



Perfil de ácidos grasos en semilla de judía (*P. vulgaris* L.)

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos. roberto.rodriguezmadrera@asturias.org

ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. anamaria.campanegrillo@asturias.org

MARCOS BUENO ARCE. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. marcos.buenoarce@asturias.org

JUAN JOSÉ FERREIRA FERNÁNDEZ. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de genética Vegetal. juanjose.ferreira@asturias.org

La faba o judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes a nivel mundial para el consumo humano. Es una especie muy diversa para diferentes caracteres como morfología de la semilla, composición química o morfología de planta. Su origen se localiza en el continente americano, donde ha sido domesticada en tiempos precolombinos en dos acervos genéticos principales: Andino y Mesoamericano. Ambos acervos genéticos fueron introducidos y diseminados por Europa llegando a generar una nueva diversidad con diferentes niveles de introgresión entre ambos acervos (formas intermedias).

Nutricionalmente las semillas de *P. vulgaris* destacan por su alto contenido de proteínas, carbohidratos, minerales y compuestos bioactivos como fibra y antioxidantes. Por el contrario, el contenido en grasa es bajo (~2 %), aunque esta fracción lipídica resulta especialmente interesante por ser una fuente, entre otros, de ácidos grasos (AG) esenciales como el linoleico (omega-6) y el α -linolénico (omega-3).

El SERIDA mantiene un panel de diversidad constituido por 308 líneas de judía que representan la principal diversidad de esta especie a nivel español: Panel de Diversidad Español o



Spanish Diversity Panel (SDP, Campa y col. 2018). Este Panel ha sido sometido a caracterizaciones morfológicas, agronómicas, genéticas y físico-químicas en diferentes proyectos de investigación (AGL2017-87050-R, PID2021-123919OB-I00) que ha sido publicado en distintos artículos científicos (Campa y col. 2018; Rodríguez Madrera y col. 2020a, 2020b y 2021). En este artículo se resumen los resultados de la caracterización del SDP para el contenido de AG (Rodríguez Madrera y col 2024; Campa y col 2025).

Materiales y métodos

Se utilizaron 172 líneas del SDP, incluyendo líneas derivadas de variedades locales y élite para consumo de semilla y vaina fresca (fréjoles). Según los datos de Campa y col. (2018), se indica el acervo genético en el que se incluye cada una de las líneas (Andino, Mesoamericano o Intermedio). El material analizado incluye 65 líneas de origen Andino, 51 líneas de origen Mesoamericano y 56 líneas de origen Intermedio o recombinantes entre ambos acervos genéticos, que fueron cultivadas en los años 2018 y 2023 en las instalaciones del SERIDA en Villaviciosa. Las semillas secas se mantuvieron a -20°C , al vacío, hasta el momento de su análisis.

La derivatización, extracción y análisis de los AG se realizó según se descri-

be en Rodríguez Madrera y col (2024). Para ello, se molieron y se tamizaron 50 g de semilla por variedad (tamiz n° 18). Los AG de la harina (0,15 g) se derivatizaron a sus correspondientes derivados metílicos en tubos de centrifuga en presencia de 2 mL de cloruro de acetilo (5% en metanol), 1 mL de hexano y 50 μL de una disolución de ácido nonadecanoico (4 mg/mL en metanol). Los tubos se calentaron a 100°C durante 60 min. Al cabo de este tiempo, los tubos se enfriaron en un baño de hielo, se añadieron 2 mL de agua destilada, se centrifugaron y se tomó una alícuota de la fase orgánica para su análisis por cromatografía de gases.

La existencia de diferencias significativas entre cosechas y acervos genéticos se evaluó mediante un análisis de varianza de dos factores. Para establecer diferencias significativas entre los acervos genéticos se aplicó el test de Duncan.

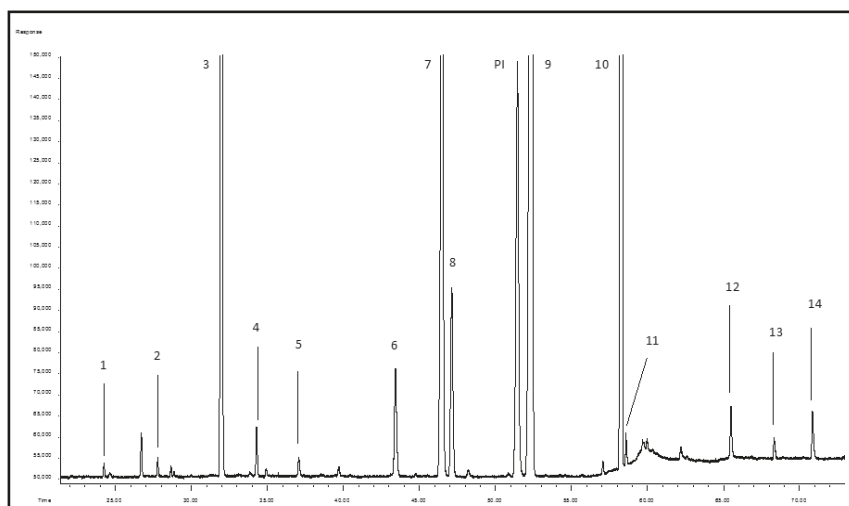
Resultados

En la Tabla 1 se resume el contenido de los principales AG para la muestra de 172 líneas del SDP. Una información más detallada del perfil de AG para cada línea está disponible en el enlace Campa y col (2025; <https://zenodo.org/records/17098041>).

Se identificaron un total de 14 AG (Figura 1), 9 de ellos saturados (AGS): ácido mirístico, ácido pentadecanoico, ácido palmítico, ácido margárico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido behénico, ácido tricosanoico y ácido lignocérico, y 5 insaturados (AGI): ácido palmitoleico, ácido oleico, ácido cis-vaccénico, ácido linoleico y ácido linolénico. Desde un punto de vista cuantitativo, todas las líneas concentraron el 95% del total de AG en seis principales: linolénico, linoleico, palmítico, oleico, esteárico y cis-vaccénico. El resto de AG identificados contribuyeron con menos del 1 % al total, por lo que su aportación en el perfil lipídico de la especie es poco relevante (Figura 2).



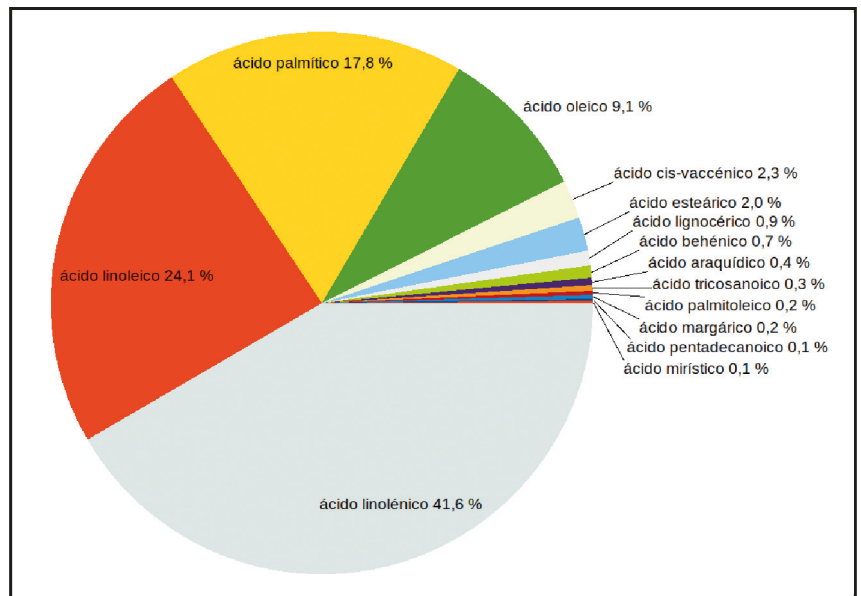
Figura 1. Cromatograma característico del perfil de ácidos grasos en un extracto de semilla de *P. vulgaris*. 1: Misistato de metilo; 2: Pentadecanoato de metilo; 3: Palmitato de metilo; 4: Palmitoleato de metilo; 5: Margarato de metilo; 6: Estearato de metilo; 7: Oleato de metilo; 8: cis-Vaccenato de metilo; 9: Linoleato de metilo; 10: Linolenato de metilo; 11: Arachidato de metilo; 12: Behenato de metilo; 13: Tricosanato de metilo; 14: Lignocerato de metilo; IS: Estandar interno (nonadecanoato de metilo).



Los AGI representaron la mayor parte de los AG totales (72–80%), siendo a su vez los poliinsaturados (AGPI, linoleico y linolénico) la fracción más importante (54–72%) frente a los monoinsaturados, (AGMI, 5–23%). En la Figura 3 se muestra el contenido centesimal promedio de AGS, AGMI y AGPI en la especie. Además, hay que destacar la preponderancia del ácido linolénico (omega-3) frente al linoleico (omega-6), resultando una relación omega-6/omega-3 muy baja, con valores que oscilaron entre 0,23 y 1,37. Desde un enfoque nutricional, el aporte de AGPI con baja relación omega-6/omega-3 resulta beneficioso al promover la salud cardiovascular, cerebral, y reducir la inflamación. Muchas de las enfermedades crónicas modernas se asocian con dietas con un consumo excesivo de omega-6 y una baja ingesta de omega-3 (Wang y col 2023; Kaur y col 2021; Marianetu y col 2021).

Desde el punto de vista de la variabilidad entre líneas cabe señalar la influencia del acervo genético (Andino, Mesomericano, Intermedio) tanto en el contenido total de AG del panel (entre 11 y 26 mg/g) como para los principales AG que lo constituyen, destacando la alta variabilidad observada entre líneas, de casi un orden de magnitud, para el contenido de ácido linoleico, entre 1,78 y 9,22 mg/g, y ácido oleico, entre 0,45 y 3,95 mg/g (Tabla 1).

Respecto al acervo genético de las líneas que forman el SDP, el grupo de origen Mesoamericano presentó niveles más elevados de los ácidos palmítico, esteárico, linoleico y linolénico, y, en promedio, un mayor nivel de AG totales. Esto sugiere que dicho acervo puede aportar alelos favorables para aumentar el contenido total de AG y, concretamente, de AGPI; por otro lado, el grupo de origen Andino se caracterizó por mayores niveles relativos de ácido cis-vaccénico y, en general, por relaciones omega-6/omega-3 más bajas que las del grupo Mesoamericano. Por lo que respecta al grupo Intermedio, se detectaron valores intermedios o cercanos al Andino para la mayoría de los AG (Tabla 1).



Por último, hay que señalar que se detectaron diferencias significativas entre años de cultivo (2018 vs 2023) para los ácidos esteárico, oleico y linolénico, lo que confirma la influencia de condiciones ambientales sobre la composición lipídica. Sin embargo, la interacción acervo genético × año no fue significativa y la heredabilidad en sentido amplio (H^2) fue alta para los principales AG (linoleico $H^2 \approx 0,87$; linolénico $H^2 \approx 0,82$; oleico $H^2 \approx 0,80$; cis-vaccénico $H^2 \approx 0,86$; palmítico $H^2 \approx 0,74$). Una heredabilidad alta indica un elevado componente genético en la expresión de estos caracteres, lo que ofrece la posibilidad de incrementar el contenido mediante programas de mejora genética. Además, alrededor del 60 % de las



Figura 2. Composición centesimal promedio de ácidos grasos en las semillas analizadas del Spanish Diversity Panel.

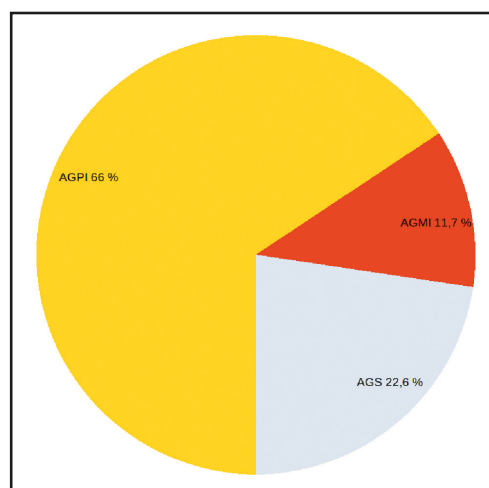


Figura 3. Composición centesimal promedio de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) en las semillas analizadas del Spanish Diversity Panel.

		Ácido palmítico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido cis-vaccénico	Ácido linoleico	Ácido linolénico	AGT	AGS	AGI	AGMI	AGPI	ω -6/ ω -3
Panel SPD (n=172)	promedio	2,88	0,33	1,48	0,37	3,90	6,74	16,20	3,67	12,53	1,89	10,64	0,59
	máximo	4,50	0,75	3,95	0,55	9,22	9,26	25,76	6,14	19,85	4,38	17,38	1,37
	mínimo	2,09	0,18	0,45	0,21	1,78	4,33	11,22	2,62	8,60	0,77	7,48	0,23
Acervo genético													
Andino (n=65)	promedio	2.77 ^a	0.29 ^a	1.43	0.38 ^b	3.53 ^a	6.81 ^b	15.69 ^a	3.49 ^a	12.2 ^a	1.86	10.34 ^a	0.52 ^a
	máximo	3.38	0.56	3.80	0.51	5.54	8.76	19.72	4.50	15.68	4.18	13.73	0.89
	mínimo	2.09	0.18	0.52	0.28	1.78	5.09	11.22	2.62	8.60	0.85	7.54	0.23
Mesoamericano (n=51)	promedio	3.09 ^b	0.37 ^c	1.56	0.33 ^a	4.57 ^b	6.83 ^b	17.28 ^b	3.95 ^c	13.33 ^b	1.93	11.4 ^b	0.7 ^b
	máximo	4.35	0.71	3.95	0.47	8.30	9.26	25.46	5.61	19.85	4.38	15.47	1.37
	mínimo	2.45	0.22	0.66	0.21	1.97	4.33	13.63	3.10	10.12	1.00	8.37	0.25
Mixto (n=56)	promedio	2.81 ^a	0.35 ^b	1.47	0.39 ^b	3.71 ^a	6.58 ^a	15.81 ^a	3.62 ^b	12.19 ^a	1.90	10.28 ^a	0.57 ^a
	máximo	4.50	0.75	2.79	0.55	9.22	8.84	25.76	6.14	19.61	3.18	17.38	1.13
	mínimo	2.24	0.19	0.45	0.25	1.82	4.76	12.37	2.92	9.20	0.77	7.48	0.29
Año de cultivo													
2018 (n=172)	promedio	2.86	0.36 ^b	1.58 ^b	0.38	3.80	6.62 ^a	16.11	3.69	12.42	2.00 ^b	10.42	0.59
	máximo	3.89	0.71	3.80	0.53	7.57	8.95	22.17	5.25	16.93	4.18	15.33	1.37
	mínimo	2.24	0.19	0.49	0.21	1.86	4.33	12.37	2.91	9.20	0.79	7.48	0.23
2023 (n=172)	promedio	2.89	0.31 ^a	1.38 ^a	0.36	3.99	6.87 ^b	16.29	3.65	12.64	1.79 ^a	10.86	0.59
	máximo	4.50	0.75	3.95	0.55	9.22	9.26	25.76	6.14	19.85	4.38	17.38	1.37
	mínimo	2.09	0.18	0.45	0.24	1.78	4.76	11.22	2.62	8.60	0.77	7.54	0.25
Acervo genético x Año de cultivo		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Heredabilidad, H²		0.74	0.79	0.80	0.86	0.87	0.82	0.76	0.78	0.75	0.78	0.75	0.93

AGT: Ácidos grasos totales; AGS: Ácidos grasos saturados; AGI: Ácidos grasos insaturados; AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados. Diferentes letras indican diferencias significativas (p < 0.05). n.s.: no significativo. n: número de líneas.



Tabla 1. Contenido de los principales ácidos grasos en el panel en judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la muestra de 172 líneas del panel SDP, según acervo genético y año de cosecha. (expresado en mg/g) y heredabilidad en sentido amplio

muestras ubicadas en el primer cuartil y el 50 % en el cuarto cuartil se mantuvieron entre años, lo que refuerza la heredabilidad moderada-alta observada para el contenido total de AG (Tabla 1).

En resumen, la información reunida contribuye una base de datos robusta sobre las características nutricionales de la especie, permitiendo la identificación de líneas de *P. vulgaris* con mayor interés nutricional tanto para el consumo directo como en la formulación de productos alimenticios. El perfil de AG de la especie se puede considerar definido por 6 AG que representan más del 95% de total: 4 de ellos son AGI (ácidos linoleico, linolénico, oleico y cis-vaccénico) y 2 AGS (ácidos palmítico y esteárico). Además, desde un punto de vista nutricional, cabe destacar la presencia de dos AG esenciales, ácidos linolénico y linoleico y la baja relación omega-6/omega-3. Estas características pueden resultar especialmente interesantes en dietas vegetaria-

nas o de baja ingesta de pescado. Por otro lado, la variabilidad genética observada en la especie, junto con la elevada heredabilidad de los perfiles analizados, proporciona una base de datos robusta que puede emplearse para optimizar la calidad lipídica de la semilla.

Agradecimientos

Información generada por el proyecto PID2021-123919OB-I00 y financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER “Una manera de hacer Europa”.

Bibliografía

CAMPA A, MURUBE E, FERREIRA JJ. Genetic diversity, population structure, and linkage disequilibrium in a Spanish common bean diversity panel revealed through genotyping-by-sequencing. *Genes* 2018, 9 (11):518.

CAMPA A, FERREIRA JJ, RODRÍGUEZ MADRERA R. Seed fatty acid profile in 172 common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines from the Spanish Diversity Panel (DATASET1). 2025. <https://zenodo.org/records/17098041>.

KAUR N, CHUGH V, GUPTA AK. Essential Fatty Acids as Functional Components of Foods- a Review. *J. Food Sci. Technol.* 2014, 51, 2289–2303.

MARIAMENATU AH, ABDU EM. Overconsumption of Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs) versus Deficiency of Omega-3 PUFAs in Modern-Day Diets: The Disturbing Factor for Their “Balanced Antagonistic Metabolic Functions” in the Human Body. *J. Lipids* 2021, 8848161, 1–15.

RODRÍGUEZ MADRERA R, SUÁREZ VALLES B, FERREIRA FERNÁNDEZ JJ.. Development and validation of ultrasound assisted extraction (UAE) and HPLC-DAD method for determination of polyphenols in dry beans (*Phaseolus vulgaris*), *Journal of Food Composition and Analysis* 2020a, 85:103334. doi:10.1016/j.jfca.2019.103334.

RODRÍGUEZ MADRERA R, CAMPA NEGRILLO A, SUÁREZ VALLES B, FERREIRA FERNÁNDEZ JJ. Characterization of extractable phenolic profile of common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) in a Spanish diversity panel. *Food Res Int.* 2020b, 138 :109713. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109713.

RODRÍGUEZ MADRERA R, CAMPA NEGRILLO A, SUÁREZ VALLES B, FERREIRA FERNÁNDEZ JJ. Phenolic Content and Antioxidant Activity in Seeds of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Foods.* 2021, 10:864. doi: 10.3390/foods10040864.

RODRÍGUEZ MADRERA R, CAMPA NEGRILLO A, FERREIRA FERNÁNDEZ JJ. Fatty Acids in Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): A Contribution to Their Analysis and

the Characterization of a Diversity Panel. *Foods.* 2024, 13, 2023. doi:10.3390/foods13132023.

WANG Q, ZHANG H, JIN Q, WANG, X. Effects of Dietary Plant-Derived Low-Ratio Linoleic Acid/Alpha-Linolenic Acid on Blood Lipid Profiles: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Foods* 2023, 12, 3005.

