Orr, M.T., Lykins, G.R., Guderian, J.A., Bakken, J., Arguila, D., Ramer-Denisoff, G., Larson, E., Qi, Y., Sivananthan, S., Smolyar, K., Carter, D., Paddon, C.J., and Fox, C.B. (2023). Semi-synthetic terpenoids with differential adjuvant properties as sustainable replacements for shark squalene in vaccine emulsions. *npj Vaccines*, 8, 14. <https://doi.org/10.1038/s41541-023-00608-y>
- Fox, C. B., and Haensler, J. (2013). An update on safety and immunogenicity of vaccines containing emulsion-based adjuvants. *Expert Rev. Vaccines*, 12(7), 747–758. <https://doi.org/10.1586/14760584.2013.811188>
- Goldschmidt, R., and Byrdwell, W.G.C. (2021). Analysis of Seven Seed Oils Containing Conjugated Fatty Acids. *Separations*, 8(4), 51. <https://doi.org/10.3390/separations8040051>
- Karrar, E., Sheth, S., Navicha, W. B., Wei, W., Hassanin, H., Abdalla, M., and Wang, X. (2019). A potential new source: Nutritional and antioxidant properties of edible oils from cucurbit seeds and their impact on human health. *Journal of food biochemistry*, 43(2), e12733. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12733>
- Li, H., Ma, X., Wang, W., Zhang, J., Liu, Y., and Yuan, D. (2023). Enhancing the accumulation of linoleic acid and

- α -linolenic acid through the pre-harvest ethylene treatment in *Camellia oleifera*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1080946. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1080946>
- Lira, R., Eguiarte, L., Montes, S., Zizumbo-Villarreal, D., Marín, P. C. G., and Quesada, M. (2016). *Homo sapiens-Cucurbita* interaction in mesoamerica: domestication, dissemination, and diversification. In *Ethnobotany of Mexico* (pp. 389-401). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_15
- Nawirska A., Biesiadac, A., Letowska, A., and Kucharska, A. (2013). Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food Chemistry* 139(1-4), 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.009>
- Ordóñez N. G. A., Ortiz, G. S., Valdés, R. M. P. y Vallejo, C. F. A. (2014). Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas. *Acta Agron.* 63(2), 175-180. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40026>
- Ortiz, S., Pasos, S.C., Rivas, X.C., Valdés, R.M.P. y Vallejo, C.F.A. (2009). Extracción y caracterización del aceite de semillas de zapallo. *Acta agronómica*, 58(3), 145-141.
- Ortiz, S., Bastidas, V., Ordoñez, G., Valdés, M. P., Vallejo F. and Baena, D. (2014). Inbreeding and Gene Action in Butter-nut Squash (*Cucurbita moschata*) Seed starch Content. *Rev. Fac. Nal. Agr.* 67(1), 7169-7175. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42634>
- Ortiz-Grisales, S., Valdés, M.P., y Vallejo-Cabrera, F.A. (2020). Efecto de la endocría sobre habilidad combinatoria del rendimiento y calidad en zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 23(1), e1176 <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1176>
- Paramasivan, K., and Mutturi, S. (2022). Recent advances in the microbial production of squalene. *World J Microbiol Biotechnol*, 38(5), 91. <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03273-w>
- Paris, H.S. (2016). Genetic Resources of Pumpkins and Squash, *Cucurbita* spp. In: Grumet, R., Katzir, N., Garcia-Mas, J. (eds) *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models*, 20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/7397_2016_3
- Posert, R., and Bacongus, I. (2023). Apia: Simpler chromatography analysis and visualization. *PLoS One*. 18(1), e0280255. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280255>
- Restrepo, J., Vallejo, F. y Restrepo, E. (2018). Heterosis del rendimiento y peso promedio de fruto en función de la endogamia en *Cucurbita moschata* Duch. ex Poir. *Agronomía Colombiana*, 36(1), 5-12. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n1.66312>

- Santa-María, C., López-Enríquez, S., Montserrat-de la Paz, S., Geniz, I., Reyes-Quiroz, M.E., Moreno, M., Palomares, F., Sobrino, F., and Alba, G. (2023). Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid. *Nutrients*, 15(1), 224. <https://doi.org/10.3390/nu15010224>
- Singh, S. K., Singh, S. V., and Srivastava, J. P. (2015). Studies on heterosis and inbreeding depression in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Agriways*, 3(2), 107-111.
- Taha, A.Y. (2020). Linoleic acid—good or bad for the brain? *npj Sci Food*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0061-9>
- Tańska M., Ogrodowska, D., Bartoszewski, G., Korzeniewska, A., and Konopka, I. (2020). Seed Lipid Composition of New Hybrids of Styrian Oil Pumpkin Grown in Poland. *Agronomy*. 10(8), 1104. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081104>
- Türkmen, Ö., Özcan, M. M., Seymen, M., Paksoy, M., Uslu, N., and Fidan, S. (2017). Physico-chemical properties and fatty acid compositions of some edible pumpkin seed genotypes and oils. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 23(4), 229-235.
- Valdés, R.M.P., Ortiz, G.S., Vallejo, C.F.A. y Baena, G.D. (2014). Variabilidad en frutos y semillas de *Cucurbita moschata* Duch. y *Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia* L.H. Bailey Merrick, and D.M. Bates. *Acta Agronómica* 63(2), 282-293. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.41052>
- Vigor, C., Züllig, T., Eichmann, T.O., Oger, C., Zhou, B., Rechberger, G.N., Hilsberg, L., Trötz Müller, M., Pellegrino, R.M., Alabed, H.B.R., Hartler, J., Wolinski, H., Galano, J.M., Durand, T., and Spener, F. (2022). α -Linolenic acid and product octadecanoids in Styrian pumpkin seeds and oils: How processing impacts lipidomes of fatty acid, triacylglycerol and oxylipin molecular structures. *Food Chem.*, 371(1), 131194. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131194>
- Yang, Z.H., Nill, K., Takechi-Haraya, Y., Playford, M.P., Nguyen, D., Yu, Z.X., Pryor, M., Tang, J., Rojulpote, K.V., Mehta, N.N., Wen, H., and Remaley, A.T. (2022). Differential Effect of Dietary Supplementation with a Soybean Oil Enriched in Oleic Acid versus Linoleic Acid on Plasma Lipids and Atherosclerosis in LDLR-Deficient Mice. *Int. J. Mol. Sci.*, 23(15), 8385. <https://doi.org/10.3390/ijms23158385>
- Zhang, J., González, E., Hestilow, T., Haskins, W., and Huang, Y. (2009). Review of peak detection algorithms in liquid-chromatography-mass spectrometry. *Curr Genomics*. 10(6), 388-401. <https://doi.org/10.2174/138920209789177638>

■ **Conflicto de intereses**
*Los autores declaran no tener
ningún conflicto de intereses.*



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.

