

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**“EFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO  
CONTROLADO SOBRE LA CALIDAD DE  
PISTACHOS”**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Julio - 2014**

**Autor: Luis Noguera Artiaga**

**Tutores: Ángel A. Carbonell Barrachina**

**María José Frutos Fernández**



## EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO SOBRE LA CALIDAD DE PISTACHOS

El riego deficitario controlado (RDC) es un sistema de gestión de suministro de agua mediante la imposición de algunos déficits hídricos en estados fenológicos concretos, afectando mínimamente al fruto. En este trabajo se evaluó la influencia de dos tratamientos de RDC (T1 y T2) sobre la calidad de los pistachos, mediante el análisis de diferentes parámetros: (i) análisis morfológico: peso y tamaño; (ii) análisis físico-químico: actividad de agua, color, textura, compuestos volátiles, ácidos grasos y composición mineral; y (iii) análisis sensorial: estudio descriptivo mediante panel entrenado, y estudio de consumidores en cuatro países (España, Francia, Polonia y República Eslovaca).

**Palabras clave:** *Pistachia vera*, estrategias de riego, análisis sensorial, calidad, estudio de consumidores.

## REGULATED DEFICIT IRRIGATION EFFECT ON QUALITY OF PISTACHIO

Regulated deficit irrigation (RDI) is a system of managing water supply by imposing some water deficits in specific phenological stages, minimally affecting the fruit. In this work, the influence of two RDI treatments (T1 and T2) on the quality of pistachios was evaluated by analyzing different parameters: (i) morphological analysis: weight and size; (ii) physico-chemical analysis: water activity, color, texture, volatile compounds, fatty acids and mineral composition; and (iii) sensory analysis: descriptive study by trained panel and consumer acceptance in four countries (Spain, France, Poland and Slovak Republic).

**Keywords:** *Pistachia vera*, irrigation strategies, sensory analysis, quality, and consumer acceptance.



Gracias a Ángel Carbonell y María José Frutos por la confianza y el tiempo que han depositado en mí para poder realizar este trabajo.

*A mi familia y amigos.*

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 HISTORIA.....	8
1.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS .....	8
1.3 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	10
1.4 REQUERIMIENTOS DE SUELO.....	11
1.5 MATERIAL VEGETAL.....	11
1.6 CULTIVARES .....	12
1.7 NECESIDADES HÍDRICAS.....	12
1.8 PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	16
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3. MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
3.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	22
3.3 ANÁLISIS MORFOLÓGICOS.....	23
3.3.1 Peso y tamaño.....	23
3.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	24
3.4.1 Actividad de agua.....	24
3.4.2 Color .....	24
3.4.3 Textura .....	25
3.4.4 Compuestos volátiles .....	26
3.4.5 Ácidos grasos.....	28
3.4.6 Composición mineral .....	29
3.5 ANÁLISIS SENSORIAL.....	31

3.5.1	Estudio descriptivo.....	31
3.5.2	Estudio de consumidores.....	32
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
4.1	ANÁLISIS MORFOLÓGICOS.....	35
4.1.1	Peso.....	35
4.1.2	Tamaño.....	36
4.2	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	37
4.2.1	Actividad de agua.....	37
4.2.2	Color.....	38
4.2.3	Textura.....	38
4.2.4	Compuestos volátiles.....	40
4.2.5	Ácidos grasos.....	43
4.2.6	Composición mineral.....	46
4.3	ANÁLISIS SENSORIAL.....	47
4.3.1	Estudio descriptivo.....	47
4.3.2	Estudio de consumidores.....	49
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>58</b>
7.1	Anexo I: Hoja de cata estudio descriptivo.....	59
7.2	Anexo II: Cuestionario estudio de consumidores.....	60



## 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 HISTORIA

Desde finales de la época paleolítica, los pistachos han formado parte de la alimentación humana. Excavaciones arqueológicas en la zona de Anatolia (Turquía), sitúan este tipo de frutos hacia el año 7.000 a. C., junto con la aparición de los higos, almendras y olivas. Además, se conservan evidencias de la presencia de este fruto en áreas geográficas como Siria, Afganistán, Irak, Irán, Turkmenistán, Líbano y Palestina, desde hace más de 5.000 años (Coucerio *et al.*, 2013).

Plinio, en su Historia Natural (XIII, 18; XV, 24), afirma que el árbol *Pistacia* se introdujo en Italia por el cónsul romano en Siria, Lucio Vitelio el Viejo (35 d.C.) bajo el mandato del emperador Tiberio (14-37 d.C.). Desde Roma se difunde por distintas provincias como Sicilia, Norte de África y finalmente, a la provincia imperial de Hispania de la mano de Pompeyo Craso (63 d.C.). El cultivo comienza a desarrollarse tanto en Sicilia como en la Península Ibérica durante la dominación árabe (711 – 1031 d.C.) (Coucerio *et al.*, 2013).

## 1.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

El pistachero es un árbol pequeño del género *Pistacia*, que produce un fruto pequeño llamado pistacho o alfóncigo. Es una planta desértica con gran tolerancia al suelo salino. Crece hasta los 10 metros de altura y tiene hojas pinnadas con 3 ó 5 folíolos de 10-20 centímetros de largo que se desprenden en la estación fría. Es una planta bastante resistente a condiciones climáticas extremas, pudiendo sobrevivir en temperaturas que van desde -10 °C en invierno, hasta 40 °C en verano. Son plantas dioicas, por lo que tienen pies masculinos y femeninos separados. Sus flores son apétalas y se reúnen en inflorescencias llamadas panículas. Su fruto es una drupa que contiene una semilla alargada, que es la porción comestible. Está cubierto por una piel carnosa fina, de color verde. En su interior, bajo una cáscara dura y blanquecina, la semilla de un color verde pálido, está cubierta a su vez por una piel fina de tono malva, y tiene un sabor característico. Cuando el fruto madura, la piel cambia del verde a un amarillo rojizo otoñal y su cáscara se rompe y abre parcialmente de manera abrupta. A

este rompimiento se le conoce como dehiscencia o eclosión y ocurre acompañado por un característico sonido audible.

Los árboles se plantan en huertos y necesitan de siete a diez años para lograr una producción considerable. La producción es alterna, o bienal, lo cual significa que la cosecha es más abundante cada dos años. La producción pico se alcanza aproximadamente a los 20 años. Por lo general, a los árboles se les poda hasta un tamaño que permita realizar la cosecha con mayor facilidad.

Los valores nutritivos principales de los pistachos figuran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Información nutricional de los pistachos

Componente	Valor	Unidad
Energía total	564	kcal
Grasa total	51,6	g
A.G. saturados	6,8	g
A.G. monoinsaturados	31,4	g
A.G. poliinsaturados	6,1	g
Hidratos de Carbono	15,7	g
Almidón	4,6	g
Fibra alimentaria	6,5	g
Proteínas	17,6	g

Fuente: USDA database (2013).

Además de los contenidos mayoritarios, los pistachos tienen un contenido mineral en el que destaca la presencia de potasio (1025 mg/100 g), así como fósforo (490 mg/100 g), magnesio (121 mg/100 g) y calcio (105 mg/100 g); y un contenido vitamínico variado entre los que podemos destacar su contenido en Niacina (1.300 mg/100 g) y vitamina B6 (1.700 mg/100 g) (USDA database, 2013).

### 1.3 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El pistachero es una especie xerófila que requiere temperaturas moderadamente bajas en invierno. Para que el árbol tenga una óptima y homogénea brotación es preciso la acumulación durante el reposo invernal de un determinado número de horas frío (HF), variable según los cultivares considerados. Estas necesidades oscilan entre las 800 HF en cultivares tempranos y entre 1000 y 1200 HF en cultivares tardíos como Kerman (Guerrero, 2011).

El pistachero es muy sensible a la humedad ambiental debido al ataque de hongos patógenos que afectan a la parte aérea del árbol tales como *Botryosphaeria dothidea*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus spp.*, *Septoria spp.*, *Pileolaria terebinthi*, *Botrytis cinerea* y *Phomopsis spp.* (Michailides, 2008). Una humedad relativa (HR) media por encima del 40-45 % durante los meses de junio, julio y agosto será limitante a la hora de mantener un estado sanitario satisfactorio de la plantación y obtener una producción rentable. Además, al ser la polinización del pistachero anemófila, un exceso de lluvias durante la floración podría reducirla considerablemente (Couceiro *et al.*, 2010).

A pesar de ser un cultivo muy resistente a bajas temperaturas durante el periodo de latencia, las heladas durante el periodo de floración y cuajado del fruto podrían llegar a ser un factor limitante en este cultivo causando pérdidas importantes en la producción (Guerrero *et al.*, 2006). Arpaci *et al.* (2005) estudiaron la respuesta a las heladas en distintos cultivares de pistachero, observando que el porcentaje de flores afectadas por heladas primaverales fue de un 50 % en todas las variedades cuando eran expuestas a -1 °C durante 1 o 2 h. Cuando se exponían durante 1 h a -3 °C el porcentaje de daños ascendía al 70-80 %, aumentando hasta casi el 90 % cuando la exposición a esta misma temperatura era durante 2-3 h.

## 1.4 REQUERIMIENTOS DE SUELO

El pistachero puede ser cultivado en un gran número de tipos de suelo aunque se adapta mejor que cualquier otro tipo de frutal a suelos poco profundos, pedregosos, moderadamente salinos y calcáreos (Ferguson, 2005). En cuanto a la textura, para su óptimo desarrollo, requiere suelos francos o franco-arenosos bien drenados, y no suele desarrollarse ni fructificar de forma adecuada en aquellos con más de un 30 % de arcilla debido a la escasa permeabilidad que tienen, provocando encharcamiento cuando las precipitaciones son abundantes y asfixia radicular (Couceiro *et al.*, 2010).

## 1.5 MATERIAL VEGETAL

El pistachero es una especie que no tiene gran capacidad de enraizamiento, por lo que es preciso el uso de portainjertos para su propagación vegetativa, mientras que en otras especies, el uso de patrones es opcional y se utiliza como una herramienta para mejorar las características de la variedad en cuanto al tamaño del árbol, su respuesta productiva o su calidad. Los estudios en portainjertos de pistachero son poco numerosos y en general sólo se han centrado en comparar la respuesta productiva y/o la resistencia a enfermedades.

El cultivo del pistachero está basado en variedades clonales injertadas sobre patrones francos de la misma especie o de otras especies del género *pistacia* e híbridos interespecíficos. La elección del portainjerto es una de las decisiones más importantes para el desarrollo de la plantación, y es diferente según las zonas de cultivo. Así, *P. atlantica*, *P. integerrima* e híbridos entre *P. atlantica* x *P. integerrima* son los principales portainjertos en California, francos de *P. vera* se utilizan en Turquía y *P. mutica*, *P. khinjuk* y francos de *P. vera* son los más utilizados en Irán (Guerrero, 2011). A la hora de elegir el patrón se debe conocer la profundidad y textura del suelo, disponibilidad de agua, temperaturas mínimas absolutas y compararlas con las resistencias y debilidades de cada pie en cuanto a plagas, enfermedades, frío, etc.

## 1.6 CULTIVARES

En España se han importado distintos cultivares, tanto femeninos como masculinos, aunque por su comportamiento agronómico así como por sus características organolépticas, podemos destacar dos:

- **KERMAN:** Es el cultivar prioritario en EEUU y el que ocupa el 90 % de las plantaciones en la Península Ibérica. Destaca por la blancura de su cáscara, lo que lo hace más atractivo para su consumo como snack (Guerrero *et al.*, 2006). Su mayor inconveniente es el bajo rendimiento productivo y menor porcentaje de frutos abiertos con respecto a otros cultivares cuando se cultiva en suelos pobres, sin agua y con una textura del suelo excesivamente arenosa o arcillosa (Couceiro *et al.*, 2010). Su floración es tardía, lo que lo hace de gran interés para lugares con potenciales problemas de heladas primaverales, como por ejemplo Castilla-La Mancha (Guerrero, 2011).
- **LARNAKA:** Cultivar prioritario en Chipre. Destaca por su buen comportamiento agronómico en secano (buena producción, bajo índice de vecería, etc.) y la apreciable calidad de sus frutos (elevado porcentaje de frutos abiertos y bajo de frutos vacíos). Fruto de forma alargada y de tamaño medio. Su floración es temprana. La tonalidad más oscura de su cáscara en relación al cultivar Kerman es un aspecto menos valorado por el mercado para su consumo como snack (Guerrero, 2011).

## 1.7 NECESIDADES HÍDRICAS

Tradicionalmente se ha considerado el pistachero como un árbol muy resistente a la sequía y la salinidad, aunque la respuesta al estrés hídrico del pistachero ha sido poco caracterizada. Al igual que en otros cultivos, el riego incrementa la cosecha y además mejora la calidad del fruto (aumenta el número de frutos abiertos en la cosecha y disminuye el de vacíos) y disminuye la vecería (Goldhamer *et al.*, 1995).

Las condiciones agronómicas en las que se va a establecer el cultivo del pistachero van a ser generalmente deficitarias en agua. En estas condiciones, el efecto del portainjerto puede ser fundamental en la respuesta de la variedad al estrés hídrico, tanto a nivel fisiológico como en la producción final, por lo que es esencial caracterizar la respuesta de las plantas tanto durante el periodo de sequía como durante el de recuperación del estrés hídrico con diferentes portainjertos (Gijón *et al.*, 2011).

Los déficits hídricos afectan a una amplia variedad de procesos fisiológicos en las plantas superiores, principalmente a la expansión foliar, la apertura de los estomas y la asimilación fotosintética de carbono. En todos estos procesos está implicada la turgencia celular, por lo que mecanismos que favorezcan el mantenimiento de ésta mejorarán el crecimiento en condiciones de baja disponibilidad de agua (Robichaux, 1984).

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) del pistachero, [relación entre la evapotranspiración real de cada cultivo y la evapotranspiración de referencia en esas condiciones y clima], es uno de los más altos dentro de los árboles de hoja caduca, superando el valor de 1 durante la mayoría de la estación de crecimiento. Por tanto, ya que la mayoría de zonas de cultivo del pistachero son de clima semiárido, es aconsejable el riego deficitario como práctica de ahorro de agua. A finales de la década de los 80, se diseñaron programaciones de riego deficitario controlado (RDC) para el pistachero injertado sobre *Pistacia atlantica* en California (Goldhamer *et al.*, 1987). Estas técnicas de RDC se aplican a especies leñosas y se basan en la distinta sensibilidad de las diferentes fases fenológicas del cultivo al estrés hídrico (Behboudian y Mills, 1997; Ruiz-Sanchez *et al.*, 2010), lo cual permite un ahorro de agua sin disminución significativa de la producción ni de la calidad de ésta. Estos experimentos mostraron diferentes respuestas de la cosecha a las condiciones de estrés hídrico dependiendo del estado fenológico del fruto durante el periodo de estrés. Las distintas fases fenológicas se establecen en función del crecimiento y del peso del fruto:

- **Fase I:** Al final de la floración y una vez cuajado el fruto, se produce una alta tasa de crecimiento de éste aunque sin haber crecimiento del grano, periodo en el que casi llega a alcanzar su tamaño definitivo, lo cual se puede determinar

tanto por el diámetro longitudinal como por el transversal (**Figura 1**). El peso fresco del fruto tiene una pauta de crecimiento parecida a la de su diámetro. En el momento en el que se alcanza el diámetro máximo del fruto, tiene lugar la transición entre la fase I y la fase II.

La fase I es sensible al estrés hídrico, determinando el tamaño del fruto. Distintos estudios han demostrado que un estrés hídrico moderado durante la fase I y II (periodo de crecimiento rápido de los frutos y periodo de endurecimiento del endocarpio, respectivamente) aumenta el porcentaje de frutos abiertos y, por tanto, la calidad de la cosecha (Goldhamer y Beede, 2004). Sin embargo, en experimentos más recientes se ha encontrado un incremento de frutos abiertos pero también de frutos rajados prematuramente en algunos años y en árboles sometidos a tratamientos de riego deficitario controlado durante la fase I (Goldhamer *et al.*, 2004, 2005, 2006). Este rajado es una ruptura del epicarpio y mesocarpio que ocurre antes de la cosecha y que hace al fruto más susceptible de sufrir infecciones de la semilla, reduciendo la calidad de la cosecha y en consecuencia, su valor económico. La apertura normal del fruto se produce en el endocarpio (la cáscara) antes de la cosecha, y aumenta la calidad y el valor comercial.



**Figura 1.** Fruto en fase fenológica I (Gijón, 2013).

- Fase II: A este rápido crecimiento del fruto durante la fase I le sigue un período de ralentización del crecimiento del árbol y del incremento del peso fresco del fruto. En esta fase II tiene lugar el endurecimiento del endocarpio (cáscara dura) (**Figura 2**).

Esta fase es la menos sensible al estrés hídrico, siendo por tanto en la que se puede reducir el aporte de riego (Goldhamer *et al.*, 2004, 2005, 2006; Guerrero *et al.*, 2006).



**Figura 2.** Fruto en fase fenológica II (Gijón, 2013).

- Fase III: se inicia con el comienzo del desarrollo del grano, lo que se traduce en un fuerte incremento del peso del fruto (**Figura 3**), y termina con la cosecha. Esta fase es la más sensible al estrés hídrico (Goldhamer *et al.*, 2004, 2005 y 2006), por lo que si se aplica un cierto estrés en la fase II se debe recuperar el árbol en la fase III para evitar un menor crecimiento del grano, que se traduciría en una reducción de la producción (Guerrero *et al.*, 2007).



**Figura 3.** Fruto en fase fenológica III (Gijón, 2013).

## 1.8 PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las especies del género *Pistacia* se distribuyen principalmente en la región mediterránea, Asia Central y Occidental y Oriente Medio, con la excepción de las especies norteamericanas *P. texana* y *P. mexicana*. Aunque varias especies del género producen semillas comestibles y se usan para producción de aceites y jabones, el pistachero (*P. vera* L.) es la especie con mayor interés comercial, y se cultiva ampliamente en países mediterráneos. El pistacho es el sexto fruto seco en superficie a nivel mundial después del almendro, nogal, anacardo, avellano y castaño. La producción mundial de pistacho alcanzó las 1.005.436 t en 2012 duplicando así su valor en los últimos 10 años (**Figura 4**). El mayor productor mundial es Irán, con 472.097 t, seguido de EEUU (231.000 t), Turquía (150.000 t), China (74.500 t), Siria (57.195 t), Grecia (10.000 t), e Italia (2.850 t) (FAOSTAT, 2012). Sin embargo todo parece apuntar a que en los próximos años EEUU se situará como primer productor a nivel mundial debido a los problemas coyunturales acontecidos en Irán.



**Figura 4.** Producción mundial de pistachos del año 2002 hasta el año 2012 (FAOSTAT, 2012).

En la Unión Europea, la incertidumbre sobre el respaldo económico para los cultivos tradicionales de la región mediterránea como el olivar y la viña, además de la explotación de terrenos empobrecidos y no aptos para la mayoría de cultivos, han llevado al progresivo incremento en la superficie plantada de pistachero (Gijón, 2013).

Desde los últimos 15 años la producción en Grecia e Italia se ha mantenido constante, sin embargo en Turquía (tercer productor mundial) ha aumentado en unas 80.000 t, es decir, ha duplicado su producción. Otro país de la cuenca mediterránea como es Siria (5º productor mundial) ha aumentado en la última década la superficie plantada en 6.000 ha, lo que ha supuesto un incremento en la producción de aproximadamente 7.000 t (FAOSTAT, 2012).

En la Península Ibérica, el cultivo del pistachero fue desapareciendo paulatinamente tras el asentamiento inicial del cultivo en el periodo de dominación árabe. En la década de los 80 el cultivo se reintroduce en España, a través del Centro Agropecuario “Mas Bové” del IRTA de Reus (Tarragona) (Couceiro *et al.*, 2013). El pistachero como cultivo alternativo para Castilla la Mancha se comenzó a estudiar en el año 1986 mediante un proyecto de investigación (Guerrero *et al.*, 2006 y 2007) con el fin de identificar cultivos alternativos al olivar y a la viña y aprovechar terrenos marginales. Fue a partir de 1996 cuando se comenzaron a establecer plantaciones bien organizadas agrónomicamente. De las 5274 ha de pistachero que existen en España actualmente, Castilla-La Mancha es la región con una mayor superficie dedicada a este cultivo (unas 4000 ha), seguida de Andalucía (495 ha), Cataluña (376 ha), Extremadura (200 ha) y Castilla y León (182 ha) (MAGRAMA, 2013). La mayor parte de las plantaciones son muy jóvenes (8 años después de injerto), con una producción muy baja (unos 400 kg/ha de media), y el ritmo de crecimiento es de unas 400 ha anuales. España está situada entre los 15 países del ranking mundial de producción detrás de países como Irán, EEUU, Turquía, China, Siria, Grecia, Italia, o Túnez, aunque con perspectivas de igualar a corto plazo a países como Grecia e Italia y situarse entre los mayores productores europeos.



## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es determinar el efecto de riego deficitario controlado (RDC) sobre la calidad de los pistachos y su aceptación por parte del consumidor europeo. Se trabajó con tres tratamientos:

- **T0** (control): en el cual se regó con suficiente cantidad de agua para evitar por completo el estrés hídrico.
- **T1** (Riego deficitario controlado 1): se suprimió el riego durante la fase de endurecimiento de la cáscara (fase II), hasta que el potencial hídrico del tallo está por debajo de -1,3 MPA.
- **T2** (Riego deficitario controlado 2): se suprimió el riego durante la fase de endurecimiento de la cáscara (fase II), hasta que el potencial hídrico del tallo está por debajo de -1,5 MPA.

Para comprobar la influencia de este factor cuanto a la calidad del producto, se han evaluado los siguientes parámetros:

- I. Morfología:
  - Peso.
  - Tamaño.
- II. Físico-químicos:
  - Actividad de agua.
  - Color.
  - Textura.
  - Compuestos volátiles.
  - Ácidos grasos.
  - Composición mineral.
- III. Análisis sensorial:
  - Análisis descriptivo.
  - Estudio de consumidores.



### **3. MÉTODOS**

### 3.1 MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los pistacheros empleados para la realización de este estudio, son de la variedad Kerman, y se cultivaron en los años 2012 y 2013 en la finca experimental “El Chaparrillo”, ubicada en Ciudad Real (España), (3º 56’W, 39ºN; altitud sobre el nivel del mar de 640 m).

Esta zona tiene un clima tipo mediterráneo, con una precipitación media anual de 397 mm. El suelo de la zona de estudio, es poco profundo (0,75 m) y tiene una textura franco-arcillosa (*Petrocalcic Palexeralf*) con un horizonte petrocálcico discontinuo entre 0,75 y 0,85 m.

El experimento se realizó mediante un diseño de parcelas divididas (*split-plot*), con dos repeticiones, en las que se evaluaron tres tratamientos de riego (**Figura 5**): (i) T0 o control, en el que los árboles se regaron con suficiente cantidad de agua para evitar por completo el estrés hídrico; (ii) T1, en la que se suprimió el riego durante la fase II hasta que los árboles alcanzan y se mantienen con un potencial hídrico del tallo (SPW) por debajo de -1,3 MPA; y, (iii) T2 donde se siguió el mismo protocolo que para T1 pero con un umbral SPW de -1,5 MPA. Ambos tratamientos de riego deficitario (T1 y T2) finalizaron al llegar a la fase III donde se rehidrataron los árboles.

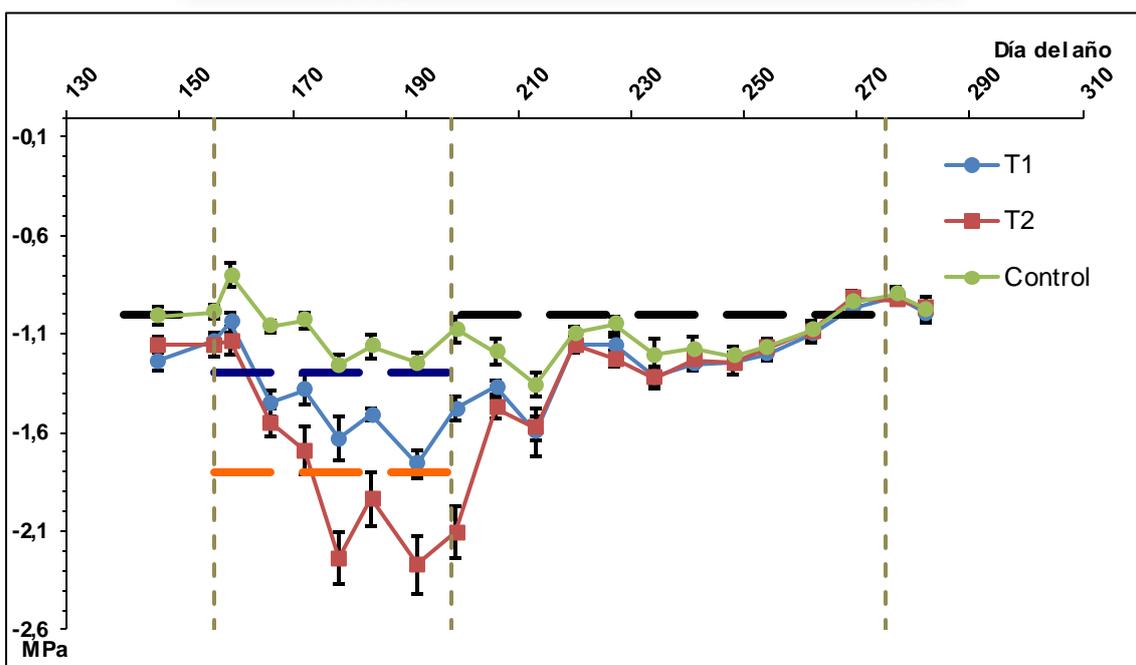


Figura 5. Tratamiento de riego deficitario controlado en los pistachos sometidos a estudio.

El mismo día que se recolectaron los pistachos, se pelaron y se secaron en un horno de convección forzada, con aire caliente a 60 °C hasta alcanzar una humedad del 7 % (unos 3 días). Tras finalizar este proceso, se envasaron y unos 2 kg de muestras fueron enviadas desde Ciudad Real (España) a Orihuela (Alicante, España) para comenzar con las determinaciones analíticas.

Los resultados mostrados en este trabajo, son el valor medio de dos temporadas consecutivas, 2012 y 2013, salvo el estudio de consumidores que únicamente se llevó a cabo utilizando las muestras de 2013.

### 3.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Lotes de 100 g de pistachos se sumergieron en una disolución salina [20 % NaCl en agua (w/v)] durante 30 min con agitación continua. Los frutos secos salados se dejaron secar a temperatura ambiente durante 30 min para liberar el agua sobrante. A continuación, los pistachos se tostaron en un horno microondas durante 8 minutos a una potencia de 480 W; mezclando las muestras cada 2 min con el fin de evitar un sobrecalentamiento de las mismas. Por último, las muestras se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente (~1 h), se envasaron a vacío y se mantuvieron refrigeradas (4-5 °C) hasta la realización de los análisis. Todo el proceso de tostado, se llevó a cabo por triplicado.

### 3.3 ANÁLISIS MORFOLÓGICOS

#### 3.3.1 Peso y tamaño

Se seleccionaron al azar 25 pistachos de cada uno de los tratamientos, y se pesó cada uno de ellos. Primero se pesó el pistacho al completo, y luego su cáscara y su parte comestible por separado. Para ello, se utilizó una balanza Mettler Toledo modelo AG204 (Barcelona, España) con una precisión de 0,1 mg (**Figura 6**).



**Figura 6.** Balanza Mettler Toledo AG204.

Además, se tomaron medidas de las tres dimensiones (largo, ancho y alto) de cada una de las 25 partes comestibles de los pistachos, para cada uno de los tratamientos sometidos a estudio, utilizando un calibre digital Mitutoyo 500-197-20 150 mm (Illinois, Estados Unidos) con una precisión de 0,02 mm (**Figura 7**).



**Figura 7.** Calibre digital Mitutoyo 150 mm.

### 3.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 3.4.1 Actividad de agua

La actividad de agua ( $a_w$ ) en un alimento está definida como la relación que hay entre la presión de vapor de agua en él y la presión de vapor del agua pura. Esta se determinó con un aparato medidor Novasina  $A_w$ -sprint TH500 (Pfaffikon, Suiza) (**Figura 8**), en el que el vapor de agua liberado por la muestra se pone en contacto con una célula electrolítica cuyo valor de potencial varía según sea la humedad relativa mayor o menor. Cuando se alcanza el equilibrio, el valor de potencial no varía y se obtiene una medida estable de actividad de agua.

Para realizar medidas homogéneas, se molieron finamente 20 pistachos de cada uno de los tratamientos sometidos a estudio y se realizó el análisis por triplicado.



Figura 8. Novasina Aw-sprint TH500.

#### 3.4.2 Color

Las determinaciones de color se hicieron a  $25 \pm 1$  °C, empleando un colorímetro Minolta CR-300 (Osaka, Japón) (**Figura 9**). Este espectrofotómetro está dotado de un iluminante D65 y un observador estándar de 10 grados. Con el fin de reducir la variabilidad de los datos, se introdujeron los pistachos molidos en placas Petri del mismo tamaño. Los resultados se expresaron de acuerdo a las coordenadas  $L^*$

(luminosidad),  $a^*$  (rojo-verde),  $b^*$  (azul-amarillo),  $C^*$  (Croma,  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ) y  $h^\circ$  (tono,  $h^\circ = \arctg(b^*/a^*)$ ) (Minolta, 1994).

Este proceso de análisis se llevó a cabo empleando 10 repeticiones de muestras de cada uno de los cultivares sometidos a estudio.



Figura 9. Colorímetro Minolta CR-300.

### 3.4.3 Textura

Para la medición de la textura de las muestras se eligió una prueba de *fuerza de corte*. Este se evaluó utilizando un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado con una célula de carga de 25 kg (**Figura 10**). Se colocaron los pistachos de forma horizontal en la placa y el test de corte se realizó utilizando una hoja de cuchillo (HDP/BS) (**Figura 11**).

Esta prueba, indica de forma empírica la fuerza que es necesaria para cortar un alimento. El test se realizó a una velocidad de 1 mm/s hasta que el pistacho quedó cortado por completo; los resultados se expresaron en N. Este proceso se realizó con 20 muestras de cada uno de los cultivares.



Figura 10. Texturómetro TA-XT2i.

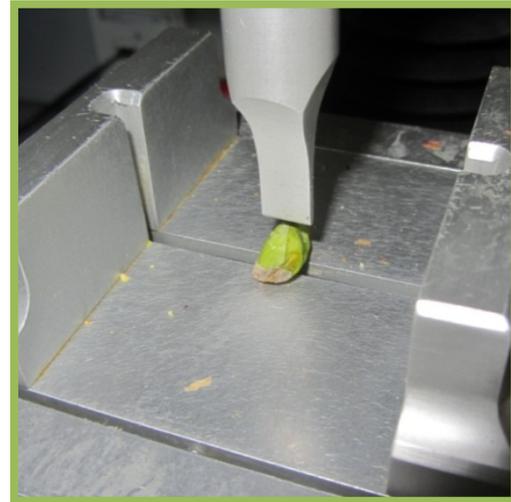


Figura 11. Hoja de corte (HDP/BS).

#### 3.4.4 Compuestos volátiles

Para el análisis de los compuestos volátiles se empleó el método micro-extracción en fase sólida en el espacio de cabeza (HS-SPME). Tras la realización de varias pruebas preliminares con el fin de optimizar el sistema de extracción, se tomaron 5 g de pistachos molidos finamente, 15 mL de agua ultrapura, 1,5 g de NaCl, y junto con un agitador magnético se introdujeron en un vial específico para SPME (micro-extracción en fase sólida, en inglés *Solid-Phase Micro-Extraction*) de 50 mL (Supelco Analytical, Bellefonte, PA, EE.UU. de América), con tapa de polipropileno y con un septum de PTFE/silicona. Los viales se estabilizaron durante 15 min a 40 °C en un baño de agua con agitación constante; después de este tiempo de equilibrio, la fibra de SPME 50/30 mm DVB/CAR/PDMS (Supelco) fue expuesta al espacio de cabeza de la muestra durante 50 minutos a 40 °C. La fibra fue elegida por su gran capacidad de captura de los compuestos volátiles (Ceva-Antunes *et al.*, 2006). Un proceso similar se llevó a cabo previamente en tomates por Alonso *et al.* (2009), y en granada por Vázquez-Araújo *et al.* (2011) y Melgarejo *et al.* (2011).

Después del muestreo, la desorción de los compuestos volátiles de la fibra de SPME se llevó a cabo en el puerto de inyección del GC-MS durante 3 min. Las temperaturas del inyector y detector de espectrometría de masas fueron de 230 y 300 °C, respectivamente.

El aislamiento y la identificación de los compuestos volátiles se realizaron en un cromatógrafo de gases, Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), acoplado con un detector de espectrometría de masas, Shimadzu GC-MS detector QP-5050A (**Figura 12**). El sistema GC-MS (cromatografía de gases con detector de masas, en inglés *Gas Chromatography with Mass Spectrometry detector*) estaba equipado con una columna TRACSIL Meta.X5, 95 % de dimetil-polisiloxano y 5 % difenil-polisiloxano (Teknokroma S. Coop C. Ltd, Barcelona, España) de 30 m de longitud × 0,25 mm de diámetro interno × 0,25 mm de espesor de la película de adsorción.

Los análisis se llevaron a cabo utilizando helio como gas portador a un caudal de 0,6 mL/min, con un split 1:6 y con el siguiente programa de temperaturas en el horno del cromatógrafo: a) temperatura inicial de 80 °C, b) rampa de calentamiento de 3,0 °C/min hasta los 210 °C, que se mantuvieron durante 1 min, y c) rampa de 25 °C/min hasta los 300 °C y se mantuvo la temperatura durante 3 min (Calín-Sánchez *et al.*, 2011).



**Figura 12.** Cromatógrafo de gases con detector de espectrometría de masas Shimadzu GC-17A.

La mayoría de los compuestos fueron identificados mediante el uso de tres métodos diferentes de análisis: (I) los índices de retención o Kovats (KI), (II) tiempos de

retención de los compuestos químicos puros, y (III) los espectros de masas de compuestos químicos auténticos y de la biblioteca espectral de la base de datos del *National Institute of Standards and Technology* (NIST05, Mayo 2014). La identificación se consideró tentativa cuando se basó únicamente en los datos del espectro de masas.

El análisis de composición volátil se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como porcentaje del área total representada por cada uno de los compuestos volátiles.

### 3.4.5 Ácidos grasos

Para la extracción de los ácidos grasos presentes en las muestras, se tomó 1 g de pistachos molidos y se mezcló con 3 mL de *n*-hexano. Esta mezcla se introdujo en un baño de ultrasonidos de 1 L Selecta 3000512 JP (Barcelona, España) (**Figura 13**) con una frecuencia constante de 40 KHz durante 3 h a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla se sometió a centrifugación y el aceite se recuperó mediante evaporación del *n*-hexano empleando una corriente de nitrógeno. El peso de aceite obtenido se utilizó para calcular el contenido de aceite (%) para cada muestra de pistachos.



**Figura 13.** Baño de ultrasonidos Selecta 3000512 JP

La determinación de ácidos grasos requiere la preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME) y su posterior análisis mediante cromatografía de

gases. Para ello se empleó el método descrito por Majdi *et al.* (2012) con algunas modificaciones. Se tomaron 50 mg del aceite extraído y se saponificaron con 100  $\mu$ L de diclometano ( $\text{Cl}_2\text{CH}_2$ ) y 1 mL de disolución metanólica (NaOH) por reflujo a 90  $^{\circ}\text{C}$  durante 10 min. A continuación se añadió 1 mL de  $\text{BF}_3$ -metanólico y se llevó a ebullición durante 10 min. Los esteres metílicos de ácidos grasos se extrajeron a partir de una mezcla saturada de sal con la adición de 600  $\mu$ L de hexano. La fase orgánica se separó y se analizó mediante GC-MS en un cromatógrafo de gases, Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), acoplado con un detector de espectrometría de masas, Shimadzu GC-MS detector QP-5050.

Las condiciones analíticas para este análisis fueron similares a las ya descritas anteriormente para la determinación de sustancias volátiles. El inyector y el detector se sometieron a unas temperaturas de 230 y 300  $^{\circ}\text{C}$  respectivamente y se siguió el siguiente programa de funcionamiento: (i) temperatura inicial de 80  $^{\circ}\text{C}$  durante 2 min, (ii) rampa de temperatura de 8  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  de 80 a 160  $^{\circ}\text{C}$ , (iii) incremento de 4  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  desde 160 a 240  $^{\circ}\text{C}$  y se mantuvo la temperatura durante 30 min.

La identificación de los picos se realizó por comparación con patrones FAME de Sigma-Aldrich. Todo el procedimiento se realizó por triplicado.

#### 3.4.6 Composición mineral

Se digirieron 0,5 g de pistachos molidos durante 2 h a una temperatura máxima de 130  $^{\circ}\text{C}$ , en un bloque digestor, Selecta Block Digest 20 (Barcelona, España) empleando 5 mL de una disolución 65 % (w/v) de  $\text{HNO}_3$  (Carbonell-Barrachina *et al.*, 2002).

Las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente y llevadas a matraces en los que se prepararon disoluciones 1:10 y 1:50 empleando agua ultra pura. Hasta que se llevó a cabo la determinación, las muestras se mantuvieron en refrigeración (4  $^{\circ}\text{C}$ ).

La determinación de Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn y Zn, en las muestras previamente mineralizadas, se llevó a cabo mediante un espectrómetro de absorción-emisión atómica Unicam Solaar 969 (Unicam Ltd., Cambridge, Reino Unido) (**Figura 14**). El potasio y sodio se determinaron mediante emisión atómica y el resto de elementos se analizaron por absorción atómica.



**Figura 14.** Espectrómetro emisión-absorción atómica Unicam Solaar 969

El instrumental empleado fue calibrado empleando estándares certificados. En cada lote de análisis se incluyeron al menos dos blancos, un material de referencia internacional (CRM) y un muestra enriquecida con una concentración conocida para evaluar la precisión y exactitud del análisis químico. El material certificado seleccionado era GBW07603 producido por el *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration of China*.

Las curvas de calibración que se utilizaron para la cuantificación de los minerales, mostraron una linealidad buena ( $R^2 \geq 0,998$ ). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

## 3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

### 3.5.1 Estudio descriptivo

En este estudio, participaron ocho panelistas entrenados (4 hombres y 4 mujeres, de edades comprendidas entre 26 y 60 años) miembros del grupo de investigación Calidad y Seguridad Alimentaria (Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España). Cada uno de estos panelistas tiene más de 500 horas de experiencia en este tipo de pruebas, con diferentes alimentos. Para reforzar un poco más las aptitudes de este grupo, se realizaron dos sesiones de orientación sobre pistachos de 1 h de duración cada una de ellas.

Las muestras (pistachos) se sirvieron en envases desechables de plástico de un volumen de 90 mL y libres de olor. Se sirvió a cada panelista un envase lleno hasta aproximadamente la mitad con pistachos. Además, por si hubiera sido necesario, se disponían muestras adicionales. Todas las muestras se sirvieron a temperatura ambiente y se codificaron utilizando códigos de 3 dígitos. Entre cada una de las muestras se puso a la disposición de los panelistas agua osmotizada y galletas sin sal, para limpiar el paladar. La sala de pruebas disponía de una combinación de luz natural y luz no natural (fluorescente), y se fijó una temperatura de 21 °C.

Para la evaluación de las muestras (9 muestras en total) se realizaron tres sesiones de 2 horas cada una. Todas las muestras fueron evaluadas en cada sesión y por lo tanto cada una de ellas se evaluó por triplicado (3 sesiones).

El panel comenzó a trabajar con el léxico desarrollado por Vázquez-Araújo *et al.* (2012) para turrón, pero tras las sesiones de orientación, el panel acordó evaluar solamente los siguientes atributos: (apariencia) color y tamaño; (sabor) sabor a fruto seco, sabor a pistacho, sabor tostado, sal, dulce, y post-gusto; y (textura) dureza, crujibilidad, friabilidad y adhesividad.

El panel utilizó una escala numérica para cuantificar la intensidad de los atributos estudiados, donde 0 representa una intensidad extremadamente baja, y 10 representa extremadamente intenso, con incrementos de 0,5 unidades.

En el **ANEXO I** de este Trabajo Fin de Grado figura una copia del cuestionario utilizado para la realización del estudio descriptivo, en la que quedan reflejados todos aquellos atributos que fueron evaluados.

### 3.5.2 Estudio de consumidores

El estudio de consumidores se llevó a cabo en España, Francia, Polonia y la República Eslovaca (**Figura 15**). Los estudios se llevaron a cabo en abril de 2014. Al menos 60 consumidores fueron seleccionados en cada uno de los países con una proporción mujeres y hombres de 60:40.



**Figura 15.** Mapa representativo de los países en los que tuvo lugar el estudio de consumidores.

El reclutamiento tuvo lugar mediante correo electrónico y la promoción del evento mediante cartelera, en cada uno de los países participantes.

Los consumidores completaron un test de selección en el que indicaron su sexo, edad e información sobre dietas o alergias que padecían. Se pidió además, información

acerca de la frecuencia de consumo de frutos secos, así como la disponibilidad y voluntad de consumir los pistachos.

Todos aquellos consumidores que se encontraban en un rango de edad entre 18 y 67 años, comían frutos secos al menos una vez por semana, no tenían restricciones alimentarias y no sufrían ninguna alergia significativa, fueron seleccionados para la realización del estudio.

En el **ANEXO II** de este Trabajo Fin de Grado figura una copia del cuestionario utilizado para la realización del estudio internacional de consumidores. Este se tradujo a cada uno de los idiomas mayoritarios de cada uno de los países en los que se realizó el estudio.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de los análisis realizados a las aceitunas, fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey. Se utilizó el software StatGraphicsPlus 5.0 Software (Manugistics, Inc., Rockville, Maryland, Estados Unidos). La diferencia significativa fue definida como  $p < 0,05$ .



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 ANÁLISIS MORFOLÓGICOS

### 4.1.1 Peso

Los resultados obtenidos del peso de los pistachos sometidos a estudio vienen recogidos en la **Tabla 2**. En ella podemos observar como entre los pistachos en los que se regó de forma que la planta no viera comprometidas sus necesidades hídricas (T0), y aquellos a los que se les sometió a un estrés hídrico en la fase de endurecimiento de la cáscara (T1 y T2), no existen diferencias significativas.

**Tabla 2.** Peso (g) de los pistachos (fruto seco completo, parte comestible y cáscara) en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	PESO (g)		
	Fruto seco	Parte comestible	Cáscara
	Test ANOVA <sup>†</sup>		
Tratamiento	NS	NS	NS
	Test de Rangos Múltiples TUKEY		
<b>TRATAMIENTO</b>			
T0	1,514	0,755	0,759
T1	1,529	0,759	0,770
T2	1,525	0,759	0,766

<sup>†</sup> NS, no significativo *F*ratio ( $p < 0,05$ ).

Recordamos que los tratamientos T1 y T2 se llevan a cabo durante la Fase II de crecimiento del cultivo, donde el árbol, tras la fase rápida de crecimiento del fruto (Fase I), sufre un período de parada vegetativa donde todos los mecanismos biológicos se estabilizan. Además, al someter a la planta a un estrés controlado, se activa el mecanismo de defensa biológico y este se encarga de mantener el metabolismo y, por tanto, de mantener el desarrollo del fruto.

Estos resultados mostraron que a pesar de someter a las plantas a un déficit de riego, el producto no sufrió cambios en el peso. Por lo tanto, el riego deficitario controlado permite un ahorro significativo de agua sin ver alterada la producción.

#### 4.1.2 Tamaño

El tamaño es uno de los caracteres más utilizados en la selección y clasificación de los pistachos. Un buen tamaño es interesante ya que facilita la recolección y manipulación, y además, tiene un valor añadido de calidad por parte del consumidor.

Para la realización del estudio, se midió el tamaño de 25 unidades de cada uno de los tratamientos tomando medidas de las tres dimensiones (largo, ancho y alto). Posteriormente se realizó un tratamiento de datos estadístico mediante un test ANOVA para comprobar si existían diferencias entre las muestras. Los resultados obtenidos quedan reflejados en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Diámetro (mm) de los pistachos ( $D_1$  = largo,  $D_2$  = ancho y  $D_3$  = alto) en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	DIÁMETRO (mm)		
	$D_1$	$D_2$	$D_3$
<b>Test ANOVA<sup>†</sup></b>			
<b>Tratamiento</b>	NS	NS	NS
<b>Test de Rangos Múltiples TUKEY</b>			
<b>TRATAMIENTO</b>			
<b>T0</b>	17,54	9,82	11,14
<b>T1</b>	17,76	9,88	11,28
<b>T2</b>	17,74	9,80	11,32

<sup>†</sup> NS, no significativo *F*ratio ( $p < 0,05$ ).

Como podemos observar en la **Tabla 3**, el tamaño de los frutos no se ve afectado por las condiciones de riego estudiadas. Como ya hemos comentado anteriormente, el estrés hídrico al que se somete a los árboles tiene lugar en una etapa de estabilización

del crecimiento (Etapa II), por lo que los árboles son capaces de mantener perfectamente su metabolismo y responder adecuadamente a esta situación.

## 4.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

### 4.2.1 Actividad de agua

La actividad de agua se midió por triplicado para cada una de las muestras, empleando pistachos finamente molidos. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Actividad de agua de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	ACTIVIDAD DE AGUA
Test ANOVA <sup>†</sup>	
Tratamiento	NS
Test de Rangos Múltiples TUKEY	
TRATAMIENTO	
T0	0,601
T1	0,608
T2	0,607

<sup>†</sup> NS, no significativo *F*ratio ( $p < 0,05$ ).

Tal y como muestra la **Tabla 4**, la actividad de agua no mostró diferencias significativas en función de los tratamientos sometidos a estudio. Por lo que, estamos en condiciones de afirmar que la aplicación de un riego deficitario durante la fase II de desarrollo, no afecta al contenido de actividad de agua del fruto, ya que el desarrollo del fruto tiene lugar durante la Fase III como ya se comentó anteriormente.

#### 4.2.2 Color

En la **Tabla 5** se pueden ver los resultados obtenidos en el análisis de color de las muestras de pistacho, para cada uno de los tratamientos estudiados. Para garantizar la homogeneidad de los análisis, se realizaron 10 repeticiones para cada uno de los tratamientos.

**Tabla 5.** Coordenadas de color CIEL\*a\*b\* de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	COORDENADAS DE COLOR				
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>H*</i>
	Test ANOVA <sup>†</sup>				
<b>Tratamiento</b>	NS	NS	NS	NS	NS
	Test de Rangos Múltiples TUKEY				
<b>TRATAMIENTO</b>					
<b>T0</b>	60,77	-3,17	26,68	26,87	96,77
<b>T1</b>	61,77	-3,44	27,66	27,87	97,08
<b>T2</b>	61,48	-3,28	27,45	27,66	96,78

<sup>†</sup> NS, no significativo *F*ratio ( $p < 0,05$ ).

Como podemos observar, los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre el tratamiento control (T0) y los tratamientos de riego deficitario (T1 y T2).

#### 4.2.3 Textura

Para determinar la textura de los pistachos en este estudio, se llevó a cabo una prueba de fuerza de corte ya que nos interesaba conocer la fuerza necesaria para romper la muestra, para de esta forma, simular el proceso inicial de masticación.

La textura de los pistachos está relacionada con el contenido de humedad, por lo que la prueba también nos permite conocer si el proceso de secado se ha llevado a cabo en condiciones óptimas.

En la **Tabla 6** quedan reflejados los resultados obtenidos tras la realización del análisis, en el que se realizó un promedio de la medición de 20 muestras para cada uno de los tratamientos de riego deficitario estudiado.

**Tabla 6.** Fuerza de corte (N) de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	FUERZA DE CORTE (N)
<b>Test ANOVA<sup>†</sup></b>	
<b>Tratamiento</b>	***
<b>Test de Rangos Múltiples TUKEY<sup>‡</sup></b>	
<b>TRATAMIENTO</b>	
<b>T0</b>	50,67 b
<b>T1</b>	51,12 ab
<b>T2</b>	53,56 a

<sup>†</sup> \*\*\* diferencias significativas  $p \leq 0,001$ .

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ .

Como podemos observar en los resultados de la **Tabla 6**, los pistachos del tratamiento T2 presentan una dureza mayor que las de los tratamientos T0 y T1. Esto puede ser debido, entre otras causas, a que durante ese tratamiento la planta se ve afectada por un estrés hídrico bastante grave, por lo que el contenido de humedad del fruto se ve reducido y pueden aparecer fibrosidades. Sin embargo, no se han observado diferencias significativas en la actividad de agua.

#### 4.2.4 Compuestos volátiles

En los últimos tiempos, están adquiriendo gran importancia características tales como el sabor y el aroma, íntimamente relacionadas, frente a otros parámetros más visibles (textura y color de los frutos) a consecuencia de la abundancia de frutos insípidos.

El consumidor se vuelve cada vez más exigente, lo que convierte al sabor y al aroma en propiedades extremadamente importantes para la aceptación de productos comestibles y en consecuencia los convierte en prioridad para el productor. Un aroma agradable y fácilmente reconocible suele ser garantía de que el consumidor va a comprar y aceptar el producto. Si, por el contrario, el aroma no es el tradicionalmente asociado al producto, el consumidor por regla general, lo rechazará. Sin embargo, la caracterización y cuantificación de aromas es una de las propiedades organolépticas más sensibles y difíciles de evaluar, dada su alta complejidad desde el punto de vista bioquímico y metabólico.

En la determinación de los compuestos volátiles, se aisló, identificó y cuantificó un total de 25 compuestos empleando la técnica HS-SPME (**Tabla 7**) realizando 3 repeticiones para cada uno de los tratamientos estudiados y obteniendo el valor medio de las medidas. Este método de análisis ha sido utilizado anteriormente por el grupo de investigación Calidad y Seguridad Alimentaria de la Universidad Miguel Hernández, para estudiar la composición volátil del tomate español (Alonso *et al.*, 2009) y de granadas (Melgarejo *et al.*, 2011; Vázquez-Araújo *et al.*, 2011).

**Tabla 7.** Contenido (%) de compuestos volátiles en los pistachos, en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

COMPUESTO	Tiempo Ret.	Índice Ret.		Test ANOVA <sup>†</sup>	CONTENIDO (%)		
	(min)	Exp.	Liter.		T0	T1	T2
Pentanal	5,78	711	710	NS	3,30 <sup>‡</sup>	3,97	2,72
1-Metil-1H-pirrole	6,44	750	750	*	1,73 ab	2,63 a	1,24 b
Hexanal	7,13	790	788	**	8,17 a	6,03 b	9,16 a
2-Metilpirazina	7,78	827	825	NS	1,57	1,58	1,10
Furfural	7,88	834	839	NS	2,83	3,06	2,59
Heptanal	9,23	897	903	NS	0,52	0,62	0,60
2,5-Dimetilpirazina	9,69	921	926	NS	2,71	3,09	2,41
Etilpirazina	9,83	928	930	NS	2,38	2,84	2,23
$\alpha$ -Pirreno	10,33	935	938	***	25,56 b	28,65 a	21,69 c
2-Heptenal	10,86	953	954	**	16,02 b	15,81 b	18,31 a
Benzaldehído	11,36	970	960	NS	1,41	1,42	1,08
1-Octen-3-ona	11,47	974	978	NS	1,45	1,22	1,34
$\beta$ -Mirreno	11,79	985	991	*	1,63 ab	2,00 a	1,39 b
Octanal	12,33	1003	1002	NS	0,87	1,04	1,04
2-Etil-3-metilpirazina	12,47	1007	1012	*	2,74 ab	3,11 a	2,66 b
1-Octen-3-ol	12,66	1014	1007	**	2,74 b	2,73 b	4,44 a
Limoneno	13,48	1041	1032	**	12,39 ab	10,75 b	14,78 a
2-Octenal	14,48	1058	1056	NS	2,42	1,57	2,73
2,6-Dimetil-3-etilpirazina	15,26	1078	1082	*	1,98 ab	2,31 a	1,58b
2,5-Dietilpirazina	15,68	1089	1089	NS	0,42	0,42	0,39
Nonanal	16,28	1104	1102	**	5,07 a	3,62 b	4,58 ab
Dodecano	20,42	1197	1200	NS	0,41	0,26	0,38
Decanal	20,83	1206	1207	NS	0,67	0,58	0,65
2-Decenal	23,57	1265	1271	NS	0,54	0,36	0,48
Tridecano	26,02	1308	1300	NS	0,50	0,33	0,43

<sup>†</sup> NS, no significativo *F* ratio ( $p < 0,05$ ). \*, \*\* y \*\*\*, diferencias significativas  $p \leq 0,05$ ,  $0,01$  y  $0,001$  respectivamente.

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ .

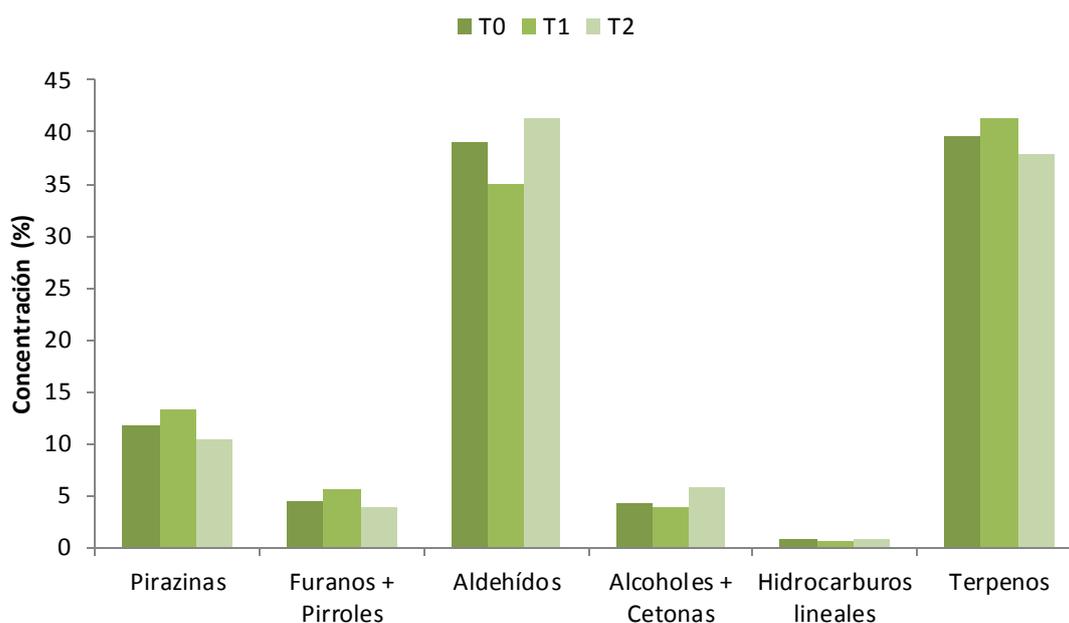
Como podemos apreciar en la **Tabla 7**, se han obtenido diferencias significativas en 10 de los 25 compuestos encontrados.

Los compuestos volátiles presentes en los pistachos pueden agruparse de acuerdo a su familia química, tal y como queda recogido en la **Tabla 8** mediante la representación esquemática de la concentración para cada una de las familias químicas en función del tratamiento de riego efectuado.

**Tabla 8.** Agrupación de compuestos volátiles en los pistachos de acuerdo a sus familias químicas (%), en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

	CONCENTRACIÓN (%)		
	T0	T1	T2
Pirazinas	11,80	13,35	10,37
Furanos + Pirroles	4,56	5,69	3,83
Aldehídos	38,97	35,01	41,35
Alcoholes + Cetonas	4,20	3,95	5,78
Hidrocarburos lineales	0,91	0,60	0,81
Terpenos	39,57	41,40	37,86

A continuación, en la **Figura 16** se puede observar una representación gráfica de los datos obtenidos.



**Figura 16.** Concentración (%) de las familias de compuestos volátiles en las muestras T0, T1 y T2.

Como podemos observar en la **Tabla 8** y en la **Figura 16** el grupo predominante para el tratamiento T0 y para el tratamiento T1 es el de los terpenos, seguido de aldehídos, pirazinas y por último el grupo formado por furanos + pirroles. En el caso del tratamiento T2, podemos apreciar que los cuatro grupos de familias químicas predominantes ordenados de mayor a menor concentración son aldehídos, terpenos, pirazinas y el grupo formado por los alcoholes + cetonas.

Por todo lo obtenido anteriormente, podemos afirmar que el tipo de riego influye en la concentración de estos compuestos volátiles. En general los aldehídos se pueden relacionar con notas verdes de hierba y vegetales; los terpenos pueden estar relacionados con notas de pino y cítricos; las pirazinas tienen relación con notas tostadas; los alcoholes se relacionan con notas dulces y frutales, y los pirroles se catalogan como aromas a frutos secos y notas dulces (SAFC, 2012).

Es muy importante mencionar que si bien ha habido diferencias estadísticamente significativas en 10 de los 25 compuestos volátiles identificados, es difícil asegurar que esto implica que el olor o el aroma de los pistachos es significativamente diferente. El olor y aroma depende de características sinérgicas entre todos los compuestos volátiles y hay que recurrir al estudio sensorial descriptivo y afectivo para ver si un grupo de panelistas entrenados y/o un grupo de consumidores son capaces de detectar esas diferencias instrumentales.

#### 4.2.5 Ácidos grasos

Los resultados obtenidos del contenido total de ácidos grasos de los pistachos sometidos a estudio vienen recogidos en la **Tabla 9**. En ella podemos observar como sí existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de tratamientos de riego deficitario.

En los pistachos en los que se aplicó el tratamiento de riego deficitario T1 hay una mayor cantidad total de ácidos grasos (%) que en aquellos en los que se siguió un riego deficitario de acuerdo al tratamiento T2.

**Tabla 9.** Contenido de ácidos grasos (%) en los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	ÁCIDOS GRASOS (%) <sup>†</sup>
<b>Test ANOVA <sup>†</sup></b>	
<b>Tratamiento</b>	***
<b>Test de Rangos Múltiples TUKEY <sup>‡</sup></b>	
<b>TRATAMIENTO</b>	
<b>T0</b>	40,6 ab
<b>T1</b>	42,1 a
<b>T2</b>	38,3 b

<sup>†</sup> \*\*\* diferencias significativas  $p \leq 0,001$ .

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ ;

Los resultados obtenidos reflejados en la **Tabla 9**, nos mostraron que los pistachos que siguieron un plan de riego deficitario controlado (T1), tuvieron un mayor contenido de ácidos grasos que los pistachos del resto de riegos analizados en este estudio.

Una vez conocida la concentración total de ácidos grasos, se determinó la composición de estos mediante el método descrito por Majdi *et al.* (2012). Como muestran los resultados de la **Tabla 10** y **Tabla 11**, se identificaron un total de ocho ácidos grasos distintos, donde cuatro de ellos eran saturados: ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), y ácido araquídico (C20:0); tres eran monoinsaturados: ácido palmitoleico (C16:1), ácido oleico (C18:1), y ácido eicosenoico (C20:1); y uno de ellos era poliinsaturado: ácido linoleico (C18:2).

**Tabla 10.** Composición de ácidos grasos (%) de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	Ácidos grasos (%)							
	C14:0	C16:1	C16:0	C18:2	C18:1	C18:0	C20:1	C20:0
	Test ANOVA <sup>†</sup>							
Tratamiento	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	Test de Rangos Múltiples TUKEY <sup>‡</sup>							
<b>TRATAMIENTO</b>								
T0	0,11	1,70	13,58	31,22 b	51,65	1,28	0,31	0,14
T1	0,11	1,64	13,40	33,58 a	49,57	1,24	0,33	0,13
T2	0,11	1,68	13,30	33,30 a	49,90	1,21	0,37	0,14

<sup>†</sup> NS, no significativo *Fratio* ( $p < 0,05$ ). \*, diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ ;

**Tabla 11.** Agrupación de ácidos grasos por su naturaleza química, en función de los diferentes tratamientos estudiados.

	T0	T1	T2
<b>Σ AG saturados</b>	15,1	14,9	14,8
<b>Σ AG insaturados</b>	53,5	51,3	51,7
<b>Σ AG poliinsaturados</b>	31,2	33,6	33,3
<b>Insaturados / saturados</b>	3,54	3,45	3,50
<b>Poliins. / Saturados</b>	2,07	2,26	2,25
<b>Poliins.+ Insat. / Saturados</b>	5,61	5,71	5,76

Como podemos observar en la **Tabla 10**, existen diferencias significativas en la composición del ácido linoleico (C18:2), entre los pistachos que siguieron un riego normal T0 y aquellos en los que se aplicó un riego deficitario controlado T1 y T2, donde el contenido se ha visto aumentado. Recordemos que los ácidos poliinsaturados son muy beneficiosos para la salud, y nuestro organismo no los sintetiza, debemos ingerirlos de forma exógena (Zamaria, 2004).

A tenor de estos resultados, estamos en condiciones de afirmar que existe relación entre el tratamiento de riego deficitario controlado y la cantidad y el tipo de ácido graso.

#### 4.2.6 Composición mineral

El estudio de composición mineral se llevó a cabo mediante espectrometría de absorción-emisión, y los resultados obtenidos figuran en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.** Contenido mineral (mg/kg) de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

Factor	MINERALES (mg/kg)						
	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Mn	Zn
Test ANOVA <sup>†</sup>							
Tratamiento	NS	NS	NS	NS	*	NS	*
Test de Rangos Múltiples TUKEY <sup>‡</sup>							
<b>TRATAMIENTO</b>							
T0	3106	1113	10444	40,5	12,6 b	2,63	15,5 b
T1	2616	1128	10373	41,5	13,9 ab	2,58	18,1 a
T2	2748	1172	10737	37,6	15,0 a	2,53	17,4 ab

<sup>†</sup> NS, no significativo *F*ratio ( $p < 0,05$ ). \*, diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ ;

Como podemos observar en los resultados obtenidos de la **Tabla 12**, se encontró una cantidad mayor de Cu en aquellos pistachos que sufrieron un riego deficitario controlado T2 con respecto a aquellos que siguieron un riego normal T0.

De igual forma, se ha encontrado una mayor cantidad de Zn en los pistachos que han sufrido un riego deficitario controlado T1 con respecto a aquellos que siguieron un riego normal T0.

## 4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

### 4.3.1 Estudio descriptivo

El análisis sensorial descriptivo se llevó a cabo mediante un panel sensorial entrenado de 8 jueces. La **Tabla 13** muestra los descriptores más significativos en pistachos bajo el efecto de riego deficitario controlado. Estos descriptores son para apariencia y flavor: color, tamaño, flavor a fruto seco, flavor a tostado, flavor a pistacho, salado, dulce y postgusto; y para la textura: dureza, crujibilidad, friabilidad y adhesividad.

**Tabla 13.** Análisis sensorial descriptivo de los pistachos en función de los diferentes tratamientos de riego deficitario.

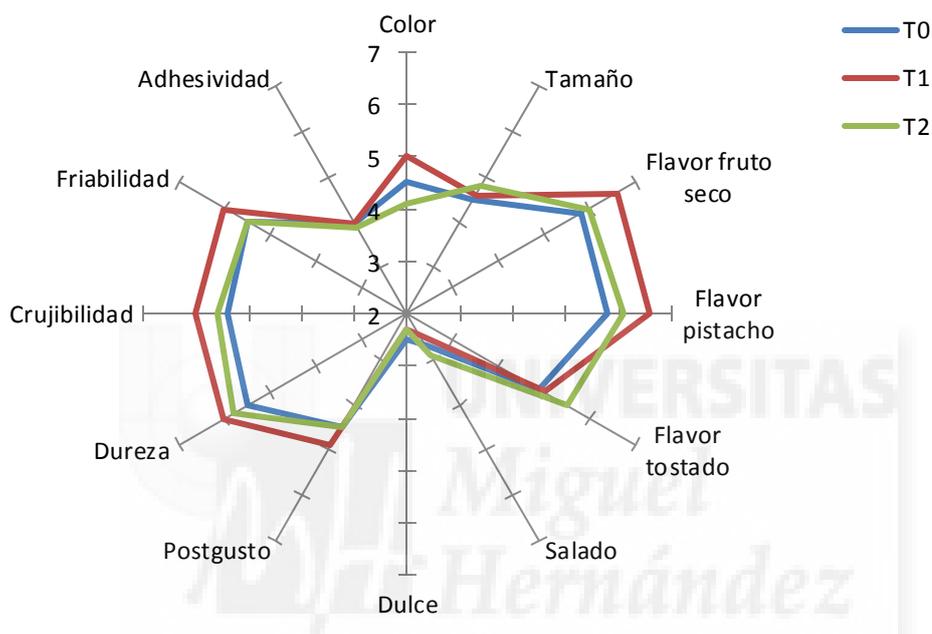
Factor	Atributos de APARIENCIA y FLAVOR							
	Color	Tamaño	Flavor fruto seco	Flavor pistacho	Flavor tostado	Salado	Dulce	Postgusto
	Test ANOVA <sup>†</sup>							
Tratamiento	**	NS	**	**	NS	NS	NS	*
	Test de Rangos Múltiples TUKEY <sup>‡</sup>							
TRATAMIENTO								
T0	4,5 ab	4,5	5,8 b	5,8 b	4,9	2,7	2,5	4,5 b
T1	5,0 a	4,6	6,6 a	6,6 a	5,0	2,5	2,3	4,9 a
T2	4,1 b	4,8	6,0 b	6,1 ab	5,5	2,9	2,3	4,5 b

Factor	Atributos de TEXTURA			
	Dureza	Crujibilidad	Friabilidad	Adhesividad
	Test ANOVA <sup>†</sup>			
Tratamiento	*	*	NS	NS
	Test de Rangos Múltiples TUKEY <sup>‡</sup>			
TRATAMIENTO				
T0	5,5 b	5,4 b	5,5	4,0
T1	6,0 a	6,0 a	6,0	4,0
T2	5,8 ab	5,6 ab	5,5	3,9

<sup>†</sup> NS, no significativo *Fratio* ( $p < 0,05$ ). \*, \*\*; diferencias significativas  $p \leq 0,05$  y  $0,01$  respectivamente. <sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ ;

Como podemos observar en la **Tabla 13**, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los descriptores color, flavor a fruto seco, flavor a pistacho, postgusto, dureza y crujibilidad.

Para una mejor interpretación de los resultados, se realizó la **Figura 17** que muestra el perfil descriptivo realizado a los pistachos sometidos a los tres tratamientos distintos de riego (T0, T1 y T2).



**Figura 17.** Perfil descriptivo en pistachos bajo el efecto del riego deficitario controlado.

Este análisis mostró que aquellos pistachos que siguieron un tratamiento de riego deficitario controlado T1, tenían un color verde más intenso que aquellos que fueron regados mediante un tratamiento T2. Los pistachos T1, además, tenían un flavor a fruto seco y un postgusto más intensos que los de los pistachos de los tratamientos T0 y T2. Y por último, los pistachos que siguieron el tratamiento T1, tuvieron un flavor a pistacho, una dureza y una crujibilidad también más intensos que los pistachos regados de forma convencional T0.

Es decir, los pistachos regados mediante un riego deficitario controlado T1, se caracterizaron por tener mayor intensidad de flavor a fruto seco y a pistacho, y postgusto más prolongado y una mayor intensidad de dureza y crujibilidad. Todos

estos atributos sensoriales son característicos y típicos de un pistacho de elevada calidad.

En resumen, podemos indicar que los pistachos del tratamiento T1 parecen tener un perfil sensorial descriptivo muy apropiado para su comercialización.

#### 4.3.2 Estudio de consumidores

El análisis sensorial afectivo de pistachos bajo el efecto de riego deficitario controlado, se llevó a cabo en España, Polonia, Francia y la República Eslovaca, con una participación de 60 consumidores en cada uno de los países.

Como podemos apreciar en la **Tabla 14**, los pistachos tratados mediante el riego deficitario controlado T1 tuvieron un grado de satisfacción superior a aquellos que fueron regados con otros tratamientos.

**Tabla 14.** Grado de satisfacción en función de los diferentes tratamiento de riego deficitario, en el estudio afectivo realizado en España, Polonia, Francia y la República Eslovaca.

Factor	GRADO DE SATISFACCIÓN
<b>Test ANOVA <sup>†</sup></b>	
Tratamiento	*
<b>Test de Rangos Múltiples TUKEY<sup>‡</sup></b>	
<b>TRATAMIENTO</b>	
T0	7,2 b
T1	7,6 a
T2	7,1 b

<sup>†</sup> \*, diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

<sup>‡</sup> Valores seguidos por la misma letra, dentro de la misma columna, no son estadísticamente diferentes  $p \leq 0,05$ .

Además, la **prueba de preferencia** demostró que un 56, 29 y 15 % de los consumidores internacionales, prefieren muestras de T1, T0 y T2, respectivamente. Estos consumidores mencionaron que sus principales razones para seleccionar sus muestras preferidas fueron las siguientes: (I) el flavor a pistacho: 85 %, (II) el sabor salado: 74 %, (III) la textura crujiente: 71 %, y (IV) el flavor a tostado con un 35 %. Un alto porcentaje de estos consumidores (85 %) estaban dispuestos a comprar pistachos T1, mientras que el porcentaje se redujo a 56 y 53 % para las muestras T0 y T2.





## 5. CONCLUSIONES

- Los pistachos en los que se aplica a su cultivo un tratamiento de riego deficitario T1 y/o T2, tienen el mismo peso, tamaño y color que los pistachos obtenidos mediante un riego convencional.
- El tratamiento de riego deficitario controlado (T1) se tradujo en un aumento general en la composición total de ácidos grasos, y en particular de ácido linoleico, con respecto a los pistachos del riego control.
- Los pistachos tratados mediante el tratamiento T1 tienen una mayor puntuación en el análisis descriptivo (mayor intensidad de atributos sensoriales característicos y esperables) realizado mediante panel entrenado, y además, tienen un grado de satisfacción mayor entre los consumidores internacionales.
- Por todo ello, estamos en condiciones de afirmar que la realización de un riego deficitario T1 en el cultivo de pistachos, produce frutos de igual apariencia y textura que los pistachos obtenidos mediante un riego convencional, así como un perfil de ácidos graso más saludable y con una mayor aceptación por parte del consumidor tanto español como europeo. Además, conllevan un gasto menor de agua durante su cultivo por lo que se obtienen frutos de una mayor calidad con un menor coste ambiental y económico.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso A, Vázquez-Araújo L, García-Martínez S, Ruiz JJ, Carbonell-Barrachina AA. 2009. Volatile compounds of traditional and virus-resistant breeding lines of Muchamiel tomatoes. *Eur Food Res Technol* 230: 315-323.
- Arpaci S, Atli HS, Tekin H, Burak M. 2005. Studies of spring frost resistance of some pistachio (*Pistacia vera*) cultivars. *Acta Hort* 726: 391-395.
- Behboudian MH, Mills TM. 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. *Hort Rev* 21: 105-131.
- Calín-Sánchez A, Martínez JJ, Vázquez-Araújo L, Burló F, Melgarejo P, Carbonell-Barrachina AA. 2011. Volatile composition and sensory quality of Spanish pomegranates (*Punica granatum* L.). *J Sci Food Agric* 91: 586-592.
- Carbonell-Barrachina AA, García E, Sánchez-Soriano J, Aracil P, Burló F. 2002. Effects of raw materials, ingredients and production lines on arsenic and copper concentrations in confectionery products. *J Agric Food Chem* 50: 3738-3742.
- Ceva-Antunes PMN, Bizzo HR, Silva AS, Carvalho CPS and Antunes OAC. 2006. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). *LWT-Food Sci Technol* 39: 436-442.
- Couceiro JF, Guerrero J, Gijón MC. 2010. Cultivo ecológico de especies alternativas leñosas en secano (El pistachero). En: *Agricultura Ecológica en Secano*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Couceiro JF, Guerrero J, Gijón MC, Pérez-López D, Moriana A, Rodríguez M. 2013. *El Cultivo del Pistacho*. Mundi-Prensa, Madrid.
- FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations database. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S> [Visitada en junio de 2014].
- Ferguson L. 2005. *Pistachio Production Manual*, 4ª ed. L. Ferguson (Ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, CA (USA).

- Gijón MC, Giménez C, Pérez-López D, Guerrero J, Couceiro JF, Moriana A. 2011. Water relation of Pistachio (*Pistacea vera* L) as affected by phenological stage and water regimes. *Sci Hort* 128: 415-422.
- Gijón MC. 2013. *Relaciones Hídricas y Manejo del Riego en Pistachero (Pistacia vera L.)*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Goldhamer DA. 1995. Irrigation management, pp. 71-81. En: *Pistachio Production Manual*. L. Ferguson (Ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, CA (USA).
- Goldhamer DA, Phene BC, Beede R, Sherlin L, Mahan S, Rose D. 1987. Effects of sustained deficit irrigation on pistachio tree performance, pp. 61-66. En: *Annual Report. Crop Year 1986-1987*. California Pistachio Industry, Fresno, CA (USA).
- Goldhamer DA, Beede RH. 2004. Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water-use efficiency of mature pistachio trees. *J Hort Sci Bio* 79: 538-545.
- Goldhamer DA, Michailides TJ, Salinas M, Doster MA, Beede RH. 2004. Using early season water stress to increase shell splitting at harvest, pp. 115-117. En: *Annual Report. Crop Year 2003-2004*. California Pistachio Industry, Fresno, CA (USA).
- Goldhamer DA, Beede RH, Michailides TJ, Salinas M, Doster MA. 2005. Effects of regulated deficit irrigation on shell splitting and nut quality at harvest (second year report), pp. 104-106. En: *Annual Report. Crop Year 2004-2005*. California Pistachio Industry, Fresno, CA (USA).
- Goldhamer DA, Beede RH, Michailides TJ, Salinas M, Doster MA. 2006. Effects of regulated deficit irrigation on the shell splitting and nut quality at harvest (third year report), pp. 104-105. En: *Annual Report. Crop Year 2005-2006*. California Pistachio Industry, Fresno, CA (USA).
- Guerrero J, Gijón MC, Moriana A, Couceiro JF. 2006. Pistachio cultivation in Castilla-La Mancha: twenty years later. *Nucis* 13: 41-45.

- Guerrero J, Couceiro JF, Moriana A, Gijón MC, Rivero A. 2007. El Pistachero (*P. vera* L.) en Castilla la Mancha. Comportamiento en secano de diferentes cultivares y portainjertos. *Actas Hort* 48: 635-638.
- Guerrero J. 2011. *Comportamiento Varietal del Pistachero (Pistacia vera L.) y Respuesta Agronómica del Portainjerto Autóctono Pistacia terebinthus L. en Castilla la Mancha*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- MAGRAMA. 2013. Anuario de estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/> [visitada en junio 2014].
- Majdi S, Barzegar M, Jabbari A, AghaAlikhani M. 2012. Supercritical fluid extraction of tobacco seed oil and its comparison with solvent extraction methods. *J Agr Sci Tech* 14: 1043-1051.
- Melgarejo P, Calín-Sánchez A, Vázquez-Aráujo L, Hernández F, Martínez JJ, Legua P, Carbonell-Barrachina AA. 2011. Volatile composition of pomegranates from 9 Spanish cultivars using headspace solid phase microextraction. *J Food Sci* 76: 114-120.
- Michailides TJ. 2008. Above ground fungal diseases, pp. 233-255. En: *Pistachio Production Manual*. L. Ferguson (Ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, CA (USA).
- Minolta. 1994. *Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation*. Minolta Co., Ltd. Tokyo (Japón).
- NIST (National Institute of Standards and Technology), <http://webbook.nist.gov/chemistry/name-ser.html> [visitada en junio de 2014].
- Robichaux RH. 1984. Variation in the tissue water relations of two sympatric Hawaiian *Dubautia* species and their natural hybrid. *Oecologia (Berlin)* 65: 75-81.
- Ruiz-Sanchez MC, Domingo R., Castel JR. 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Span J Agric Res* 8(S2): S5-S20.

- SAFC (2012). *Flavors & Fragrances*. European Ed. Catalogue 2012. SAFC Specialties, Madrid.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2013. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home Page, <http://ndb.nal.usda.gov> [Visitada en junio de 2014].
- Vázquez-Araújo L, Koppel K, Chambers E, Adhikari K, Carbonell-Barrachina AA. 2011. Instrumental and sensory aroma profile of pomegranate juices from the USA: differences between fresh and commercial juice. *Flavour Frag J* 26: 129-138.
- Vázquez-Araújo L, Chambers D, Carbonell-Barrachina AA. 2012. Development of a sensory lexicon and application by an industry trade panel for turrón, a European protected product. *J Sens Stud* 27: 26-36.
- Zamaria N. 2004. Alteration of polyunsaturated fatty acids status and metabolism in health and disease. *Reprod Nutr Dev* 44(3): 273-282.





**7. ANEXO**

7.1 ANEXO I: Hoja de cata estudio descriptivo



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

### Análisis Sensorial de PISTACHOS



Nombre:

Edad:

	789	456	123	153	987	548	759	632	951
<b>APARIENCIA</b>									
Color pistacho SIN piel (0=amarillo, 5=verde pistacho; 10=marrón oscuro)									
Tamaño									
<b>FLAVOR</b>									
Fruto seco global									
Pistacho									
Tostado									
Floral									
Amaderado/Paja seca									
Quemado									
Salado									
Dulzor									
Amargo									
Astringente									
Postgusto									
<b>TEXTURA</b>									
Dureza									
Crujibilidad									
Desmenuzabilidad									
Adherencia a los dientes									

Usar una escala desde 0 (intensidad no perceptible) hasta 10 (intensidad extremadamente elevada).

## 7.2 ANEXO II: Cuestionario estudio de consumidores

Nombre:

Consumidor:

Edad:

Sexo:

1. Por favor, pruebe cada una de las tres muestras y marque una "X" en la casilla que mejor represente su respuesta sobre cada muestra.

	789	123	456
Me gusta extremadamente			
Me gusta mucho			
Me gusta bastante			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta bastante			
Me disgusta mucho			
Me disgusta extremadamente			

2. Por favor, vuelva a probar las tres muestras de pistacho e indique su orden de preferencia (de menor a mayor):

--	--	--

MENOS gusta

MÁS gusta

3. Las razones por las que prefiero esa muestra son (indique tantas opciones como considere apropiado):

- Color       Sabor a pistacho       Dureza       Gusto dulce   
 Gusto salado       Crujibilidad       Sabor amaderado       Tamaño   
 Sabor floral       Desmenuzabilidad       Sabor tostado       Sabor a fruto seco

4. ¿Cuáles de las tres muestras estaría interesado en comprar? Puedes marcar tantas opciones como consideres oportuno.

789       123       456

*¡Muchas gracias por su colaboración y ayuda!*