

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



**“INFLUENCIA DEL RIEGO DEFICITARIO Y EL TRATAMIENTO
ECOLÓGICO EN LA CALIDAD DE ALMENDRA”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2024

Autora: Marina Morales Marín

Tutor: Luis Noguera Artiaga

Co-tutor: Abel Calderón Pavón

INFLUENCIA DEL RIEGO DEFICITARIO Y EL TRATAMIENTO ECOLÓGICO EN LA CALIDAD DE ALMENDRA.

La almendra (*Prunus dulcis*) es un fruto con cáscara dura que alberga en su interior la semilla, que es la parte comestible. Este trabajo evalúa el cultivo de almendros de las variedades Guara y Marta bajo dos sistemas de manejo (convencional y ecológico) y con diferentes estrategias de riego (control y deficitario controlado). Se midieron parámetros físicos como el peso, tamaño y color de las almendras, así como análisis sensoriales descriptivos y discriminativos. Los resultados mostraron que el tratamiento ecológico condujo a almendras más grandes, mientras que el riego deficitario controlado redujo el peso y tamaño, especialmente en la variedad Guara. Aunque se detectaron diferencias sensoriales con un panel entrenado, los consumidores no percibieron cambios significativos en los atributos.

Palabras clave: análisis sensorial, estrés hídrico, Guara, Marta, *Prunus dulcis*.

INFLUENCE OF DEFICIT IRRIGATION AND ORGANIC TREATMENT ON THE QUALITY OF ALMONDS.

The almond (*Prunus dulcis*) is a fruit with a hard shell that contains the seed, which is the edible part. This work evaluates the cultivation of Guara and Marta varieties of almond trees under two management systems (conventional and ecological) and with different irrigation strategies (control and controlled deficit). Physical parameters such as weight, size and color of the almonds were measured, as well as descriptive and discriminative sensory analysis. The results showed that the ecological treatment led to larger kernels, while controlled deficit irrigation reduced weight and size, especially in the Guara variety. Although sensory differences were detected with a trained panel, consumers did not perceive significant changes in attributes.

Keywords: sensory análisis, hydric stress, Guara, Marta, *Prunus dulcis*.

Agradecimientos

Expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor del Trabajo Fin de Grado, a Luis Noguera Artiaga. Todo esto ha sido posible gracias a su implicación y dedicación desde el primer momento.

Su perenne sonrisa y la ilusión por su trabajo durante todos estos años, me hicieron estar segura de que quería terminar el grado a su lado.

Además, me gustaría dar las gracias a mi familia. Han sido un pilar fundamental en todas las etapas de mi vida que me han conducido hasta aquí. Gracias por haberlo hecho posible una vez más.



ÍNDICE

1. Introducción	2
1.1. El cultivo de la almendra	2
1.2. Principales variedades	6
1.3. Producción	8
1.4. Composición nutricional	9
1.5. Riego deficitario controlado	11
1.6. Almendras ecológicas frente a convencionales	11
1.7. Análisis sensorial	12
2. Objetivos	14
3. Materiales y métodos	15
3.1. Material vegetal	15
3.2. Sistemas de manejo y estrategias de riego	15
3.3. Parámetros físicos	16
3.4. Análisis sensorial	18
3.5. Análisis estadístico	20
4. Resultados y discusión	21
4.1. Propiedades físicas	21
4.2. Análisis sensorial discriminativo	27
4.3. Análisis sensorial descriptivo	28
5. Conclusiones	31
6. Referencias	32

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El cultivo de la almendra.

Prunus dulcis, más conocido por su nombre común, almendro, es un árbol caducifolio de la familia de las rosáceas, pertenece al subgénero *Amygdalus* del género *Prunus*. Su nombre científico proviene del latín, donde “prunus” significa ciruelo silvestre y “dulcis”, dulce, por su fruto comestible, la almendra (**Figura 1**). Es un fruto con cáscara dura de color marrón-beige, siendo la semilla la parte comestible. Tiene forma de lágrima aplanada, y mide 1-2 cm de largo.

La almendra es el fruto del almendro, pero su parte comestible es la semilla que alberga en su interior, que tan solo representa un 40 %. La semilla está envuelta por una película de color canela, una cáscara externa y una piel verde que se va secando.

Este fruto es una drupa, compuesto por un endocarpio duro y un exocarpo y mesocarpo correosos. Generalmente, un fruto contiene una semilla, aunque, en ocasiones, se dan numerosos casos de frutos con dobles semillas que, al poseer sus cotiledones deformados, le hacen perder gran parte de su valor comercial (MAPA, 2017).

La semilla es el producto de consumo y es de color blanco brillante. Consta de dos tegumentos envolventes que son difícilmente separables, la testa y el tegmen. Inicialmente, pasan de color verdoso a marrón, pasando por el amarillo y el castaño claro, que va oscureciéndose con el tiempo, siendo este parámetro físico un índice de envejecimiento de la semilla.



Figura 1. Almendra con cáscara y pelada.

El almendro es un árbol de hasta 10 m de altura, cuyas flores tienen tonalidades de colores blancas, rosadas o blancas rosáceas (**Figura 2**). Su nombre significa “el despertar” porque es el primer árbol frutal en florecer en primavera de ambientes templados. La flor del almendro es hermafrodita, con cinco sépalos y cinco pétalos de colores variables entre el blanco y el rosado. Las hojas son de tipo lanceolado, largas, estrechas y puntiagudas, con los bordes dentados, el color puede variar entre distintas variedades, pero normalmente presentan un color verde intenso (FEN, 2024).

El tronco es liso cuando es joven, con el tiempo pasa a ser muy agrietado, algo característico de esta especie. La corteza es verde cuando es joven y marrón cuando es adulto, haciéndose más oscura con el tiempo. Su madera es densa y pesada.

Las ramas se asemejan al tronco. Cuando son jóvenes, el veteado de su corteza puede ser anillado o casi circular y acaba convirtiéndose en unas ramas con una rugosidad muy intensas y con un oscurecimiento marcado.

El sistema radicular está compuesto, principalmente, por unas pocas raíces de mayor diámetro. A partir de estas raíces, se desarrollan ramificaciones que originan un esqueleto decreciente de raíces que termina en lasa más recientemente formadas, finas y tiernas.

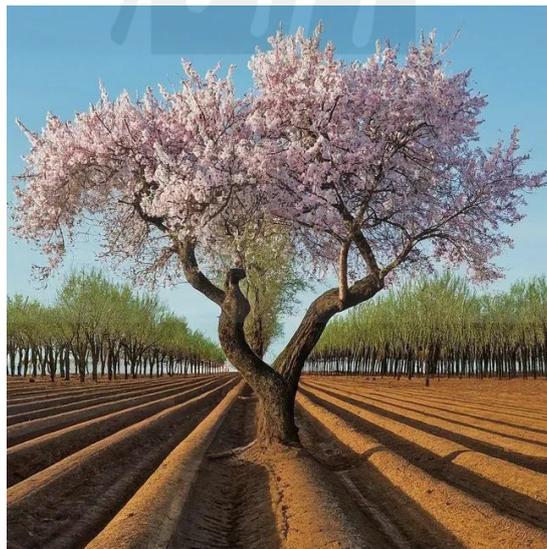


Figura 2. Árbol del almendro en floración. Fuente: AgrawData.

El origen de este árbol es controvertido, debido a que las referencias históricas no son abundantes. Los primeros fósiles de los que se tiene constancia fueron datados en el Mioceno de la Era Terciaria (Salazar et al., 2002). La teoría del origen actual fue propuesta inicialmente por Popov (1929) y Vavilov (1930), que postularon su origen a partir de antepasados silvestres

de las regiones cálidas y montañosas de Asia Central. Según Grasselly (1976), tras sus expediciones en Asia Central (**Figura 3**) y las observaciones de las múltiples especies espontáneas de esta región, el resultado de la especie que actualmente conocemos procede de una hibridación natural entre distintas especies silvestres (*Prunus bucharica*, *Prunus fenzliana* y *Prunus kuramica*) aceptando la existencia simultánea de la línea de semilla amarga y dulce. Posteriormente, en el desarrollo de su cultivo y domesticación se volvió a hibridar con otras especies (*Prunus webbii*, entre otras) que le incorporaron nuevos caracteres.

Este árbol fue cultivado por persas y hebreos (4.000 años A.C.), difundido por fenicios de forma muy restringida (2.000 años A.C.), posteriormente utilizado y extendido por los griegos, los cuales transmitieron su cultivo al Imperio Romano (600/700 años A.C.), y éstos terminaron de extender su cultivo por el Mediterráneo, norte de África y el sur de Europa (Salazar et al., 2002).



Figura 3. Mapa de distribución del cultivo en sus inicios.

El almendro se cultiva en España desde hace más de 2.000 años, se cree que fue introducido por los fenicios y posteriormente propagado por los romanos, ya que ambos lo utilizaban para comerciar.

Es un cultivo mediterráneo que se adapta a condiciones edafoclimáticas muy diversas. Soporta las altas temperaturas en verano y el frío en invierno, puede sobrevivir a periodos largos de sequía, y puede ser cultivado en terrenos muy pobres.

El rango de temperaturas óptimo para la actividad normal del árbol es entre 25-30 °C, y si esta se vuelve inferior a 15 °C o superior a 35 °C, se produce una fuerte reducción del

rendimiento. No obstante, durante el periodo de parada vegetativa que se produce en invierno, el almendro puede soportar temperaturas menores a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, convirtiéndose en una de las especies frutales más resistentes al frío (Cultifort, 2024).

También es un cultivo que es capaz de soportar la sequía, aunque su producción se ve aumentada cuando dispone del agua que necesita. Además, cabe destacar que uno de sus grandes inconvenientes es la extrema sensibilidad a la salinidad que tienen estos árboles. Por otro lado, la cosecha de la almendra se realiza con unas máquinas que recorren el campo sacudiendo los árboles mediante vibraciones para que caiga el fruto (**Figura 4**).



Figura 4. Recolección de almendras.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Tras esto se mantienen durante 7-10 días al aire secándose las cáscaras con la almendra en el interior. Pasado este tiempo, una máquina barredora especializada limpia la almendra en el suelo en hileras ordenadas. Y, por último, una cosechadora o pick-up recoge las nueces de almendra que han quedado en los árboles como método de prevención ante plagas y enfermedades (EOS Data Analytics, 2024).

Respecto a las plagas más frecuentes, encontramos el insecto *Amyelois transitella* y el barrenador del melocotonero. Los almendros son susceptibles a numerosas plagas, por ello los cultivos de almendra necesitan ser inspeccionados con frecuencia para proteger los árboles y los frutos (EOS Data Analytics, 2024).

Este fruto seco se encuentra en el mercado durante todo el año, y se presenta en diferentes formatos: con cáscara, peladas, crudas y tostadas.

1.2. Principales variedades.

Las variedades de almendras se pueden diferenciar en dulces o amargas. Las dulces son las que se consumen como fruto seco y comprenden las de cáscara blanda y de cáscara dura. En cambio, todas las almendras amargas tienen cáscara dura. Visualmente solo se diferencian porque las almendras dulces son ligeramente más grandes que las amargas. Y sensorialmente, cada variedad tiene sabor al nombre que recibe (**Figura 5**).

A continuación, se describen brevemente algunas de las variedades más comunes.

Marcona. Considerada la variedad de mayor calidad a nivel mundial. Es un fruto de cáscara dura y semilla redondeada. Es muy productiva, de maduración tardía y polinización cruzada.

Desmayo Largueta. Variedad española de producción media-alta. Es un fruto muy duro y alargado con una semilla puntiaguda. Necesita polinización cruzada y tiene una recolección semitardía.

Desmayo rojo. Variedad española de floración tardía. Es un fruto muy grueso y compacto con tonos rosados y una semilla alargada.

Atocha. Variedad española muy productiva y con una almendra de calidad. La floración es entre temprana y media estación. Es un fruto con cáscara muy dura y alargada y una semilla de color crema.

Ferraduel. Variedad francesa muy productiva de floración y recolección tardía. Es un fruto de cáscara dura y una semilla plana y ancha.

Ferragnès. Variedad francesa muy productiva con una floración a media estación. Es un fruto de cáscara blanda y una semilla alargada con el centro más ancho.

Cristomorto. Variedad italiana de floración tardía y maduración media. Es un fruto de cáscara dura ovalada y una semilla aplastada con bastantes semillas dobles.

Tuono. Variedad italiana de floración tardía. Es un fruto grande con la cáscara dura y una semilla alargada.



Figura 5. Diversas variedades de almendra con cáscara. Fuente: El Mercurio.com Campo.

Cabe destacar que el Trabajo Fin de Grado está realizado sobre las variedades Guara y Marta, las cuales se describen con más detalle a continuación.

Guara.

La historia del almendro Guara se remonta a 1983 en el CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón), donde se desarrolló esta variedad, que actualmente es una de las más plantadas en el país debido a la resistencia a la sequía, la alta productividad y rendimiento.

Hoy en día, más del 50% de la superficie de secano de España está ocupada por esta variedad de almendros.

Variedad de floración tardía y maduración temprana. Es un fruto de cáscara dura, cuya semilla es redonda (**Figura 6**) y tiene un sabor dulce, por eso se utiliza mucho para la preparación de dulces y postres como son los turrones y los helados, además de utilizarse para freír y tostar.



Figura 6. Variedad de almendra Guara. Fuente: Iberian Almond.

Marta.

Esta variedad surgió de un cruce entre las variedades Ferragnès (francesa) y Tuono (italiana) en el año 1985. Está registrada en el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero, en el Registro de Variedades Protegidas. Por ello, solo pueden reproducirse en los viveros que estén autorizados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Es de floración tardía y un árbol muy resistente a las enfermedades. Su cáscara también es dura y el fruto es alargado con la piel de color marrón claro (**Figura 7**). Gracias a sus características organolépticas y su forma, es utilizada para elaborar productos de repostería como snacks y aperitivos.



Figura 7. Variedad de almendra Marta. Fuente: Almondo.

1.3. Producción.

En los últimos 10 años el área cultivada de almendros se ha incrementado en torno a un 20 %, tanto a nivel nacional, como a nivel europeo y mundial (**Figura 8**). Esto se ha manifestado en un incremento de la producción que, aunque no se comporta de manera lineal con respecto al área cultivada, ya que los árboles recién plantados necesitan de unos años hasta obtener su pico productivo, sí se observa una tendencia al alza (**Figura 9**).

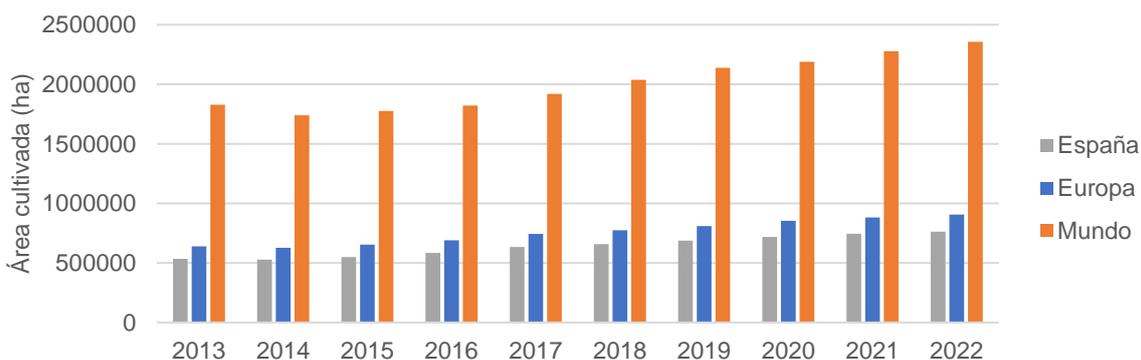


Figura 8. Área cultivada de almendro en España, Unión Europea y Mundo. Fuente: FAOSTAT, 2024.

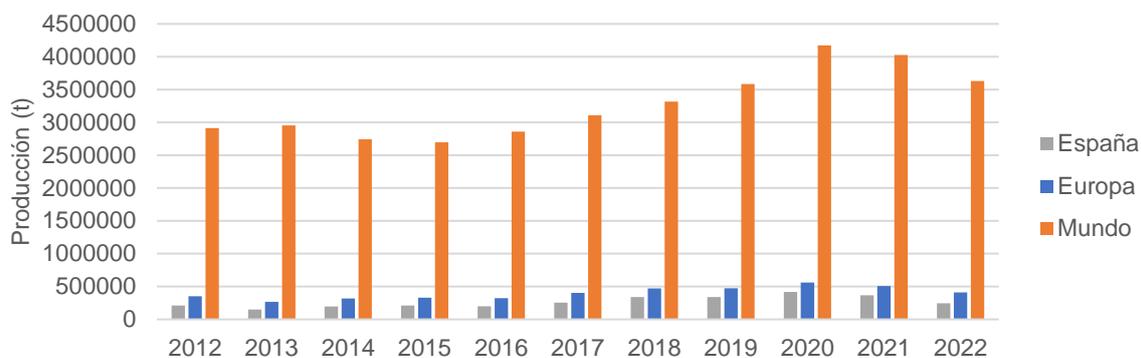


Figura 9. Producción de almendra en España, Unión Europea y Mundo. Fuente: FAOSTAT, 2024.

Con respecto al valor del cultivo, en el caso de España, ha incrementado notablemente en los últimos 10 años (**Figura 10**), pasando de ~190.000 € en 2012 a ~350.000 € en los últimos años. (MAPA, 2023).



Figura 10. Evolución del valor de almendro en miles de euros. Fuente: MAPA, 2023.

1.4. Composición nutricional.

La almendra presenta un alto contenido en grasas (54 g/100 g), al igual que el resto de frutos secos (**Figura 11**). Estas son principalmente monoinsaturadas, es decir, el fruto se puede considerar como fuente de proteínas vegetales. En menor proporción también aporta hidratos de carbono (5,4 g/100 g). Su valor calórico (589 kcal/100 g) es muy alto, debido principalmente, como se ha comentado previamente, a su alto aporte de grasas y su escasa cantidad de agua. En comparación al resto de frutos secos, la almendra destaca por su contenido en fibra (13,5 g/100 g). Por otro lado, de entre los minerales, es fuente de calcio, hierro, magnesio, fósforo, zinc y potasio. Y en cuanto a las vitaminas, la almendra es fuente de vitamina E, riboflavina, tiamina, niacina y folatos (Reglamento 1924/2006).

Componente	Valor	Unidad	Fuente
Proximales			
alcohol (etanol)	0	g	38
energía, total	2454 (589)	kJ (kcal)	236
grasa, total (lípidos totales)	54.1	g	38
proteína, total	21.22	g	30
agua (humedad)	5.65	g	38
Hidratos de Carbono			
fibra, dietética total	13.5	g	38
carbohidratos	5.36	g	38
Grasas			
ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenóico)	0.02	g	310
ácidos grasos, monoinsaturados totales	36.6	g	7
ácidos grasos, poliinsaturados totales	12.861	g	38
ácidos grasos saturados totales	4.142	g	38
ácido graso 12:0 (láurico)	0	g	310
ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	0.03	g	310
ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	2.98	g	310
ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	1.08	g	310
ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oléico)	27.3	g	310
colesterol	0	mg	38
ácido graso 18:2	11.06	g	310
ácido graso 18:3	0.05	g	310
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	38
Vitamina D	0	ug	38
Vitamina E equivalentes de alfa tocoferol de actividades de vitámeros E	26.15	mg	38
folato, total	45	ug	38
equivalentes de niacina, totales	5.5	mg	38
riboflavina	0.62	mg	38
tiamina	0.22	mg	38
Vitamina B-12	0	ug	38
Vitamina B-6, Total	0.155	mg	38
Vitamina C (ácido ascórbico)	0	mg	38
Minerales			
calcio	252	mg	38
hierro, total	4.1	mg	38
potasio	835	mg	38
magnesio	270	mg	38
sodio	14	mg	38
fósforo	454	mg	38
ioduro	2	ug	38
selenio, total	3.5	ug	38
zinc (cinc)	3.2	mg	38

Figura 11. Composición nutricional de la almendra. Fuente: BEDCA, 2024.

1.5. Riego deficitario controlado.

Los países se caracterizan por primaveras y otoños parcialmente húmedos, inviernos mayoritariamente lluviosos y veranos secos y calurosos. La escasez de agua y los déficits hídricos en las plantas, debidos principalmente a la escasa pluviosidad, deben ser complementados con tratamientos de riego. Además, diferentes factores, como el cambio climático, el aumento de la población mundial y la intensificación de las actividades urbanas e industriales, provocarán una escasez de agua para la agricultura, que se acentuará cada vez más en el futuro cercano (Galindo et al., 2018). Esta situación requiere estudios más concretos que permitan gestionar los déficits hídricos sin afectar la calidad de los cultivos. Estos estudios deben centrarse en cultivos capaces de soportar el riego deficitario o que tengan bajas necesidades de agua, pero sin impactos drásticos en la producción y la calidad de los frutos (Pérez-López et al., 2018).

Una de las técnicas enfocadas a la reducción del agua de riego durante el cultivo de frutas y hortalizas es el riego deficitario controlado (RDC). El RDC consiste en la imposición de déficits hídricos en etapas fenológicas específicas, que son menos sensibles al estrés hídrico sin afectar el rendimiento del cultivo ni sus beneficios económicos (Gijón et al., 2011; Noguera-Artiaga et al., 2018).

1.6. Almendras ecológicas frente a convencionales.

La agricultura ecológica surgió en la década de 1920 como resultado de las protestas contra la excesiva industrialización de la agricultura (Lockeretz, W., 2007). La agricultura ecológica combina la agricultura tradicional con tecnologías agrícolas modernas, promoviendo técnicas que aprovechan la fertilidad del suelo y la biodiversidad, como la rotación de cultivos, la diversificación de cultivos o la gestión de plagas de forma natural (Mäder, P. et al., 2002) (Figura 12).



Figura 12. Almendra convencional vs. Ecológica. Fuente: Almondo.

Hoy en día, la demanda de alimentos ecológicos crece rápidamente en todo el mundo. Sin embargo, la agricultura ecológica se considera un enfoque ineficiente de la agricultura, ya que a veces produce rendimientos inferiores en comparación con la agricultura convencional en las mismas condiciones. Por otro lado, la agricultura ecológica es más rentable y respetuosa con el medio ambiente, y produce alimentos iguales o más nutritivos (Reganold, J., 2016). En general, puede decirse que los huertos ecológicos son más respetuosos con el medio ambiente que los convencionales. La agricultura ecológica reduce la aplicación de fertilizantes (minerales y pesticidas) en su producción, pero no los elimina por completo, ya que sigue utilizando pesticidas no sintéticos (azufre, sulfato de cobre, permanganato potásico, etc.) (R834/2007).

En la actualidad, la extensión de las áreas cultivadas debido al aumento de la agricultura ecológica ha incrementado notablemente, alcanzando casi 14 millones de hectáreas de agricultura ecológica en la Unión Europea en 2019 (EUROSTAT, 2024) debido a una conversión de la agricultura convencional a la agricultura ecológica. Además, también se ha destinado un mayor presupuesto a la producción ecológica (IFOAM, 2019).

En general, la agricultura ecológica presenta suelos con un mayor contenido en materia orgánica (Mondelaers, K., 2009), aunque los rendimientos pueden ser menores dependiendo de las características del cultivo y del suelo (Seufert, V., 2012). Estudios recientes han demostrado que, en idénticas condiciones de suelo, tras los primeros años de cultivo, los rendimientos de los sistemas ecológicos igualaban a los de los convencionales, al requerir menores aportes de nitrógeno, tener mayor estabilidad (mineralización de nutrientes, pH y microorganismos del suelo) y mejor estructura del suelo (materia orgánica y reducción de nitratos en las aguas subterráneas) (Schrama, M., 2018). Sin embargo, todavía es difícil establecer cómo afecta el método de cultivo (convencional u orgánico) a la calidad de la fruta/verdura.

1.7. Análisis sensorial.

El análisis sensorial se considera una herramienta del control de calidad de los alimentos. Se enfoca en la evaluación, análisis y control tanto del proceso de fabricación, como del producto o del mercado en el que se incide. Para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto el papel de la evaluación sensorial tiene una gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria. Científicos, químicos, ingenieros, tecnólogos y matemáticos, unen sus esfuerzos para medir las propiedades de un producto y su relación con su aceptación y uso por parte del consumidor (Sancho et al., 1999).

El análisis sensorial tiene un campo de aplicaciones muy amplio y puede ser utilizado en distintos departamentos en los que se incluye producción, ventas, control de calidad y desarrollo de un producto de una industria agroalimentaria.

En primer lugar, es necesario saber la caracterización sensorial y su relación con las características fisicoquímicas del producto para definir su perfil y para posteriormente, saber si se satisfacen las demandas del consumidor, así como para saber cuáles son los atributos que más influyen en su aceptabilidad (Ibañez y Barcina, 2000).

Por otra parte, la calidad es un término complejo y complicado de definir. Una vez aseguradas la calidad nutricional y sanitaria, la calidad sensorial y la aceptabilidad por el consumidor pueden ser evaluadas en primer lugar controlando sensorialmente la calidad de la materia prima, las condiciones de la producción y el almacenamiento. Los avances tecnológicos han permitido que muchas pruebas y procedimientos sobre la calidad de un producto se puedan llevar a cabo con instrumentos analíticos. No obstante, hay cierta información deseada que no puede ser medida más que por los sentidos (Ibañez y Barcina, 2000) (**Figura 13**).



Figura 13. Los cinco sentidos. Fuente: Balcão Automotivo, 2024.

2. OBJETIVOS

El Trabajo Fin de Grado tiene dos objetivos principales:

- estudiar el efecto que tiene el cultivo mediante prácticas ecológicas sobre la calidad de la almendra;
- estudiar el efecto que el riego deficitario controlado tiene sobre la calidad de la almendra.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal.

El trabajo se llevó a cabo durante la campaña 2022-2023, en dos parcelas experimentales de almendro (*Prunus dulcis* Mill. cvs. Guara y Marta) bajo sistemas de manejo ecológico (ECO) y convencional (CON) y localizadas en el Centro "Las Torres", perteneciente al Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), (37° 30' 38,55" N; 05° 57' 44,98" W). Los árboles, plantados en 2016 se encuentran injertados sobre patrón GN15, y en un marco de plantación de 6x7 m con riego localizado, utilizando dos tuberías con emisores de 2,3 l/h a intervalos de 0,75 m.

El suelo de las parcelas experimentales es un Fluvisol típico de textura franco-arcillosa, con más de 2,5 m de profundidad, fértil; y con una capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 0,42 y 0,17 m³/m³ respectivamente.

La climatología en el área de estudio es meso-mediterránea, con una tasa de ET₀ anual de 1.400 mm y una precipitación anual media de 540 mm, distribuida principalmente de octubre a abril, siendo los meses de junio a agosto cuando se alcanzan las tasas más altas de evapotranspiración y hay poco o nada de lluvia.

3.2. Sistemas de manejo y estrategias de riego.

En cada sistema de manejo (ECO y CON) se implementaron las técnicas de cultivo rutinarias para el cultivo del almendro. En este sentido, en el sistema ECO se realizó una aplicación anual de estiércol a razón de (2 kg m⁻²), y el manejo de plagas y enfermedades se desarrolló de acuerdo con el Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos (DOUE, 2018). En cuanto al sistema CON, la parcela recibió un abonado de fondo al inicio de campaña (15-15-15, a razón de 250 kg ha⁻¹) en prefloración, con incorporación adicional de nutrientes y microelementos por vía foliar hasta alcanzar unidades de NPK en torno a 80-45-100, por término medio. El manejo de plagas y enfermedades se realizó de acuerdo con la normativa de producción integrada de Andalucía (BOJA, 2012).

Durante el período experimental se llevaron a cabo dos estrategias de riego:

- un tratamiento de riego que recibió durante toda la campaña el 100 % de las necesidades de riego (NN.RR) (Control);

- un tratamiento de riego deficitario controlado (RDC), que recibió el 80 % de las NN.RR durante el período de crecimiento vegetativo (de marzo a mayo) (PI) y en postcosecha (mediados de agosto hasta finales de octubre, coincidiendo con el comienzo de las lluvias de otoño) (PIII); y un 40 % de las NN.RR durante la etapa de llenado del grano (de junio hasta justo antes de la cosecha) (PII).

Las tasas de evapotranspiración del cultivo (ETC), lluvia y dosis de riego en cada uno de los tratamientos ensayados se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Evapotranspiración del cultivo, precipitaciones y dosis de riego aplicado en cada tratamiento (mm).

	P _I	P _{II}	P _{III}	Total
ET _C	278	375	167	820
Lluvia	107	25	37	169
Control	184	313	128	625
RD	144	124	104	362

ET_C, evapotranspiración del cultivo; Control, tratamiento control regado al 100 % de sus necesidades; RD, riego deficitario; P_I, P_{II} and P_{III} corresponden con el periodo de crecimiento vegetativo, llenado de grano y postcosecha, respectivamente.

3.3. Parámetros físicos.

Para evaluar si los tratamientos estudiados (riego y tratamiento en campo) provocaban cambios en las propiedades físicas de las almendras, se determinó el peso, rendimiento en peso, tamaño y color de los frutos.

Se pesaron 75 almendras de cada tratamiento en una balanza Mettler Toledo modelo AG204 (Barcelona, España) con una precisión de 0,1 mg (**Figura 14**). En estas mismas muestras se determinó su altura, anchura y espesor, empleando un calibre digital Mitutoyo 500-197-20 150 mm (Mitutoyo, Illinois, EE. UU.) con una precisión de 0,02 mm.

Por último, se evaluó el color CIEL*a*b* mediante un colorímetro Minolta CR-400 (Minolta Camera Co. Osaka, Japan) (**Figura 15**), usando un iluminante D65 y un observador de 10°. Los resultados se expresaron de acuerdo con las coordenadas L* (luminosidad), a*(rojo-verde), b*(azul-amarillo), C*(Croma, $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$) y h (tono, $h = \arctg(b^*/a^*)$).



Figura 14. Pesado de frutos sin cáscara.

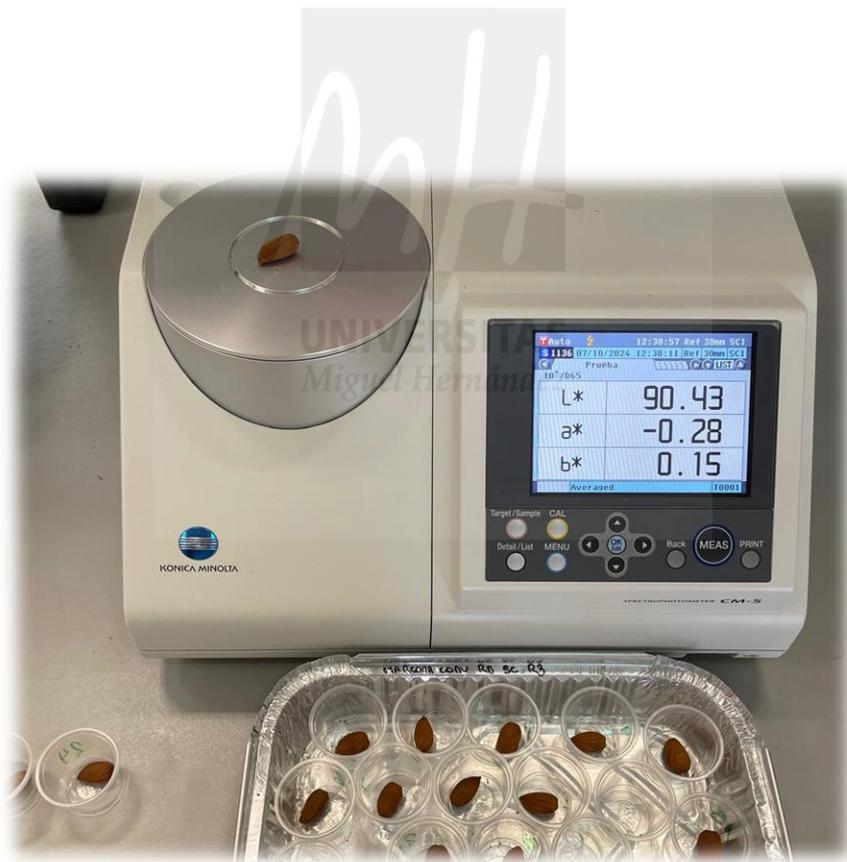


Figura 15. Medida del color de frutos sin cáscara.

3.4. Análisis sensorial.

Para evaluar si los tratamientos estudiados (riego y tratamiento en campo) se manifestaban en las propiedades organolépticas de las almendras, se realizaron ensayos de análisis sensorial descriptivo y discriminativo. Estos análisis se llevaron a cabo en la sala de catas ubicada en el edificio Oriol, de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la UMH. Esta sala consta de 10 cabinas de cata con paneles laterales y frontal, ventana de servicio de muestras y luz natural y artificial (tanto general como individualizada en cada cabina) (**Figura 16**). Las medidas y distribución de la sala cumplen con las establecidas en la norma UNE-EN ISO 8589:2010/A1:2014. Durante todo el ensayo la sala se mantuvo a una temperatura constante de 24 °C.

El servicio de las muestras, 5 almendras por juez, se realizó en envases desechables de plástico y libres de olor. Las muestras se codificaron utilizando códigos de 3 dígitos, escogidos de forma completamente aleatoria. Los jueces tuvieron a su disposición agua osmotizada para limpiar su paladar entre muestras. Las muestras se mantuvieron a temperatura de la sala de catas durante toda la sesión (24 °C).



Figura 16. Sala de catas del edificio Oriol.

3.4.1. Análisis sensorial descriptivo.

Se realizó un análisis descriptivo en el que participaron 10 panelistas entrenados (4 mujeres y 6 hombres, de edades comprendidas entre los 24 y los 57 años) miembros del Departamento Tecnología Agroalimentaria (UMH). Este panel tiene más de 1000 horas de experiencia en este tipo de pruebas, con diferentes tipos de alimentos.

Se empleó el léxico desarrollado por Lipan et al., (2019). Los atributos evaluados fueron: color externo, tamaño, rugosidad, dulzor, amargor, astringencia, sabor a fruto seco, sabor a almendra, sabor a benzaldehído, sabor amaderado, dureza, cohesividad, crujibilidad, adhesividad y postgusto. Una vez definido el léxico se realizaron 3 sesiones de cata, de 1 h de duración cada una de ellas, en las que se cataron todas las muestras por triplicado.

Para la evaluación de la medida de intensidad de los descriptores se empleó una escala numérica de 21 puntos, en la que 0 representa una intensidad extremadamente baja, y 10 extremadamente intensa, con incrementos de 0,5 unidades.

3.4.2. Análisis sensorial discriminativo.

Para evaluar si los tratamientos estudiados (riego y tratamiento en campo) eran percibidos por los consumidores habituales del producto se realizaron estudios de análisis sensorial discriminativo.

Se empleó la prueba triangular. Esta prueba consiste en servir a los jueces sensoriales 3 muestras, de las que 2 de ellas son de un producto y la muestra restante de otro. El juez debe identificar cuál es la muestra distinta a las otras 2. Participaron 24 jueces sensoriales. Las pruebas se realizaron el mismo día (para cada uno de los cultivares bajo estudio), con intervalos de 15 min entre ellas para limpiar el paladar y evitar saturaciones.

Las triadas de muestras que se estudiaron fueron las siguientes:

- Triangular 1: ECO-RC vs ECO-RDC
- Triangular 2: CON-RC vs CON-RD
- Triangular 3: ECO-RC vs CON-RC
- Triangular 4: ECO-RDC vs CON-RDC

3.5. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos en este Trabajo Fin de Grado fueron analizados mediante un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) comparando el efecto de los factores tratamiento y riego, seguido de una prueba de rangos múltiples de Tukey, con un intervalo de confianza del 95 % ($p < 0,05$). Se empleó el software XLSTAT (versión 2016.02.27444 Addinsoft, Paris, France).



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso y tamaño de las almendras del cultivar Guara, tanto teniendo en cuenta el factor riego como el factor manejo en campo (**Tabla 2**).

Las almendras (Guara) convencionales eran más pequeñas (anchura, altura y grosor) y pesaban menos que las ecológicas. Por otra parte, el riego deficitario controlado condujo a frutos menos pesados y más pequeños que el riego control (**Tabla 2**).

Si analizamos los resultados teniendo en cuenta ambos factores de forma conjunta, podemos observar que la combinación de manejo convencional y riego deficitario controlado es la que conduce a unos frutos menos pesados y más pequeños (**Tabla 2**).

Una vez peladas las almendras, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ambos factores. Nuevamente, el tratamiento convencional y el riego deficitario controlado condujeron a almendras de menor peso y tamaño. La combinación de tratamiento convencional * RDC volvió a ser la que obtuvo los frutos con menor peso y tamaño (**Tabla 3**).

Tabla 2. Peso y tamaño de almendras del cultivar Guara, con cáscara (n=75).

	Peso (g)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Grosor (mm)
ANOVA				
Tratamiento	0,000	0,000	0,000	0,000
Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Trat.*Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Tratamiento				
ECO	3,579 b [†]	23,258 b	30,707 b	16,098 b
CON	3,153 a	22,204 a	28,121 a	15,810 a
Riego				
RC	3,543 b	23,048 b	29,976 b	16,178 b
RDC	3,189 a	22,414 a	28,851 a	15,730 a
Trat.*Riego				
ECO*RC	3,628 b	23,233 b	31,058 c	16,175 b
ECO*RDC	3,530 b	23,282 b	30,356 c	16,020 b
CON*RC	3,459 b	22,862 b	28,895 b	16,181 b
CON*RDC	2,848 a	21,546 a	27,347 a	15,440 a

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 3. Peso y tamaño de almendras del cultivar Guara, sin cáscara (n=75).

	Peso (g)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Grosor (mm)
ANOVA				
Tratamiento	0,000	0,000	0,000	0,000
Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Trat.*Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Tratamiento				
ECO	1,122 b [†]	23,258 b	30,707 b	16,098 b
CON	1,050 a	22,204 a	28,121 a	15,810 a
Riego				
RC	1,138 b	23,048 b	29,976 b	16,178 b
RDC	1,033 a	22,414 a	28,851 a	15,730 a
Trat.*Riego				
CON*RC	1,110 bc	22,862 b	28,895 b	16,181 b
CON*RDC	0,989 a	21,546 a	27,347 a	15,440 a
ECO*RC	1,165 c	23,233 b	31,058 c	16,175 b
ECO*RDC	1,078 b	23,282 b	30,356 c	16,020 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Si se analiza el peso del fruto en función de la relación existente entre el peso con cáscara y sin cáscara se observa que el rendimiento en peso es mayor en el caso de las almendras tratadas convencionalmente (**Tabla 4**). Este valor indica que en los frutos recolectados completos (cáscara + fruto) el fruto tiene un peso más elevado con respecto a la cáscara por lo que el agricultor puede percibir mayores emolumentos por su cosecha. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el caso del tipo de riego (control vs RDC).

En el caso del color, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las coordenadas analizadas (CIEL *a*b*), tanto para el tipo de manejo como para el tipo de riego (**Tabla 5**).

Las almendras ecológicas presentaron una menor luminosidad y valores más altos de las coordenadas a* y b*. Esto se manifiesta en un color más oscuro y marrón (**Tabla 5**).

En el caso del riego, las almendras tratadas bajo condiciones de estrés hídrico presentaron una mayor intensidad de todas las coordenadas analizadas (**Tabla 5**).

Es necesario mencionar que está demostrado que diferencias de color inferiores a 2 unidades no son percibidas por el ojo humano (en condiciones normales) por lo que a pesar de que se han observado cambios en todos los parámetros medidos estos no parecen ser relevantes como para que sean percibidos.

Tabla 4. Rendimiento en peso (peso fruto pelado / peso fruto con cáscara) de almendras Guara (n=75).

	Rendimiento en peso (%)
ANOVA	
Tratamiento	0,000
Riego	0,000
Trat.*Riego	0,000
Tratamiento	
ECO	0,316 a [†]
CON	0,335 b
Riego	
RC	0,323 a
RDC	0,328 a
Trat.*Riego	
ECO*RC	0,324 b
ECO*RDC	0,308 a
CON*RC	0,323 b
CON*RDC	0,348 c

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 5. Color (CIEL*a*b*) de almendras del cultivar Guara, sin cáscara (n=75).

	L*	a*	b*	C	Hue
ANOVA					
Tratamiento	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Riego	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Trat.*Riego	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tratamiento					
ECO	43,218 a [†]	20,051 b	33,067 b	38,681 b	58,706 a
CON	43,894 b	19,168 a	32,263 a	37,535 a	59,222 b
Riego					
RC	43,073 a	19,414 a	32,029 a	37,462 a	58,717 a
RDC	44,040 b	19,805 b	33,301 b	38,754 b	59,211 b
Trat.*Riego					
ECO*RC	43,413 a	20,152 c	33,176 b	38,828 b	58,650 a
ECO*RDC	43,024 a	19,950 bc	32,958 b	38,534 b	58,761 a
CON*RC	42,734 a	18,676 a	30,881 a	36,095 a	58,784 a
CON*RDC	45,055 b	19,660 b	33,645 b	38,974 b	59,661 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Por otro lado, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso y tamaño de las almendras del cultivar Marta, teniendo en cuenta el factor manejo en campo. En el factor riego, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso y a la altura, pero sí en cuanto a la anchura y el grosor. (Tabla 6).

Las almendras (Marta) convencionales eran más pequeñas (anchura, altura y grosor) y pesaban menos que las ecológicas. Por otra parte, el riego control y el riego deficitario controlado no presentaron diferencias significativas con respecto al peso y tampoco respecto a la altura, pero el riego deficitario controlado sí llevó a conseguir frutos más pequeños con relación a la anchura y el grosor. (Tabla 6).

Si analizamos los resultados teniendo en cuenta ambos factores de forma conjunta, podemos observar que la combinación de tratamiento convencional y riego deficitario controlado es la que conduce a unos frutos menos pesados y más pequeños (Tabla 6).

Tras separar la cáscara del fruto, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso y tamaño, teniendo en cuenta el factor manejo en campo. En el factor riego, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso, a la altura y al grosor, pero sí en cuanto a la anchura (Tabla 7).

Entre el tratamiento convencional con el riego deficitario controlado, y el tratamiento convencional con el riego control, no se muestran diferencias significativas entre ninguna de ellas. Y en cuanto al tratamiento ecológico con el riego deficitario controlado, y el tratamiento ecológico con el riego control, solo hay diferencias significativas en la anchura (Tabla 7).

Si analizamos los resultados teniendo en cuenta el tratamiento y el riego simultáneamente, podemos observar que las almendras convencionales de los dos tipos de riego pesan menos y son más pequeñas que las almendras ecológicas, incluyendo también los dos tipos de riego (Tabla 7).

Tabla 6. Peso y tamaño de almendras del cultivar Marta, con cáscara (n=75).

	Peso (g)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Grosor (mm)
ANOVA				
Tratamiento	0,000	0,000	0,000	0,173
Riego	0,000	0,000	0,000	0,173
Trat.*Riego	0,000	0,000	0,000	0,173
Tratamiento				
ECO	4,250 b [†]	22,272 b	33,486 b	15,229
CON	3,478 a	20,199 a	29,595 a	14,976
Riego				
RC	3,924 a	21,447 b	31,682 a	15,236
RDC	3,804 a	21,025 a	31,399 a	14,969

Trat.*Riego

ECO*RC	4,381 c	22,773 c	33,968 c	15,382
ECO*RDC	4,118 b	21,772 b	33,005 b	15,077
CON*RDC	3,489 a	20,277 a	29,793 a	14,862
CON*RC	3,466 a	20,121 a	29,397 a	15,091

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). †Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 7. Peso y tamaño de almendras del cultivar Marta, sin cáscara (n=75).

	Peso (g)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Grosor (mm)
ANOVA				
Tratamiento	0,000	0,000	0,000	0,000
Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Trat.*Riego	0,000	0,000	0,000	0,000
Tratamiento				
ECO	1,264 b [†]	13,711 b	25,433 b	7,967 a
CON	1,131 a	12,732 a	22,657 a	8,415 b
Riego				
RC	1,207 a	13,347 b	24,018 a	8,209 a
RDC	1,187 a	13,096 a	24,072 a	8,173 a
Trat.*Riego				
ECO*RC	1,300 c	13,954 c	25,556 b	8,000 a
ECO*RDC	1,228 bc	13,468 b	25,310 b	7,934 a
CON*RC	1,114 a	12,740 a	22,480 a	8,418 b
CON*RDC	1,147 ab	12,725 a	22,834 a	8,412 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). †Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Analizando el peso del fruto en función de la relación que existe entre el peso con cáscara y sin cáscara, se observa que el rendimiento en peso es mayor en el caso de las almendras tratadas convencionalmente (**Tabla 8**). Este valor indica que, en los frutos recolectados completos, en el que se incluye cáscara y fruto, el fruto tiene un peso más elevado con respecto a la cáscara, de este modo el agricultor podría aumentar sus ganancias con la cosecha. En el caso del riego control y el riego deficitario controlado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

En el caso del color, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las coordenadas que se analizaron (CIEL*a*b*), tanto para el tipo de manejo como para el tipo de riego, exceptuando la coordenada L* para el tratamiento y la coordenada a* para el riego. (Tabla 9).

Respecto al riego, las almendras que tuvieron riego deficitario controlado presentaron un valor más bajo de luminosidad (L*), un valor igual en la coordenada a* y valores superiores en las coordenadas b* y c* con respecto al riego control. (Tabla 9).

Cabe destacar que, si hay diferencias de color inferiores a 2 unidades, está demostrado que no son percibidas por el ojo humano (en condiciones normales), por lo que a pesar de que se han observado cambios en todos los parámetros medidos, estos no parecen ser relevantes como para que sean percibidos, a excepción de la tonalidad (Hue) que sí que se percibe como distinta en las cuatro variables resultantes de combinar tratamiento y riego (Tabla 9).

Tabla 8. Rendimiento en peso (peso fruto pelado / peso fruto con cáscara) de almendras Marta (n=75).

	Rendimiento en peso (%)
ANOVA	
Tratamiento	0,000
Riego	0,000
Trat.*Riego	0,000
Tratamiento	
ECO	0,299 a [†]
CON	0,328 b
Riego	
RC	0,311 a
RDC	0,315 a
Trat.*Riego	
ECO*RC	0,298 a
ECO*RDC	0,300 a
CON*RC	0,331 b
CON*RDC	0,324 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 9. Color (CIEL*a*b*) de almendras del cultivar Marta, sin cáscara (n=75).

	L*	a*	b*	C	Hue
ANOVA					
Tratamiento	0,049	0,087	0,000	0,000	0,000
Riego	0,049	0,087	0,000	0,000	0,000
Trat.*Riego	0,049	0,087	0,000	0,000	0,000
Tratamiento					
ECO	90,461 a [†]	-0,260 b	0,118 a	0,294 a	155,208 b
CON	90,464 a	-0,271 a	0,139 b	0,308 b	152,611 a
Riego					
RC	90,468 b	-0,266 a	0,107 a	0,292 a	157,590 b
RDC	90,457 a	-0,265 a	0,150 b	0,310 b	150,229 a
Trat.*Riego					
ECO*RC	90,463 a	-0,259 a	0,092 a	0,283 a	159,521 b
ECO*RDC	90,458 a	-0,260 a	0,143 c	0,306 bc	150,895 a
CON*RC	90,456 a	-0,269 a	0,157 c	0,314 c	149,564 a
CON*RDC	90,472 a	-0,273 a	0,121 b	0,302 b	155,658 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey.

4.2. Análisis sensorial discriminativo

Para conocer si las diferencias en el tratamiento en campo de los almendros provocaban cambios en el sabor global de las almendras y si estas eran percibidas por personas no entrenadas se realizaron estudios discriminativos (pruebas triangulares).

Como se ha indicado en el apartado de materiales y métodos, para la realización de estas pruebas participaron 24 jueces, por tanto, para que las muestras fueran significativamente diferentes, era necesario que 13 de ellos percibieran dichas diferencias. Los resultados obtenidos en las pruebas triangulares llevadas a cabo mostraron que no se encontraron diferencias en ninguna de las comparaciones realizadas, ni en el caso de las almendras del cultivar Guara (**Figura 17**) ni en las del cultivar Marta (**Figura 18**).

Estos resultados ponen de manifiesto que, a pesar de estar tratadas de forma distinta en campo, los frutos obtenidos (en ambos cultivares) expresan diferencias en su composición, pero estas no son percibidas por los consumidores.

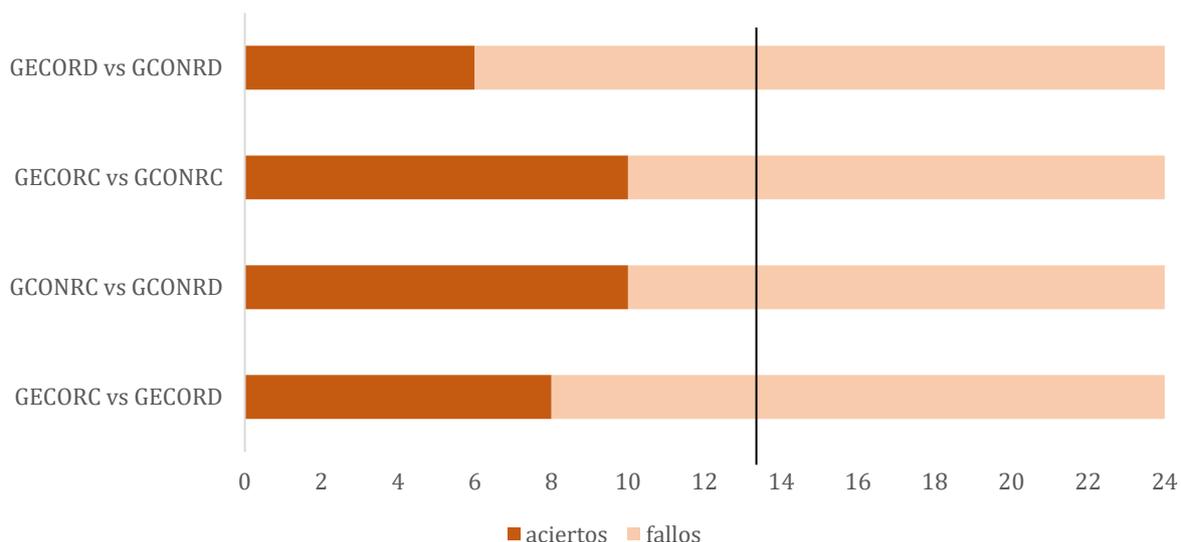


Figura 17. Resultados pruebas discriminativas con almendras Guara. La línea vertical en el número de aciertos señala el mínimo necesario como para considerar el resultado significativo.

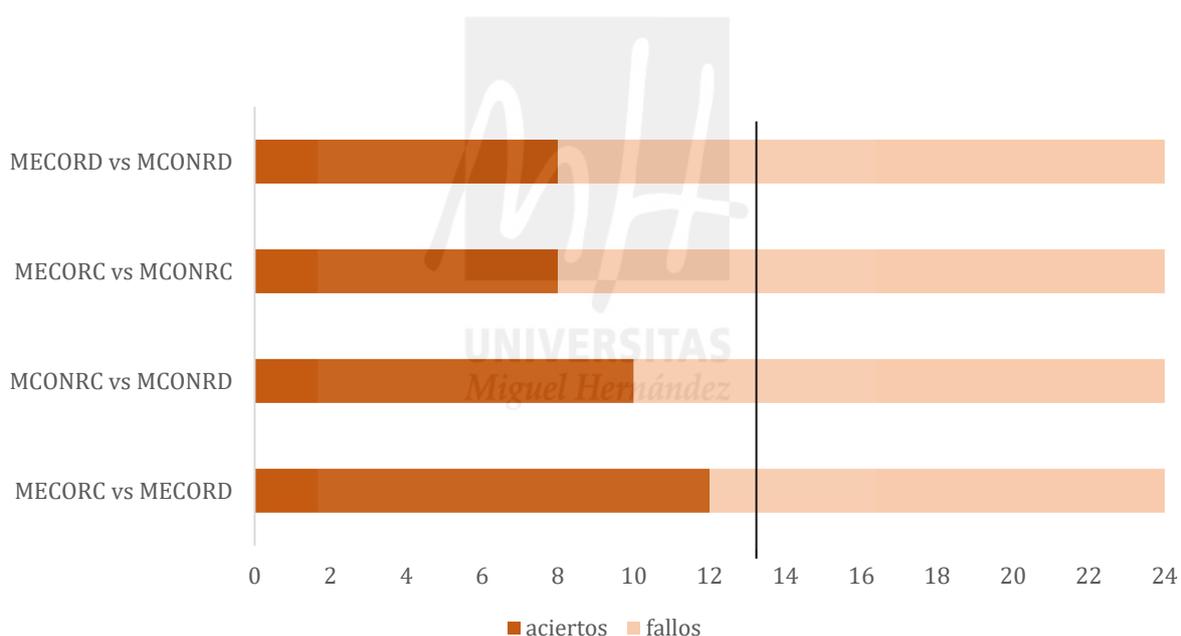


Figura 18. Resultados pruebas discriminativas con almendras Marta. La línea vertical en el número de aciertos señala el mínimo necesario como para considerar el resultado significativo.

4.3. Análisis sensorial descriptivo

En el caso de las almendras del cultivar Guara se encontraron diferencias estadísticamente significativas en 10 de los 15 descriptores sensoriales evaluados (**Tabla 10**). En relación con el riego de los árboles durante el cultivo, las almendras de riego control eran más grandes que las de RDC. Si tenemos en cuenta el factor del manejo en campo (ecológico vs

convencional) podemos observar que las almendras convencionales presentaban una mayor intensidad de sabor a benzaldehído (compuesto aromático típico del producto), una mayor dureza y una mayor crujibilidad que las almendras ecológicas (**Tabla 10**). Por otra parte, estas almendras (convencionales) presentan una menor adhesividad en boca.

Tabla 10. Análisis sensorial descriptivo de almendras Guara.

Descriptor sensorial	ANOVA	ECO_RC	CON_RC	ECO_RDC	CON_RDC
Color externo	0,010	5,0 c†	6,0 a	5,5 b	4,5 d
Tamaño	0,005	8,5 a	8,0 b	7,5 c	7,0 d
Rugosidad	0,065	5,4	5,2	5,2	5,4
Dulzor	0,030	2,0 b	2,2 b	3,0 a	2,2 b
Amargor	0,035	0,5 b	1,0 a	0,5 b	0,5 b
Astringencia	0,052	1,0	1,0	1,0	1,0
Fruto seco ID	0,058	6,0	5,5	6,0	5,8
Almendra ID	0,065	6,0	5,8	6,0	5,8
Benzaldehído	0,001	0,5 b	1,5 a	0,5 b	1,5 a
Amaderado	0,015	2,0 b	3,0 a	2,0 b	2,0 b
Dureza	0,012	6,0 b	7,5 a	6,0 b	8,0 a
Cohesividad	0,058	2,8	2,6	2,6	2,8
Crujibilidad	0,001	6,0 b	7,8 a	5,8 b	7,6 a
Adhesividad	0,001	5,5 a	4,0 b	5,5 a	4,0 b
Postgusto	0,015	6,5 a	5,0 b	5,5 b	5,2 b

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). †Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey. ECO: ecológico; CON: convencional; RC: riego control; RDC: riego deficitario controlado.

En el caso de las almendras del cultivar Marta se encontraron diferencias estadísticamente significativas en 10 de los 15 descriptores sensoriales evaluados (**Tabla 11**). Las almendras de riego control presentaron intensidades más altas de sabor a almendra y a fruto seco (global) que las almendras tratadas con RDC. Si tenemos en cuenta el factor del manejo en campo (ecológico vs convencional) podemos observar que las almendras convencionales presentaban una mayor intensidad de sabor amaderado (aroma típico del producto), una menor dureza y una menor crujibilidad que las almendras ecológicas (**Tabla 11**).

Tabla 11. Análisis sensorial descriptivo de almendras Marta.

Descriptor sensorial	ANOVA	ECO_RC	CON_RC	ECO_RDC	CON_RDC
Color externo	0,071	6,0	6,0	6,0	6,0
Tamaño	0,005	9,5 a [†]	7,0 b	9,5 a	7,5 b
Rugosidad	0,065	5,5	5,5	5,3	5,8
Dulzor	0,053	2,5	3,5	3,0	4,0
Amargor	0,055	1,0	0,5	0,5	0,5
Astringencia	0,012	2,0 a	0,5 b	0,5 b	0,5 b
Fruto seco ID	0,018	6,0 b	7,5 a	5,0 c	5,0 c
Almendra ID	0,015	6,0 b	7,5 a	5,4 c	5,2 c
Benzaldehído	0,001	2,5 a	0,5 b	0,5 b	0,5 b
Amaderado	0,015	3,5 a	1,5 b	4,0 a	2,0 c
Dureza	0,012	8,0 a	6,0 c	8,0 a	7,0 b
Cohesividad	0,058	3,0	4,0	3,0	3,5
Crujibilidad	0,021	8,0 a	6,0 c	8,0 a	7,0 b
Adhesividad	0,011	8,0 a	7,0 b	7,0 b	8,5 a
Postgusto	0,018	7,0 a	5,0 b	5,0 b	7,0 a

Valores de ANOVA en negrita indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). [†]Letras distintas para un mismo factor indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey. ECO: ecológico; CON: convencional; RC: riego control; RDC: riego deficitario controlado.

Por los resultados obtenidos se puede llegar a la conclusión de que los tratamientos en campo (manejo y riego) tienen influencia sobre las propiedades sensoriales de las almendras, pero no afectan de igual forma a los cultivares estudiados. Es importante considerar la importancia de estos resultados ya que muchos de estos atributos, en concreto el color, el sabor y los atributos de textura, son de especial importancia para la decisión de elección y compra del consumidor.

5. CONCLUSIONES

El manejo bajo condiciones ecológicas en campo conduce a almendras más grandes y pesadas que bajo condiciones convencionales, tanto en almendras del cultivar Marta como Guara.

Con respecto al riego, se observa que el tratamiento con riego deficitario controlado provoca un descenso en el peso y tamaño de las almendras del cultivar Guara. En los frutos del cultivar Marta no se encontraron diferencias entre ambos tratamientos de riego.

Los tratamientos bajo estudio (manejo y riego) han provocado cambios sensoriales en las almendras de los cultivares Marta y Guara cuando se analizan con un panel entrenado, que se han manifestado de forma distinta en cada uno de los cultivares. Sin embargo, estos cambios no han sido percibidos en ensayos de comparación entre tratamientos cuando participan consumidores habituales del producto.



6. REFERENCIAS

- AgrawData. 2024. Guía completa para plantar un almendro: consejos y mejores prácticas. <https://agrawdata.com/blog/plantar-almendro/> Consultada en julio de 2024.
- Agromática. 2024. Características de la variedad de almendro Guara. <https://www.agromatica.es/almendro-guara/> Consultada en julio de 2024.
- Almendrún. 2024. La almendra española. <https://almendrún.es/la-almendra-espanola/> Consultada en julio de 2024.
- Almondo. 2024. Nuestras almendras. <https://almondogroup.com/nuestras-almendras/> Consultada en julio de 2024.
- BALAM. 2024. Variedades del almendro. <https://balam.es/variedades-de-almendro/> Consultada en julio de 2024.
- Balcão Automotivo. 2024. Os cinco sentidos no ambiente de trabalho. <https://www.balcaoautomotivo.com/2024/02/19/37508/> Consultada en julio de 2024.
- BEDCA, Base de datos española de composición de alimentos. 2024. <https://www.bedca.net/bdpub/> Consultada en julio de 2024.
- BOJA, Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. Orden de 20 de marzo de 2012, por la que se aprueba el Reglamento Específico de Producción Integrada de Almendro.
- Cultifort. 2024. El almendro: exigencias del cultivo, material vegetal y nutrición. <https://www.cultifort.com/almendro-cultivo-material-vegetal-nutricion/> Consultada en julio de 2024.
- El Mercurio.com Campo. 2004. Universidad de Chile. Ahumada. <https://www.elmercurio.com/campo/Registro/Login.aspx?urlBack=/Campo/Noticias/Noticias/2024/03/18/dudas-rodean-nuevas-variedades-almendras.aspx>
- EOS Data Analytics. 2024. Cultivo de la almendra: condiciones para el éxito. <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-la-almendra/> Consultada en julio de 2024.
- EUROSTAT. Organic Farming Statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic_farming_statistics Consultada en julio de 2024.
- FEN. Fundación Española de la Nutrición. 2024. Almendra. <https://fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/almendra.pdf> Consultada en julio de 2024.
- Galindo, A., Collado-González, J., Griñán, I., Corell, M., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Girón, I.F., Rodríguez, P., Cruz, N., Memmi, H. 2018. Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agric. Water Manag.*, 202, 311–324.

- Gijón, M.C., Gimenez, C., Pérez-López, D., Guerrero, J., Couceiro, J.F. Moriana, A. 2011. Water relations of pistachio (*Pistacia vera* L.) as affected by phenological stages and water regimes. *Sci. Hortic.* 128, 415–422.
- Grasselly, C., Olivier, G. 1976. Mise en évidence de quelques types autocompatibles parmi les cultivars d'amandier (*P. amygdalus* Batsch) de la population des Pouilles. *Ann Amélior. Plantes (Paris)* 26:107-113.
- Ibañez, F.C., Barcina, Y. 2000. *Análisis sensorial de los alimentos: métodos y aplicaciones*. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, España. ISBN: 978-84-07-00801-0.
- Iberian Almond. 2024. Almendra Guara. <https://iberianalmond.com/producto/almendra-guara/> Consultada en julio de 2024.
- IFOAM. 2019. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2019*. Willer, H., Lernoud, J., Eds. IFOAM: Rheinbreitbach, Germany, 2019.
- InfoAgro. 2024. El cultivo de la almendra. https://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/almendro.htm Consultada en julio de 2024.
- Lipan, L., García-Tejero, I.F., Gutiérrez, G.S., Demirbaş, N., Sendra, E., Hernández, F., Durán, Z.V.H., Carbonell-Barrachina, A.A. 2019. Enhancing nut quality parameters and sensory profile in three almond cultivars by different irrigation regimes. *J. Agric. Food Chem.* 68, 2316–2328
- Lockeretz, W. 2007. *Organic Farming: An International History*; CABI: Wallingford, UK.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 2002, 296, 1694–1697.
- MAPA, Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. 2017. *La almendra*. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/almendra_tcm30-103046.pdf. Consultada en julio de 2024.
- MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2023. Anuario de estadística. Capítulo 7.10 Frutales de fruto seco. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2023/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=10&seccion=1> Consultada en julio de 2024.
- Mondelaers, K., Aertsens, J., Van Huylenbroeck, G. 2009. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *Br. Food J.* 2009, 111, 1098–1119.
- Noguera-Artiaga, L., Pérez-López, D., Burgos-Hernández, A., Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á.A. 2018. Phenolic and triterpenoid composition and inhibition

of α -amylase of pistachio kernels (*Pistacia vera* L.) as affected by rootstock and irrigation treatment. *Food Chem.* 261, 240–245.

Pérez-López, D., Memmi, H., Gijón-López, M.d.C., Moreno, M.M., Couceiro, J.F., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Corell, M., Noguera-Artiaga, L., Galindo, A. 2018. Irrigation of Pistachios. In *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment*, García Tejero, I.F., Durán Zuazo, V.H., Eds., Academic Press: Cambridge, MA, USA, , pp. 247–269.

Popov, M.G., Kostina, K.F., Poyarkova, A.I. 1929. *Árboles y arbustos silvestres de Asia Central*. Tr. Prikl. Bot. Genet. Selek.

Reganold, J.P., Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nat. Plants* 2016, 2, 15221.

Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos. <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00001-00092.pdf> Consultada en julio de 2024.

Reglamento (UE) 834/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de junio de 2007 of on Organic Production and Labelling of Organic Products and Repealing Regulation (EEC) No 2092/91. Consolidated version 1 January 2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0834&qid=1726484930917>

Reglamento (UE) 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. <https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf> Consultada en julio de 2024.

Salazar, D., Melgarejo, P. 2002. *El cultivo del almendro*. Ed. Mundi-Prensa y AMV. Madrid. España. I.S.B.N.: 84-89922-58-6.

Sancho, J., Bota, E., de Castro, J.J. 1999. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, España. ISBN: 84-8338-052-8.

Schrama, M., de Haan, J.J., Kroonen, M., Verstegen, H., Van der Putten, W.H. 2018. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agri. Ecosyst. Environ.* 256, 123–130.

Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 2012, 485, 229–232.

Vavilov, N.I. 1930. Wild progenitors of the fruit trees of Turkistan and Caucasus and the problem of the origin of fruit trees. IX International Horticultural Congress report and proceedings. London August 7-15.

