

---

ÁREA AGRÍCOLA  
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 Restrepo**  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD,  
Colombia  
magda.valdes@unad.edu.co

**Ginna Alejandra Ordoñez Narváz**  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia  
ginna.ordonez@unad.edu.co

**Sanín Ortiz Grisales**  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia  
sortizg@unal.edu.co

**Revista de Investigación Agraria y Ambiental**  
vol. 15, núm. 2, p. 113 - 129, 2024  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia  
ISSN: 2145-6097  
ISSN-E: 2145-6453  
Periodicidad: Semestral  
riaa@unad.edu.co

Recepción: 15 Junio 2023  
Aprobación: 05 Noviembre 2023  
Publicación: 14 Junio 2024

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.6908>

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1305027005/>

**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<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>, 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<sub>1</sub> a S<sub>2</sub>, no presentaron DE en el carácter EE y al pasar de la generación S<sub>2</sub> a la generación S<sub>3</sub>, 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., S<sub>1</sub>, and S. 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 number 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. to S., they did not have ID in the EE character, and when passing from generation S. to S., 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



autores.

## 1. INTRODUCCIÓN

El zapallo *Cucurbita moschata* Duchesne, tradicionalmente ha sido domesticado 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 alogama, no es evidente la depresión asociada a la endogamia para los caracteres de valor agronómico (Ortiz et al., 2020). La diversificación de esta especie 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 alrededor 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° 30' 26.8" Latitud norte y 76° 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
	129	42.43
	142	44.27
Centro América	144	37.39
	136	39.69
	160	46.43

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 octaneo); 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 endocría, 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 endocría 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	

autores

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

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 generación 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
<b>308</b>	DE <sub>0-1</sub>	20.4*	40.2*	22.4*	15.4*
	DE <sub>1-2</sub>	-4.5ns	12.8*	15.4*	2.4ns
<b>129</b>	DE <sub>0-1</sub>	-33.9*	-25.5*	-27.8*	-11.8*
	DE <sub>1-2</sub>	24.2	29.6*	17.8*	44.4*
<b>142</b>	DE <sub>0-1</sub>	31.4	9.1ns	36.0*	-52.8**
	DE <sub>1-2</sub>	-29.9*	16.8*	1.7ns	-9.9ns
<b>144</b>	DE <sub>0-1</sub>	7.5	38.3*	28.3*	21.7*
	DE <sub>1-2</sub>	-27.5*	31.7*	-28.7*	-15.8*
<b>136</b>	DE <sub>0-1</sub>	37.6	40.2*	28.1*	6.3ns
	DE <sub>1-2</sub>	-31.8*	-2.8ns	5.7ns	15.2*
<b>160</b>	DE <sub>0-1</sub>	-5.8ns	31.6*	14.9*	33.1*
	DE <sub>1-2</sub>	-20.8*	-3.9ns	-14.9*	6.3ns

autores

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

### 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	Ácido Eicosanoico
16	36,46	0,16	Ácido Behénico	Saturado	Docosanoico
17	43,87	0,26	Ácido escualeno	C30H50	Tetracosahexano

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 tarde 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 genotipos 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.

## 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  $\alpha$ -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](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_15)
- Nawirska A., Biesiadac, A., Łętowska, A., and Kucharskaa, 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 Butternut 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 endocria sobre habilidad combinatoria del rendimiento y calidad en zapallo (*Cucurbitamoschata* 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](https://doi.org/10.1007/7397_2016_3)
- Posert, R., and Bacongus, I. (2023). Appia: 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., Ogródowska, 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 *Cucurbitaargyrosperma* 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).  $\alpha$ -Linolenic acid and product octadecanoids in Styrian pumpkin seeds and oils: How processing impacts lipidomes of fatty acid, triacylglycerol and oxylipin molecular structures. *FoodChem.*, 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>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

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

**CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA:** Magda Piedad Valdés Restrepo: investigación, análisis de datos, escritura, revisión y edición. Ginna Alejandra Ordoñez Narváez: metodología, investigación, conceptualización, análisis de datos, escritura. Sanín Ortiz Grisales: logística, revisión y edición.

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## ENLACE ALTERNATIVO

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6908> (html)

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6908/7041> (pdf)



**Disponible en:**

<http://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/130/1305027005/1305027005.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe,  
España y Portugal  
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la  
naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Magda Piedad Valdés Restrepo,  
Ginna Alejandra Ordoñez Narváez, Sanín Ortiz Grisales  
**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

*Revista de Investigación Agraria y Ambiental*  
vol. 15, núm. 2, p. 113 - 129, 2024  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia  
[riaa@unad.edu.co](mailto:riaa@unad.edu.co)

**ISSN:** 2145-6097

**ISSN-E:** 2145-6453

**DOI:** <https://doi.org/10.22490/21456453.6908>

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/about>



**CC BY-NC-SA 4.0 LEGAL CODE**

**Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.**