

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Máster Universitario en Tecnología y Calidad

Agroalimentaria



UNIVERSITAS

Miguel Hernández

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FUNCIONALES DE ALMENDRA GUARA EN DISTINTAS CONDICIONES AGRONÓMICAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Convocatoria extraordinaria de Septiembre – 2019

AUTOR: María Lourdes Pérez Sánchez

**DIRECTOR/ES: Dr. Ángel Antonio Carbonell Barrachina;
Dra. María Asunción Amorós Marco**



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
Dr. Ángel Antonio Carbonell Barrachina Dra. María Asunción Amorós Marco

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Estudio de las características morfológicas y funcionales de almendra Guara en distintas condiciones agronómicas.
Alumno
María Lourdes Pérez Sánchez.

Orihuela, a 10 de Septiembre de 2019

Firma/s tutores trabajo



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Estudio de las características morfológicas y funcionales de almendra Guara en distintas condiciones agronómicas

Title: Analysis of the morphological and functional characteristics of "Guara" almond as affected by different agronomic conditions

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: María Lourdes Pérez Sánchez

Director/es/Advisor: María Lourdes Pérez Sánchez

Convocatoria: Septiembre, 2019

Month and year: September, 2019

Número de referencias bibliográficas/number of references: 29

Número de tablas/Number of tables: 9

Número de figuras/Number of figures: 4

Número de planos/Number of maps: 0

Palabras clave (5 palabras): Ecológico, convencional, seco, regadío, *Prunus dulcis*.

Key words (5 words): Ecological, traditional cultivation, drought, irrigation, *Prunus dulcis*.





MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

RESUMEN (mínimo 10 líneas):

El cultivo de la almendra está muy arraigado en todo el mundo gracias a que es un producto cuyas técnicas de manejo no son muy complejas y resiste bien a las condiciones climáticas adversas, lo que es decisivo para elegir la variedad que se cultiva. En el caso de España, tradicionalmente, se ha cultivado la variedad “Guara” característica por su cáscara dura y su morfología amigdaloides. Desde hace unos años hasta ahora se están cultivando en regadío para aumentar su producción, pero los problemas de escasez de agua han hecho que se tengan que buscar otras alternativas para su cultivo. Por lo tanto, en este trabajo compararon diferentes métodos de cultivo: regadío, secano, ecológico y convencional para ver cómo afectan a los parámetros de calidad de la almendra tales como: el rendimiento, las características morfológicas, la textura y la composición en minerales, ácidos grasos, ácidos orgánicos y azúcares, actividad antioxidante y polifenoles. Tras realizar los análisis de las 6 muestras se concluyó que las almendras cultivadas en régimen de secano destacaron por tener un contenido más alto en compuestos bioactivos.



ABSTRACT (10 lines or more):

Almond cultivation is deeply rooted throughout the world because it is a product whose management techniques are not very complex and withstands adverse weather conditions, which is decisive when choosing the variety to grow. Traditionally, "Guara" was one of the most cultivated variety in Spain, due to the nutritional and sensorial properties, for its hard shell and amygdaloid morphology. Since many years ago, irrigation is used in order to increase the yield production. However, as water scarcity is considered the highest global risk worldwide and agriculture is one of the main freshwater consumers, the Mediterranean agriculture must find alternatives to cope with this situation. Therefore, in this work, different cultivation methods were compared: irrigated, rainfed, ecological and conventional to see how they affect almond quality parameters such as: yield, morphological characteristics, texture and composition in minerals, fatty acids, organic acids and sugars, antioxidants and polyphenols. After the analysis of 6 samples growth in different agronomic conditions, it was observed that samples growth in water stress conditions were characterized by a higher accumulation of bioactive compounds.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación de la almendra en el mundo y en España.	1
1.2. Guara: características de manejo, agronómicas y del fruto.....	2
1.3. Métodos de producción.....	5
1.3.1. Disponibilidad de agua.....	5
1.3.2. Ecológico o convencional.....	5
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
3.1. Material vegetal y diseño experimental.....	8
3.2. Análisis físico-químico.....	8
3.2.1. Análisis morfológico.....	8
3.2.2. Color instrumental.....	9
3.2.3. Análisis de textura instrumental.	9
3.2.4. Peso seco.....	10
3.2.5 Actividad de agua.	10
3.2.6. Contenido en proteínas.	10
3.2.7. Contenido en cenizas.....	11
3.2.8. Contenido en ácidos orgánicos y azúcares.	11
3.2.9. Contenido en minerales.....	11
3.2.10. Contenido en ácidos grasos.	11
3.2.11. Contenido en fenoles totales y actividad antioxidante.	12
3.3. Análisis estadístico.	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5. CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación de la almendra en el mundo y en España.

“El almendro se cultiva en España desde hace más de 2000 años, probablemente introducido por los fenicios y propagado por los romanos. Su cultivo se estableció en las zonas costeras, donde han predominado largo tiempo, pero pronto se introdujo hacia el interior e incluso en las zonas del norte, donde el clima no le es muy favorable” (Socias i Company y Couceiro, 2016).

El cultivo de almendra está liderado por Estados Unidos, según un estudio de Velasco y Aznar (2016) aquí se produce aproximadamente el 86% del total de la almendra (Figura 1), siendo California el estado de mayor producción. Estos investigadores también afirman que las hectáreas cultivadas en EEUU han aumentado alrededor de un 4% desde el año 2000 hasta el 2014. Según afirma Velasco y Aznar (2016) Australia es el segundo productor de almendra produciéndose un 6% de la cantidad total que se genera a nivel mundial, consiguiendo una producción de 65.060 toneladas en 2014. La tercera posición la ocupa España con una producción del 4,5% del total de almendra, produciéndose 48.000 toneladas en el año 2014



Figura 1. Países líderes en la producción de Almendra

La alta productividad de Estados Unidos se debe a las características agronómicas que tienen allí las plantaciones de almendros ya que la mayoría de ellas se encuentran en regadío, con un uso de pesticidas y fertilizantes muy elevado, con

una densidad de plantación alta y con tareas agronómicas que se realizan mecánicamente en su mayoría (Viveros, 2007).

Si se habla de superficie destinada al cultivo de almendro, España pasa a ser el país líder puesto que se han destinado 547.822 hectáreas al cultivo de almendra hasta el año 2010 (Tabla 1), aunque es cierto que la producción ha sido muy variable en función del año en el que nos encontráramos, todo ello generado por el clima.

Andalucía, Valencia, la Región de Murcia, Aragón y Castilla la Mancha son las comunidades autónomas que mayor superficie destinan al cultivo de almendra, según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería en su actualización en el año 2011.

Tabla 1. Superficie plantada de almendro por comunidades autónomas (2011). En hectáreas

Comunidades Autónomas	Superficie		Superficies improductivas	Árboles diseminados	Superficie total
	Secano	Regadío			
Andalucía	150.951	4.955	817.000	84.486	155.906
Región de Murcia	64.438	6.287	3.271	0.000	70.725
Valencia	93.778	9.514	8.940	30.100	103.292
Aragón	64.417	6.372	830	0.000	70.789
Cataluña	38.881	3.292	177.000	48.823	42.173
Castilla La Mancha	54.064	7.751	9.076	287.346	61.815
Baleares	24.123	320.000	3.639	117.400	24.443
Otras	16.315	2.364	3.510	304.196	18.679
Total	506.967	40.855	30.260	872.451	547.822

Fuente: MAGRAMA (2011).

1.2. Guara: características de manejo, agronómicas y del fruto.

El almendro se ha cultivado tradicionalmente en zonas del mediterráneo donde el clima es más húmedo y con abundantes lluvias. En la actualidad las plantaciones de almendra se han expandido al interior de la Península y esto ha generado que aparezcan oscilaciones en las cosechas. Antes, los suelos donde se cultivaban los almendros eran pobres, ricos en caliza y con un buen sistema de drenaje para aprovechar el agua de la lluvia, mientras que ahora las plantaciones se caracterizan por estar en suelos más ricos. La densidad de cultivo ha sido baja tradicionalmente pero ahora se ha visto aumentado. La poda se realiza en forma de vaso con un tronco alto para permitir la recolección mecánica, además se realiza la poda de rejuvenecimiento, pero no todos los años. Más del 90% del cultivo se localiza en secano, los almendros en regadío tienen riego localizado y sin limitación de agua. La

época en la que el almendro aguanta el estrés hídrico es en la formación de la pepita, normalmente a finales de mayo o principios de junio. Las plagas que más afectan al almendro son: el pulgón, el mosquito verde, el barrenillo, el piojo de San José, el tigre, la orgueta, la anarsia y el gusano cabezuelo. Las enfermedades más importantes son la abolladura, el cribado, la mancha ocre, *fusiococum*, monilia, roya y el hongo del suelo (Socias i Company y Couceiro, 2016).

Las variedades que predominan en España son las de cáscara dura, que pueden permanecer almacenadas largos periodos de tiempo sin necesidad de aplicar ningún tipo de tratamiento de conservación. Según asegura Socias i Company y Couceiro (2016) en su informe esto permite alargar la campaña de descascarado, que se inicia cada vez antes gracias a la llegada de variedades de maduración temprana como Guara.

Las variedades que se emplean en el cultivo de almendra han cambiado en función de las condiciones climáticas, hacia 1970 llegaron a España variedades de floración tardía como son Tuono y Cristomorto (variedades italianas) y Ferragnès y Ferraduel (variedades francesas), así como Guara, una variedad seleccionada en España por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Esta variedad se ha convertido en una de las más empleadas en España ocupando un 38,7% de las nuevas plantaciones (Socias i Company y Couceiro, 2016).

Desde 1996 hasta hace unos años, Guara era la variedad que predominaba en los cultivos de almendro en España. La peculiaridad de esta variedad es que tiene floración tardía y eso ayuda a aumentar la productividad del almendro ya que las condiciones climáticas actuales son muy extremas (Alonso, 2018). Vargas et al. (2014) realizaron un estudio de las características agronómicas de la variedad Guara y la compararon con Largueta, Marcona y Ferragnés. Este estudio concluyó diciendo que los árboles de la variedad Guara tienen un porte medio o abierto, el porte viene determinado por el ángulo de inserción de los ramos, el vigor del árbol y el peso de la cosecha (Felipe y Socias i Company, 2000) con una ramificación escasa (Figura 2). El vigor hace referencia al diámetro del tronco y varía en función de la variedad, del patrón y de las técnicas de cultivo; en el caso de Guara se caracteriza por un vigor medio. La capacidad productiva de esta variedad es alta o muy alta y la época de floración del árbol es tardía. Según un estudio realizado por Vargas et al. (2009) la época de floración de la variedad Guara es a principios de marzo.



Figura 2. Almendro de la variedad Guara.

La almendra de la variedad Guara se caracteriza por ser de cáscara dura y marrón, la semilla es blanca recubierta por una piel de color marrón intenso, con forma amigdaloides o acorazonada (Figura 3). A pesar de que la floración es tardía la maduración de la almendra es temprana y presenta rendimientos que oscilan entre 35-40%. Una peculiaridad que presenta este fruto es el alto porcentaje de almendras dobles, es decir el desarrollo de dos semillas dentro de la cáscara.



Figura 3. Almendra variedad Guara.

1.3. Métodos de producción.

En este trabajo se han considerado dos variables de producción que afectan directamente al crecimiento y desarrollo de los almendros. Por un lado, la disponibilidad de agua, es decir almendros cultivados en regadío y en secano y por otro lado el método de cultivo, ecológico o convencional.

1.3.1. Disponibilidad de agua.

El riego se considera un factor limitante para el almendro que determina el número de frutos y el peso de la semilla. Goldhamer et al. (2012) determinaron que los requisitos de agua para la almendra, en las condiciones climáticas de California oscilaban entre 9.000 y 13.500 m³/ ha. Debido al cambio climático y al descenso de las lluvias en los últimos años han crecido el número de hectáreas cultivadas en condiciones de regadío. López-López et al. (2018) definieron la dosis óptima de agua para la variedad Guara en las condiciones climáticas de la cuenca del Guadalquivir, siendo 8.000 m³/ ha. De esta manera se puede mejorar su productividad, aunque la almendra se considera una especie tolerante a la sequía. California se ha convertido en el principal productor de almendra del mundo gracias a que un porcentaje muy elevado de su cultivo se encuentra en condiciones de regadío lo que multiplica su productividad por 10, según revela Socias i Company (2003) en su estudio.

El problema que aparece en las plantaciones en regadío es el elevado consumo de agua dulce y la escasez que hay generada por las pocas precipitaciones que se han registrado en los últimos años; en el caso de España la zona más afectada es el Sureste. Esto hace que los investigadores estudien técnicas para reducir el consumo de agua sin que se pierdan las propiedades que caracterizan a los cultivos. En el caso de los almendros su resistencia al estrés hídrico es muy elevada, cuando se aplica en la época de llenado de la semilla, por ello el grupo de investigación de calidad y seguridad alimentaria de la Universidad Miguel Hernández ha realizado diversos estudios donde han demostrado que el contenido en compuestos bioactivos en las almendras aumenta cuando se someten a un cierto nivel de estrés hídrico (Lipan et al., 2019)

1.3.2. Ecológico o convencional.

En los últimos años el cultivo de almendro se ha intensificado hasta niveles muy extremos ya que el interés nutricional de sus frutos ha crecido considerablemente. Esto lo hace un cultivo muy rentable, lo que ha generado que aumente notablemente el número de hectáreas cultivadas (Tabla 1). Por consiguiente, ha sido necesario

emplear técnicas que ayuden y mejoren el crecimiento de dichos árboles, generando en algunas ocasiones daños al suelo o al medio ambiente.

En el cultivo convencional de almendra se lleva a cabo un abonado en invierno, empleando generalmente fitosanitarios que ayuden a resistir las plagas y las heladas durante el invierno. En el periodo vegetativo se suele suplementar el árbol con nitrógeno, un nutriente que ayuda al crecimiento del árbol. En cuanto a la poda se suele realizar la poda de rejuvenecimiento para mejorar el crecimiento del árbol, aunque en la actualidad se están introduciendo otros tipos de podas.

Las evidencias de que el cambio climático es una realidad y gracias a la concienciación de la población, se ha llevado a cabo el desarrollo del cultivo ecológico en el que se emplean técnicas que no dañan el medio ambiente. Según el Reglamento 834/2007 una producción ecológica recurrirá a prácticas de labranza y cultivo que mantengan o incrementen la materia orgánica del suelo. La fertilidad y la actividad biológica del suelo deberán ser mantenidas o incrementadas por la rotación de cultivos, así mismo el uso de fertilizantes y los condicionantes del suelo está regulado y sólo se podrán emplear aquellos autorizados para su utilización en producción ecológica.

En definitiva, el cultivo ecológico es aquel que sigue las técnicas que utilizaban nuestros antepasados para sacar la mayor productividad de sus cultivos, pero sin añadir sustancias químicas que a la larga afectan a la calidad del suelo y en general del ambiente.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es estudiar el cultivo de almendro de la variedad Guara en distintas localidades de la zona Sur de España: Guadix, Vélez-Rubio y Alanzora. Para ello se cultiva, en cada localidad tanto en cultivo ecológico como convencional. La comparativa entre el secano y regadío únicamente se lleva a cabo en Guadix, en las otras dos localidades se cultiva en secano.

Una vez recolectadas las almendras se pretende estudiar si han cambiado las propiedades morfológicas y funcionales de la almendra después de su cultivo en ecológico o en convencional.



3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal y diseño experimental.

Para llevar a cabo este estudio la asociación ALVELAL facilitó 6 muestras de almendras de la variedad Guara, enumeradas y codificadas en la Tabla 2. Las almendras proporcionadas fueron cultivadas en el Sur de España, en el caso de M1 y M2 en Guadix, en la provincia de Granada; el resto procedían de Vélez-Rubio (M3 y M4) y Almanzora (M5 y M6) en la provincia de Almería. El trabajo de campo lo realizaron los integrantes de la asociación ALVELAL.

Tabla 2. Codificación de las muestras en estudio.

Variedad	Codificación	Localización	Manejo	Riego
Guara	M1	Guadix	Ecológico	Regadío
	M2	Guadix	Ecológico	Secano
	M3	Vélez-Rubio	Ecológico	Secano
	M4	Vélez-Rubio	Convencional	Secano
	M5	Almanzora	Convencional	Secano
	M6	Almanzora	Ecológico	Secano

Las muestras se recibieron y se guardaron en la Universidad Miguel Hernández, se almacenaron en bolsas o sacos, separadas según el tratamiento al que se habían sometido.

El siguiente paso fue la preparación de las muestras para su posterior análisis, consistió en eliminar la cáscara de la almendra para obtener unos 200 g de pepita, de este modo se obtuvo el rendimiento de las almendras. A continuación, las semillas se trituraron y se guardaron en bolsas sometidas a vacío, que posteriormente se congelaron a -22 °C hasta la fecha de los análisis.

3.2. Análisis físico-químico.

3.2.1. Análisis morfológico.

Se midió el peso y el tamaño (longitud, anchura y grosor) de 25 almendras de cada uno de los 6 tratamientos, un total de 350 almendras, seleccionadas al azar. Las mediciones se realizaron con y sin cáscara utilizando un calibre digital Mitutoyo 500-197-20, Kawasaki, Japón) y una balanza de precisión (Mettler Toledo modelo AG204, Barcelona, España) respectivamente.

3.2.2. Color instrumental.

La medida se realizó sobre las 25 almendras de cada tratamiento (6 tratamientos diferentes) una vez retirada la cáscara. Para ello se empleó un colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Osaka, Japón) con un iluminante D65 y un observador de 10 ° como referencias. El color se expresó por el sistema CIE $L^*a^*b^*$, las coordenadas que definen el color en el espacio tridimensional. Los valores numéricos incluyen L^* para la luminosidad (0 negro; 100 blanco), a^* para los colores entre el verde y el rojo (a^* rojo, $-a^*$ verde) y b^* para los colores entre azul y amarillo (b^* amarillo; $-b^*$ azul).

3.2.3. Análisis de textura instrumental.

La textura se midió en las 25 almendras de cada tratamiento (6 tratamientos distintos) una vez que se realizaron los análisis anteriores, se midió la textura mediante un analizador de textura (estable Micro Systems, modelo TA-XT2i, Godalming, Reino Unido) con una celda de carga de 30kg y una sonda (Volodkevich Bite Jaw HDP / VB). El disparador se ajustó a 15 g y la velocidad de prueba fue de 1 mm s⁻¹ en una distancia especificada de 3 mm. Los parámetros de textura obtenidos fueron los que aparecen en la Figura 4: fracturabilidad (mm), dureza (N), trabajo empleado para cortar (Ns), fuerza promedio (N) y número de fracturas (picos).

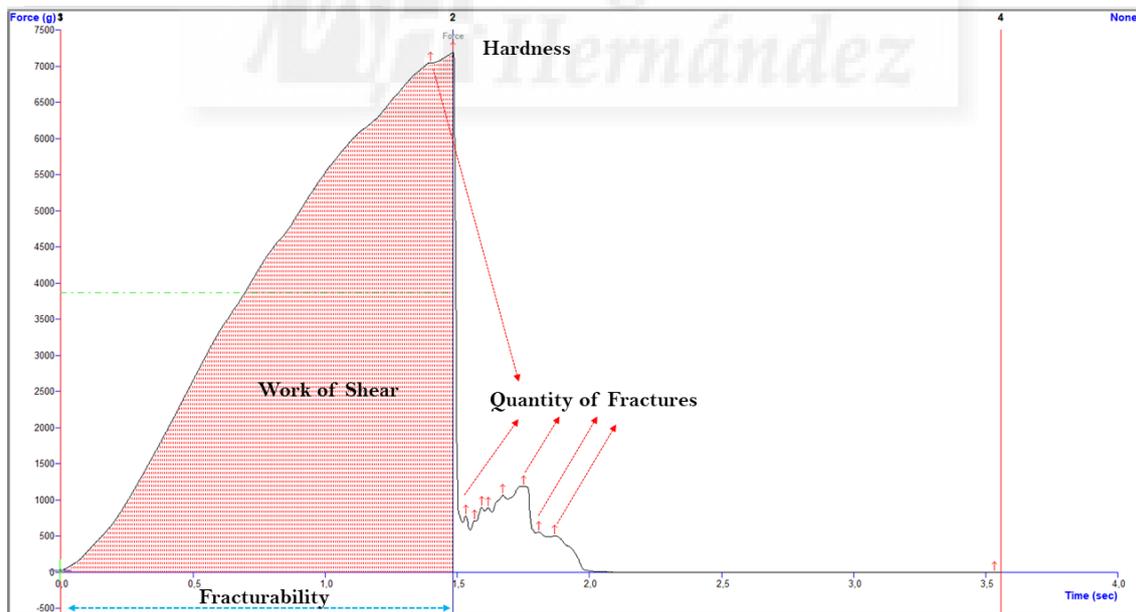


Figura 4. Gráfica con los parámetros de textura evaluados.

3.2.4. Peso seco.

Se emplearon 2g de almendra molida y se secaron hasta masa constante en una estufa a 60°C según el método de la AOAC (1995).

3.2.5 Actividad de agua.

La actividad de agua se realizó con un aw-metro (Novasina aw-Sprint TH500; Pfaffikon, Zurich, Suiza). La cantidad de almendra utilizada en cada medición fue la necesaria para llenar la cápsula de Novasina.

3.2.6. Contenido en proteínas.

Para la determinación de las proteínas se utilizó el método de Bradford (1976), con albúmina de suero bovino como patrón de calibración.

Se empleó un ensayo colorimétrico simple de proteínas Bio-Rad para medir la concentración de proteínas totales que se basa en un cambio de color de azul brillante de Coomassie G-250 que se une con los restos de aminoácidos, detectando pequeñas concentraciones.

Para las determinaciones se emplearon tubos de ensayos de 5 ml para adicionar volúmenes de muestra que oscilan en 10 y 50 µl, añadiendo tampón tris-acetato 50mM, pH 6.0 hasta un volumen de 800 µl. A continuación, se añadieron 200 µl del reactivo Bio-Rad y se agitaron. Los tubos se mantuvieron a temperatura ambiente, entre 5 y 6 minutos y se midió la absorbancia a 595 nm.

La concentración de proteínas se obtuvo por una recta de calibrado elaborado con concentraciones conocidas de albúmina de suero bovino. La ecuación de la recta fue:

$$Y=0,057X+0,017$$

Siendo;

Y: unidades de absorbancia a 595 nm

X: concentración de proteína de suero bovino en µg

R²: 0,998.

Los resultados finales se expresaron en mg de proteína por cada 100 gramos de peso fresco, realizando 3 mediciones de cada muestra.

3.2.7. Contenido en cenizas.

Se empleó una mufla (Hobersal, Barcelona, España) modelo 12PR/300, serie 8B para determinar el contenido de cenizas en 0.5 g de almendra. La muestra se mantuvo en la mufla durante 6 h a 650°C.

3.2.8. Contenido en ácidos orgánicos y azúcares.

Para la identificación y cuantificación de los ácidos orgánicos y los azúcares se empleó un equipo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y se siguió el método descrito por Lipan et al. (2018). La extracción se realizó utilizando 1 g de muestra con 5 ml de tampón fosfato, a continuación, se realizó una filtración e inyección.

La detección de los azúcares se llevó a cabo por un detector de índice de refracción (RID) y la absorbancia de los ácidos orgánicos se midió a 210 nm usando una matriz de diodos, por absorción atómica.

3.2.9. Contenido en minerales.

El contenido de minerales se determinó digiriendo 0,5 g de muestra con 8 ml de HNO₃ concentrado y 2 ml de H₂O₂ (30%) usando un iniciador de digestión media en microondas (SK-10). Para realizar la determinación de macronutrientes (Ca, Mg y K) y micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn) se mineralizaron las seis muestras utilizando un Espectrofotómetro de emisión de absorción atómica 969 (Unicam Ltd., Cambridge, Reino Unido).

3.2.10. Contenido en ácidos grasos.

La identificación y cuantificación de ácidos grasos requería la preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos, según el método descrito por Lipan et al. (2018). El análisis se realizó según Tuberoso et al. (2007), se emplearon 40 mg de almendra triturada y se saponificaron con 100 ml de diclorometano y 1 ml de sodio solución de metóxido y se mantuvo a 90°C durante 10 minutos. A continuación, se añadió 1 ml de BF₃ y se guardó 30 minutos en oscuridad para que se llevara a cabo la reacción. Transcurrido este tiempo se extrajeron los ésteres metílicos de ácidos grasos utilizando 1.5 ml de hexano y se separaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC17 A junto con un detector de ionización de llama y una columna capilar DB-23 (30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno, 0,25 µm de película) espesor) J&W Scientific, Agilent Technologies.

El gas portador fue el helio, la velocidad de flujo fue de 1.1 ml min⁻¹. La temperatura del inyector fue de 240°C y la del detector de 260°C, el volumen de inyección fue de

0.8 μ l. El programa de temperatura fue: el primer minuto a 100°C, el gradiente de temperatura era de 3°C min⁻¹ hasta 220°C, seguido de un gradiente de 53°C min⁻¹ hasta 245°C, manteniendo esta temperatura durante 1 minuto.

La identificación de los picos de ácidos grasos metilados se llevó a cabo comparando los tiempos de retención con los estándares FAME Supelco MIX-37. Los resultados se expresaron en g/kg usando como estándar interno el metilo Nonadecanoato.

3.2.11. Contenido en fenoles totales y actividad antioxidante.

Se pesaron 0,5 g de muestra con 10 ml de extractante y se sometió a ultrasonidos durante 15 minutos y se almacenó en refrigeración durante 24 horas. A continuación, se volvió a someter a ultrasonidos durante 15 minutos, se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos y se extrae el sobrenadante.

El sobrenadante se pasó a cubetas de 1,5 ml para determinar la actividad antioxidante por ABTS, FRAP y DPPH⁺. Se pesa 1g de muestra con 5 ml de tampón fosfato en un tubo de centrifuga, se sometió a ultrasonidos un minuto y posteriormente se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se pasó a los viales de cromatografía para su posterior cuantificación

3.3. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza por ANOVA para el análisis estadístico, los datos se sometieron al test de Tukey mediante una variable única. Se consideran variables estadísticamente significativas cuando $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó mediante el programa XLSTAT Premium 2016 (Addinsoft, Nueva York, EE. UU.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 aparecen los datos obtenidos del estudio morfológico, de color y textura instrumental.

Las muestras que presentaron mayor peso fueron las codificadas como M4 y M6, ambas cultivadas en seco, la primera en la localidad de Vélez-Rubio y la segunda en la Almanzora, en cultivo convencional y ecológico, respectivamente. Las semillas que más peso presentaron fueron las que se codifican como M4 con 1,41 g y está relacionada estadísticamente con M6. Por el contrario la que menos peso tiene es M1 con 0,95 g (Tabla 3). Si comparamos el peso según las muestras cultivadas en las mismas localidades pero con distintos sistemas de cultivo, la pareja que mayores diferencias presentó es la comprendida entre M3 y M4, cultivadas en Vélez-Rubio presentando un peso significativamente más alto la cultivada siguiendo técnicas de cultivo convencional.

El tamaño ha sido otra de las variables que se han tenido en cuenta en este estudio, se ha medido longitud, anchura y espesor tanto de la almendra entera como de la semilla. En todos los casos se observaron diferencias significativas entre las muestras, a excepción del espesor de la semilla. Cabe destacar que la muestra que presentó las variables más altas es M4 (Tabla 3).

El color se mide según las tres coordenadas de color, L^* , a^* , b^* , dentro del espacio de color $CIE, L^*a^*b^*$ que representa la luminosidad con la coordenada L^* ($L^*=0$ negro; $L^*=100$ blanco), la posición entre el verde ($a^* < 0$) y el rojo ($a^* > 0$) y la posición entre el amarillo ($b^* < 0$) y el azul ($b^* > 0$). Además se calculó el valor Chroma (C) que hace referencia a la saturación del color y es proporcional a la intensidad de luz y el ángulo de matiz (Hue). Las coordenadas que presentaron diferencias estadísticamente significativas son las que hace referencia a la luminosidad, siendo mayor en las almendras cultivadas en Almanzora, indistintamente del método de cultivo empleado. La variable Hue o ángulo de matiz también presentó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, cabe destacar que la muestras donde la diferencia fue mayor es en M3 y M4, cultivadas en Vélez-Rubio siendo más elevada en el caso del cultivo convencional.

Las variables de la textura, como se puede ver en la Tabla 3, que presentan diferencias estadísticamente significativas, son la fracturabilidad y la dureza. La fracturabilidad hace referencia a la fragilidad que tienen las muestras, la dureza es la fuerza máxima que se hace sobre las almendras para que se rompan, el trabajo realizado para cortar se expresa como la fuerza máxima que hay que hacer para

llegar a romper la muestra y el número de fracturas de la almendra determina como de crujiente es la muestra (Figura 2). El parámetro que corresponde a la fracturabilidad fue muy alto en las muestras cultivadas en Guadix siguiendo un sistema de cultivo ecológico y con regadío, M1 con un valor de 1,88 mm. M1 presentó relación estadísticamente significativa con el resto de muestras a excepción de M6, que es la que presentaron una fracturabilidad más baja. Las muestras que presentan una dureza más elevada son M4 y M6, ambas son muestras cultivadas en seco.

Como bien afirmó Contador et al. (2015) en su estudio las propiedades de textura y color de la almendra son de suma importancia para la calidad final de la almendra cruda. Dentro de las propiedades de textura, que el grano sea crujiente, es muy importante para que el consumidor acepte el producto (Cheely et al., 2018; Lipan et al., 2019).

En la Tabla 4 se muestran los valores relacionados con el rendimiento, el peso seco y la actividad de agua de las muestras que se han estudiado

El rendimiento (Tabla4) fue muy variable en las muestras cultivadas en la misma localidad, en el caso de Guadix (M1 y M2) los resultados no presentaron relación estadísticamente significativa, por lo que se podría decir que el cultivo en regadío presenta un rendimiento mayor que en el caso del seco. Esto coincide con lo que determinaron Egea et al. (2013) en su estudio, sin embargo, es contradictorio a lo que determinaron Stewart et al. (2011) en su trabajo ya que afirmaron que la disponibilidad de agua no afecta al rendimiento del fruto. Sin embargo, las muestras M3 y M4 sí presentaron una relación estadísticamente significativa, con lo que se puede concluir que en cuanto a rendimiento, no hay diferencias significativas para estas condiciones de cultivo (seco) y para la localización de Vélez-Rubio.

El peso seco de la almendra varió mucho entre las distintas localizaciones en estudio, sin embargo en la actividad de agua no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras (Tabla 4). Los valores de actividad de agua que deben tener las muestras almacenadas en condiciones frescas y secas oscila entre 0.3 y 0.6 (Gama et al., 2018; Huang, 2014), los resultados de actividad de agua obtenidos en este estudio se encontraron dentro de este rango, lo que indica que son buenas para conservar en fresco.

Tabla 3. Morfología, color y textura instrumental de almendras Guara cultivadas en condiciones agronómicas distintas.

Muestras	Peso (g)			Tamaño (mm)					Color instrumental semilla					Textura de la semilla					
	Almendra entera	Semilla	Cáscara	Longitud almendra	Longitud semilla	Anchura almendra	Grosor semilla	Espesor almendra	Espesor semilla	L*	a*	b*	C	Hue	Fracturabilidad (mm)	Dureza (N)	Trabajo para cortar (Ns)	Fuerza media (N)	Nº fracturas
	Test de ANOVA[†]																		
	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	NS	NS	NS	**	**	***	NS	NS	NS
	Test de Rangos Múltiples de Tukey[‡]																		
M1	2,88c	0,95c	1,93d	30,3c	22,7c	20,4b	13,1b	14,5d	7,09 ^a	46,2ab	17,4a	34,6ab	38,8a	63,3ab	1,88a	60,7b	61,7a	32,6a	8,68a
M2	3,31bc	1,00c	2,31cd	32,1bc	24,2b	21,1b	13,4b	14,7cd	6,94 ^a	47,0ab	17,5a	34,7ab	38,9a	62,7ab	1,78ab	68,9ab	67,8a	37,6a	8,76a
M3	3,18bc	0,95c	2,23cd	31,3c	23,4bc	20,6b	13,2b	14,5cd	6,83 ^a	44,8b	17,6a	32,9b	37,4a	61,6b	1,65ab	69,9ab	61,1a	36,2a	8,24a
M4	4,88 ^a	1,41a	3,46a	37,8 ^a	28,1a	23,5a	14,9a	17,1a	7,70 ^a	46,9ab	18,0a	36,7a	40,9a	63,7 ^a	1,85ab	77,0a	73,9a	39,2a	8,96a
M5	4,35b	1,34bc	3,02c	33,9c	23,7ab	22,3ab	14,3b	15,9bc	7,62 ^a	47,7a	17,7a	36,2ab	40,3a	63,9 ^a	1,57ab	74,2ab	61,0a	37,6a	11,12a
M6	3,55 ^a	1,13ab	2,42b	30,9b	23,7ab	21,9ab	13,3a	15,6b	7,25 ^a	48,2a	17,5a	35,8ab	39,8a	63,9 ^a	1,62b	71,7a	60,6a	36,9a	9,36a

†NS= no significativo a p< 0,05; *,** y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. ‡ Los valores (media de 25 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.

Tabla 4. El efecto de las distintas condiciones agronómicas en el rendimiento, peso seco y la actividad de agua.

Muestras	Rendimiento	Peso seco	Actividad de agua
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(aw)
	Test de ANOVA[†]		
	***	***	NS
	Test de Rangos Múltiples Tukey		
M1	32,8 ^a	937d	0,71 a
M2	29,9c	949c	0,65 a
M3	29,1e	952bc	0,55 a
M4	29,3de	958a	0,51 a
M5	30,8b	954b	0,54 a
M6	29,7cd	955ab	0,52 a

†NS= no significativo a p< 0,05; *,** y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. ‡ Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.

La tabla 5 muestra el contenido de ceniza, minerales y proteínas que presentaron las muestras en estudio.

El contenido de ceniza presentó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. Cabe destacar el elevado contenido que apareció en M1 con 33,8 g/kg y la escasa cantidad que se determinó en M6 con 19,7 g/kg.

Los minerales llegan a los frutos a través del agua y de la tierra, según afirman algunos investigadores los principales minerales que se encuentran en las almendras son: calcio, cobre, hierro, zinc, fósforo, selenio y sodio (Suara et al., 1988; Yada et al., 2011). En este trabajo se cuantificó el contenido de minerales (Tabla 4), tales como: calcio, potasio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc.

Las almendras con un contenido en calcio más elevado ha sido la cultivada en Almanzora en sistema convencional y en seco, con una concentración de 5,28 g kg⁻¹. En esta misma ubicación pero con cultivo ecológico aparecen las almendras con menos calcio, teniendo una concentración de 3,10 g kg⁻¹, en el resto de muestras no hay diferencias estadísticamente significativas. En el caso del magnesio, las muestras con un contenido más elevado es M2, cultivada en Guadix mientras que la que tiene una menor concentración es M4, cultivada en Vélez-Rubio. Sin embargo, para la concentración de potasio no aparecen diferencias significativas entre las distintas muestras. Entre las seis muestras en estudio, en la única que aparece una diferencia significativa en cuanto al contenido de hierro es en M2, cultivada en ecológico y en condiciones de seco que presenta una concentración más elevada que el resto con 40,2 mg/kg. Las muestras que más cobre y manganeso presentan son M1 y M2, respectivamente. En general, la composición de minerales se ve afectada por la cantidad de agua de la que dispone el árbol en el crecimiento de los frutos y por el modo de cultivo, esto coincide con los resultados que obtuvieron en sus estudios Lipan et al. (2019) y Carbonell et al. (2015) en sus estudios con almendras y pistachos, respectivamente.

Tabla 5. Contenido de cenizas, minerales y proteínas en almendras Guara cultivada en distintas condiciones agronómicas.

	Cenizas	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn	Proteínas
	(g kg ⁻¹)				(mg/g PS)			(mg/kg)	
Test de ANOVA									
Muestras	***	*	***	NS	***	***	***	***	
Test de Rangos Múltiples Tukey[‡]									
M1	33,8a	3,77ab	1,92ab	6,55 ^a	30,2b	10,3 ^a	14,1ab	33,6a	84,0ab
M2	29,7b	4,52ab	2,02a	6,34 ^a	40,2a	8,61ab	16,0a	36,6a	88,2ab
M3	30,0b	3,29ab	1,78abc	6,52 ^a	31,1b	9,04ab	11,9cd	35,0a	96,4 a
M4	29,4bc	4,69ab	1,50c	5,31 ^a	25,9b	7,44b	10,4d	26,5b	71,0b
M5	26,1c	5,28a	1,66bc	6,07 ^a	24,1b	8,01b	13,4bc	32,5a	87,5ab
M6	19,7d	3,10b	1,78abc	5,92 ^a	27,2b	8,65ab	12,8bc	31,9a	93,6ab

‡NS= no significativo a p< 0,05; *,** y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. † Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.

Como se puede observar en la Tabla 5 la muestra que destacó por tener un contenido más elevado de proteína es M3, mientras que la que menos concentración de este nutriente tuvo fue M4.

Esto lleva a concluir diciendo que en este caso la localización no afectó al contenido de proteínas ya que ambas se cultivaron en Vélez-Rubio y la disponibilidad de agua tampoco afectó al contenido de proteínas porque las dos están cultivaron en seco. Sin embargo, cuando el cultivo se realiza siguiendo las técnicas del estilo convencional es cuando mayor contenido en proteína se ha cuantificado. Estos datos no coinciden con los que obtuvieron Sanchez-Bel et al. (2008) dónde confirmaron que la almendra tenía una cantidad de proteínas más elevada cuando en el cultivo no se aplicaba riego.

La tabla 6 muestra los resultados obtenidos de actividad antioxidante y contenido en polifenoles.

La actividad antioxidante se midió a través de tres métodos ABTS⁺, DPPH y FRAP. Son métodos que se basan en la generación de radicales libres y reaccionan con la muestra. Son los compuestos antioxidantes los que inhiben estos radicales libres, generando una respuesta.

La actividad antioxidante (Tabla 6) no presentó diferencias significativas por ninguno de los tres métodos que se estudiaron en este trabajo. Dónde sí aparecen diferencias significativas es en el contenido de polifenoles totales siendo la muestra M5 con un contenido más elevado (5.57 g GAE/kg) y M1, M2, M3 las que menos tienen sin existir diferencias significativas entre ellas.

Tabla 6. Actividad antioxidante y contenido en polifenoles totales en almendras Guara cultivadas en distintas condiciones agronómicas.

	ABTS	DPPH	FRAP	Contenido de polifenoles totales
	mmol Trolox kg ⁻¹			g GAE kg ⁻¹
Test de ANOVA[†]				
Muestras	NS	NS	NS	**
Test de Rangos Múltiples Tukey[‡]				
M1	10,1a	37,5 a	7,43 ^a	3,38ab
M2	10,0a	36,9 a	7,32 ^a	3,15b
M3	9,06a	40,8 a	8,04 ^a	2,86b
M4	8,56a	39,8 a	6,95 ^a	3,99ab
M5	10,99a	38,9 a	10,4 ^a	5,57 ^a
M6	9,00a	36,1 a	7,35 ^a	4,17ab

†NS= no significativo a p< 0,05; *,** y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. ‡ Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.

La tabla 7 muestra la composición de ácidos orgánicos y azúcares que presentaron las muestras en estudio.

Los ácidos orgánicos que se identificaron en este trabajo fueron los siguientes: el ácido oxálico, cítrico, tartárico, málico y fumárico (Tabla 7). Todos presentaron diferencias significativas entre las seis muestras a excepción del ácido cítrico.

El ácido oxálico y el ácido tartárico destacaron por aparecer en una concentración más elevada en la muestra codificada como M1. En el caso del ácido oxálico las muestras cultivadas en Almanzora son las que presentaron una concentración más baja, pero entre ellas no aparecieron diferencias estadísticamente significativas. En el caso del ácido tartárico, M2 fue la muestra que presentó una concentración más baja, seguida por M6.

El ácido málico y el ácido fumárico fueron los que presentaron mayores concentraciones en las muestras M3 y M4, respectivamente. Ambas muestras fueron cultivadas en la localidad de Vélez-Rubio.

En cuanto al contenido total de ácidos orgánicos se pudo observar que en la muestra codificada con M1 presentó una mayor concentración, mientras que M5 y M6 fueron las que tenían una concentración menor. Esto indica que el lugar donde se cultiven los almendras influye en la concentración de ácidos orgánicos presentes en las semillas.

Los azúcares que se encontraron en este trabajo fueron: maltotriosa, maltopentosa, glucosa, fructosa y sacarosa. En todos aparecieron diferencias significativas entre las muestras en estudio.

Cabe destacar que la mayor concentración de maltopentosa, sacarosa, glucosa y fructosa se determinó en la muestra codificada como M1. Sin embargo, la mayor concentración de maltotriosa se identificó en M2. Esto indica que en la localización de Guadix, indistintamente de la disponibilidad de agua y de las técnicas de cultivo que se empleen el contenido en azúcares fue más elevado que en el resto de localidades.

El contenido total de azúcares se relacionó estadísticamente en todas las muestras a excepción de M1 que es la que presentó el contenido más alto. Por lo tanto el contenido de azúcares no se ve afectado con el método de cultivo que se emplee. Esto coincide con algunos estudios de años anteriores donde se demuestra que el contenido de azúcares de la almendra no está relacionado con la cantidad de agua que se aplica durante el cultivo (Egea et al., 2009; Lipan et al., 2019; Nanos et al., 2002).

Tabla 7. Composición de ácidos orgánicos y azúcares en almendras Guara cultivadas en distintas condiciones agronómicas.

Muestra	Ácidos orgánicos					Azúcares						
	Oxálico	Cítrico	Tartárico	Málico	Fumárico	Total	Maltopentosa	Maltotriosa	Sucralosa	Glucosa	Fructosa	Total
	g kg ⁻¹											
	Test de ANOVA [†]											
	***	NS	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Test de Rangos Múltiples de Tukey [‡]											
M1	2,26a	3,66a	3,09a	2,49ab	0,30b	11,8 a	3,70 ^a	3,66ab	51,4a	12,0a	5,39a	76,1a
M2	2,11c	3,00b	2,22b	3,20a	0,25d	10,8ab	3,63ab	4,04a	40,9b	9,39b	4,89ab	62,9b
M3	2,17b	3,31ab	2,55ab	3,12a	0,27cd	11,4ab	3,46bc	3,43b	43,8b	8,41bc	4,57bc	63,7b
M4	2,11c	3,27ab	2,39ab	2,29ab	0,35a	10,4ab	3,34c	2,44d	41,7b	9,43b	4,00cd	60,9b
M5	2,06d	3,25ab	2,36ab	1,67b	0,28bc	9,63b	3,30c	3,41b	46,2ab	8,04bc	3,73d	64,7b
M6	2,06d	3,23ab	2,10b	1,95b	0,29bc	9,62b	3,27c	2,94c	47,2ab	7,29c	3,62d	64,3b

‡NS= no significativo a p< 0,05; ** y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. † Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.



Las almendras son alimentos ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, en concreto los que aparecen en mayor concentración son el oleico (C18:1), linoleico (C18:2), ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1) (Yada et al., 2011). Los ácidos grasos poliinsaturados son compuestos que aumentan la funcionalidad de los alimentos ya que ayudan a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y coronarias, así como obesidad, diabetes y cáncer (Bitok y Sabaté, 2018).

En este trabajo se identificaron por la técnica de gas cromatografía con detector de llama los ácidos grasos presentes en las almendras de la variedad Guara bajo diferentes factores agronómicos. Cabe destacar que entre todos los compuestos identificados solamente se observaron diferencias significativas en el ácido palmitoleico (16:1) que se caracteriza por ser un ácido graso monoinsaturado (Tabla 8). La relación que existe entre el ácido oleico y linolénico en las almendras de este estudio presentaron diferencias significativas entre las distintas muestras, con M6 cultivada en Almanzora mostrando un contenido más alto (Tabla 9).

El contenido en ácidos grasos es un punto de interés en las almendras, ya que una alta concentración en poliinsaturados ayuda a aumentar las propiedades nutricionales del fruto. En este estudio se compararon las concentraciones de ácidos grasos que presenta el cultivo ecológico de almendra en secano y en regadío, en la localidad de Guadix, concluyendo que no influye la cantidad de agua que se aplique al cultivo en el contenido de ácidos grasos, Zhu et al. (2015) realizaron un estudio donde pudieron comprobar que el riego no afectaba al contenido en ácidos grasos.

Es preciso resaltar que el contenido de nutrientes no se ve afectado por la disponibilidad de agua que tiene el árbol durante el crecimiento de la almendra. Algunos estudios afirman que incluso un riego deficitario no afecta a la calidad nutricional de la almendra (Nakajima et al., 2004).

Tabla 8. Composición de ácidos grasos en las almendras Guara cultivadas en condiciones agronómicas distintas.

	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1cis	C18:0	C18:1n9	C18:2n6	C20:0	C20:1cis11	C18:3n3	C21:0	C22:0	C20: :3n6
g kg⁻¹															
ANOVA^T															
Muestra	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Test de Rangos Múltiples de Tukey[‡]															
M1	0,08a	0,04a	24,3 ^a	1,70ab	0,20a	0,29a	11,7a	200a	76,4a	0,71a	0,21a	0,16a	0,05a	0,10a	0,04a
M2	0,08a	0,04a	25,9 ^a	2,07a	0,21a	0,33a	12,2a	223a	74,0a	0,78a	0,26a	0,18a	0,06a	0,14a	0,09a
M3	0,07a	0,04a	23,7 ^a	1,75ab	0,18a	0,32a	9,6a	220a	66,1a	0,74a	0,19a	0,14a	0,06a	0,09a	0,08a
M4	0,08a	0,06a	23,3 ^a	1,49b	0,20a	0,30a	10,3a	219a	68,0a	0,79a	0,24a	0,20a	0,06a	0,08a	0,10a
M5	0,07a	0,04a	24,6 ^a	1,74ab	0,21a	0,29a	10,3a	241a	72,0a	0,84a	0,23a	0,18a	0,05a	0,07a	0,08a
M6	0,06a	0,04a	24,3 ^a	1,66ab	0,20a	0,32a	9,9a	240a	66,0a	0,92a	0,29a	0,19a	0,00b	0,08a	0,07a

‡NS= no significativo a p< 0,05; **, * y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. † Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey.

Tabla 9. Relación de ácidos grasos en almendras Guara cultivadas en condiciones agronómicas distintas

	O:L	SFA	MUFA	PUFA	PUFA:SFA	PUFA:MUFA	(MUFA+PUFA)/SFA	Índice aterogénico	Índice trombogénico (TI)	Total Ácidos grasos
g kg⁻¹										
Test de ANOVA^T										
Muestra	***	NS	NS	NS	NS	***	***	NS	***	NS
Test de Rangos Múltiples de Tukey[‡]										
M1	2,63b	37,1 ^a	202a	76,6 ^a	2,06a	0,38 ^a	7,50b	0,08 ^a	0,26 ^a	316a
M2	3,03ab	39,4 ^a	225a	74,2 ^a	1,88a	0,33ab	7,63b	0,08 ^a	0,25ab	339a
M3	3,32ab	34,5 ^a	222a	66,3 ^a	1,92a	0,30b	8,35ab	0,08 ^a	0,23bc	323a
M4	3,24ab	34,9 ^a	221a	68,3 ^a	1,95a	0,31ab	8,31ab	0,08 ^a	0,23bc	324a
M5	3,34ab	36,2 ^a	243a	72,2 ^a	2,00a	0,30b	8,70a	0,08 ^a	0,22c	351a
M6	3,70a	35,5a	242a	66,3 ^a	1,86a	0,27b	8,67a	0,08 ^a	0,22c	344a

‡NS= no significativo a p< 0,05; **, * y *** significativo a p< 0,05; 0,01 y 0,0001; respectivamente. † Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey

5. CONCLUSIONES

El peso de las almendras y de las semillas presentó diferencias estadísticamente significativas en las muestras bajo estudio. A pesar de ello no se puede concluir diciendo que a la característica peso le afecten las técnicas de cultivo (convencional o ecológico), ni tampoco la disponibilidad de agua (secano o regadío) ya que las dos muestras con un peso más elevado fueron M4 cultivadas en Vélez-Rubio siguiendo un sistema convencional y M6 cultivadas en Almanzora en cultivo ecológico, ambas en un sistema de secano.

En cuanto al color, la luminosidad presentó diferencias significativas con respecto a la localidad donde se cultive, siendo más elevado este parámetro en Almanzora que en el resto de las localidades. Pero no se apreciaron diferencias entre el método de cultivo ni la disponibilidad de agua. Algo parecido sucede con la fragilidad de las muestras, aparecen diferencias entre las localidades y la disponibilidad de agua. Cabe destacar que este parámetro de textura es más elevado cuando las almendras se cultivaron en regadío.

El rendimiento de la almendra se vió afectado por la forma de cultivo, en el caso de las muestras cultivadas en Guadix que son en las que se compara el regadío y el secano, se pudo concluir que en condiciones de agua ilimitada (regadío) el rendimiento para la variedad Guara y el cultivo en ecológico aumenta.

Los minerales que varían según las condiciones de este estudio son: el calcio que se ve afectado por el cultivo ecológico y el convencional, apareciendo en mayor cantidad en el convencional; el hierro presenta variaciones según la disponibilidad de agua, en regadío la concentración fue más baja que en secano, en cultivo ecológico. El zinc presentó diferencias en cuanto al régimen de cultivo estando en mayor concentración bajo cultivo es ecológico. Por lo tanto, se puede concluir que el contenido de minerales se vió afectado por las condiciones de cultivo.

Las proteínas no se vieron afectadas por la disponibilidad de agua, sin embargo, sí por la modalidad de cultivo, siendo las almendras cultivadas en cultivo convencional las que mayor contenido en proteínas presentaron.

La concentración de ácidos orgánicos se vió afectada por la disponibilidad de agua que tienen los árboles durante el crecimiento de la almendra. Cabe destacar que la concentración de estos compuestos aumenta cuando se cultiva en regadío y en un régimen ecológico. Sin embargo el contenido en azúcares no se vió afectado por el modo de cultivo.

Con respecto al contenido de ácidos grasos se observó que no varía en función de la disponibilidad de agua ni del método de cultivo que se lleve a cabo en los almendros.

En conclusión, cabe destacar que los compuestos bioactivos, aquellos que ayudan a prevenir enfermedades crónicas en la sociedad actual, se encuentran en concentraciones más elevadas en las almendras cultivadas en secano.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1995a. Official Method 920.39. in: Official Methods of Analysis. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Alonso, J.M. 2018. El almendro, una alternativa de cultivo. Opiniones y experiencias. Centro de investigación y tecnología agroalimentaria de Aragón, unidad de hortofruticultura.
- Bitok, E., Sabaté, J. 2018. Nuts and cardiovascular disease. *Progr. Cardiovasc. Dis.* 61, 33–37.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Carbonell-Barrachina, A.A., Memmi, H., Noguera-Artiaga, L., Gijon-Lopez, M.D., Ciapa, R., Perez-Lopez, D., 2015. Quality attributes of pistachio nuts as affected by rootstock and deficit irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95, 2866–2873.
- Cheely, A.N., Pegg, R.B., Kerr, W.L., Swanson, R.B., Huang, G., Parrish, D.R., Kerrihard, A.L., 2018. Modeling sensory and instrumental texture changes of dry-roasted almonds under different storage conditions. *LWT* 91, 498–504.
- Contador, L., Robles, B., Shinya, P., Medel, M., Pinto, C., Reginato, G., Infante, R., 2015. Characterization of texture attributes of raw almond using a trained sensory panel. *Fruits* 70, 231–237.
- Egea, G., Gonzalez-Real, M.M., Baille, A., Nortes, P.A., Sanchez-Bel, P., Domingo, R., 2009. The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *Agricultural Water Management*. 96, 1605–1614.
- Egea, G., Nortes, P.A., Domingo, R., Baille, A., Perez-Pastor, A., Gonzalez-Real, M.M. 2013. Almond agronomic response to long-term deficit irrigation applied since orchard establishment. *Irrigation Science*. 31, 445–454.
- Felipe Mansergas, A. y Socias i Company, R. 2000. Características de algunas variedades interesantes de almendro. Servicio de Investigación agraria, Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Diputación General de Aragón.
- Gama, T., Wallace, H.M., Trueman, S.J., Hosseini-Bai, S. 2018. Quality and shelf life of tree nuts: a review. *Scientia Horticulturae*. 242, 116–126.
- Goldhamer, D.A., Girona, J. 2012. Crop Evotranspiration-guidelines for Computing Crop Water requirements. FAO.
- Huang, G. 2014. Almond Shelf Life Factors. Available at: Technical Summary, Almond Board of California, 1–4. https://www.almonds.com/sites/default/files/content/attachments/2014aq0007_s_helf_life_factors.pdf.

- Lipan, L., Sánchez Rodríguez, L., Collado González, J., Sendra, Esther, Burló, Francisco, Hernández, F., Vodnar, D.C., Carbonell Barrachina, A.A., 2018. Sustainability of the legal endowments of water in almond trees and a new generation of high quality hydrosustainable almonds. – a review. *Bull. USAMV. Food Science Technology* 75, 98-108.
- Lipan, L., Martín-Palomo, M.J., Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Sendra, E., Hernández, F.M., Burló, F., Vázquez-Araújo, L., Andreu, L. y Carbonell-Barrachina, A.A. 2019. Almond fruit quality can be improved by means of deficit irrigation strategies. *Agricultural Water Management*, 217, 236-242.
- López-López, M., Espadador, M., Testi, L., Lorite, I.J., Orgaz, F. y Fereres, E. 2018. Water use of irrigated almond trees when subjected to water deficits. *Agricultural Water Manage*, 195, 84-93.
- Nakajima, H., Behboudian, M.H., Greven, M., Zegbe-Domínguez, J.A., 2004. Mineral contents of grape, olive, apple, and tomato under reduced irrigation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 167, 91–92.
- Nanos, G., Kazantzis, I., Kefalas, P., Petrakis, C., Stavroulakis, G., 2002. Irrigation and harvest time affect almond kernel quality and composition. *Scientia Horticulturae*. 96, 249–256.
- Reglamento (CE) nº 834/2007 del consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos.
- Saura, C., Cañellas Mut, J., Soler, L., 1988. *La Almendra: Composición, Variedades, Desarrollo y Maduración*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, INIA, Madrid (España),. 66–72.
- Sanchez-Bel, P., Egea, I., Martínez-Madrid, M.C., Flores, B., Romojaro, F., 2008. Influence of irrigation and organic/inorganic fertilization on chemical quality of almond (*Prunus amygdalus* cv. Guara). *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 56, 10056-10062.
- Socias i Company, R. 2003. Desarrollo del cultivo de almendro en Australia del Sur. *Vida rural*, 33, 62-66
- Socias i company, R., Couceiro, J.F. 2016. Frutos secos. Almendro y pistachero. *Cajamar caja Rural, agricultura*, 157-178.
- Stewart, W., Fulton, A., Krueger, William H., Lampinen, Bruce D., Shackel, Ken A., 2011. Regulated deficit irrigation reduces water use of almonds without affecting yield. *California Agriculture*. 65, 90–95.
- Tuberoso, C.I.G., Kowalczyk, A., Sarritzu, E., Cabras, P., 2007. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chemistry* 103, 1494–1501.
- Vargas, R., Romero, M., Clavé, J., Alegre, S. y Miarnan, X. 2009. Variedades de almendro IRTA. Researchgate.

- Vargas García, F.J. y Romero Romero, M.A. 2014. Ensayo de variedades de almendro de floración tardía en Tarragona. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).
- Vargas, F., Romero, M., Clavé, J., Alegre, Simó y Miamau, X. 2014. Variedades de almendro IRTA. ResearchGate
- Velásco Muñoz, J.F. y Aznar Sánchez, J.A. 2016. El mercado mundial de la almendra. Boletín económico de ICE 3079, ResearchGate, 77-87.
- Viveros, M. 2007. Situación actual del almendro en California, su productividad y estrategias de riego. Fruticultura Profesional, 169, 5-9.
- Yada, S., Lapsley, K., Huang, G. 2011. A review of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. Journal Food Anal. 24, 469-480.
- Zhu, Y., Taylor, C., Sommer, K., Wilkinson, K., Wirthenson, M. 2015. Influence of deficit irrigation strategies on fatty acid and tocopherol concentration of almond (*Prunus dulcis*). Food Chemistry. 173, 821-826.

