

14. NECESIDADES HÍDRICAS Y ESTRATEGIAS DE RIEGO EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE REGADÍO

*Carlos M. Campillo Torres
M^a José Moñino Espino
Juan M. Pérez Rodríguez
Joaquín Picón Toro*

1. INTRODUCCIÓN

En la casi totalidad de las zonas regables de Extremadura, en las que la pluviometría anual se concentra en el periodo comprendido desde el otoño a la primavera, con veranos secos y calurosos (cuadro 1), el riego se convierte en el principal factor de producción de los cultivos que tienen actividad en este periodo. Sólo la introducción del riego ha hecho posible el establecimiento de cultivos clave en el desarrollo agrícola de Extremadura como el maíz, el tomate y los frutales de hueso y pepita, y ha supuesto una auténtica revolución en cultivos tradicionales como el viñedo y sobre todo el olivar, en los que el riego ha venido acompañado en muchos casos de un cambio total del sistema de cultivo tradicional, hacia formas más intensivas.

CUADRO 1: Precipitación mensual de estaciones de red REDAREX⁽¹⁾ del periodo 2000/2009

Estación	En	Fb	Ma	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	N	Dc	Total
Olivenza*	46,7	48,2	26,9	55,0	25,1	27,0	3,0	8,0	23,4	80,0	50,52	74,5	468,3
Rueda Chica	34,1	38,7	27,2	35,9	25,0	10,4	2,1	8,7	14,3	49,1	31,9	55,9	333,3
La Orden	43,1	43,9	33,4	45,0	29,5	5,6	1,5	3,6	18,3	71,5	48,8	63,6	403,7
Monterrubio	38,8	36,9	37,1	51,5	51,7	9,0	0,92	3,8	29,1	72,0	44,9	51,7	427,4
Palazuelo	30,4	40,2	26,1	39,0	30,8	14,1	1,0	1,8	19,7	93,5	32,5	74,0	403,1
Aldehuela-Jerte	46,0	35,9	53,2	55,9	36,0	28,7	5,8	12,3	26,5	102,4	62,0	74,6	539,3
Media	40,1	41,4	34,1	48,0	34,0	16,2	2,4	6,6	22,6	78,4	44,9	65,8	434,2

*Datos 2005/2009

Fuente: Datos promedios de estaciones climáticas de las principales zonas regables de Extremadura.

(1) Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura

En estas condiciones, las necesidades hídricas de los cultivos no sólo superan a la pluviometría anual, sino que además no coincide la “oferta” con la “demanda”, ya que los meses con mayor demanda hídrica o evapotranspiración potencial (ET_o) (cuadro 2), son los de menor pluviometría. Además, hay que tener en cuenta que del agua de lluvia sólo una parte quedará a disposición de los cultivos, y en el caso de no coincidir el ciclo de cultivo con el de lluvia, será como máximo el que sea capaz de almacenar el suelo en la zona ocupada por las raíces.

CUADRO 2: Evapotranspiración potencial (ET_o) mensual de estaciones de red REDAREX del periodo 2000/2009

Estación	En	Fb	Ma	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	N	Dc	Total
Olivenza*	26,9	42,3	79,4	106,7	145,9	177,5	211,4	186,8	124,3	73,0	39,1	23,9	1237,2
Rueda Chica	25,3	43,9	81,3	105,8	150,0	182,2	193,3	169,1	113,0	64,2	32,6	21,4	1182,1
La Orden	26,8	48,0	86,9	111,6	155,3	196,2	212,8	186,3	125,9	71,4	37,4	24,4	1283,0
Monterrubio	28,6	43,2	80,8	109,4	147,3	194,7	216,9	191,4	123,5	73,9	38,4	25,6	1273,7
Palazuelo	24,4	43,0	81,4	107,2	145,6	168,2	180,8	157,0	108,4	63,9	30,8	21,5	1132,2
Aldehuela-Jerte	34,7	44,0	89,3	111,2	153,2	195,2	206,9	179,9	128,2	76,6	42,5	33,3	1295,0
Media	27,8	43,7	83,2	108,7	149,6	185,7	203,7	178,4	120,6	70,5	36,8	25,0	1233,5

*Datos 2005/2009

Fuente: Datos promedios de estaciones climáticas de las principales zonas regables de Extremadura.

Por otra parte, el agua, cada vez más, es considerada como un recurso escaso, y a pesar de ser Extremadura la comunidad autónoma española con mayor capacidad de embalse, actualmente resulta insuficiente al considerar la relación oferta/demanda. La agricultura de regadío es la primera consumidora de los recursos regulados (con más del 80% en Extremadura), compitiendo con otros usos como la industria y las poblaciones, y limitando las posibilidades de un “comercio del agua” que pudiera aportar recursos a la economía regional.

El “Uso Eficiente del Agua de riego” requiere un conocimiento ajustado de las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos a lo largo de todo su ciclo, disponer de un sistema de riego adecuado que permita ponerla a disposición de las plantas de forma uniforme dentro de la parcela de cultivo y de acuerdo a su ritmo de absorción, conocer la sensibilidad de cada cultivo al déficit hídrico en cada uno de los estados fenológicos, y determinar la disponibilidad inicial de agua en el suelo para las plantas, así como cuantificar los aportes de lluvia.

En principio, el riego debe poner a disposición de la planta el agua que va a necesitar día a día, evitando que atraviese por periodos de estrés hídrico afectando a los procesos fisiológicos básicos relacionados con la productividad. Sin embargo, un conocimiento adecuado de la respuesta fisiológica de las plantas ante situaciones de estrés, hace posible diseñar estrategias de riego que permitan maximizar los beneficios economizando recursos hídricos, es decir, con aportaciones de agua inferiores a las necesidades hídricas. Es lo que se conocen como “Estrategias de Riego Deficitario Controlado” o “Riegos Estratégicos”.

Durante 20 años, en el Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera, perteneciente a la Junta de Extremadura, se han realizado trabajos para poner a disposición

de los regantes la información necesaria para optimizar el uso del agua de riego. En primer lugar ajustando la metodología para conocer las necesidades hídricas de los cultivos, y en segundo lugar, obteniendo la información necesaria para diseñar estrategias de riego ajustadas a los objetivos productivos de los agricultores.

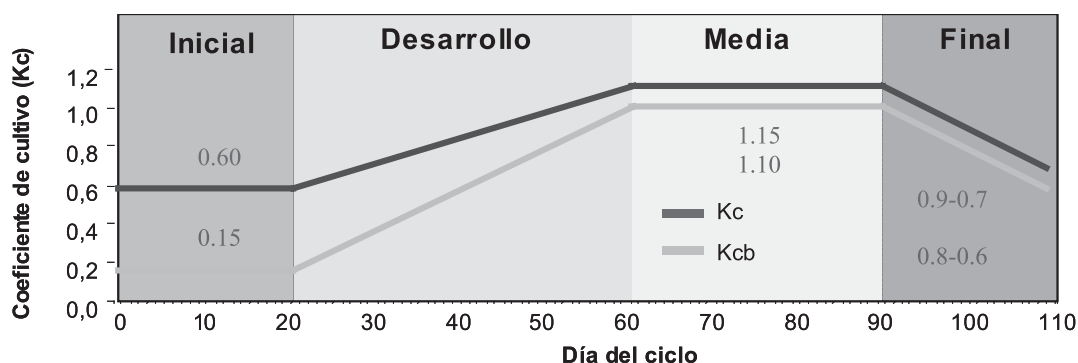
A continuación haremos un recorrido por los principales cultivos de los regadíos extremeños en cuanto a sus necesidades hídricas y estrategias de riegos. En todos los casos, la determinación inicial de las necesidades hídricas se basará en el método propuesto por el manual 56 de la FAO (FAO 56) (Allen et al., 1998), utilizando la información de la red de estaciones Red de Asesoramiento al Regante de la Junta de Extremadura (REDAREX) y que resume en el cuadro 2 los datos correspondientes a 10 años. Según este método, las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos es la suma de la evaporación desde el suelo y la transpiración de la planta, lo que se conoce como evapotranspiración de cultivo (ETc), que se calcula con la ecuación: $ETc = ET_0 \times Kc$, siendo ET_0 la evapotranspiración del cultivo de referencia (pradera polifita), que contempla la demanda evaporativa de cada zona debida a la climatología de la misma, datos disponible diariamente en la página de REDAREX, y Kc el coeficiente específico de cada cultivo que se puede obtener de FAO 56.

2. TOMATE DE INDUSTRIA

El tomate de industria es el principal cultivo hortícola de Extremadura, que ocupa un puesto relevante en la producción total agrícola regional. La superficie dedicada a este cultivo, en su totalidad de regadío, se sitúa entorno a 22.123 ha, con un rendimiento medio de 82.000 kg/ha (ESYRCE, 2009) y una producción de más de 1,4 millones de toneladas ((65%) de la producción nacional). La mayor parte de la superficie de cultivo se riega por goteo, siendo casi total (>90%) en la zona de Vegas Bajas del Guadiana y un 60% en la zona de Vegas Altas, siendo el riego por aspersión prácticamente testimonial.

Los valores de Kc contemplados por FAO 56 para tomate de industria en sus distintas fases de cultivo para una variedad de ciclo medio (110 días) se muestran en el gráfico 1.

GRÁFICO 1: Valores de referencia del coeficiente de cultivo (Kc) y del coeficiente de cultivo basal (Kcb) propuestos por FAO 56 para los diferentes estados del ciclo del cultivo del tomate

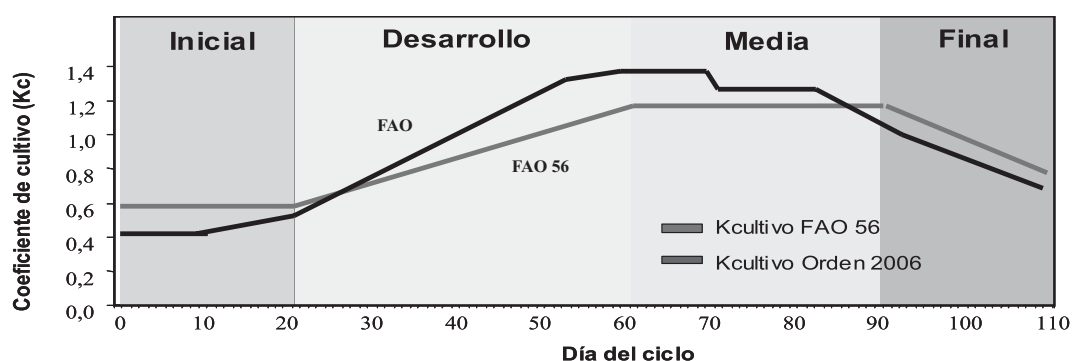


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de FAO 56

Donde K_c es el coeficiente de cultivo para tomate al aire libre sobre suelo desnudo. K_{cb} es el coeficiente basal que se refiere a los cultivos de tomate al aire libre sobre algún medio de cobertura de suelo (acolchado plástico, agrotexil, paja, etc.), ya que se elimina parte del componente de evaporación del suelo. Como se puede ver, en las fases iniciales del cultivo la mayor parte del consumo de agua es debido a la evaporación, mientras que en el periodo medio y final del cultivo es la transpiración la principal responsable del consumo hídrico.

En ensayos de campo realizados durante 2 años en la Finca La Orden-Valdequiera se determinaron las necesidades hídricas reales de un cultivo de tomate de industria en las condiciones de cultivo habituales de las Vegas del Guadiana, en un suelo franco-arenoso. En el gráfico 2 se comparan los valores del coeficiente de cultivo obtenidos en los ensayos de riego, con los que aparecen en FAO 56, observándose que los consumos reales son inferiores en las fases iniciales y finales del cultivo, pero que en las fases de desarrollo y media superan las estimaciones de FAO.

GRÁFICO 2: Valores de referencia del coeficiente de cultivo (K_c) propuestos por FAO 56 y valores de K_c obtenidos en el ensayo de riego para los diferentes estados del ciclo del cultivo del tomate



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de FAO 56, y obtenidos en ensayos de riego en la Finca La Orden-Valdequiera

En el cuadro 3 se presentan los valores tabulados de K_c , propuestos por FAO 56 y los propuestos para la zona (Finca La Orden), en las distintas fases del cultivo indicándose el porcentaje de suelo cubierto por el cultivo (%SS). Se puede observar, las diferencias que existen en los consumos (E_{Tc}) en las distintas fases del cultivo y, entre las distintas propuestas, a pesar de las cuales los consumos totales con ambas metodologías son similares, con tan sólo 20 mm de diferencia en la E_{Tc} total.

El valor adoptado por el coeficiente del cultivo depende principalmente del estado de desarrollo del mismo, de forma que si se produce un adelanto o retraso del desarrollo debido a factores agroclimáticos, se producen desviaciones en el K_c real del cultivo respecto del estimado. Una forma sencilla de cuantificar el estado de desarrollo de la vegetación es la estimación del %SS. En el gráfico 3 se presentan la relación obtenida entre el %SS y el K_c del tomate de industria en la Finca La Orden, observándose que tiene un

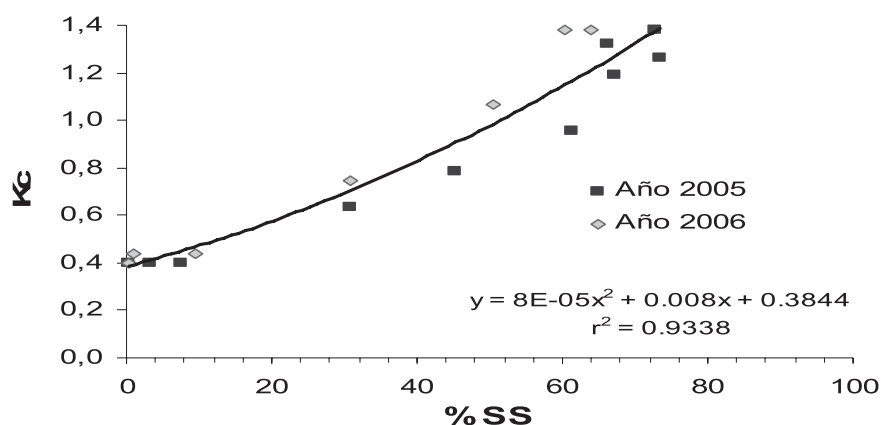
buen ajuste a una relación polinómica, cuya fórmula permite calcular un Kc ajustado a las condiciones de la parcela.

CUADRO 3: Valores de Kc durante las diferentes fases del cultivo de tomate de industria

Fase de cultivo	Días ciclo	% Suelo Cubierto	ETo (mm)	Kc FAO	Kc Orden	ETc FAO (mm)	ETc Orden (mm)
FASE INICIAL	20	5- 10 %	95	0,60	(0,45-0,50)	57	45
FASE DESARROLLO (cuajado y crecimiento de frutos)	40	10 – 80%	250	(0,60-1,15)	(0,45-1,35)	223	240
FASE MEDIA (Maduración frutos)	30	80 – 70%	206	(1,15-1,15)	(1,35-1,06)	237	265
FASE FINAL (frutos rojos hasta recolección)	20	70- 50%	126	(1,15-0,70)	(1,06-0,60)	117	105
Total	110		677			635	655

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de FAO 56 y los obtenidos en ensayos de riego (2005- 2006) en la Finca La Orden-Valdesequera

GRÁFICO 3: Relación entre el coeficiente de cultivo obtenido (Kc) y el porcentaje de suelo sombreado (%SS), para los años 2005 y 2006



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en ensayos de riego en la Finca La Orden-Valdesequera

Para el diseño de la estrategia de riego más adecuada es importante conocer la sensibilidad al déficit hídrico de cada una de las fases del cultivo, de forma que se extremen las precauciones en fases críticas y se pueda incluso reducir las aportaciones en fases no críticas, que permitan ahorrar agua e incluso mejorar la calidad del tomate. Los resultados de diversos ensayos realizados en diferentes zonas productoras de los países mediterráneos, han puesto de manifiesto que la fase crítica en las que se debe evitar el déficit

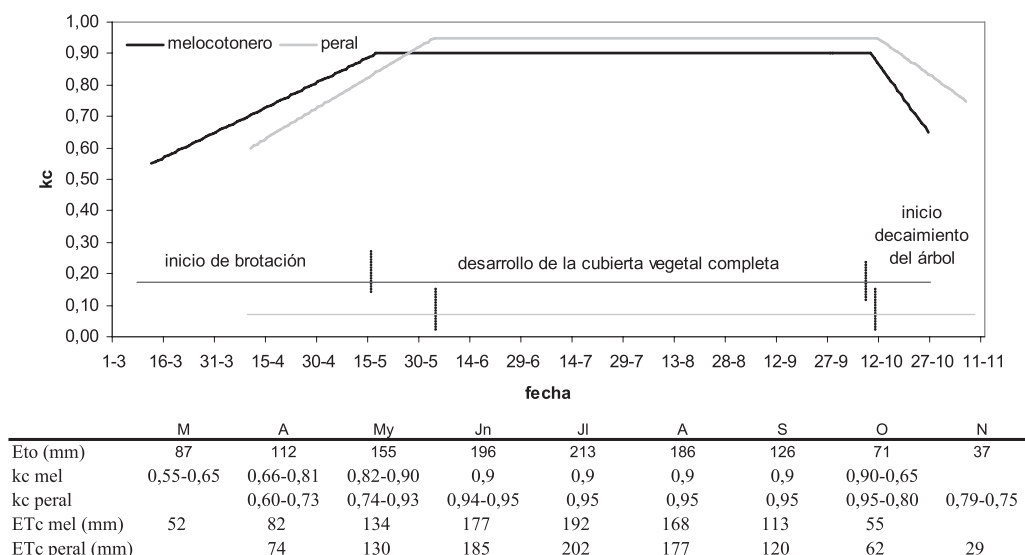
hídrico es la comprendida desde el transplante hasta el inicio de maduración del fruto (entorno a un 10% de fruto sano rojo), ya que comprende procesos fisiológicos fundamentales muy sensibles al estrés, como son el crecimiento vegetativo y floración y cuajado (Prieto, 1996). Desde este momento hasta recolección, es posible reducir sensiblemente el aporte de agua por debajo de las necesidades del cultivo sin sufrir pérdidas de cosecha y mejorando la concentración de sólidos solubles. La estrategia exacta de recorte que consiste en la forma de recortar la dosis y hasta que nivel, dependerá de las condiciones concretas del cultivo: estado sanitario, características del suelo y sistema de riego.

3. FRUTALES DE HUESO Y PEPITA

La superficie de melocotonero y nectarina en Extremadura era en el año 2009 de 5.840 ha, manteniéndose a lo largo de los últimos años, mientras que la de peral con 1.164 ha, presenta una tendencia decreciente. En ambos casos las plantaciones son de regadío en su práctica totalidad (ESYRCE, 2009). Aunque esta superficie parece modesta si se compara con la superficie ocupada por otros cultivos de regadío, significaron el comienzo de una pujante fruticultura regional a la que se ha unido el ciruelo japonés, actualmente en expansión.

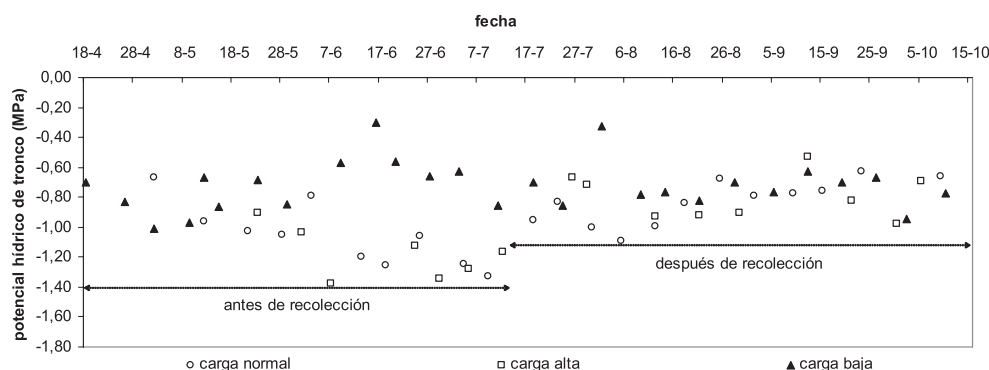
En el gráfico 4 aparecen los coeficientes de cultivo estacionales de melocotón-nectarina y peral adulto de acuerdo con FAO 56 y debajo, las medias mensuales de ETo tomando como referencia la estación agrometeorológica de la Finca La Orden-Valdesequera, y la ETc resultante para cada cultivo. Con estos cálculos las necesidades anuales medias se sitúan en 973 mm para melocotón-nectarina, y 979 mm para peral, de los cuales, la lluvia solo puede cubrir una pequeña parte.

GRÁFICO 4: Necesidades hídricas mensuales del melocotonero-nectarina y peral adulto durante el ciclo vegetativo del cultivo (ETc), coeficientes de cultivo (Kc) y evapotranspiración potencial (ETo)



Al aplicar el método FAO, tras haber adaptado la duración de las diferentes fases de cultivo a la zona y longitud de ciclo de la variedad, pueden producirse desviaciones importantes en los consumos reales en relación con las necesidades hídricas estimadas por diversos motivos: condiciones de cubiertas incompletas (árboles jóvenes o plantaciones con poco desarrollo vegetativo), presencia o no de frutos en el árbol y número de frutos del árbol (nivel de carga de los árboles), presencia o no de cubiertas vegetales o malas hierbas en las calles, etc. Esto hace interesante disponer de indicadores del estado hídrico de los árboles que nos permitan conocer en cualquier momento si los árboles están en óptimas condiciones hídricas, o bien, el nivel de estrés que están soportando. Un buen indicador en cultivos leñosos es el Potencial Hídrico del Tronco (Shackel, 1997). Al utilizar esta medida como indicador, se han podido detectar las diferencias de comportamiento hídrico de los árboles en función de la carga, fundamentales para la programación de los riegos: en las fases finales de crecimiento del fruto las necesidades de agua crecen considerablemente, al mismo tiempo que un pequeño déficit provoca una reducción clara en el tamaño final de los frutos, siendo por lo tanto una fase crítica. Tras la cosecha esta demanda de agua se reduce drásticamente, estabilizándose unos 15 días después.

GRÁFICO 5: Estado hídrico de árboles de peral, medido como Potencial Hídrico de Tronco (PHT), en 3 años con diferente número de frutos/árbol



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ensayos en una plantación de peral, en 2003, 2005 y 2006

En el gráfico 5 se ilustra como varía el comportamiento hídrico de perales en carga (media y alta) antes y después de la recolección, en comparación con árboles que casi no tienen frutos.

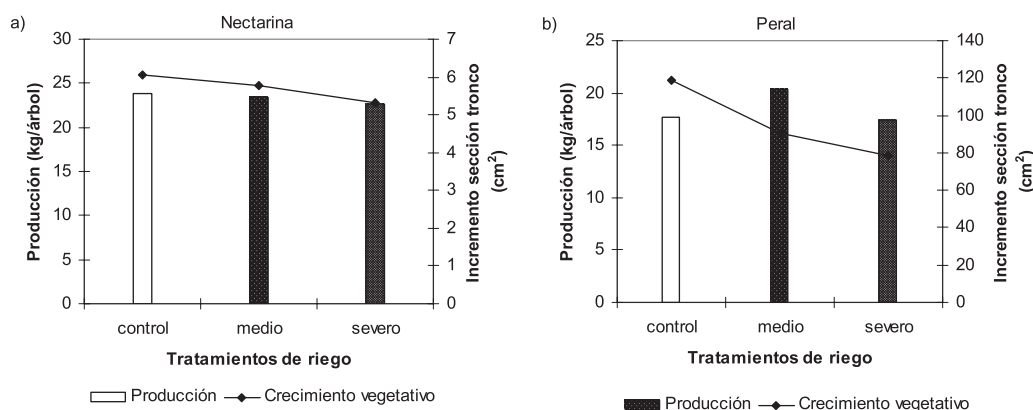
Otro factor a tener en cuenta es el desarrollo de la cubierta vegetal y la forma de la copa de los árboles. En plantaciones jóvenes, el consumo de agua es inferior a los árboles adultos, y dentro de una misma especie, hay variedades con la cubierta vegetal más abierta, o más tendentes a la verticalidad. Por lo tanto, cuando la cobertura del suelo sea inferior a un 60%, hay corregir la estimación de la ETC con un coeficiente reductor (k_r) siguiendo el procedimiento descrito por FAO 56, o Goldhamer y Snyder (1989).

El empleo de estrategias de Riego Deficitario Controlado (RDC) en frutales es muy recomendado tanto para ahorrar agua, como para racionalizar el crecimiento vegetativo, reduciendo los costes de cultivo. En los frutales de hueso, las estrategias de estrés depen-

den de la fecha de maduración del fruto; en variedades medias y tardías, las fases de crecimiento del fruto están bien diferenciadas, y puede someterse a estrés hídrico a la planta en la fase adecuada sin hacerlo en el resto de fases. La mayoría de investigaciones apuntan a la fase II de crecimiento del fruto (endurecimiento del hueso), como la idónea para aplicar estrés hídrico sin perjudicar los resultados productivos o cualitativos, y al ser un periodo de crecimiento vegetativo activo, el déficit afecta al crecimiento de los brotes y tronco, controlando el vigor de los árboles. En cuanto a los árboles de maduración temprana, las diferentes fases de crecimiento del fruto no están claras, y es difícil realizar una buena diferenciación de una fase de menor sensibilidad. Sin embargo, el periodo poscosecha es muy amplio y es un momento en que se produce un desarrollo vegetativo no deseado. Los ensayos realizados durante 4 años en una nectarina temprana situada en una finca comercial de las Vegas Bajas del Guadiana, mostraron que el RDC en poscosecha consiguió un ahorro hídrico medio anual respecto al tratamiento control de 2.860 m³/ha (48% de ahorro en poscosecha) y 4.462 m³/ha (75% de ahorro en poscosecha) en el tratamiento más moderado y severo, respectivamente, con una producción media anual similar (cuadro 4), y árboles con un tamaño ligeramente inferior (gráfico 6a).

En los ensayos realizados sobre peral de verano en la Finca La Orden-Valdesequera, tras mantener diferentes tratamientos de RDC durante 6 años, la mejor estrategia resultó mantener una reducción de caudal del 50% respecto de la ETc todo el ciclo salvo en dos periodos donde la dosis se ajustó a las necesidades reales estimadas, que fueron: 45 días antes de la recolección, para estimular el crecimiento del fruto, y 1 mes antes de finalizar la campaña de riego para favorecer la acumulación de reservas y evitar el debilitamiento del árbol. El ahorro medio anual en agua de riego respecto del tratamiento control fue de 1.850 m³/ha (22% de ahorro) y 3.250 m³/ha (40% de ahorro) el tratamiento moderado y severo respectivamente, con una producción anual superior en el tratamiento moderado (cuadro 4), y una reducción significativa en el tamaño de los árboles (gráfico 6b).

GRÁFICO 6 a y b: Producción media anual (kg/árbol) e incremento total de la sección del tronco con RDC a) durante 4 años en nectarina temprana en poscosecha y b) durante 6 años en peral



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ensayos en una plantación adulta de nectarina temprana y peral.

CUADRO 4: Producción media anual (kg/árbol) de nectarina temprana y peral con RDC

Año	Nectarina				Peral					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
control	34,09	20,77	15,27	25,48	16,83	14,86	40,68	7,23	11,27	15,32
moderado	30,51	20,20	17,72	25,41	21,00	17,63	36,84	10,51	12,47	23,49
severo	30,92	19,70	18,59	21,14	15,73	14,77	35,29	12,21	9,07	17,57
media	31,84	20,22	17,19	24,01	17,02	15,47	27,53	9,91	11,34	18,79

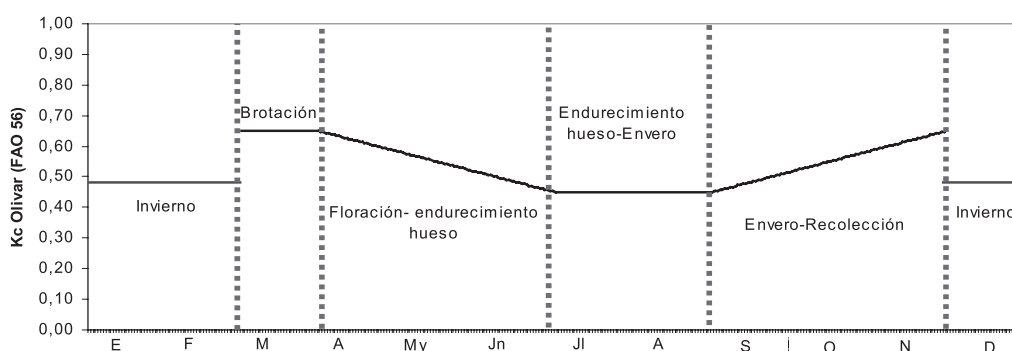
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ensayos con RDC durante 4 años en una plantación adulta de nectarina, y una plantación adulta de peral con RDC durante 6 años, situadas en las Vegas Bajas del Guadiana.

4. OLIVAR

La superficie del olivar en la región está en torno a las 262.700 ha, repartida en 185.150 ha en Badajoz y 77.550 ha en Cáceres (ESYRCE, 2009), lo que significa la tercera región en importancia en cuanto a superficie a nivel nacional. De esta superficie 32.783 ha son de regadío, todas ellas por goteo, pero con tres modalidades: olivares tradicionales de secano con marcos amplios que se han transformado en riego, nuevas plantaciones de olivar intensivo, y plantaciones superintensivas o en seto.

La aplicación del método FAO 56 para estimar las necesidades del olivar requiere en la mayor parte de las plantaciones la utilización de un coeficiente reductor (K_r) para adaptarlo a condiciones de cubiertas incompletas, ya que la vegetación no suele llegar a cubrir el 60% del suelo, utilizándose la relación que encontraron para almendro Fereres et al. (1982), al no existir información específica para el caso de olivar ($K_r = 2 \times Sc/100$).

GRÁFICO 7: Valores de K_c experimental según estado fenológico del olivar



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Pastor y Orgaz (1994)

En el cuadro 5 se presenta un ejemplo de cálculo de necesidades hídricas del olivar con datos climáticos medios de la estación agrometeorológica situada en el Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera. Los valores de Kc son los propuestos por Pastor y Orgaz (1994) y que aparecen recogidos en FAO 56 para una cobertura del suelo (SC) superior al 60%. Se puede observar que, contrariamente a como sucede en otros cultivos, los coeficientes de cultivo en olivar presentan una forma cóncava a lo largo del año (gráfico 7).

Según los datos mostrados en el cuadro 5, se puede observar que para una misma situación climática encontramos diferentes necesidades hídricas dependiendo del marco de plantación y el estado de desarrollo del olivo, pudiendo variar desde 5.380, 4.440 y 2.080 m³/ha para olivar intensivo adulto, tradicional adulto y olivar de seto en desarrollo respectivamente. Parte de estas necesidades hídricas son satisfechas por la pluviometría que incluso puede ser superior a las necesidades totales que necesitan los olivares “tipo” mostrados (404 mm de media en esta estación). Sin embargo, no toda esta pluviometría queda disponible para el cultivo, y además no se distribuye estacionalmente de acuerdo a las necesidades.

CUADRO 5: Cálculos de evapotranspiración media (ETc) según FAO 56 para tres sistemas de olivares

	E	F	M	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Eto (mm/mes)Kc	27	48	87	112	155	196	213	186	126	71	38	24	1283
Kc (>60% SC)	0,50	0,50	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,55	0,60	0,65	0,50	0,54
kr (1,2,3)			Kr (1) = 0,66			Kr(2) = 0,80			Kr (3) = 0,31				
ETc (1) (mm/mes)	9	16	37	44	56	65	63	55	46	28	17	8	445
ETc (2) (mm/mes)	11	19	45	54	68	79	77	67	55	34	20	10	538
ETc (3) (mm/mes)	4	7	18	21	26	30	30	26	21	13	8	4	209
P (mm/mes)	43,1	43,9	33,4	45,0	29,5	5,6	1,5	3,6	18,3	71,5	44,8	63,6	403,65
nº días P	6	6	5	8	5	1	0	1	3	8	6	7	

(1) olivar tradicional (100 árboles/ha, D=6,5 m, H=4,5 m)

(2) olivar intensivo (417 árboles/ha, D=3,5 m, H= 3,5m)

(3) olivar seto en crecimiento (1975 árboles/ha, D=1 m, H=1,5 m)

D=diametro copa

H=altura copa

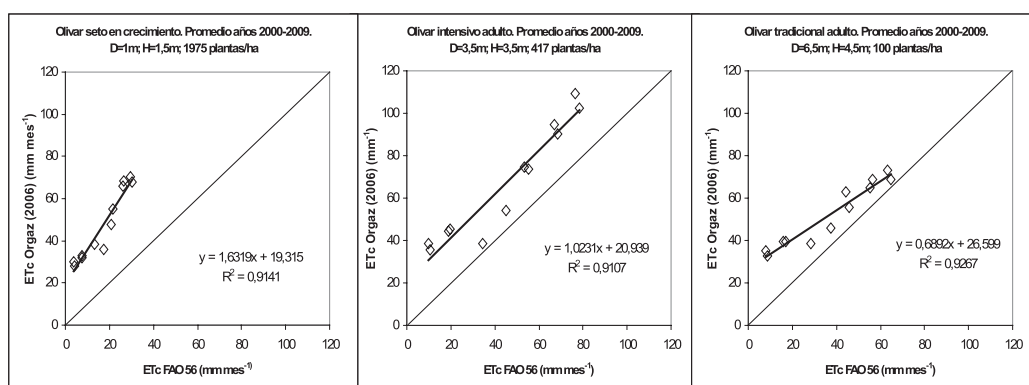
SC=superficie cubierta

Fuente: Elaboración propia usando datos climáticos promedios de 10 años de la estación agroclimática de la Finca La Orden-Valdesequera (2000-2009)

En trabajos realizados en el Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera con diferentes sistemas de olivar, se ha detectado que este método descrito infraestima las necesidades reales de los mismos (Martín-Vertedor (a), en publicación) ya que no hace una buena estimación de la evaporación directa de agua desde el suelo, que al ser frecuentes condiciones de baja cobertura, representa una fracción importante de la ETc. Orgaz et al. (2006), han propuesto una nueva metodología de estimación de la ETc que permite obtener resultados más ajustados. En el gráfico 8 se muestra la variación existente entre los dos métodos en tres sistemas de olivar diferentes. El método FAO 56 estima valores

de ETc inferiores en todos los meses en comparación con el método Orgaz, existiendo una alta correlación, aunque con diferente pendiente, dependiendo del sistema de olivar empleado y el estado de su cubierta. Se observa que en el caso de baja cubierta, el método Orgaz estima valores de ETc muy superiores al método FAO, debido a la mayor exposición del suelo a la evaporación.

GRÁFICO 8: Comparación de estimación mensual de ETc usando el método Orgaz et al. (2006) y el método FAO 56, en tres sistemas de olivar



Fuente: Elaboración propia usando datos climáticos promedios de 10 años de la estación agroclimática de la Finca La Orden-Valdesequera (2000-2009).

Otro aspecto a considerar es el carácter vecero de este cultivo, en el que años de alta producción suelen ir seguidos de otro de baja cosecha, con diferencias entre variedades. Según un estudio hecho en olivares intensivos extremeños de la variedad “*morisca*” (Martín-Vertedor et al. (b), en publicación), las necesidades hídricas varían en función de la carga de los árboles y se debería adoptar recortes de agua de riego sobre las necesidades estimadas en años de descarga en al menos un 25 %.

Conocer las necesidades hídricas de nuestro olivar es condición necesaria, pero no suficiente, para definir planes de riego, pudiendo optar por un riego para máxima producción o bien estrategias de riego deficitario (RD) aplicados en todo el ciclo o diferenciando según sus fases del cultivo. En el olivar, se definen 3 fases donde poder actuar; fase I (brotación a endurecimiento de hueso), fase II (endurecimiento de hueso a envero) y fase III (envero a recolección). De todas ellas la fase II es la menos sensible a la falta de agua, pudiendo realizar los mayores recortes, mientras que en la fase I y III puede afectar al cuajado o acumulación de aceite respectivamente.

En el cuadro 6 se exponen como resultados de la zona, tres sistemas de olivar diferentes: tradicional, intensivo y en seto en variedades “*picual*”, “*morisca*” y “*arbequina*” respectivamente. Para los dos primeros sistemas se emplearon estrategias de riego deficitario (RD) con recortes del 60% sobre el control bien regado, por igual en las tres fases mencionadas y durante los años 2002-2004. Las cantidades de agua promedio empleadas fueron de 2.810 y 4.400 m³/ha para los controles de tradicional e intensivo respectivamente. El ahorro del 40% de agua no repercutió en la producción de aceitunas en el olivar tradicional, mientras que bajó en 1.800 Kg/ha promedio para el intensivo.

CUADRO 6: Efecto de los tratamientos de riego en la producción en olivar, tradicional adulto, intensivo adulto y en seto en crecimiento sobre, “picual”, “morisca” y “arbecuina” respectivamente en las Vegas Bajas del Guadiana

Tipo de olivar	Tratamientos	Riego total m ³ /ha	Riego Fase I m ³ /ha	Riego Fase II m ³ /ha	Riego Fase III m ³ /ha	Producción aceitunas (kg/ha)	Producción aceite (kg/ha)
Tradicional adulto (2002-2004)	Control	2.810	1.150	1.190	470	10.600 a	2.250 a
	RD 60%	1.685	690	715	280	10.000 a	2.360 a
Intensivo adulto (2002-2004)	Control	4.400	1.350	2.035	1.015	13.100 a	2.580 a
	RD 60%	2.640	810	1.220	610	11.300 b	2.600 a
Seto crecimiento 2009	Control	3.600	980	1.750	870	3.900 a	760 a
	RDC 50%	1.800	580 (60%)	700 (40%)	520 (60%)	3.700 a	770 a

Sin embargo, al ser el rendimiento mayor en los tratamientos deficitarios, la producción de aceite fue similar en ambos sistemas. En el olivar en seto (año 2009), se aplicaron 3.600 m³/ha para el control bien regado, comparándolo con un tratamiento de riego deficitario controlado del 50%, pero diferenciado según las fases del cultivo (60%, 40% y 60% para Fase I, II y III respectivamente). La producción de aceitunas obtenida fue similar en ambos tratamientos al igual que la de aceite, a pesar de aplicar la mitad del agua. Además, en este tipo de sistema en seto, adquiere especial importancia el control del crecimiento vegetativo por lo que el empleo de este tipo de estrategias supone un doble efecto beneficioso.

5. VIÑA

La superficie destinada al cultivo de la vid para transformación en Extremadura es de 87.077 ha, de las cuales 18.949 ha son de riego, que suele ser en plantaciones nuevas en espaldera con riego localizado. El riego permite aumentar la productividad del viñedo. No obstante, también es cierto que hay una creciente preocupación por evitar que el riego masivo y descontrolado conduzca a la sobreproducción de baja calidad.

En el cuadro 7 se presentan la duración de los diferentes fases para la estimación de la Kc según FAO 56, así como los correspondientes Kc para uva de vinificación y mesa.

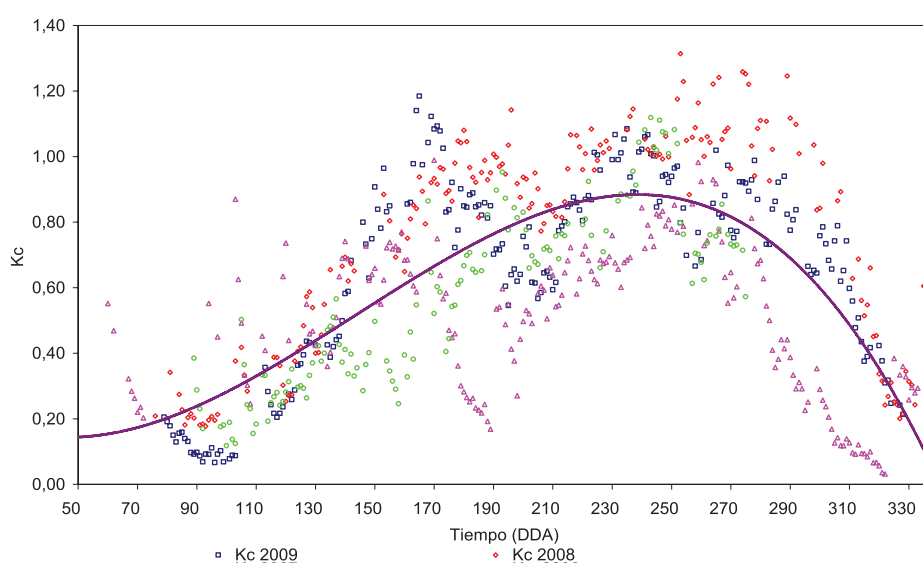
En las condiciones agroclimáticas de buena parte de las zonas de cultivo extremeñas, la vid tiene un ciclo más largo que el establecido según FAO 56, siendo 44 días más largo como valor medio para una serie de cuatro años (cuadro 7), lo que se debe principalmente a una prolongación de las fases inicial, media y final. FAO 56 establece valores de Kc para uva de vinificación y para uva de mesa y pasas (cuadro 7). Cuando la conducción es en espaldera, los Kc de uva de mesa y pasas son los que mejor se adaptan, a pesar de que el destino de la uva sea el de vinificación.

CUADRO 7: Fases fenológicas y duración de los periodos de las distintas fases según FAO 56 y valores obtenidos en la Finca La Orden

Fase fenológica	Duración FAO 56(días)	Duración promedio "La Orden"(05/08)	Kc uva de vinificación (FAO 56)	Kc uva de mesa y pasas (FAO 56)
Brotación-Floración	30	46	0,30	0,30
Floración- Envero	60	65		
Envero- Vendimia	40	53	0,70	0,85
Vendimia-Caída hojas	80	90	0,45	0,45
Total ciclo (días)	210	254		

Desde el año 2005 al 2008 se ha realizado la determinación del Kc de la vid en las condiciones de Extremadura, en una parcela de la Finca La Orden-Valdesequera. La curva que engloba los valores de Kc obtenidos durante estos años es la curva característica de un cultivo de hoja caduca (gráfico 9). Como diferencias a señalar con la curva propuesta por FAO 56, destacar que la fase inicial es de muy corta duración, y que la fase de desarrollo o ascendente comienza prácticamente desde la brotación hasta llegar a la etapa de meseta, que se prolonga bastante tiempo. Finalmente, la fase descendente comienza tras la maduración del fruto, coincidiendo por tanto con la vendimia. Se observa que durante la fase de meseta hay gran número de puntos en los que el coeficiente de cultivo está por encima de 1; asimismo, cabe subrayar como en la fase final el cultivo mantiene bastante actividad hasta la llegada de los primeros fríos.

GRÁFICO 9: Evolución del coeficiente de cultivo (Kc) de un viñedo durante los años 2006/2009 en Extremadura, obtenido con la fórmula $Kc = E_{Tc} / E_{To}$ Lisímetro de viña/ETo Penman-Monteith

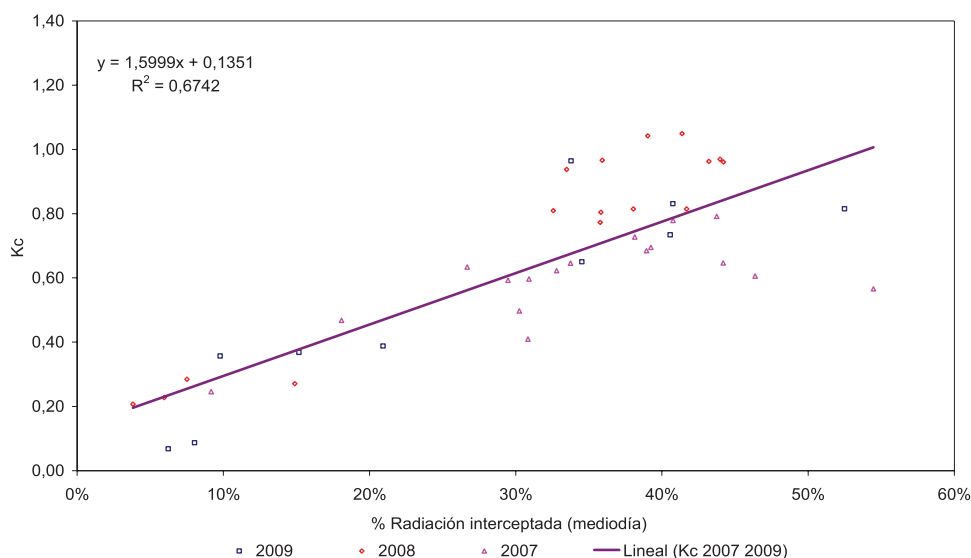


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Finca La Orden-Valdesequera.

También se ha podido constatar que existe una relación clara entre el coeficiente de cultivo y el estado de desarrollo vegetativo de las plantas, es decir, de la cobertura vegetal (gráfico 10).

Para determinar las dosis de riego más adecuadas a las condiciones de Extremadura, se estableció un ensayo que consistió en la aplicación de cuatro tratamientos de riego generados mediante la aplicación de distintos porcentajes sobre la ETc o necesidades del cultivo, distribuidos en cuatro bloques y dos niveles de carga en cada tratamiento de riego. En el cuadro 7 se resumen algunos de los resultados obtenidos a lo largo de cuatro años de ensayo.

GRÁFICO 10: Correlación entre coeficiente de cultivo (Kc) y el % de radiación interceptada para una viña en espaldera en Extremadura durante los años 2007/2009



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Finca La Orden-Valdesequera.

En todos los tratamientos las producciones obtenidas son muy elevadas, y en todos los casos se encuentran por encima de lo recomendado por la D O Ribera del Guadiana, pudiéndose achacar a la alta fertilidad del suelo de la parcela. Cuanto mayor fue el volumen de agua aplicado, mayor fue la producción. Sin embargo, la aplicación de elevadas cantidades de agua provoca crecimientos de vegetación excesivos, dificultad de maduración, mayor sensibilidad a enfermedades criptogámicas, así como problemas de agostamiento de la madera.

Fijándonos en aspectos relativos a la calidad de las uvas para vinificación, en cuanto a la concentración de azúcares, en todos los casos al aumentar el agua aplicada se incrementó la producción de azúcares por hectárea, aunque no siempre fue mayor la concentración en las uvas (°Brix). Sin embargo, el contenido en polifenoles, responsable de algunas de las características deseables para este tipo de uvas disminuyó para dosis altas de riego. A la vista de estos resultados, junto con analíticas más amplias realizadas en

estos trabajos, las estrategias de RDC en viñedo no son sólo recomendables, sino obligatorias si el objetivo es producir vinos de calidad.

CUADRO 7: Resumen de datos obtenidos durante los años 2005/2008 en la Finca La Orden-Valdesequera en viñedo (var. Tempranillo)

Tratamiento	2005				2006			
	Riego (mm)	Prod. (t/ha)	CSS (° Brix)	PPT (u.a)	Riego (mm)	Prod. (t/ha)	CSS (° Brix)	PPT (u.a)
0% ETc	0	10,56	23,01	68,75	0	15,67	22,55	65,02
25% ETc	60,70	14,91	22,68	47,03	81,34	19,52	22,45	63,93
50% ETc	119,10	11,99			155,87	23,85	22,47	50,82
100% ETc	222,28	23,57	22,91	43,65	322,65	27,41	21,79	58,12

Tratamiento	2007				2008			
	Riego (mm)	Prod. (t/ha)	CSS (° Brix)	PPT (u.a)	Riego (mm)	Prod. (t/ha)	CSS (° Brix)	PPT (u.a)
0% ETc	0	11,65	21,13	67,43	0	26,67	18,85	42,36
25% ETc	68,22	12,33	22,05	62,20	153,22	29,99	20,98	43,12
50% ETc	136,43	10,35	21,69	59,90	312,55	29,76	20,80	46,19
100% ETc	272,86	13,06	22,75	66,70	610,79	36,01	22,00	36,20

Riego: mm de agua aplicados; **Producción (Prod.):** producción en t/ha; **CSS:** Contenido en Sólidos Solubles en grados Brix; **PPT:** Potencial Polifenólico Total en unidades de absorbancia (ua).

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G. et al. (1998). “*FAO Irrigation and Drainage Paper n° 56. Crop Evapotranspiration*”. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- ESYRCE (2002-2009). “*Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos del MAPA*”. <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/encuestacultivos/resultados.htm>
- Fereres, E. et al. (1982). “*Drip irrigation saves money in young almond orchards*”. Calif. Agric., n° 36, pp.12-13.
- Goldhamer, D.A. y Snyder, R.L. (1989): *A guide for efficient on-farm water management*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publicación 21454.
- Martin-Vertedor, A.I. et al. (en publicación). “*Interactive responses to water deficits and crop load in olive (Olea Europaea L. Cv. Morisca) I- Growth and Water Relations*”.

- Martin-Vertedor, A.I. et al. (en publicación). “*Interactive responses to water deficits and crop load in olive (Olea Europaea L. Cv. Morisca) II- Water Use, Fruit and Oil Yield*”.
- Orgaz, F. et al (2006). “*Water requiremenst of olive orchards - II: Determination or crop coefficients for irrigation scheduling*”. Irrigation Science, nº 24 ; pp. 77-84.
- Pastor, M. y Orgaz, F. (1994). “*Riego deficitario del olivar: Los programas de recorte de riego en olivar*”. Revista Agricultura, nº 746; pp. 768-776.
- Prieto, M.H. (1996). “*Deficit irrigation treatments in processing tomato under surface irrigation*”. Proceedings of the 1st International Conference on the Processing Tomato, Recife, Pernambuco, (ICPTRP’1996), Brazil, pp: 48-53
- REDAREX. <http://agralia.juntaex.es/REDAREX>
- Shackel, K. et al. (1997): “*Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees*”. HortTech. nº 7; pp. 23-29.