

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



ECOLÓGICO vs CONVENCIONAL: CALIDAD EN ALMENDRA 'MARTA'



TRABAJO FINAL DE GRADO

DICIEMBRE 2025

Autora: Laura Picó Cantos

Tutor: Luis Noguera Artiaga

Cotutor: Iván Francisco García Tejero

ECOLÓGICO vs CONVENCIONAL: CALIDAD EN ALMENDRA ‘MARTA’

Este estudio evalúa el efecto del manejo ecológico frente al convencional en la calidad fisicoquímica y funcional de las almendras de la variedad Marta. Se analizaron parámetros de color, tamaño, composición de ácidos orgánicos, azúcares, perfil lipídico y capacidad antioxidante mediante técnicas instrumentales estándar. Las almendras ecológicas mostraron mayor variabilidad cromática y un menor tamaño. Sin embargo, este manejo condujo a frutos con concentraciones superiores de compuestos bioactivos y una actividad antioxidante significativamente mayor. No se detectaron diferencias relevantes en el perfil de ácidos grasos, dominado por monoinsaturados en ambos manejos. Los catadores entrenados, detectaron cambios en el perfil sensorial, como un mayor dulzor y sabor, que pueden llegar a considerarse positivos para algunos consumidores. Los resultados indican que el manejo ecológico es una opción viable para producir almendras de variedad Marta de alta calidad, preservando sus características.

Palabras clave: Análisis sensorial; Agricultura ecológica; Calidad fisicoquímica; Ácidos grasos; Actividad antioxidante.

ORGANIC vs CONVENTIONAL: ‘MARTA’ ALMOND QUALITY

This study assesses the impact of organic versus conventional management on the physicochemical and functional quality of almonds from the Marta cultivar. Color parameters, size, organic acids, sugars, lipid profile and antioxidant capacity were evaluated using standard analytical techniques. Organic almonds showed greater color variability and slightly smaller size, but higher levels of bioactive compounds and significantly enhanced antioxidant activity. No major differences were found in the fatty acid profile, which remained predominantly monounsaturated in both systems. The trained panel detected differences between the production systems, some of which may be perceived as positive by certain consumers. The results indicate that organic management is a viable option for producing high quality Marta variety almonds, while preserving their characteristics.

Keywords: Sensory analysis; Organic farming, Physicochemical quality; Organic acids; Antioxidant activity

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, dar las gracias a mi tutor del Trabajo de Fin de Grado, Luis Noguera Artiaga, por su esfuerzo y dedicación, que me han hecho interesarme desde el primer momento en este estudio.

Además, quiero agradecer a mi familia y mi pareja, que siempre han estado a mi lado para apoyarme durante todos los años de carrera y que me han hecho posible llegar hasta aquí.



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Características botánicas	7
1.2 Origen y expansión histórica del cultivo.....	8
1.3 Variedades	9
1.4 Composición nutricional.....	11
1.5 Importancia económica.....	12
1.6 Producción.....	13
1.7 Producción ecológica.....	16
2. OBJETIVO	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Parcela y tratamientos.....	18
3.2 Parámetros físicos.	19
3.3 Ácidos orgánicos y azúcares	20
3.4 Ácidos grasos	22
3.5 Capacidad antioxidante	23
3.6 Polifenoles totales	27
3.7 Estudio descriptivo	28
3.8 Análisis estadístico.....	30
4. RESULTADOS DISCUSIÓN	30
Peso y tamaño	30
Color	31
Ácidos orgánicos y azúcares	32

Ácidos grasos	33
Capacidad antioxidante y fenoles totales.....	35
Análisis Sensorial Descriptivo	36
5. CONCLUSIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA	39



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Características botánicas

La almendra (*Prunus dulcis*) pertenece a la familia Rosaceae. Se trata del fruto de un árbol caducifolio conocido como almendro, que puede alcanzar hasta 10 metros de altura. El fruto está compuesto por una cáscara leñosa, relativamente dura y frágil, de color marrón-beige, que protege la semilla en su interior, la cual constituye la parte comestible. Esta semilla presenta una forma ovalada, aplanada y alargada, con una longitud aproximada de entre 1 y 2 centímetros.

Las flores del almendro son solitarias o agrupadas, y su color varía del blanco al rosado, incluyendo tonalidades intermedias como el blanco rosáceo, dependiendo de la variedad cultivada.

Desde el punto de vista organoléptico, las almendras se clasifican en dos grandes grupos: dulces y amargas. Las almendras dulces son las que se destinan principalmente al consumo humano, tanto en forma natural como procesadas, y se dividen a su vez en variedades de cáscara blanda y de cáscara dura. Por el contrario, las almendras amargas presentan exclusivamente una cáscara dura y no se utilizan habitualmente para el consumo directo debido a su alto contenido en amígdalina, un compuesto que puede liberar ácido cianhídrico tras su metabolismo.

A nivel morfológico, ambas clases son similares, aunque las almendras dulces tienden a ser ligeramente más grandes. La principal diferencia se encuentra en su sabor: las almendras dulces poseen un perfil gustativo suave y lechoso, mientras que las amargas tienen un sabor intensamente amargo, que limita su uso alimentario (FEN, 2025).

La Figura 1 representa un corte transversal de una almendra, permitiendo observar las distintas partes que componen un fruto completo, con el mesocarpio extendido.

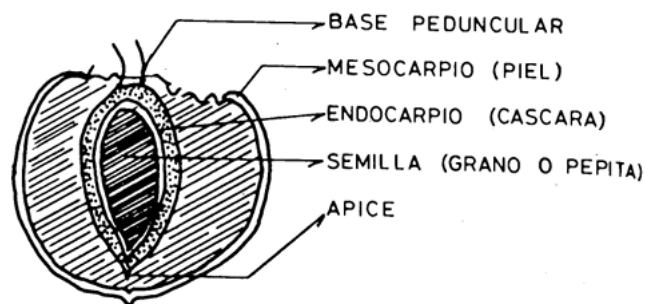


Figura 1. Corte transversal de una almendra (*Mesocarpio extendido*) Fuente: Saura-Calixto y Cañellas-Mut

El mesocarpio corresponde a la parte carnosa del fruto, con un espesor relativamente reducido, que varía entre 2 y 3,5 milímetros, dependiendo de la variedad. Su color varía desde tonos verdes claros hasta rosados u oscuros, en función de la variedad cultivada. Asimismo, la rugosidad de su superficie es altamente variable entre distintos genotipos, siendo este un rasgo relevante en la caracterización morfológica del fruto.

El endocarpio, por su parte, constituye la capa más interna del pericarpio y es de naturaleza marcadamente leñosa. Se le conoce comúnmente como cáscara y presenta una notable variabilidad en cuanto a forma, tamaño y dureza, dependiendo de la variedad.

En el interior del endocarpio se encuentran las semillas, también denominadas granos o pepitas, en número de una o dos por fruto. Estas están recubiertas por un tegumento de color marrón, por lo general claro, cuya textura puede ser lisa o presentar distintos grados de rugosidad, rasgo que también sirve como criterio de clasificación varietal (Saura-Calitxo y Cañellas-Mut., 1988).

1.2 Origen y expansión histórica del cultivo

Los registros más antiguos sobre el cultivo del almendro (*Prunus dulcis*) se sitúan en regiones correspondientes a la actual Siria. Existen evidencias que indican que esta especie fue cultivada por civilizaciones como los persas y los hebreos hacia el 4000 a.C. Posteriormente, los fenicios introdujeron el almendro de manera limitada alrededor del 2000 a.C., iniciando así su difusión por las costas del Mediterráneo oriental.

El cultivo del almendro fue adoptado y ampliado significativamente por los griegos, quienes no solo lo integraron en su agricultura, sino que lo transmitieron al Imperio Romano. En este contexto, los romanos se referían al almendro como la “nuez griega” y lo distribuyeron ampliamente por la cuenca mediterránea alrededor del 600-700 a.C., extendiéndolo tanto por el norte de África como por el sur de Europa.

En la Península Ibérica, el almendro fue introducido en distintas etapas por los fenicios y los romanos, y más tarde reintroducido por los árabes durante la dominación islámica. Estos últimos incorporaron nuevas variedades adaptadas a condiciones de escasa necesidad de frío invernal, con ramas finas, altamente ramificadas y flores con bajos niveles de antocianinas en sus pétalos.

Se considera probable que los tartesos, una civilización del suroeste peninsular, también conocieran el almendro, y que ya hace más de 4.500 años este fruto fuera utilizado como

alimento en zonas que actualmente corresponden a las provincias de Almería, Alicante y Valencia.

Durante siglos, el almendro fue cultivado de forma aislada, con árboles dispersos alrededor de viviendas rurales. En muchos casos, su cultivo estaba destinado al autoabastecimiento familiar, práctica que aún persiste en algunas regiones de España, donde se pueden encontrar ejemplares aislados en explotaciones agrícolas tradicionales (Melgarejo et al., 2002).

1.3 Variedades

La variedad de almendra 'Marta' es de origen español y procede del cruzamiento entre Ferragnes y Tuono. Es de floración tardía, abundante y de flor grande de color blanco con el estigma a la altura de las anteras y pistilo recto. El fruto es de cáscara dura, y alargada. Tiene un rendimiento al descascarado del 32 % y nulo porcentaje de dobles. De maduración media y fácil despellejado y recolección. Es un árbol poco recto, pero elevado, de ramificación escasa-equilibrada. Respecto a la poda, es sencilla. Es de producción precoz y abundante. En cuanto a la polinización, se trata de una variedad autofértil, pudiéndose, además, polinizar con Guara, Tuono Genco, Antoñeta, etc. Presenta un grano medio (1,2-1,5 g) y es exteriormente un grano compacto, atractivo, con tegumentos poco rugosos y de forma elíptica. El fruto presenta cierta resistencia a heladas (Dicenta, 2020).

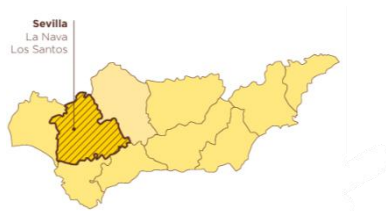


Figura 2. Origen almendra Marta (Sevilla). Fuente: Almondo group



Figura 3. Variedad de almendra Marta. Fuente: Fyton

Las principales características de las variedades comerciales con mayor importancia económica se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Características variedades de almendra. Fuente: MAPA

Variedad	Origen	Floración	Color flor	Tamaño flor
Ayles	España	Tardía	Blanca	Media-grande
Cristomorto	Italia	Tardía	Blanca	Media
Desmayo	España	Precoz	Blanca/rosada	Media
Guara	Desconocido	Tardía	Blanca	Media
Marcona	España	Media	Rosa	Pequeña
Moncayo	España	Muy tardía	Blanca	Media
Farraduel	Francia	Tardía	Blanca	Media-grande
Ferragnès	Francia	Tardía	Blanca	Media
Primorskii	Rusia	Tardía	Blanca	Media
Tuono	Italia	Tardía	Blanca	Media

Tabla 2. Características variedades de almendra. Fuente: MAPA

Variedad	Cáscara	Forma grano	Rendimiento (%)	Dobles (%)	Maduración
Ayles	Dura	Acorazonada	30–34	10–15	Medio-tardía
Cristomorto	Dura	Amigdaloides corto	26–28	15–25	Media
Desmayo	Dura	Elíptica	24–28	Nulo	Tardía
Guara	Dura	Amigdaloides	30–40	10–20	Temprana
Marcona	Dura	Redonda	24–27	Nulo	Tardía
Moncayo	Dura	Amigdaloides	25–28	10–20	Media
Farraduel	Dura	Amigdaloides	26–28	Nulo	Tardía
Ferragnès	Semidura	Amigdaloides largo	37–40	Nulo	Media
Primorskii	Semi-mollar	Amigdaloides largo	50	Nulo	Medio-tardía
Tuono	Dura	Amigdaloides corto	30–35	15–20	Temprana-media

1.4 Composición nutricional

La almendra dulce se caracteriza por su elevado valor energético, atribuible principalmente a su alto contenido en lípidos, siendo predominantes los ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico. Además, constituye una fuente relevante de proteínas de origen vegetal, mientras que su contenido en hidratos de carbono es moderado.

El bajo contenido en agua que presenta este fruto seco incrementa su densidad calórica, lo cual lo convierte en un alimento energético por excelencia. Destaca también su elevado contenido en fibra dietética, superior al de otros frutos secos.

Desde el punto de vista mineral, la almendra es una fuente significativa de calcio, hierro, zinc, potasio, magnesio y fósforo. En concreto, una ración de 25 g de almendras sin cáscara proporciona aproximadamente el 18 % de las ingestas diarias recomendadas (IDR) de fósforo para la población general.

En cuanto a su perfil vitamínico, la almendra es rica en vitamina E, así como en riboflavina (vitamina B2), tiamina (vitamina B1), niacina (vitamina B3) y folatos. Una ración estándar de 25 g cubre hasta el 42 % de las IDR de vitamina E (FEN, 2025).

Tabla 3. Composición nutricional (100 g porción comestible) de almendra Fuente: BEDCA

Componente	Valor	Unidad
Proximales		
Alcohol	0	g
Energía, total	589	kcal
Grasa, total (lípidos totales)	45,2	g
Proteína, total	19,1	g
Agua (humedad)	5,8	g
Hidratos de carbono		
Fibra, dietética total	8,3	g
Carbohidratos	6,2	g
Grasas		
Ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenóico)	0,02	g
Ácidos grasos, monoinsaturados totales	36,6	g
Ácidos grasos, poliinsaturados totales	12,8	g
Ácidos grasos saturados totales	4,1	g
Ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	0,03	g
Ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	2,9	g
Ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	1,1	g
Ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oléico)	27,3	g
Colesterol	0	mg
Ácido graso 18:2	11,1	g
Ácido graso 18:3	0,05	g
Ácido graso 20:4 n-6 (ácido araquidónico)	-	-
Ácido graso 20:5 (ácido eicosapentaenóico)	-	-

Vitaminas		
Vitamina A equivalentes de retinol de actividades de retinos y carotenoides	20	ug
Vitamina E equivalentes de alfa tocoferol de actividades de vitámeros E	26,2	mg
Folato, total	45	ug
Equivalentes a niacina, totales	5,5	mg
Riboflavina	0,6	mg
Tiamina	0,2	mg
Vitamina B-12	0	ug
Vitamina B-6, total	0,2	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	0	mg
Minerales		
Calcio	252	mg
Hierro, total	4,1	mg
Potasio	835	mg
Magnesio	270	mg
Sodio	14	mg
Fósforo	454	mg
Ioduro	2	ug
Selenio, total	3,5	ug
Zinc	3,2	mg



1.5 Importancia económica

La almendra constituye el principal fruto seco exportado por España, representando aproximadamente el 90 % del valor total de las exportaciones de este grupo de productos. Durante la campaña 2023/2024, el sector ha registrado un superávit comercial de 188 millones de euros, cifra que duplica la obtenida en la campaña anterior y que resulta un 35 % superior a la media registrada en las últimas cinco campañas, lo que evidencia una evolución muy favorable.

En términos de volumen, las exportaciones han aumentado un 6,3 % respecto a la campaña precedente, mientras que las importaciones han descendido un 17 %, consolidando así la posición exportadora del sector y mejorando el saldo de la balanza comercial.

El mercado principal de destino de la almendra española es la Unión Europea (UE), donde España alcanza una cuota de mercado del 23 %, situándose únicamente por detrás de Estados Unidos, líder en exportaciones a dicho mercado. En la campaña 2023/2024, las exportaciones españolas a la UE mostraron una evolución positiva, con un incremento del 14 % en volumen y del 6,7 % en valor, lo que refleja una sólida demanda y una mejora en la competitividad del producto nacional (MAPA, 2024).

1.6 Producción

España es el segundo país en cuanto a la producción total de almendras (Figura 4), con ~250.000 toneladas. Sin embargo, su influencia en el mercado es baja ya que el principal productor, Estados Unidos, produce 7 veces (~1.750.000 toneladas). Teniendo en cuenta el factor geográfico, España sí es un país influyente puesto que se posiciona como líder en Europa, triplicando las producciones de Italia que es el segundo productor europeo (FAOSTAT, 2023).

En 2024 en la Comunidad Valenciana la superficie ocupada por almendra fue de 87.321 hectáreas (Figura 5), que comprende el 11,4% de cultivo de este fruto seco en España, lo que hace que ocupe el cuarto lugar entre las comunidades autónomas productoras, por detrás de Andalucía, Castilla La Mancha y Aragón (Conselleria de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca, 2024).

En la Comunidad Valenciana respecto a la superficie, se aprecia una tendencia descendiente entre 2010 y 2016, pero también un ascenso hasta 2020, descendiendo nuevamente hasta 2024 (Figura 5).

En el caso de la producción biológica y la recolectada, se ha producido una diferencia muy acentuada entre ellas desde el año 2022. La producción de almendra en la Comunidad Valenciana en 2024, llegó a alcanzar una producción biológica de 35.858 toneladas, de la cual se recolectaron 22.204 toneladas (Figura 5).

Si estudiamos la producción biológica de almendra en función de las provincias que conforman la Comunidad Valenciana (Tabla 4) se puede comprobar que ha tenido ciertas subidas y bajadas con el tiempo, pero se ha mantenido bastante estable en comparación con 15 años atrás (2010). En 2024 la de mayor producción fue Valencia con un 49,85 %, seguidamente Alicante con un 25,71 % y por último Castellón con un 24,44 %.

Si estudiamos la producción recolectada de almendra en función de las provincias que conforman la Comunidad Valenciana (Tabla 5) se observa que ha tenido ascensos y descensos a lo largo de los años, pero en general, en comparación con 15 años atrás (2010), ha habido una bajada importante. En 2024 observamos mayor producción recolectada en Valencia con un 46,1 %, seguidamente Alicante con un 37,7 % y por último Castellón con un 16,2 %.

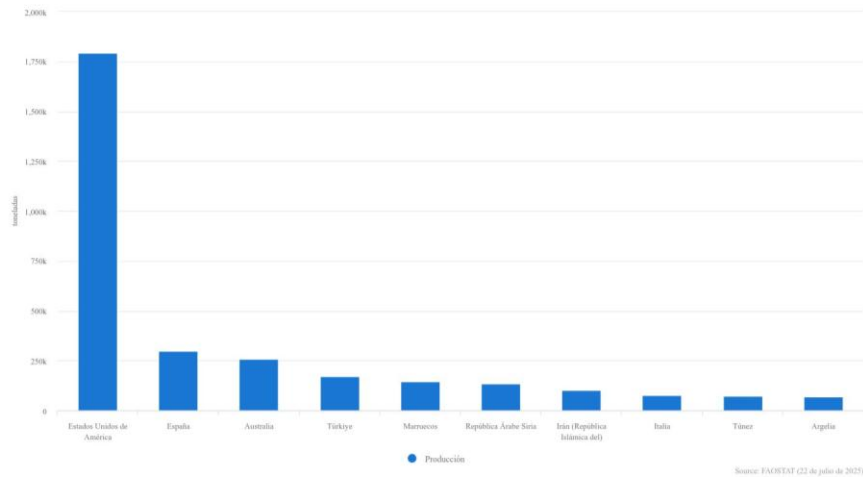


Figura 4. Producción de almendras con cáscara. Fuente: FAOSTAT, 2023

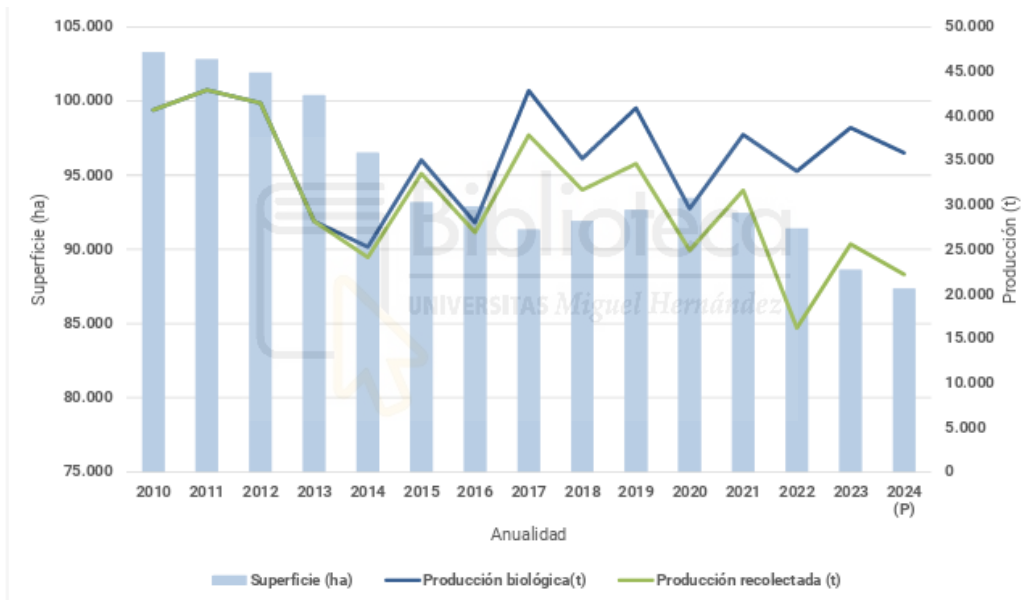


Figura 5. Evolución de la superficie y producción de almendra (cáscara) C. Valenciana. Fuente: Conselleria de Agricultura, agua, Ganadería y Pesca

Tabla 4. Evolución de la producción (t) **biológica** en la Comunidad Valenciana. Fuente: Conselleria de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca.

	Alicante	Valencia	Castellón	Total C.V
2010	16.306	8.547	15.810	40.663
1011	18.638	11.111	13.163	42.912
2012	16.994	10.500	14.017	41.461
2013	12.119	6.190	9.868	28.177
2014	10.517	8.500	6.251	25.268
2015	13.390	11.900	9.753	35.043
2016	12.427	9.558	6.022	28.007
2017	14.655	19.629	8.569	42.853
2018	14.188	14.433	6.590	35.211
2019	15.031	16.296	9.548	40.875
2020	12.073	11.524	5.974	29.571
2021	14.716	12.899	10.288	37.903
2022	7.927	15.282	10.577	33.786
2023	9.763	19.964	8.943	38.670
2024	9.220	17.874	8.764	35.858

Tabla 5.- Evolución de la producción (t) **recolectada** de almendro en la Comunidad Valenciana. Fuente: Conselleria de Agricultura, agua, Ganadería y Pesca.

	Alicante	Valencia	Castellón	Total C.V
2010	16.306	8.547	15.810	40.663
2011	18.638	11.111	13.163	42.912
2012	16.944	10.500	14.017	41.461
2013	12.119	6.190	9.868	28.177
2014	10.413	7.652	6.064	24.129
2015	13.258	10.713	9.558	33.529
2016	12.301	8.780	5.841	26.922
2017	14.365	15.265	8.226	37.856
2018	13.915	11.444	6.326	31.685
2019	14.730	10.723	9.166	34.619
2020	11.710	7.470	5.735	24.915
2021	14.639	11.332	5.682	31.653
2022	7.850	4.900	3.437	16.187
2023	7.880	9.780	7.943	25.603
2024 (P)	8.360	10.240	3.604	22.204

1.7 Producción ecológica

La producción ecológica dentro de la Unión Europea está regulada por el Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, relativo a la producción ecológica y al etiquetado de los productos ecológicos (Reglamento (UE) 2018/848).

El Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1165 de la Comisión, de 15 de julio de 2021, desarrolla el Reglamento (UE) 2018/848 en lo relativo al uso de insumos en la producción ecológica, estableciendo de forma detallada las listas de productos y sustancias autorizadas para su utilización en agricultura y ganadería ecológicas dentro de la Unión Europea (Reglamento (UE) 2021/1165).

La agricultura convencional productivista tiene su origen en la necesidad de satisfacer la demanda de productos alimentarios en épocas pasadas. Sin embargo, este modelo agrícola debe adaptarse a las condiciones actuales y dar paso a nuevos métodos de producción más sostenibles. Los impactos negativos asociados a la agricultura convencional (AC) se han hecho evidentes, especialmente en relación con el uso de determinados productos químicos que afectan tanto al ecosistema como a la salud humana.

Como consecuencia de los daños observados en el medio ambiente y en la calidad de los alimentos, en la década de 1920 surgió una corriente orientada hacia la construcción sistémica de la agricultura ecológica (AE). En la actualidad, la demanda de productos ecológicos se encuentra en constante expansión, debido a un número creciente de consumidores que buscan una cesta de consumo más saludable y respetuosa con el medio ambiente. Asimismo, la mayoría de las normativas nacionales e internacionales están evolucionando hacia enfoques más ecológicos, prohibiendo cada vez un mayor número de productos y métodos utilizados en la producción agrícola tradicional.

En este contexto, la agricultura ecológica, inicialmente concebida como una alternativa frente a las producciones masivas convencionales, se ha consolidado como una opción viable para sustituir el modelo predominante a nivel global. Países con una sólida tradición agrícola, como España, destinan progresivamente una mayor proporción de sus superficies cultivables a la agricultura ecológica. Además, se ha evidenciado que la AE presenta un margen de explotación superior al de la AC, dado que los cultivos ecológicos generan ingresos más elevados gracias a la diferencia de precios en el mercado, mientras que los costes de producción se mantienen prácticamente similares.

No obstante, es necesario continuar con la investigación en este campo para profundizar en el conocimiento de ambos modelos productivos. De igual modo, resulta fundamental educar a la población para que conozca las diferencias existentes entre la agricultura convencional y la ecológica. Finalmente, es imprescindible concienciar a los agricultores españoles acerca de la situación actual y del futuro prometedor que ofrece la agricultura ecológica (González de Molina et al., 2007).

Tabla 6. Superficie de almendro ecológico en la Comunidad Valenciana. Fuente: Conselleria de Agricultura, agua, Ganadería y Pesca

Año	Superficie ecológica total (ha)			
	Alicante	Valencia	Castellón	Total C.V
2019	5.063	3.935	698,2	9.696
2020	5.527	4.778	688,7	10.993
2021	6.839	7.183	1.063,0	15.085
2022	7.455	8.081	1.151,9	16.687
2023	7.984	9.121	1.326,0	18.432
2024	8.059	9.328	1.296,1	18.683

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es estudiar el efecto que un manejo agronómico basado en prácticas ecológicas tiene sobre la calidad de almendros de la variedad Marta. La calidad se basará en el estudio de sus propiedades físicas, químicas, funcionales y sensoriales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Parcela y tratamientos

El experimento se realizó en dos parcelas con almendros adultos a lo largo de la temporada 2023/24, las cuales son propiedad del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), ubicadas en Alcalá del Río, Sevilla (Figura 6).



Figura 6. Parcelas de ensayo (ecológica arriba; convencional abajo)

En 2016 se plantaron almendros de distintas variedades comerciales (Guara, Marta, Lauranne y Marcona). Sobre patrón GN15, con un marco de plantación de 6 x 7m. Para el riego se utilizó un sistema localizado, formado por dos tuberías por fila de árboles, con emisores cada 0,75 m y un caudal de 2,3 L/h. Los árboles recibieron agua equivalente al 110% de sus necesidades hídricas. La programación del riego se calculó siguiendo la metodología de Allen et al. (1998), utilizando la evapotranspiración de referencia (ET_0).

En la parcela ecológica, se aplicó estiércol de 2 kg/m² y el manejo de plagas y enfermedades siguió la normativa europea para producción ecológica (Reglamento UE 2018/848).

En la parcela convencional, la fertilización incluyó un abonado de fondo con NPK 15-15-15 (250 kg/ha) durante el cuajado y aportes adicionales hasta alcanzar aproximadamente 80-45-100 de NPK, mientras que el control fitosanitario se realizó según las necesidades del cultivo.

Al final de la campaña, los árboles se cosecharon mediante el sistema de paraguas con vibrador y peladora, dejando que la almendra se secase hasta menos del 6% de humedad.

3.2 Parámetros físicos.

Es de gran importancia determinar algunos factores como el color y tamaño con y sin cáscara, peso y rendimiento en peso para obtener información sobre la acción del mecanismo ecológico ante las propiedades físicas de las almendras.

Para comprobar si el manejo agronómico tenía influencia sobre el tamaño y peso de las almendras, se estudiaron 75 almendras de cada tratamiento. En el caso del peso, se empleó una balanza (Mettler Toledo modelo AG204 con precisión 0,1 mg) (Barcelona, España) (Figura 7). Además, mediante un calibre digital (Mitutoyo 500-197-20 150 mm con precisión 0,02mm) se midió el espesor, la altura y anchura.



Figura 7. balanza (Mettler Toledo modelo AG204)

Uno de los parámetros identificados fue el color mediante el método CIEL*a*b* utilizando un espectrofotómetro (Minolta CM-5) (Minolta Camera Co. Osaka, Japan) (Figura 8). Donde L* determina la luminosidad, a* el tono rojo-verde, b* el tono azul-amarillo, C* (croma), calculado a partir de a* y b* con la fórmula: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y Hue (tono), calculado a partir de a* y b* mediante la fórmula: $h = \arctg(b^*/a^*)$.



Figura 8. Espectrofotómetro (Minolta CM-5)



Figura 9. Preparación muestras.

3.3 Ácidos orgánicos y azúcares

A la hora de determinar los ácidos orgánicos y los azúcares, se realizó el peso de la muestra (0,5 g) y se pasó a realizar una extracción con 5 ml de tampón fosfato durante 10 minutos. El siguiente paso fue centrifugar las muestras (a 10480 rfc durante 5 minutos a 4 °C) y realizar una filtración al sobrenadante (mediante un filtro de 0,45 μm). A continuación, el contenido se pasó a los viales destinados al análisis cromatográfico (de 2,5 mL) y se examinó también utilizando la técnica de análisis de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

El cromatógrafo seleccionado fue el HP Series 1100 provisto de una precolumna (Supelcoguard de 5 cm x 4,6 mm) y una columna (Supelcogel C-610H de 30 cm x 7,88 mm) y (Figura X). De la muestra se inyectaron 10 μL y para identificar los azúcares se utilizó un detector de índice de refracción. En el caso de la detección de ácidos orgánicos se decidió utilizar un detector de matriz de diodos (*diode-array* a 201mm), expresando el resultado en g/100 g de almendra.

Se pasó a la identificación y determinación cuantitativa de compuestos, elaborando rectas de calibrado de ácidos (Tabla 7) y azúcares patrón (Tabla 8) con $r^2 > 0,998$.



Figura 10. Cromatógrafo HP Series 1100

Tabla 7. Tiempos de retención (min) de los patrones utilizados en el análisis de ácidos orgánicos

ÁCIDO ORGÁNICO	TIEMPO DE RETENCIÓN (min)
Fítico	7,936 - 7,951
Oxálico	8,981 - 9,581
Maleico	11,610 - 11,630
Cítrico	11,940 - 12,010
Isocítrico	12,160 - 12,180
Tartárico	12,690 - 12,750
Málico	14,210 - 14,220
Malónico	14,630 - 14,760
Quínico	14,750 - 14,770
Ascórbico	14,801 - 14,808
Shikímico	17,780 - 17,830
Succínico	17,780 - 17,810
Láctico	17,840 - 17,850
Fórmico	19,510 - 19,540
Acético	21,250 - 21,310
Fumárico	23,030 - 23,130
Propiónico	25,320 - 25,410
Isobutírico	29,070 - 29,340
Butírico	32,000 - 31,870

Tabla 8. Tiempos de retención (min) de los patrones utilizados en el análisis de azúcares

AZÚCAR	TIEMPO DE RETENCIÓN (min)
Maltosa	11,053 - 11,057
Sacarosa	11,073 - 11,078
Lactosa	11,354 - 11,355
Maltitol	11,669 - 11,680
Glucosa	13,035 - 13,045
Manosa	13,894 - 13,904
Xilosa	13,900 - 13,910
Manitol	14,373 - 14,391
Galactosa	14,073 - 14,077
Fructosa	14,240 - 14,251
Galactitol	14,653 - 14,656
Sorbitol	14,658 - 14,666
Ribitol	15,043 - 15,045
Arabinosa	15,339 - 15,342
Arabitól	15,491 - 15,504
Ribosa	15,663 - 15,669
Xilitol	15,902 - 15,903
Eritritol	16,434 - 16,438
Glicerol	18,570 - 18,573

3.4 Ácidos grasos

Para el estudio de los ácidos grasos se aplicó el protocolo FAME descrito en la norma ISO-12966-2 y se determinó mediante la obtención de sus ésteres metílicos. Para controlar el proceso se incorporó C13:0 como estándar interno, con una concentración de 0,04 mg mL⁻¹. La metilación de las muestras se llevó a cabo directamente siguiendo las indicaciones propuestas por Trigueros et al., (2015).

Después del procedimiento de extracción y metilación, los compuestos se por cromatografía de gases (Shimadzu GC-2030 equipado con detector de ionización por llama (Figura 11)). La separación se realizó empleando una columna Supelco SP.2380 (0,20 µm de espesor de fase y

90 m, 0,25 mm de diámetro interno). Las temperaturas de operación fueron de 260 °C en el detector y 250 °C en el inyector.



Figura 11. Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2030

El helio se utilizó como gas portador, ajustado para mantener un modo de inyección con dilución (*split*) 1:20 y una velocidad lineal de 28,4 cm s⁻¹. La llama del detector se mantuvo con aire a 350 mL min⁻¹ y un flujo de hidrógeno de 35 mL min⁻¹. En cuanto al programa térmico, el horno inició a 70 °C y se incrementó gradualmente hasta los 250 °C. La identificación de cada ácido graso se determinó mediante la comparación de sus tiempos de retención con los de un patrón de estándares FAME (Supelco MIX-37).

3.5 Capacidad antioxidante

Al utilizar un único método para evaluar la capacidad antioxidante de un alimento, los valores que se obtendrán pueden diferir notablemente entre sí, ya que cada técnica emplea un tipo distinto de radical (Heo et al., 2007; Huang et al., 2005; Robles-Sánchez et al., 2009; Tabart et al., 2009). Por esta razón, se optó por aplicar varios métodos con el fin de obtener una comparación más sólida y coherente de los resultados.

Su funcionamiento se basa en generar radicales libres que reaccionan con los antioxidantes presentes, produciendo su inhibición. De este modo, al utilizar métodos distintos, es posible observar cómo varía la actividad antioxidante frente a diferentes tipos de radicales.

Los ensayos disponibles suelen clasificarse en dos categorías: *indirectos* y *directos* (Sánchez-Moreno C., 2002). En el caso de los métodos indirectos, dependen de la aparición o desaparición de un reactivo al interactuar con radicales libres, de manera que la presencia de un antioxidante provoca un aumento o una disminución de la señal. En cambio, en los ensayos directos, la señal

disminuye cuando el radical entra en contacto con la muestra, lo que refleja una reducción en la concentración del radical.

A la hora de obtener los compuestos con actividad antioxidante, se colocaron alrededor de 0,5 g de muestra en un tubo de ensayo y se añadieron 10mL del disolvente extractante, preparado con una mezcla metanol/agua (80:20) acidificada con un 1 % de HCl. El proceso de extracción se llevó a cabo siguiendo varias etapas consecutivas.

Primero, el tubo que contenía la mezcla se colocó en un baño de ultrasonidos a 20 °C, trabajando a una frecuencia constante de 40 kHz durante 15 minutos. Después de esta fase, la muestra se mantuvo en refrigeración (4°C) durante unas 16 horas para favorecer la liberación de los compuestos. Finalizado este tiempo, se repitió una nueva sonicación de 15 minutos bajo las mismas condiciones iniciales. Finalmente, el extracto se centrifugó durante 10 minutos a 15.000 rpm y se recogió el sobrenadante para análisis posteriores.

En este caso los métodos indirectos y directos utilizados fueron: FRAP (método indirecto), DPPH (método directo), ABTS⁺ (método directo).

FRAP (ferric reducing ability of plasma)

Este ensayo se realizó basándose en la metodología descrita por Benzie y Strain (1996), introduciendo ciertas adaptaciones. Para preparar el reactivo FRAP, se mezclaron TPTZ, FeCl₃ y la disolución tampón en una proporción 1:1:10, siguiendo las siguientes preparaciones individuales:

- Disolución tampón: se disolvieron 1,55 g de CH₃COONa y se añadieron 0,9 mL de HCl, ajustando posteriormente en pH hasta 3,6
- Reactivo TPTZ: se pesaron 31,21 mg de TPTZ y se diluyeron en 10 mL de HCl 40 mM
- Solución FeCl₃: cloruro férrico a 20 mM
- HCl: solución a 40 mM

Se elaboró una recta de calibrado utilizando Trolox a 10 mM. Tras mezclar los reactivos, se dejó actuar la reacción durante 10 minutos en ausencia de luz y posteriormente se registró la absorbancia a 593 nm.

Una vez obtenida dicha recta (Figura 12), se evaluó la capacidad antioxidante de las muestras por triplicado. Para cada medición, se añadieron 990 µL del reactivo FRAP y 10 µL de la muestra

en las cubetas. Después de un tiempo de reacción de 10 minutos, se determinó la absorbancia a 593 nm.

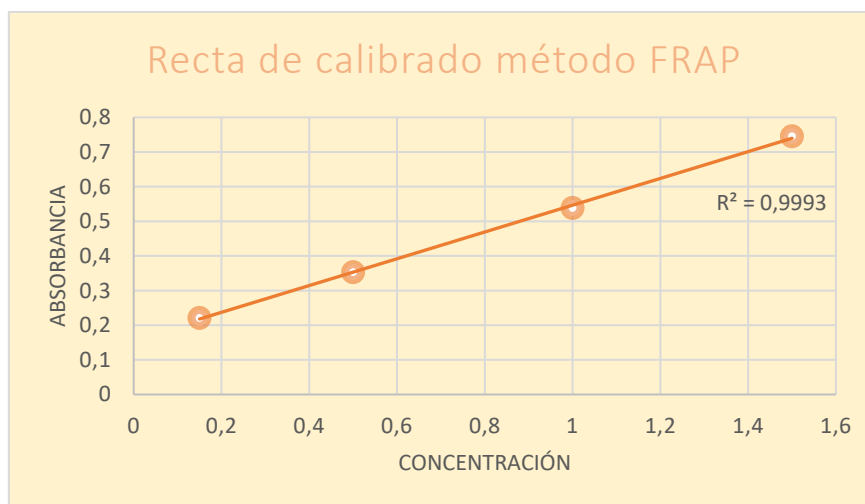


Figura 12. Recta calibrado FRAP

DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

Este método se efectuó tomando como referencia el protocolo de Brand Williams et al. (1995), aunque se introdujeron algunas variaciones. Lo primero fue preparar una solución de DPPH en metanol y ajustar su absorbancia a un valor ligeramente inferior a 1, utilizando una longitud de onda de 515 nm.

Fue necesario elaborar una recta de calibrado con Trolox a 10 mM. Se siguió un orden concreto de incorporación de reactivos en las cubetas: primero 10 μ L de Trolox, posteriormente 40 μ L de metanol y finalmente 950 μ L de solución DPPH. Las mezclas permanecieron 10 minutos en completa oscuridad antes de medir la absorbancia a 515 nm. El siguiente paso fue restar la absorbancia propia del reactivo y se obtuvo la gráfica correspondiente, de la cual se obtuvo la ecuación de la recta (Figura 13).

Una vez establecida la recta de calibrado, la capacidad antioxidante de cada muestra se evaluó por triplicado. Para ello, en cada cubeta se colocaron 950 μ L de la solución DPPH junto con 10 μ L de la muestra a analizar y 40 μ L de metanol. Después de un periodo de reacción de 10 minutos de oscuridad, se procedió a la lectura de la absorbancia a 515 nm. Con estas mediciones, y descontando el valor inicial del reactivo, se calculó la concentración de antioxidantes a partir de la ecuación obtenida de calibración.

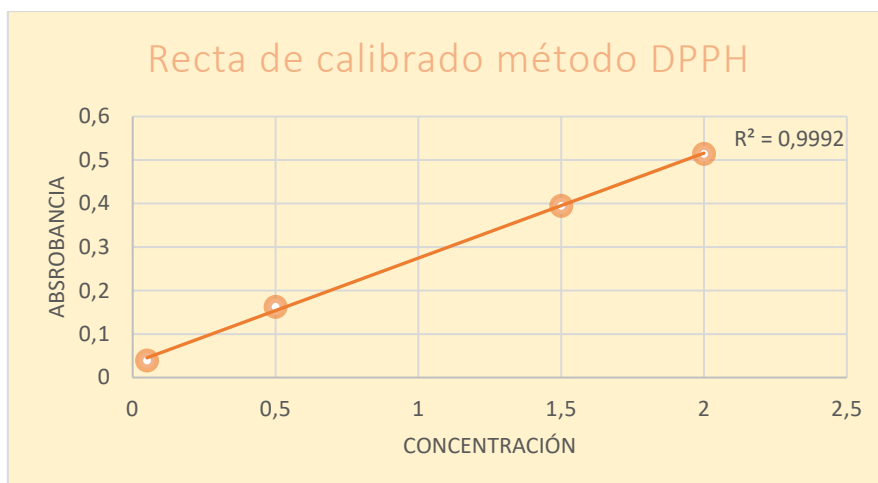


Figura 13. Recta calibrado DPPH

ABTS⁺ [ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico]

Este procedimiento constó en seguir el ensayo de decoloración del radical catión descrito por Re et al. (1999), aunque también con ligeras modificaciones. Este método, considerado directo, consiste en dejar reaccionar una disolución de ABTS a 7 mM con 1 mL de persulfato potásico 2,45 mM durante un periodo de 12 a 16 horas en completa oscuridad para conseguir generar el radical ABTS⁺. Una vez conseguido, la mezcla se diluyó con agua ultrapura hasta obtener una absorbancia de $0,700 \pm 0,020$ a 734 nm.

Se elaboró una recta de calibrado utilizando Trolox (10mM). Se prepararon cinco tubos de ensayo a los que se añadieron 0,05;0,15; 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 mL de Trolox, ajustando cada uno con un volumen total de 5,0 mL con etanol. Posteriormente, se añadieron los componentes siguiendo el orden requerido: primero 10 μ L de Trolox y después 990 μ L de la solución de ABTS⁺, en cubetas con capacidad para 1,5 mL. Se registró la absorbancia tras 6 minutos de reacción. Se realizó una resta previa de la absorbancia correspondiente al reactivo para obtener la recta de calibrado (Figura 14).

Una vez establecida la recta de calibrado, la capacidad antioxidante de cada muestra se evaluó por triplicado. Para ello, en cada cubeta se colocaron 990 μ L de la solución ABTS⁺ junto con 10 μ L del extracto problema. Tras mezclar, la reacción se dejó transcurrir durante 6 minutos, momento en el cual se registró la absorbancia a 734 nm.

La concentración de compuestos antioxidantes se determinó utilizando los valores de la recta de calibrado correspondiente, corrigiendo previamente la absorbancia medida mediante la resta del valor aportado por el reactivo.

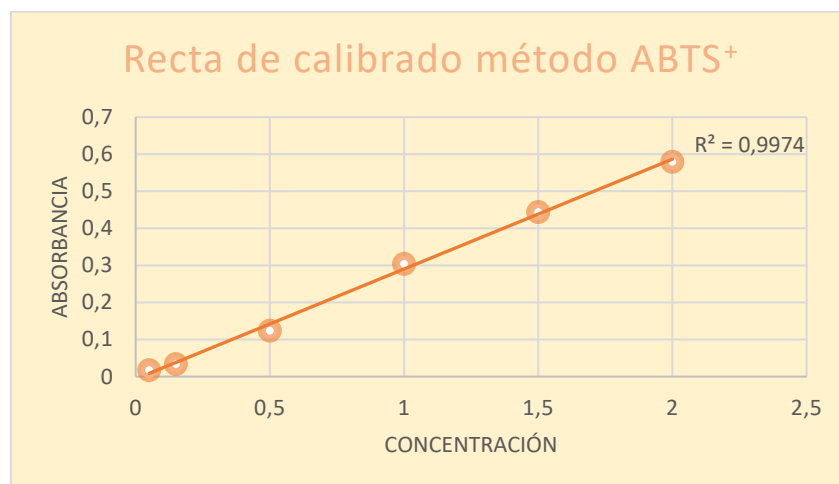


Figura 14. Recta calibrado ABTS⁺

3.6 Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos se producen a partir del metabolismo secundario de las plantas y abarcan una gran variedad de estructuras químicas. Constituyen el conjunto más amplio de sustancias no energéticas que se encuentran de manera natural en los alimentos de origen vegetal. La clasificación de los polifenoles depende tanto de la cantidad de anillos fenólicos presentes como de las características estructurales que acompañan dichos anillos. Dentro de los grupos más representativos se incluyen los lignanos, ácidos fenólicos, los alcoholes fenólicos, los estilbenos y los flavonoides (Quiñones et al., 2012).

Para obtener la recta de calibrado (Figura 15) y poder determinar la concentración final, se procedió a la cuantificación de polifenoles totales y, para ello, se utilizó como patrón el ácido gálico (polifenol básico).

Dicha curva se preparó a partir de soluciones que contenían 0, 25, 50, 75 y 100 μg de ácido gálico. A cada una se le añadieron 0,2 mL de reactivo Folin-Ciocalteu y 2 mL de agua ultrapura. Se incorporó 1 mL de Na_2CO_3 al 20 % tras un periodo de reacción de 3 minutos. Posteriormente, durante un periodo de una hora las mezclas se mantuvieron en completa oscuridad y la absorbancia se midió a 765 nm.

Finalmente, se repitió este procedimiento sustituyendo el ácido gálico por muestras a analizar, para poder obtener la ecuación de la recta necesaria para calcular su contenido total en polifenoles.

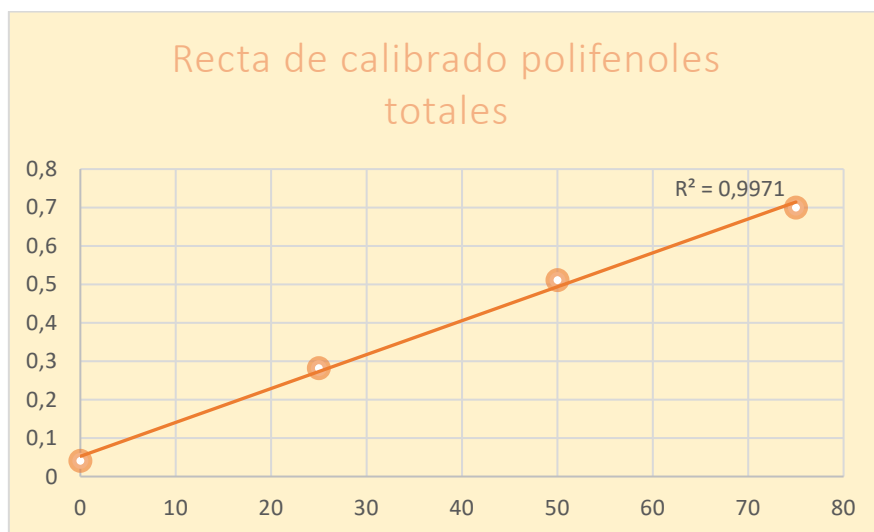


Figura 15. Recta calibrado polifenoles totales

3.7 Estudio descriptivo

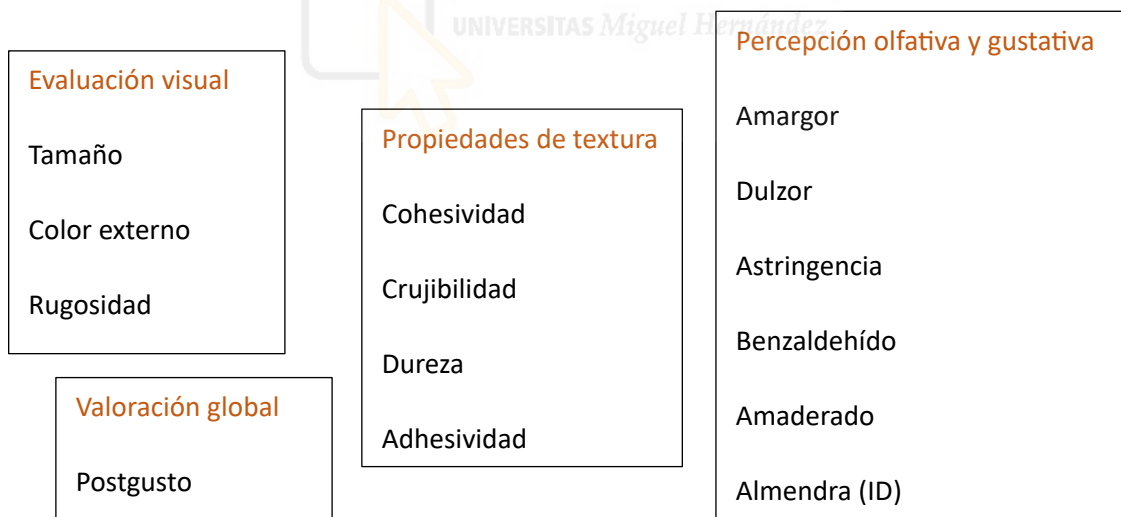
En este análisis sensorial descriptivo participaron diez catadores entrenados (seis mujeres y cuatro hombres), con edades comprendidas entre 22 y 55 años y más de 500 horas de experiencia individual en la valoración de frutos secos. Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Las muestras fueron entregadas en recipientes plásticos de 100 mL, inodoros e insípidos, identificados mediante códigos numéricos de tres cifras. El estudio tuvo lugar en una sala de catas acondicionada según la normativa, donde tanto la iluminación como la temperatura se mantuvieron constantes (22 °C). Asimismo, cada juez contó con agua osmotizada para limpiar el paladar entre una muestra y la siguiente, evitando así interferencias en la percepción sensorial. El servicio de las muestras se llevó a cabo de manera monódica, siguiendo un orden aleatorio y equilibrado para evitar sesgos.



Figura 16. Sala de cata EPSO

El panel de catadores valoró un conjunto de atributos sensoriales distribuidos en varias fases:



La escala utilizada para cuantificar la intensidad de cada descriptor estaba dividida en incrementos de 0,5 unidades y abarcaba un rango de 0 a 10, donde 0 representaba la ausencia o mínima percepción del atributo y 10 indicaba la máxima intensidad posible. Los atributos evaluados proceden del vocabulario sensorial establecido en investigaciones previas de Carbonell-Barrachina et al., (2015) para pistachos.

3.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en este Trabajo Fin de Grado fueron analizados mediante un análisis t-Student con un intervalo de confianza del 95 % ($p < 0,05$). Se empleó el software XLSTAT (versión 2016.02.27444 Addinsoft, Paris, France).

4. RESULTADOS DISCUSIÓN

Peso y tamaño

Se analizó el peso y tamaño de 75 almendras por cada uno de los tratamientos estudiados. El tratamiento en condiciones ecológicas redujo el peso de las almendras con cáscara en torno a un 10 % (Tabla 1). Lo mismo ocurrió con el tamaño, en el que se vio reducido el ancho y largo de las almendras con cáscara.

En el caso de los frutos, una vez pelados, se observó la misma tendencia: las almendras obtenidas bajo tratamiento ecológico pesaron menos y tuvieron menor tamaño (alto y largo) (Tabla 2).

Tabla 9. Peso y tamaño de almendras con cáscara

	peso (g)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)
Convencional	4,139	22,457	16,080	31,966
Ecológico	3,743	21,478	15,938	30,717
t-Student	*	*	NS	*

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Tabla 10. Peso y tamaño de almendras (fruto)

	peso (g)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)
Convencional	1,314	13,600	8,873	24,448
Ecológico	1,197	13,381	8,526	23,531
Significativo	*	NS	*	*

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Este resultado contrasta con el obtenido por Frangipane et al., (2025) en un estudio con castañas en las que el manejo ecológico incrementó el peso y tamaño, frente a las convencionales.

Color

Se evaluaron cinco parámetros relacionados con el color de las almendras: L^* , a^* , b^* , C y Hue (Tabla 5). Estos parámetros permiten caracterizar de forma precisa las propiedades cromáticas del fruto.

En cuanto a la luminosidad (L^*), se observó un incremento significativo de aproximadamente 1,6 unidades, en las muestras provenientes del sistema ecológico en comparación con el convencional. Este resultado indica que el producto ecológico presentó una apariencia más clara o brillante.

Por otro lado, los valores correspondientes con los parámetros a^* y b^* no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,440$ y $p = 0,083$, respectivamente). Esto indica que las tendencias hacia tonos rojos (a^*) y amarillo-azul (b^*) se mantuvieron estables independientemente del sistema de producción empleado.

Respecto al croma (C), tampoco se detectaron diferencias significativas ($p = 0,264$), lo que implica que la intensidad o saturación del color fue similar en ambos sistemas.

Finalmente, el ángulo Hue mostró diferencias significativas entre sistemas, siendo mayor en el producto ecológico (~ 1). Un incremento en el ángulo Hue sugiere una modificación en el matiz del color, generalmente asociada a un desplazamiento hacia tonalidades más amarillentas.

Este cambio junto con el aumento de luminosidad, indica que el sistema ecológico no solo influye en la claridad sino también en la tonalidad general del producto.

En forma de resumen, los resultados muestran que el sistema de producción afecta de forma selectiva los parámetros de color, modificando fundamentalmente la luminosidad y el tono (Hue), mientras que los componentes cromáticos primarios (a^* , b^*) y la saturación (C) permanecen estables.

Tabla 11. Parámetros de color (CIELab) en almendras 'Marta'

	L*	a*	b*	C	Hue
Convencional	40,395	18,668	29,348	34,792	57,524
Ecológico	42,003	18,455	30,167	35,378	58,500
t-Student	*	NS	NS	NS	*

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

En estudios previos con almendras de cultivares Largueta y Marcona (Cárceles-Rodríguez et al., 2023) obtuvieron que el manejo ecológico no provocó cambios en ninguno de los parámetros de color estudiados. Sin embargo, es necesario mencionar que estos autores emplearon un colorímetro midiendo en absorbancia con una apertura estándar, lo que puede provocar pequeñas desviaciones. En nuestro caso, se ha empleado un espectrocolorímetro con una apertura de 3 mm con lo que es más factible detectar pequeñas variaciones en los parámetros de color.

Ácidos orgánicos y azúcares

Se analizaron seis compuestos claves relacionados con el perfil de acidez y dulzor presentes en las muestras de almendra: los ácidos cítrico, tartárico y málico, y los azúcares sucralosa, glucosa y fructosa (Tabla 7). Entre los ácidos orgánicos, los que se encontraron en mayor concentración fueron el ácido cítrico y el ácido málico, seguidos del ácido tartárico. En el caso de los azúcares, la sucralosa fue el compuesto cuantitativamente predominante en ambas muestras, seguida de la glucosa y la fructosa.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los seis compuestos analizados: ácido cítrico, ácido tartárico, ácido málico, sucralosa, glucosa y fructosa.

El tratamiento bajo un régimen ecológico, incrementó de manera significativa el contenido de ácido cítrico (~0,9 g/kg) y ácido málico (~0,8 g/kg) respecto al tratamiento convencional. Por el contrario, el tratamiento ecológico disminuyó el contenido de ácido tartárico (~0,15 g/kg). Aunque las pruebas t-Student indican que las diferencias son significativas, su magnitud real es reducida. Estas diferencias tienen escasa relevancia práctica cuando se consideran de forma aislada, ya que difícilmente producirían un cambio marcado en la percepción sensorial individual de cada ácido.

En cuanto a los azúcares, el tratamiento ecológico redujo los niveles de glucosa (~0,88 g/kg) y fructosa (~0,94 g/kg), pero nuevamente las magnitudes son moderadas. Estas variaciones pueden contribuir ligeramente al dulzor, aunque no implican por sí mismas un cambio drástico en el perfil sensorial.

En cambio, en el tratamiento ecológico, incrementó de forma significativa la concentración de sacarosa (~14 g/kg), pero en este caso, la diferencia es claramente mayor, lo cual sí tiene importancia sensorial.

La suma de todos los ácidos y azúcares de las almendras ecológicas y convencionales podrá hacer que se perciban diferencias sensoriales entre ellas.

Tabla 12. Ácidos orgánicos y azúcares en almendras 'Marta'

	Cítrico	Tartárico	Málico	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
Ecológico	3,363	1,387	2,197	40,223	7,467	3,930
Convencional	2,453	1,537	1,353	26,110	8,350	4,873
t-Student	*	*	*	*	*	*

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Ácidos grasos

Se analizaron 26 ácidos grasos en las muestras de almendra (Tabla 3). El ácido graso que se encontró en mayor concentración fue el ácido oleico (~76 %), seguido del ácido linoleico (~15 %). Estos dos compuestos representan el 90 % de los ácidos grasos de las almendras. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en 5 ácidos grasos: Palmitoleico, Esteárico, Oleico, Linoleico, y Lignocérico.

El tratamiento bajo un régimen ecológico incrementó el contenido de ácido oleico, aproximadamente, en un 2 %. Además, también se incrementó el contenido en ácido esteárico, aunque, en este caso, el incremento fue de un 0,1 %. Por otra parte, el tratamiento ecológico disminuyó el contenido en ácido linoleico (~2 %), ácido palmitoleico (~0,03 %) y ácido lignocérico (~0,02 %). Estas pequeñas variaciones en el contenido de ácido oleico y ácido linoleico hacen que también se encontraran diferencias estadísticamente significativas en los índices en los que están involucrados estos compuestos, como, por ejemplo, la relación ácido oleico:ácido linoleico, el contenido total en ácidos monoinsaturados, el contenido total en ácidos poliinsaturados y la relación de estos con el contenido total de ácidos saturados. A modo de resumen, el tratamiento ecológico en el cultivo de almendras incrementó el contenido de ácidos grasos monoinsaturados,

aunque, en este tipo de producto, puesto que estos ácidos ya representan la mayor parte del producto, las diferencias encontradas no suponen una diferencia en cuanto a la calidad funcional debida a los ácidos grasos.

Resultados similares fueron obtenidos en almendras Largueta y Marcona (Cárceles-Rodríguez et al., 2023) estudiando el efecto del manejo ecológico. Estos autores obtuvieron que el manejo ecológico incrementó el contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, debido, fundamentalmente, a un incremento de ácido linoleico y ácido oleico.

Tabla 13. Contenido en ácidos grasos (%) en almendras 'Marta'

Ácido graso	CONV	ECO	t-Student
C12:0 (Láurico)	0,001	0,002	NS
C14:0(Mirístico)	0,012	0,021	NS
C14:1 (Myristoleic)	0,001	0,001	NS
C15:0(Pentadecylic)	0,003	0,010	NS
C15:1(Pentadecenoic)	0,001	0,002	NS
C16:0(Palmitic)	5,125	5,124	NS
C16:1c7	0,020	0,020	NS
C16:1c9 (Palmitoleic)	0,340	0,318	*
C16:1c10	0,006	0,007	NS
C17:0 (Margaric acid)	0,040	0,033	NS
C17:1c10(cis-Heptadecenoic)	0,076	0,077	NS
C18:0(Stearic)	1,530	1,619	*
C18:1t9(Elaidic)	0,001	0,026	NS
C18:1c9n9(Oleic)	75,719	77,444	*
C18:1n7(cis-Vaccenic)	0,673	0,576	NS
C18:2n6 cis 9,12(Linoleic)	16,136	14,412	*
C20:0(Arachidic)	0,086	0,081	NS
C20:1c11(Eicosenoic)	0,002	0,001	NS
C18:3n3c9,12,15(α -Linolenic)	0,108	0,104	NS
C21:0(Heneicosylic)	0,011	0,007	NS
C20:2n6c11,14(Eicosadienoic)	0,009	0,002	NS
C22:0(Behenic)	0,022	0,043	NS
C23:0	0,040	0,041	NS
C24:0 (Ácido lignocérico)	0,034	0,015	*
C24:1c15(Nervonic)	0,001	0,002	NS
C22:6n3(Docosahexaenoic DHA)	0,001	0,005	NS
Oleico:Linoleico	4,693	5,374	*
Ácidos grasos saturados (SFA)	6,905	6,996	NS

Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)	76,840	78,474	*
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)	16,254	14,523	*
PUFA:SFA	2,354	2,076	*
PUFA:MUFA	0,212	0,185	*
(MUFA+PUFA)/SFA	13,482	13,294	NS
Índice aterogénico	0,056	0,056	NS
Índice trombogénico	0,142	0,145	NS

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Capacidad antioxidante y fenoles totales

Se analizaron cuatro parámetros relacionados con la capacidad antioxidante de las almendras: ABTS, DPPH, FRAP y el contenido de fenoles (Tabla 6).

Entre ellos, los métodos DPPH y ABTS fueron los que presentaron los valores más elevados, seguidos del ensayo FRAP y, finalmente, del contenido de fenoles totales. Estos compuestos y actividades son esenciales para caracterizar el potencial antioxidante del fruto y su estabilidad frente a procesos oxidativos.

Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de producción ecológico y convencional. Esto indica que, bajo las condiciones de estudio, el sistema de manejo no ejerció un efecto determinante sobre la capacidad antioxidante global del producto. La ausencia de diferencias significativas señala que, en las condiciones estudiadas, ninguno de los dos sistemas proporciona ventajas claras en términos de capacidad antioxidante o compuestos fenólicos.

En un estudio realizado en almendra 'Largueta' y 'Marcona' (Cárceles Rodríguez et al., 2023) en el que se evaluó el efecto del manejo ecológico sobre la capacidad antioxidante, también se encontró que no hubo diferencias significativas en los resultados obtenidos mediante los métodos ABTS, DPPH y FRAP. Por lo que los resultados obtenidos en el cultivar 'Marta' están en consonancia con los obtenidos en otras variedades de almendra.

Tabla 14. Capacidad antioxidante y fenoles totales (Folin) en almendras 'Marta'

	ABTS	DPPH	FRAP	Fenoles Totales
Ecológico	9,287	18,033	10,393	470,993
Convencional	9,637	17,567	10,207	454,310
t-Student	NS	NS	NS	NS

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Análisis Sensorial Descriptivo

Se estudiaron 15 descriptores sensoriales en la evaluación sensorial de las almendras. En total, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en 6 de ellos (Tabla 4).

En cuanto al color externo y el tamaño, ambos tratamientos obtuvieron las mismas intensidades (8,0), lo que indica que no hay diferencias significativas en estas características sensoriales. Respecto a la rugosidad, se observa una diferencia significativa, con las almendras ecológicas (6,0) mostrando menor rugosidad en comparación con las convencionales (8,0). Esto puede implicar que las almendras ecológicas son más suaves o menos ásperas al tacto. Por otro lado, se observó una diferencia significativa en el dulzor, donde las almendras ecológicas (3,5) fueron percibidas como más dulces que las convencionales (1,5). Esto sugiere que el tratamiento ecológico puede influir positivamente en el sabor dulce de las almendras. Para el amargor, no se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos, manteniéndose en 0,5. La astringencia mostró diferencias significativas; las almendras ecológicas (1,0) son menos astringentes que las convencionales (3,5), lo que podría hacerlas más agradables para el consumidor. En cuanto a la identificación de fruto seco y almendra, ambas presentaron diferencias significativas, obteniendo las ecológicas (6,5) mayor intensidad de sabor a fruto seco y a almendra, que las convencionales (4,5 para fruto seco ID y 4,0 para almendra ID). Por otro lado, los descriptores sensoriales benzaldehído y amaderado, no mostraron diferencias significativas, sugiriendo que el perfil de sabor relacionado con estos descriptores permanece constante entre los dos métodos de cultivo. La dureza no presentó diferencias, indicando que ambos tipos de almendras tienen una textura similar. Tampoco se observaron diferencias en la cohesividad, mientras que en la crujibilidad fue ligeramente mayor en las almendras convencionales (8,0) frente a las ecológicas (7,5). Hubo diferencias significativas, donde las almendras ecológicas (9,0) son más adhesivas que las convencionales (6,0). Finalmente, el postgusto mostró pocos cambios entre los tratamientos.

En modo de resumen, los resultados indican que el método de cultivo ecológico afecta varias propiedades sensoriales de las almendras, particularmente en términos de dulzor, rugosidad, astringencia, adhesividad e intensidad a fruto seco y a almendra. Las almendras ecológicas tienden a ser más dulces, menos ásperas, más adhesivas y con mayor intensidad de sabor a fruto seco y a almendra, lo que podría traducirse en una preferencia por parte de los consumidores. Sin embargo, las diferencias en otras características como el color y el tamaño fueron despreciables a simple vista, indicando que estos aspectos sensoriales pueden estar menos influenciados por el tipo de cultivo.

Un estudio similar realizado con castañas (Frangipane et al., 2025), dio como resultado un sabor a caramelo en castañas ecológicas que en las convencionales no se detectó. De manera comparativa, en el presente estudio se presencia un mayor dulzor en las almendras de cultivo ecológico que en las convencionales.

Tabla 15. Análisis sensorial descriptivo de almendras 'Marta'

Descriptor	t-Student	Convencional	Ecológico
Color externo	NS	8,0	8,0
Tamaño	NS	8,0	8,0
Rugosidad	*	8,0	6,0
Dulzor	*	1,5	3,5
Amargo	NS	0,5	0,5
Astringencia	*	3,5	1,0
Fruto seco ID	*	4,5	6,5
Almendra ID	*	4,0	6,5
Benzaldehído	NS	2,5	1,0
Amaderado	NS	1,5	2,0
Dureza	NS	7,0	7,0
Cohesividad	NS	0,0	0,0
Crujibilidad	NS	8,0	7,5
Adhesividad	*	6,0	9,0
Postgusto	NS	6,5	6,0

NS: no significativo; *: significativo $p < 0,05$

Un estudio similar realizado con castañas (Frangipane et al., 2025), dio como resultado un sabor a caramelo en castañas ecológicas que en las convencionales no se detectó. De manera comparativa, en el presente estudio se presencia un mayor dulzor en las almendras de cultivo ecológico que en las convencionales.

5. CONCLUSIONES

Se comprobó que el manejo ecológico alteró en cierta medida algunos de los factores físicos (tamaño, peso y color), obteniendo como resultado almendras más pequeñas, de menor peso y algo más luminosas y con pequeños tonos amarillentos. Por otro lado, no afectó a la composición química esencial y funcional de las almendras (ácidos grasos, antioxidantes, fenoles, ácidos orgánicos y azúcares). Sí condujo a frutos con un mayor contenido en sacarosa, que también fue percibido sensorialmente.

Sensorialmente, los catadores percibieron algunas diferencias en ciertos atributos (mayor dulzor, notas características de almendra y fruto seco más intensas, menor astringencia, menor rugosidad) que pueden llegar a mejorar la percepción global del fruto seco de algunos consumidores.

En conjunto los resultados demuestran que aplicar un manejo ecológico en el cultivo de almendra puede conducir a obtener frutos más pequeños, pero con una mayor calidad.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Almondo Group. (2025). *Marta_es_2503* [Folleto técnico]. Recuperado de https://almondogroup.com/wp-content/uploads/2025/04/Marta_es_2503.pdf
- Cárceles Rodríguez, B.; Lipan, L.; Durán Zuazo, V.H.; Soriano Rodríguez, M.; Sendra, E.; Carbonell-Barrachina, Á.A.; Hernández, F.; Herencia Galán, J.F.; Rubio-Casal, A.E.; García-Tejero, I.F. (2023). Linking Conventional and Organic Rainfed Almond Cultivation to Nut Quality in a Marginal Growing Area (SE Spain). *Agronomy*, 13, 2834. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112834>
- Consellería de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca. (2025). *El sector del almendro – Abril 2025*. Generalitat Valenciana. Recuperado de https://portalagrari.gva.es/documents/366567370/391916052/Sector+Almendro_abril+2025.pdf/fd23ad87-e022-fdeb-e993-5776e0e263fe?t=1744891464612
- Dicenta, F. (2020). *Nuevas variedades y patrones de almendro* [Webinar]. Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica (23 julio 2020). Recuperado de <https://sftt.info/descargas/230720/Webinar-Almendro-FedericoDicenta.pdf>
- Frangipane, M. T., Costantini, L., Garzoli, S., Merendino, N., Massantini, R., & Corona, P. (2025). Organic vs. Conventional Chestnuts (*Castanea sativa* Mill.): A Focus on Antioxidant Activity, Volatile Compounds, and Sensory Profile. *Foods*, 14(12), 2013. <https://doi.org/10.3390/foods14122013>
- Fundación Española de la Nutrición (FEN). (2025). *Almendra. Fruto seco* (Ficha informativa). Recuperado de <https://fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/almendra.pdf>
- Fyton. (2025). *Almendro Marta*. Recuperado de <https://fyton.es/marta/>
- González de Molina, M., Alonso, A. M., & Guzmán, G. I. (2007). *La agricultura ecológica en España desde una perspectiva agroecológica*. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 214, 47-73. Recuperado de https://www.mapama.gob.es/app/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_REEAP/r214_2.pdf

- López Palazón, J. (1962). *Hojas Divulgadoras 19-20 — Almendro*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1962_19-20.pdf
- Mansergas, A.F. (1986). *Características de algunas variedades interesantes de almendro [Hojas Divulgadoras Nº 19/86]*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1986_19.pdf
- Melgarejo Moreno, P., Salazar Hernández, D. M., López Cortés, I., Martínez Nicolás, J. J., & Hernández, F. (2002). *El cultivo del almendro*. Departamento de Producción Vegetal y Microbiología, Universidad Miguel Hernández de Elche. Recuperado de <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/4951/1/El%20Cultivo%20del%20Almendro.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2024). *La producción de almendra sobrepasará las 373.500 toneladas, un 17 % más que en la última campaña* [Comunicado de prensa]. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/detalle_noticias/la-produccion-de-almendra-sobrepasara-las-373.500-toneladas--un-17---mas-que-en-la-ultima-campana-/8571d8e2-0d51-4b30-86f7-0688705cec64
- Navarro García, A. (2025). *La agricultura ecológica frente a la ...* [Trabajo de investigación]. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/148045/retrieve>
- Navarro Muñoz, A. (2002). *El almendro: variedades y técnicas de cultivo* (2.ª ed.). Junta de Andalucía. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165967AlmendroVariedades_y_Txcnicas_de_cultivo_BAJA.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2025). *FAOSTAT – Producción: cultivos y productos ganaderos (dominio QCL)*. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Red BEDCA. (2025). *Base de Datos BEDCA (versión pública) – Spanish Food Composition Database*. Recuperado de <https://www.bedca.net/bdpub/index.php>
- Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo (30 de mayo de 2018). *Producción ecológica y etiquetado de productos ecológicos; Derogación del*

Reglamento (CE) 834/2007. Diario Oficial de la Unión Europea, L 150, 1-92.
Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00001-00092.pdf>

Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1165 de la Comisión Europea de 15 de julio de 2021 por el que se autorizan determinados productos y sustancias para su uso en la producción ecológica y se establecen sus listas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 253, 16 de julio de 2021, pp. 13-48. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80977>

Saura Calixto, F., Cañellas Mut, J., & Soler, L. (1988). *El cultiu de l'ametler a Mallorca*. *Maina*, (3), 14-19. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Maina/article/view/104176/148364>

