

ALMENDRO DE SECANO CONVENCIONAL VS. ECOLÓGICO: *implicaciones en la calidad del fruto*

La necesidad de mejorar y mantener la sostenibilidad de los agroecosistemas para asegurar la producción, minimizar los impactos ambientales y mejorar la salud del suelo es ampliamente reconocida en la actualidad. La producción ecológica es una de las estrategias que pueden emplearse para mitigar las repercusiones ambientales negativas de la agricultura convencional. En el presente estudio se compara el impacto de los sistemas de producción convencional y ecológico en la productividad y en la calidad del fruto de dos variedades de almendro (Marcona y Desmayo Largueta), cultivadas en condiciones de secano.

B. CÁRCELES RODRÍGUEZ¹, L. LIPAN², V.H. DURÁN ZUAZO¹, M. SORIANO RODRÍGUEZ³, E. SENDRA²,
AA CARBONELL-BARRACHINA², F. HERNÁNDEZ², B. GÁLVEZ RUIZ¹, J.F. HERENCIA GALÁN⁴,
I.F. GARCÍA-TEJERO⁴

¹ IFAPA Centro “Camino de Purchil”

² Grupo de Investigación “Calidad y Seguridad Alimentaria”, Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández,

³ Departamento de Agronomía, Universidad de Almería

⁴ IFAPA Centro “Las Torres”

La agricultura mediterránea de secano se caracteriza por someter a los cultivos a un estrés hídrico elevado, particularmente durante los períodos con alta demanda de evaporación, lo que induce a la obtención de bajos rendimientos (Meerkerk *et al.*, 2008). Los frutales leñosos de secano representan un alto porcentaje de las tierras de cultivo en la región mediterránea, con plantaciones que generalmente son monocultivos de baja densidad de plantación, tamaños de copa controlados mediante la poda y el uso del laboreo

para prevenir el desarrollo de malezas y fomentar la infiltración del agua de lluvia. Cherlet *et al.* (2013) estimaron una disminución de alrededor del 12% en la productividad de los cultivos frutales debido a la degradación del suelo agrícola en Europa, durante el período comprendido entre 1982 y 2010.

El almendro [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] es un cultivo muy extendido en España con una superficie de 765.036 ha, de las cuales un 76,4% son en secano (ESYRCE, 2023). La mayoría de estos almendros de secano están situados en áreas marginales de

laderas, donde el deterioro del suelo y la erosión son los problemas ambientales más importantes (Durán *et al.*, 2008) (**Figura 1**). Son plantaciones en terrenos de escasa fertilidad, con bajos aportes de insumos y pocos cuidados culturales; lo que hace que se obtengan bajos rendimientos (350-400 kg/ha) (Arquero, 2013).

Las prácticas convencionales requieren el laboreo del suelo, y aportes importantes de fertilizantes y pesticidas químicos para incrementar los rendimientos, con el efecto secundario de los riesgos ambientales asociados. Por el contrario, la agricultura ecológica

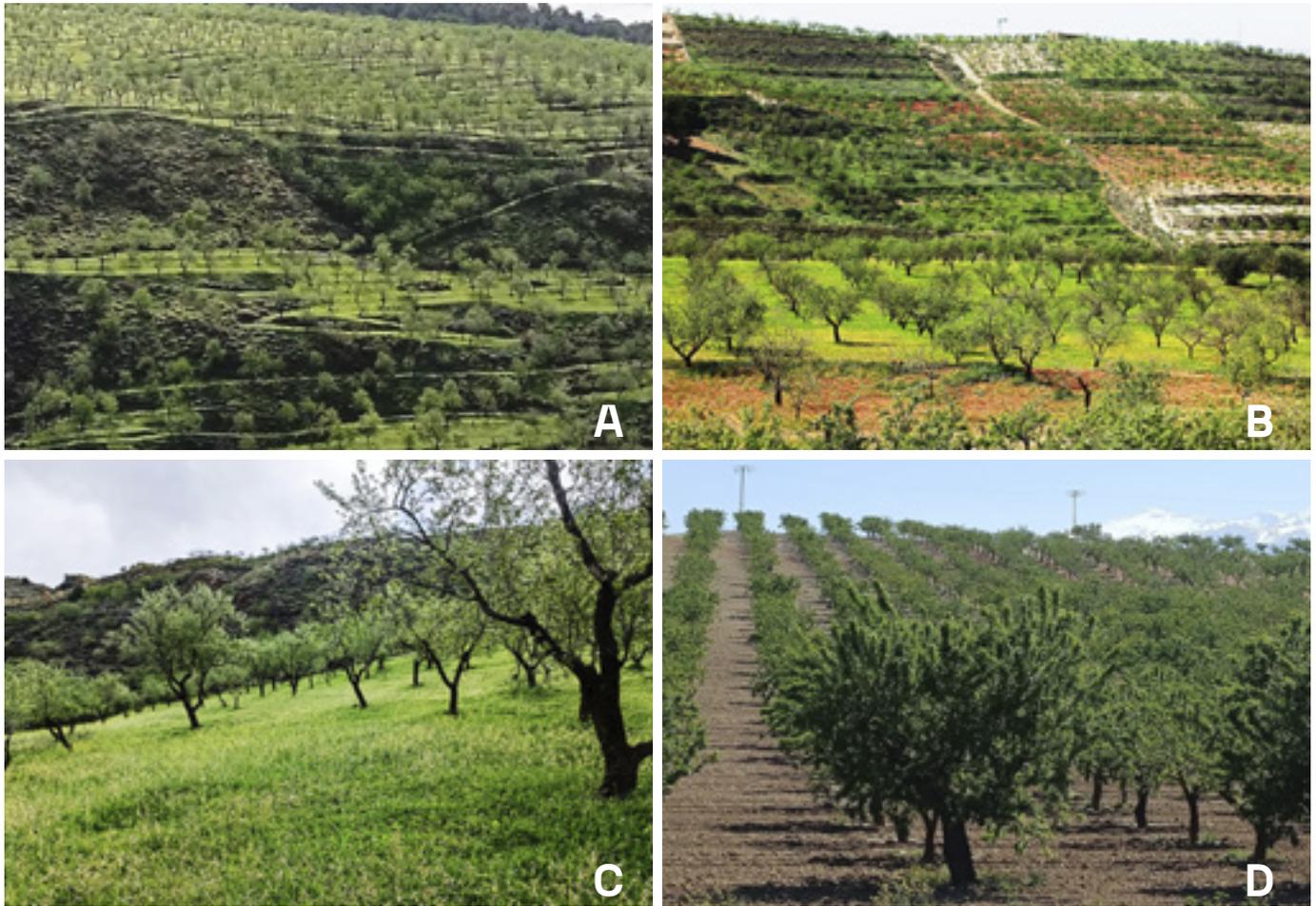


FIGURA 1
Plantaciones de almendro en terrenos con fuertes pendientes y secano (A y B) con sistemas de producción ecológico (C) y convencional (D)

puede reducir los impactos ambientales desfavorables al no aplicar insumos sintéticos. De acuerdo con el MAPA (2022), la superficie de almendra certificada bajo sistema ecológico en España es de más de 246.000 ha, concentrándose el 43% de esta superficie en Andalucía, región con un 25% de la producción nacional de almendra ecológica.

El principal factor que ha aumentado el interés de los agricultores por el sistema de cultivo ecológico es la posibilidad de mejorar la rentabilidad de sus plantaciones. Esto está motivado por una demanda creciente de estos productos alimenticios (EC, 2023), un precio más alto en comparación con la almendra convencional y el hecho de que para los países que

lideran la producción mundial, Estados Unidos y Australia, es difícil aplicar sistemas ecológicos (Aznar *et al.*, 2016).

Existen numerosos estudios sobre la composición de las almendras, que muestran que poseen un alto contenido de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud (ácidos grasos, aminoácidos, proteínas, carbohidratos, antioxidantes, fibras dietéticas, vitaminas, etc.). Sin embargo, existen pocos estudios previos en la literatura que comparen las características de calidad en términos de la composición nutricional de las almendras producidas bajo los sistemas de producción ecológico y convencional.

El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de los sistemas de

producción convencional y ecológico sobre el rendimiento y la calidad de la almendra de dos cultivares (Marcona y Desmayo Largueta), cultivados en secano en laderas marginales de las regiones mediterráneas del sureste español.

Materiales y métodos

- Localización y características de la parcela experimental

El trabajo se llevó a cabo durante cinco años en una plantación de almendros ubicada en Lanjarón (Granada), (coordenadas UTM X = 456.720,423; Y = 4.083.607,192) (Figura 2). El clima es mediterráneo con temperaturas medias anuales de 15°C y precipitaciones de 480 mm.

El suelo es un *Typic xerorthens*, de textura franco arenosa con 580, 250 y 170 g/kg de arena, limo y arcilla, respectivamente; suelo de pH promedio 7,54 (1:2,5) y densidad aparente de 1,34 g/cm³. Los contenidos de carbono orgánico del suelo y N total de 8,3 y 0,84 g/kg, P extraíble (Olsen) y K disponible de 4,3 y 119,1 mg/kg, respectivamente.

Las parcelas de estudio con almendros de secano y marco de plantación de 7×7 m (~200 árboles/ha) de dos de las variedades más cultivadas en España, Desmayo Largueta (D. Largueta, en adelante) y Marcona. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones por sistema (convencional y ecológico); donde se usaron los cuatro árboles centrales de cada parcela monitorizada para

evaluar la producción de almendras. Las parcelas ecológicas se cultivaron con cubiertas vegetales de leguminosas y las convencionales con laboreo y sin cubiertas vegetales (**Figura 2**). Las prácticas culturales empleadas en cada sistema de producción se resumen en la **Tabla 1**. Para la determinación de los parámetros de calidad, el último año de estudio se tomó una muestra compuesta de 3 kg de almendras con cáscara de los árboles centrales de cada parcela experimental.

- Determinaciones analíticas

Se determinaron en el laboratorio el contenido en ácidos grasos, el contenido en polifenoles y la actividad antioxidante, como propiedades más importantes de la composición nutricional de las almendras. Para todas

las variables analizadas, los análisis se realizaron por triplicado mostrándose el valor promedio.

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Lipan *et al.* (2019), separándose éstos mediante cromatografía de gases. El contenido total de polifenoles (CTP) se determinó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Gao *et al.*, 2000). Por otro lado, la actividad antioxidante de las almendras se midió mediante tres procedimientos convencionales: ABTS•+, DPPH• y FRAP según Benzie y Strain (1996).

- Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de la varianza de dos vías, considerando como factores al sistema agrícola y

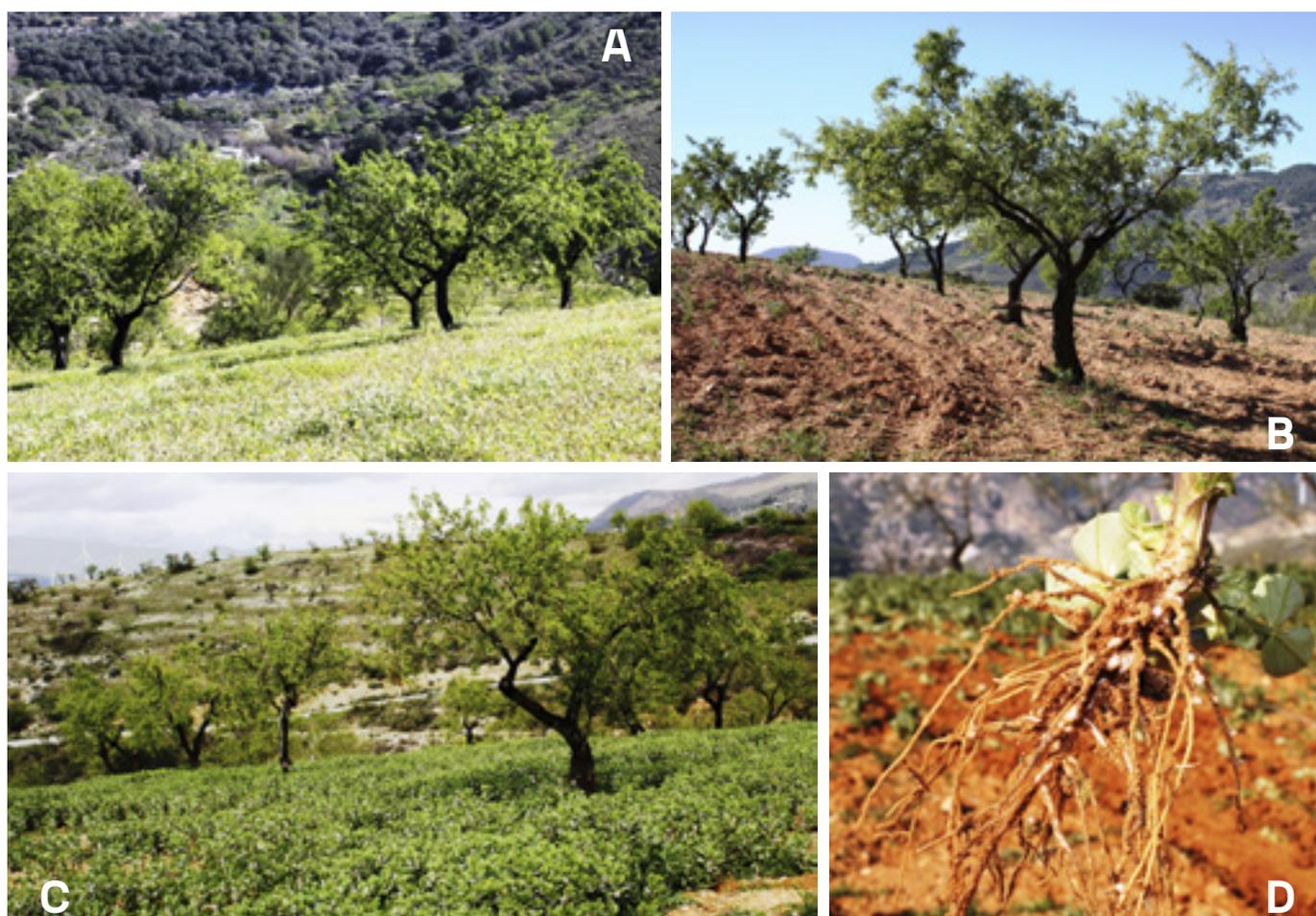


FIGURA 2 Parcelas sistema convencional antes (A) y después del labrado (B), y de sistema ecológico con cubiertas de leguminosa (C) con nódulos radiculares de *Rhizobium* en plantas de *Vicia faba* (D).



infoAgro EXHIBITION

El epicentro de negocios del productor agrícola

V Feria Internacional de Agricultura Intensiva

21, 22 y 23 MAYO 2025



Palacio de Congresos
de **Aguadulce, Almería**



www.infoagroexhibition.com

cultivar, y luego los datos se sometieron a una prueba de rangos múltiples de Tukey utilizando el software XLS-TAT Premium 2016.

Resultados y discusión

- Producción

La **Figura 3** muestra el rendimiento de los dos cultivares estudiados en los sistemas de producción ecológico y convencional.

La producción promedio para el cv. D. Largueta fue de 272 kg/ha en el sistema convencional y de 251 kg/ha en el ecológico. Para el cv. Marcona la producción fue de 228 y 214 kg/ha en el sistema convencional y ecológico, respectivamente. Los bajos rendimientos obtenidos coinciden con los de Arquero (2013) para almendros de secano en áreas marginales de Andalucía. Las escasas precipitaciones son uno de los principales determinantes de la productividad en los almendros de secano. Así, la mayoría de las plantaciones del país están situadas en terrenos marginales de secano, con menos de 300 mm de precipitaciones anuales y con bajos rendimientos que no superan los 100 kg de grano por hectárea (Miarnau *et al.*, 2018).

La alta variabilidad observada en términos de rendimiento entre campañas podría atribuirse a la vecería, que es un comportamiento típico de los almendros de secano en la región mediterránea (Durán *et al.*, 2008; Arrobas *et al.*, 2019)

- Actividad antioxidante

Los resultados de la actividad antioxidante (AA) y el contenido fenólico total (CFT) se muestran en la **Tabla 2**. El sistema ecológico incrementó la actividad antioxidante para DPPH•, siendo mayor para el cv. Marcona que D. Largueta, mientras que la interacción entre sistema de producción y cultivar mostró que el primero solo afectó al cv. D. Largueta, lo que significa que el sistema de producción regula la actividad antioxidante, siendo dependiente del tipo de cultivar. En cuanto al contenido fenólico total (CFT) su comportamiento fue

TABLA 1

Prácticas culturales y manejo del suelo en los sistemas de producción estudiados.

MES	SISTEMA ECOLÓGICO	SISTEMA CONVENCIONAL
Enero-febrero	Ninguno	Labrado con vertedera (30 cm de profundidad del suelo)
Marzo	Aplicación fungicida (Cu oxiclóruo; 150 L/ha)**	Aplicación fungicida (Cu oxiclóruo; 150 L/ha)
Abril	Incorporación cubiertas por grada de discos (30 cm profundidad del suelo)	Labrado (20 cm de profundidad del suelo)
Abril-mayo	Tratamiento insecticida (K jabón + piretrinas; 200 L/ha)**	Tratamiento insecticida (Deltametrina 2.5% p/v; 200 L/ha)
Agosto-septiembre	Recolección	Recolección
Septiembre-octubre*	Siembra Vicia faba (150 kg/ha)	Ninguno
Octubre	Fertilización [NK (Ca) 3-9(8); 2 kg/árbol]**	Fertilización (NPK 15-15-15; 2 kg/árbol)
Octubre-noviembre	Poda/limpieza ramas secas	Poda/limpieza ramas secas

* Antes de las primeras lluvias de otoño; ** Autorizado en producción ecológica

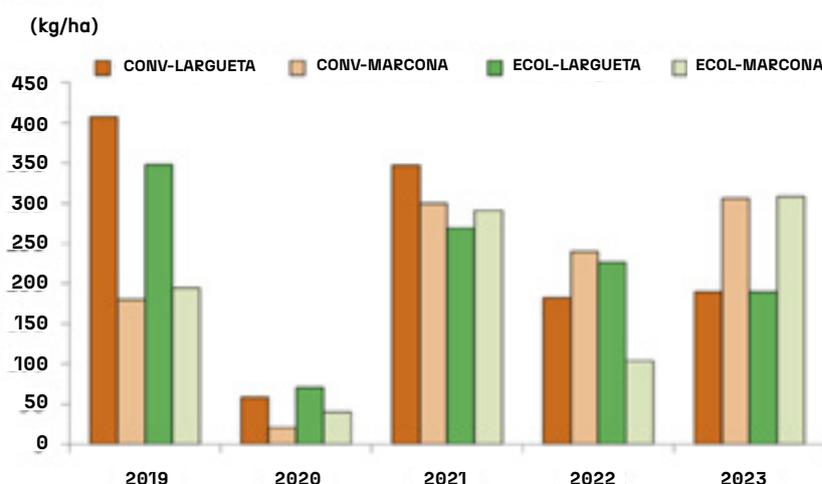


FIGURA 3

Producción de almendras cvs. Desmayo Largueta y Marcona bajo sistemas de producción convencional y ecológico durante cinco campañas.

opuesto a la actividad antioxidante, en este caso el sistema convencional incrementó los niveles del CFT. Esto significa que la agricultura ecológica podría producir otros compuestos antioxidantes distintos de los fenóles. En el caso del tipo de cultivar, se observó la misma tendencia que para la actividad antioxidante, el cv. Marcona presentó un CFT mayor en comparación con cv. D. Largueta. En la interacción entre el sistema de producción y el cultivar, se observa que el

primero sólo afectó al cv. Marcona. Es decir, la agricultura ecológica afecta positivamente al CFT, siendo dicho efecto dependiente del cultivar. Las diferencias significativas entre cultivares coinciden con otros autores, quienes afirmaron que el contenido de polifenoles de la almendra depende del genotipo (Milbury *et al.*, 2006; Bolling *et al.*, 2010). En general, los valores de la AA y CFT fueron mucho más altos que los reportados por Čolić *et al.* (2017)

Manzanares * 3 de octubre

REGRESO A Fendt Fendtgiinos 2024



Vuelve
la mayor
concentración
de tractores Fendt
de España

by

FENDT

Carretera
CM-310 km 39
Manzanares
Ciudad Real

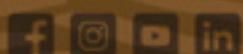
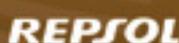
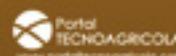
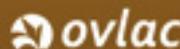


Regístrate
antes de ir
y asegúrate
un regalo
exclusivo.

Con la colaboración de:



DEFENDER



Los mejores llevan Fendt.

para el cv. Marcona en un estudio de secano en Serbia con 0,81 mmol TE/kg (DPPH) y 0,20 mg GAE/g, respectivamente. Presumiblemente, esto se debe al hecho de que los almendros de nuestro estudio se cultivaron bajo un estrés hídrico severo y con unas condiciones edafoclimáticas particulares, que pueden fomentar aumentos en el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante (Lipan *et al.*, 2020).

- Ácidos grasos

La **Tabla 3** muestra el perfil de ácidos grasos para los cultivares de almendra estudiados en los dos sistemas de producción. En todas las muestras, los ácidos oleico, linoleico y palmítico (en orden decreciente) representaron aproximadamente el 88% de las concentraciones totales de ácidos grasos. Este hecho concuerda con los resultados de otros autores (Čolić *et al.*, 2017; Summo *et al.*, 2018). El porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (MUFA y PUFA) osciló entre el 84,9% para D. Largueta convencional y el 83,7% para Marcona convencional. Este alto porcentaje de lípidos insaturados se asocia con algunos de los principales beneficios para la salud del consumo de almendras (Roncero *et al.*, 2020). Nuestros resultados mostraron un mayor contenido de ácidos grasos saturados (SFA), MUFA y PUFA para las almendras ecológicas en comparación con las convencionales.

En condiciones de secano durante el periodo de máxima demanda evapotranspirativa, los árboles de almendras están sujetos a un estrés hídrico significativo, en este sentido, existen estudios que indican que el estrés hídrico se correlaciona positivamente con los contenidos de SFA y PUFA y negativamente con MUFA (Lipan *et al.*, 2020).

Por otro lado, la relación oleico/linoleico considerada un criterio importante en la calidad de la almendra, fue mayor para ambos cultivares en el sistema de producción ecológico respecto al convencional, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas.

TABLA 2
Actividad antioxidante y el contenido fenólico total medio en almendras cvs. D. Largueta y Marcona por efecto de los sistemas de producción agrícola.

	AA			CFT
	ABTS+	DPPH•	FRAP	
SPA	(mmol Trolox / kg)			(g GAE / kg)
Ecológico	9,11	13,7a	8,04	2,51b
Convencional	8,95	10,8b	7,82	2,98a
Cultivar				
D. Largueta	9,19	11,7b	8,52	2,55b
Marcona	8,86	12,8a	7,34	2,94a
SPA × Cultivar				
Ecológico × D. Largueta	9,43	14,8a	8,26	2,56b
Convencional × D. Largueta	8,96	8,68b	8,78	2,54b
Ecológico × Marcona	8,95	12,8ab	6,85	3,41a
Convencional × Marcona	8,78	12,7ab	7,82	2,46b
	Test análisis de varianza†			
SPA	ns	*	ns	*
Cultivar	ns	*	ns	*
SPA × Cultivar	ns	*	ns	*

SPA = Sistema Producción Agrícola; ABTS++ = (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico); DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidracilhidrato); FRAP = Poder antioxidante reductor férrico; CFT = Contenido fenólico total; † ns = no significativo al p>0,05; * = significativo al p<0,05. ‡ Los valores (media de 3 réplicas) seguidos de letras diferentes, dentro de la misma columna y factor, son significativamente diferentes (p<0,05), según la prueba de mínima diferencia significativa de Tukey.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que la producción ecológica en almendros de secano en zonas marginales puede mejorar la calidad de los frutos. Específicamente, en las almendras ecológicas se observaron una mayor actividad antioxidante, un mayor contenido fenólico total y una mayor proporción de ácido oleico/linoleico que en las de producción convencional, siendo estos resultados dependientes del cultivar. Esta mejora en la calidad de la almendra de secano puede compensar las pérdidas de productividad que registra la producción ecológica respecto al sistema convencional, del 7,72% para el cv. D. Largueta y 6,14% para el cv. Marcona, particularmente si consideramos la necesidad de implementar sistemas agrícolas que garanticen la sostenibilidad de los agroecosistemas.

En zonas marginales de baja productividad, la producción ecológica de

almendras puede ser una alternativa para proteger y/o mejorar la calidad del suelo y compensar la baja producción con frutos de mayor precio en el mercado y mayor calidad nutricional.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha desarrollado en el marco de los proyectos de investigación: 1) PR.AVA23. INV202301.004 - NutResilience - Estrategias para mejorar la adaptación del cultivo del almendro a diferentes escenarios de escasez de agua y sistemas de manejo, y 2) PR.AVA23. INV202301.004 - EcoMed - Mejora de las estrategias de evaluación de la cobertura del suelo en zonas agrícolas del Mediterráneo, ambos cofinanciados con fondos FEDER 2021-2027.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

DOSIER
FRUTALES

TABLA 3
Contenido de ácidos grasos en almendras de secano de cvs. D. Largueta y Marcona por efecto de los sistemas de producción agrícola.

COMPUESTO (FAME)	SPA		CV		INTERACCIÓN SPA × CV				TEST ANÁLISIS DE VARIANZA†		
	ECOL	CONV	DL	M	ECOL × DL	CONV × DL	ECOL × M	CONV × M	SPA	CV	SPA × CV
	(g/kg m.s.)								Test rango múltiple de Tukey ‡		
C14:0 (Mirístico)	0,20a	0,16b	0,15b	0,20a	0,19a	0,11b	0,20a	0,20a	***	***	***
C15:0 (Pentadecílico)	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07	0,09	0,09	ns	ns	ns
C15:1 (cis-Pentadecanoico)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	ns	ns	ns
C16:0 Iso	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	ns	ns	ns
C16:0 (Palmitico)	23,9a	22,7b	22,0b	24,6a	24,3ab	19,8c	23,6b	25,6a	***	***	***
C16:1c7 (cis-Hexadecenoico)	0,11a	0,09b	0,10	0,10	0,12a	0,07c	0,09b	0,11ab	***	ns	***
C16:1c9 (Palmitoleico)	2,99	2,89	2,82b	3,06a	3,06a	2,57b	2,91ab	3,20a	ns	*	*
C17:0 (Margarico)	0,38	0,36	0,34b	0,40a	0,40a	0,28b	0,36ab	0,44a	ns	**	**
C17:1 (cis-Heptadecenoico)	0,74a	0,66b	0,70a	0,71a	0,81a	0,58c	0,68bc	0,74ab	**	**	**
C18:0 (Estearico)	10,9a	9,58b	8,80b	11,6a	10,0b	7,55c	11,7a	11,6a	***	***	***
C18:1t9 (Elaidico)	0,27a	0,21b	0,22b	0,26a	0,25b	0,19c	0,29a	0,23bc	***	***	***
C18:1c9 (Oleico)	121a	111b	108b	125a	119a	96,8b	124a	125a	***	***	***
C18:1n7 (cis-Vaccénico)	9,54	9,32	9,31a	9,55	9,49	9,13	9,59	9,52	ns	ns	ns
C18:2 t8c13 (Linoleaídico)	0,18	0,29	0,15a	0,31	0,19	0,12	0,17	0,46	ns	ns	ns
C18:2n6cis 9,12 (Linoleico)	57,3a	52,5b	54,3b	55,4a	59,6a	49,1b	55,1a	55,8a	**	***	**
C20:0 (Araquídico)	0,72a	0,51b	0,60b	0,64a	0,65ab	0,54b	0,79a	0,48b	*	*	*
C18:3n6c9,6,12 (γ-Linolénico)	0,09a	0,07b	0,07b	0,09a	0,09a	0,05b	0,09a	0,09a	*	*	*
C20:1c11 (Eicosenoico)	0,42a	0,34b	0,35b	0,42a	0,40a	0,29b	0,45a	0,39a	***	***	***
C18:3n3c9,12,15 (α-Linolénico)	0,34a	0,29a	0,33a	0,29b	0,37a	0,30b	0,31ab	0,27b	**	**	**
C21:0 (Heneicosanoico)	0,16	0,11b	0,13a	0,14a	0,15	0,10	0,17	0,11	ns	ns	ns
C20:2n6c11,14 (Eicosadienoico)	0,02b	0,03a	0,01b	0,03a	0,02b	0,01c	0,02b	0,05a	***	***	***
C22:0 (Behénico)	0,14a	0,12b	0,11b	0,15a	0,13b	0,10c	0,15a	0,15a	***	***	***
C22:1c13 (Erúcico)	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	ns	ns	ns
C22:2n6c3,16 (Docosadienoico)	0,017a	0,022b	0,021a	0,018b	0,013c	0,03a	0,02b	0,015c	***	***	***
Oleico:Linoleico	2,14	2,11	1,99b	2,26	2,00	1,97	2,28	2,25	ns	ns	ns
Saturados (SFA)	36,6a	33,7b	32,3b	37,9a	36,0b	28,7c	37,1ab	38,8a	***	***	***
Monoinsaturados (MUFA)	135a	125b	121b	139a	133a	110b	138a	140a	***	***	***
Poliinsaturados (PUFA)	58,0a	53,2b	54,9b	56,2a	60,3a	49,6b	55,7a	56,7a	**	**	**
ΣFAMES	230a	212b	209b	233a	229a	188b	231a	235a	***	***	***

SPA = Sistema Producción Agrícola; ECOL = ecológico; CONV = convencional; CV = cultivar; DL = Desmayo Largueta; M = Marcona; FAME = éster metílico de ácido graso; † ns = no significativo al $p > 0,05$; *, **, ***, significativo al $p < 0,05$, $0,01$, y $0,001$, respectivamente; ‡ valores (media de 3 réplicas) seguidos de letras diferentes, dentro de la misma columna y factor, son significativamente diferentes ($p < 0,05$), según la prueba de mínima diferencia significativa de Tukey; SFA = ácidos grasos saturados; MUFA = ácidos grasos monoinsaturados; PUFA = ácidos grasos poliinsaturados.