

AUMENTANDO LAS ZONAS HÚMEDAS EN EL SUELO, SE INCREMENTA EL VOLUMEN DE COPA Y LA PRODUCCIÓN

Requerimientos hídricos del almendro y respuesta productiva al riego

Aunque el almendro es una de las especies cultivadas más adaptadas a las condiciones del secano árido mediterráneo, y que es capaz de proporcionar bajas o muy bajas producciones en estas

condiciones, presenta un alto potencial productivo cuando se cultiva en condiciones óptimas, y muy particularmente cuando se aporta el agua necesaria para favorecer su pleno desarrollo.

Joan Girona i Gomis.

Dr. Ingeniero Agrónomo
Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).
Tecnología del Riego (Lleida).

Un ejemplo de lo anteriormente descrito lo encontramos en el **cuadro 1** donde se comparan algunos parámetros de producción del almendro en España y California, extraídos de los anuarios estadísticos de los Ministerios de Agricultura de España y EE.UU.

Obsérvese en el **cuadro 1** el aporte de agua de riego en las dos situaciones. Mientras en California todas las plantaciones de almendro se encuentran en regadío con unas aportaciones de agua muy considerables, en España, casi ninguna se riega (y de aquí el 0 del **cuadro 1**). En consecuencia el almendro, como todos los vegetales que se cultivan, presenta una mayor productividad cuando sus necesidades de agua se encuentran satisfechas.

La respuesta del almendro a las disponibilidades de agua se ajustaría, en condiciones normales, a lo que se representa en la **figura 1** obtenida a base de representar la mayoría de los resultados de los ensayos experimentales de riego en almendro publicados hasta la fecha. La envolvente de los puntos azules representaría el potencial productivo en condiciones estándar de cul-

tivo en función del agua que recibe la plantación (lluvia efectiva + riego). Obsérvese, no obstante, la situación de los puntos rojos que se corresponden a plantaciones en California con otras variedades (Carmel en este caso Goldhamer *et al.*, 2006). Tal y como se comenta en el apartado de consideraciones, los techos productivos del almendro en regadío parecen ser mucho más altos que los 2.800 kg/ha, pero la **figura 1** se refiere únicamente a lo que está publicado.

Riego Deficitario Controlado

El uso de estrategias de Riego Deficitario Controlado (RDC) presenta excelentes resultados productivos en almendro aplicando cantidades moderadas de agua de riego, tal y como demuestran los trabajos publicados por Girona *et al.*, 1994 y 2005; Romero *et al.*, 2004 a y b; Goldhamer y Viveros, 2000, y



Plantación de almendros en Australia.

Goldhamer *et al.*, 2006, siendo la programación de riego estas estrategias incluso automatizables por medio de sensores (Goldhamer y Fereres, 2004).

La introducción del Riego Deficitario Controlado (RDC) al inicio de los 80 en los cultivos de peral y melocotonero (Chalmers *et al.*, 1981; Mitchell *et al.*, 1984) supuso un nuevo estímulo para la investigación y la determinación de los requerimientos hídricos de los árboles frutales, especialmente cuando se pretendía a través del manejo del riego y de las situaciones de estrés hídrico, controlar el crecimiento vegetativo excesivo, o como en el caso del almendro producir más con menos agua.

Como en la mayoría de cultivos que son capaces de producir en situaciones hídricas muy deficitarias (olivo, viña, pistacho, etc.) el almendro presenta su máxima sensibilidad al déficit hídrico en primavera, siendo altamente resistente en el período de verano. Esto se debe a que en primavera esta especie tiene concentrada la mayoría de procesos de crecimiento vegetativo (procesos sensibles al déficit hídrico) mientras que en verano casi únicamente se realiza el transporte de asimilados de las hojas y los almacenes de reservas al fruto (proceso poco sensible al déficit hídrico).

En un ensayo recientemente publicado (Girona *et al.*, 2005) realizado durante cuatro años (1990-1993) en el Centre de Mas Bové del IRTA en Tarragona, se evaluó la capacidad productiva del almendro sometido a tres niveles de riego:

- T-100, (100% de la demanda hídrica, determinada según el método del balance hídrico).
- T-130, como un 30% más de agua que en T-100.
- T-70, como un 30% lineal menos de agua que T-100.
- Una estrategia de RDC, que consistía en aplicar T-100 hasta finales de junio (justo cuando se inicia el crecimiento de la almendra) y un 20% de T-100 de este momento hasta la cosecha, para seguir aplicando T-100 después de la cosecha (**cuadro II**).

Los resultados productivos del **cuadro III** ponen de manifiesto tanto el enorme interés que tiene productivamente regar con dotaciones totales de riego (T-100) para obtener producciones de casi un promedio de 1.800 kg de almendra grano por ha y año, como la aplicación de estrategias de RDC que permiten obtener buenas producciones (1.400 kg de

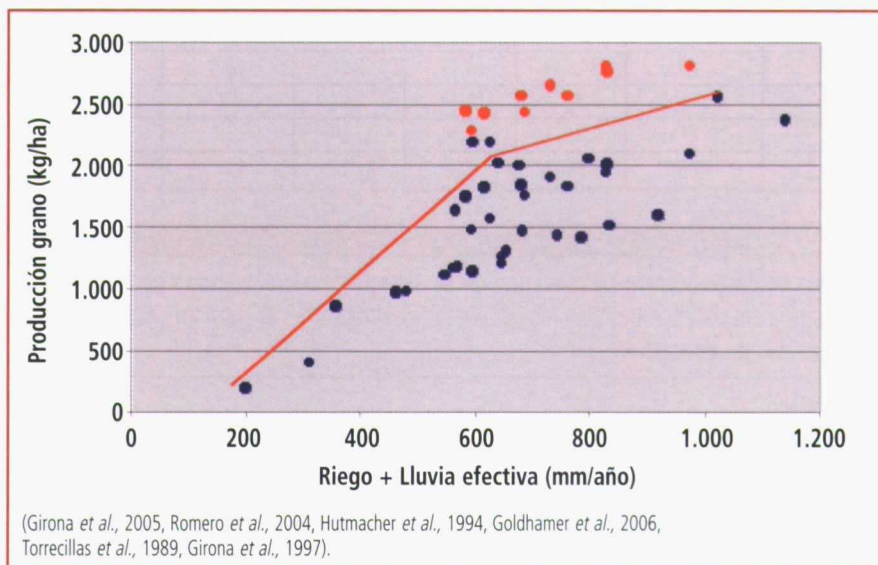
CUADRO I.

Datos de producción del almendro en España y California (2006).

	CALIFORNIA	ESPAÑA
Producción media (kg grano/ha)	2.096	123
Superficie productiva (ha)	236.737	585.300
Producción final (t grano)	496.684	71.907
% Mundial de producción	70%	30%
Ingresos brutos (a 3,30 €/kg grano)	6.197 €	405 €
Aporte de agua de riego (m ³ /ha)	6.500*	0
USDA, 2006 California Almond Acreage Report, MAPA Anuario de Estadística, 2006		
* Aportaciones de agua de riego adaptadas a la climatología española.		

FIGURA 1.

Respuesta productiva del almendro a escenarios de disponibilidad de agua. Datos elaborados por el autor en base a las siguientes fuentes documentales.



grano por ha y año) utilizando tan solo una tercera parte del consumo de T-100, y en la que evidentemente la productividad del agua de riego es la mayor (0,65 kg de grano de al-

mendra por m³ de agua aplicada en riego).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros trabajos experimentales en los que las estrategias de RDC en almendro, aplicadas en los términos aquí definidos, dan siempre muy buenos resultados productivos utilizando limitadas cantidades de agua de riego (Girona *et al.*, 1994 y 2005; Romero *et al.*, 2004 a y b; Goldhamer y Viveros, 2000, y Goldhamer *et al.*, 2006) y con resultados económicos positivos (Romero *et al.*, 2006).

Consideraciones sobre la respuesta productiva

Las producciones que somos capaces de obtener en nuestras condiciones productivas, o en las de los ensayos en los que nuestro grupo ha intervenido, se han situado, en condi-

Los resultados productivos ponen de manifiesto tanto el enorme interés que tiene productivamente regar con dotaciones totales de riego, como la aplicación de estrategias RDC que permiten obtener buenas producciones.

CUADRO II.

Definición de los tratamientos de riego aplicados en el trabajo experimental de RDC en almendro (Girona *et al.*, 2005).

Tratamiento	% Etc aplicados en riego		
	Fase I	Fase II	Fase III
Control (T-100)	100	100	100
T-130	130	130	130
T-70	70	70	70
RDC	100	20	100

Fase I: de inicio de la vegetación a mediados/finales de junio. Fase II: de finales de junio a cosecha.
Fase III: de cosecha a caída de hojas.

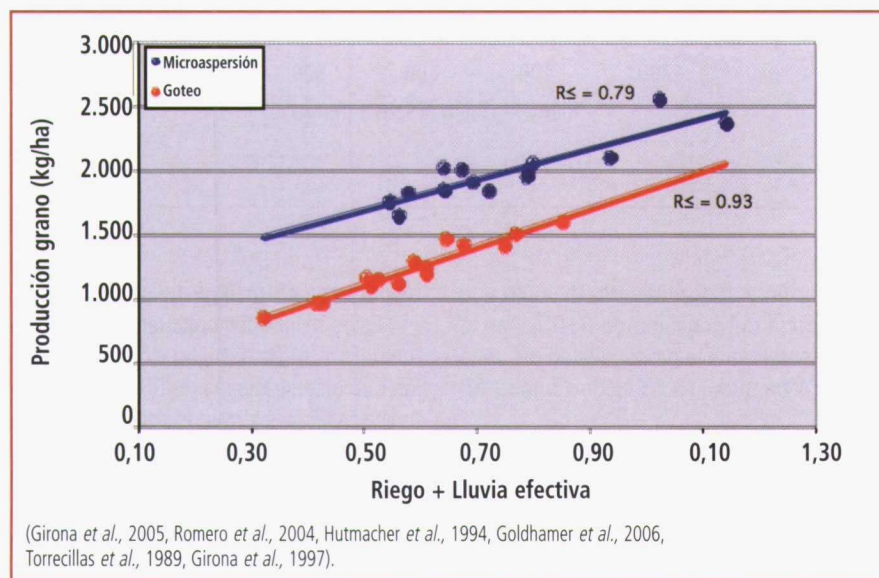
CUADRO III.

Respuesta productiva de diferentes estrategias de riego en almendro (Girona *et al.*, 2005).

Tratamientos de riego	Producción grano (kg/ha)	Nº frutos/ árbol	Peso seco grano (g)	Peso seco cáscara (g)	Agua de riego (mm/ha)	Productividad del agua de riego (kg/m³ agua)
T-100	1.756 a	3.436 a	1,49	2,22	537	0,33
T-130	1.555 ab	3.058 ab	1,48	2,23	666	0,23
T-70	1.479 ab	2.947 b	1,46	2,10	355	0,42
RDC	1.408 b	2.864 b	1,45	2,13	217	0,65

FIGURA 2.

Respuesta productiva del almendro en función del sistema de riego utilizado y en consecuencia del volumen de suelo mojado. Datos elaborados por el autor en base a las siguientes fuentes documentales.



ciones de riego total, sobre los 2.000 kg grano/ha, como máximo, en el promedio de diferentes años de estudio, con puntas de casi 3.000 kg grano/ha en algunos años muy concretos. No obstante, también se han obtenido producciones más bajas en otros ensayos (de 1.000 a 1.300 kg/ha) en los que se aplicaban importantes dota-

ciones de agua de riego. En la **figura 1** pueden observarse valores de producción que oscilan entre los 1.100 y los 2.500 kg de grano/ha para condiciones de riego + lluvia efectiva de 600 mm.

A este panorama de producciones máximas tan dispares cabe añadir algunas plantaciones comerciales estables en California y



Para conseguir grandes volúmenes de suelo humedecido, además de los sistemas de riego por microaspersión, el uso de doble línea de goteo parece altamente interesante.

Australia que pueden superar los 4.500 kg/ha.

No parece, de entrada, que las condiciones de cultivo o el diseño de la plantación fuesen los elementos que puedan, de forma absoluta, explicar tales diferencias productivas, ya que el mismo tipo de variedades, marco de plantación o sistemas de formación se presentaban en situaciones productivas distantes. Aunque sí se han observado en diferentes ensayos diferencias productivas entre variedades (Goldhamer *et al.*, 2006; Girona *et al.*, 2009; Goldhamer –comunicación personal sobre sus trabajos en curso–) aún aplicando las mismas estrategias de riego.

En un intento de buscar una explicación a tales diferencias, normalizando en lo posible las condiciones de disponibilidades hídricas, la **figura 2** presenta la relación entre la producción (kg de grano/ha) y un ratio entre los aportes hídricos (riego más lluvia efectiva anual) y la demanda potencial (expresada como ET_0 –evapotranspiración de referencia– o dicho de otra forma la ET_0 que nos proporcionan las estaciones climáticas).

Es interesante observar cómo en esta representación (**figura 2**) se agrupan los puntos en dos franjas, y además constatar cómo

cada franja se corresponde a un sistema de riego diferente (riego localizado por microaspersión y riego localizado por goteo), que son los sistemas de riego que se habían utilizado en los ensayos.

La cuestión se centra en analizar las diferencias que aportan los dos sistemas de riego a las condiciones de cultivo, dado que en ambos casos las cantidades de agua total de riego aportadas + lluvia efectiva eran similares.

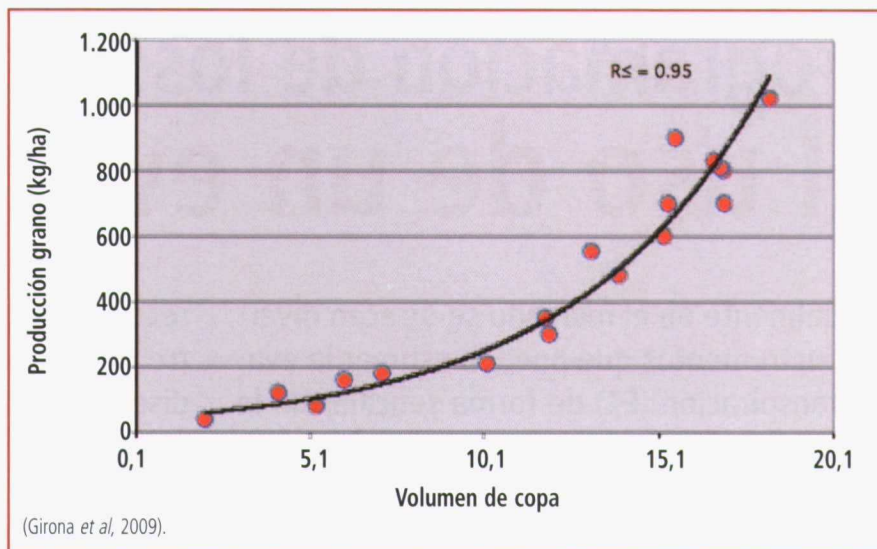
La explicación más plausible se orienta a la diferente forma de mojar el suelo que presentan los dos sistemas. Gispert (2008) explica y demuestra claramente estas pautas y nos ofrece unas estimaciones de volumen de suelo mojado donde los sistemas de microaspersión podrían humedecer un volumen de suelo muy superior al de los sistemas de riego por goteo.

La importancia de esta circunstancia reside en que el volumen de suelo mojado se manifiesta en el volumen potencial de la copa del almendro, si el volumen de copa es un reflejo del volumen de raíz, a mayor volumen de suelo mojado, mayor extensión de raíces, y a mayor extensión de raíces, mayor volumen potencial de copa.

Finalmente la **figura 3** nos muestra la importancia del volumen de copa en la producción. Es evidente que para producir cantidades importantes de almendra, incluso cuando los árboles se encuentran en las mejores

FIGURA 3.

Respuesta productiva del almendro al volumen de copa de los árboles.



de las condiciones hídricas, se requiere de almendros grandes y el parámetro que mejor expresa esta condición es el volumen de copa.

Así pues, podríamos concluir que en la **figura 3** la franja que representa los ensayos donde se regó con sistemas de riego por microaspersión presenta unas mayores producciones comparándolo con la franja de los ensayos con riego por goteo, porque el riego por

microaspersión humedece un mayor volumen de suelo, que permite un mayor desarrollo radicular (más extenso), y éste a su vez permite un mayor crecimiento de copa. A mayor volumen de copa mayor producción.

¿Quiere esto decir que únicamente con lo microaspersión podemos conseguir estos volúmenes de copa? ¿O hay otras maneras de conseguir grandes volúmenes de suelo humedecido sin utilizar la microaspersión? Hay alternativas, y en algunas plantaciones nuevas ya se están utilizando (algunas australianas), se trata de situar goteros en otros puntos del suelo para aumentar las zonas de humectación. El uso de doble línea de gotero parece altamente interesante, y las producciones obtenidas en algunas plantaciones comerciales son espectaculares.

Una última consideración. El volumen de copa importante es el que resulta por unidad de superficie (por ejemplo, volumen de copa/ha) que es el resultado de multiplicar el volumen de cada árbol por el número de árboles de la unidad de superficie. Con árboles más pequeños y una densidad de plantación mayor también se pueden obtener volúmenes de copa importantes, pero aunque éste fuese el caso (mayor densidad de plantación) en alcanzar en los primeros años el mayor volumen de copa por árbol sigue siendo un reto productivo muy importante. ●



Para producir cantidades importantes de almendra, incluso cuando los árboles se encuentran en las mejores de las condiciones hídricas, se requiere de almendros grandes y el parámetro que mejor expresa esta condición es el volumen de copa.