

Estrategias de riego deficitario controlado (RDC) en olivo. Necesidades hídricas y caso de estudio.

Jornada: Innovaciones tecnológicas en la producción del olivo en regadío
Ibercide - Centro Ibercaja de Desarrollo Empresarial

José M^a Faci González
Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), CITA,
Gobierno de Aragón
Zaragoza, 27 de Enero de 2011

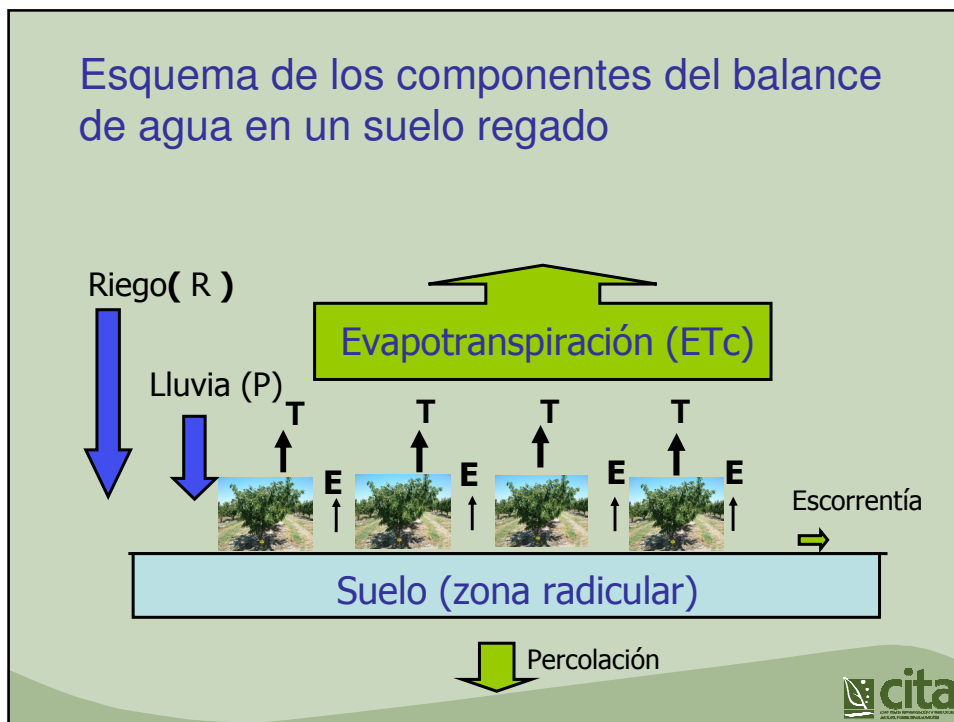


La evaporación y transpiración de un cultivo

- Una comunidad vegetal pierde agua a la atmósfera en los procesos de transpiración (**T**) de la cubierta vegetal y de evaporación de y la superficie del suelo (**E**).
- Los procesos de **T y E** se producen simultáneamente en forma de vapor de agua y es difícil separarlas y se engloban en el término evapotranspiración (**ETc**).
- La cantidad evaporada y transpirada del suelo y de las plantas depende de la superficie de suelo cubierto por el cultivo.
- La ET de un cultivo depende de:
 - Clima
 - Tipo de cultivo
 - Disponibilidad de agua en el suelo.



Esquema de los componentes del balance de agua en un suelo regado



Progresos en el cálculo de ET

- Importantes avances en los últimos 25 años
- Cuaderno [nº 24 de FAO](#) “Las necesidades de agua de los cultivos” muy utilizado (1977) (métodos calibrados)
- Cuaderno [nº 46 “CROPWAT”](#). Se sigue recomendando el manual 24. Muy utilizado (1992) (método Penman Monteith)
- Recientemente la FAO ha hecho una nueva revisión: [Cuaderno nº56](#). Se hace mas énfasis en Kc y en su cálculo con la integral térmica de los cultivos. $Kc = Kcb + Ke$

Procedimiento de la FAO para determinar las necesidades hídricas de los cultivos

- En primer lugar se determina el efecto del clima en las necesidades de riego del cultivo que vienen dadas por la evapotranspiración de referencia (**ET_o**)
- La **ET_o** se calcula a partir de variables meteorológicas como las que se recogen en la red de estaciones de la red SIAR en Aragón.
- En segundo lugar se determina el efecto del propio cultivo en las necesidades de riego que vienen dadas por el valor del Coeficiente de cultivo (**K_c**)



La Evapotranspiración de referencia (ET_o)

- La evapotranspiración de referencia (**ET_o**) se define como el consumo de agua de:
 - Hierba corta de 8 a 15 cm de altura
 - Cultivada en un campo extenso
 - En crecimiento activo y sana
 - Sombreado totalmente el suelo
 - Bien provista de agua
- La **ET_o** se calcula con diferentes métodos utilizando datos climáticos y adecuados a las condiciones de Aragón:
 - **Penman -Monteith** es el método más recomendado en la actualidad
 - Métodos de la FAO (Hargreaves)

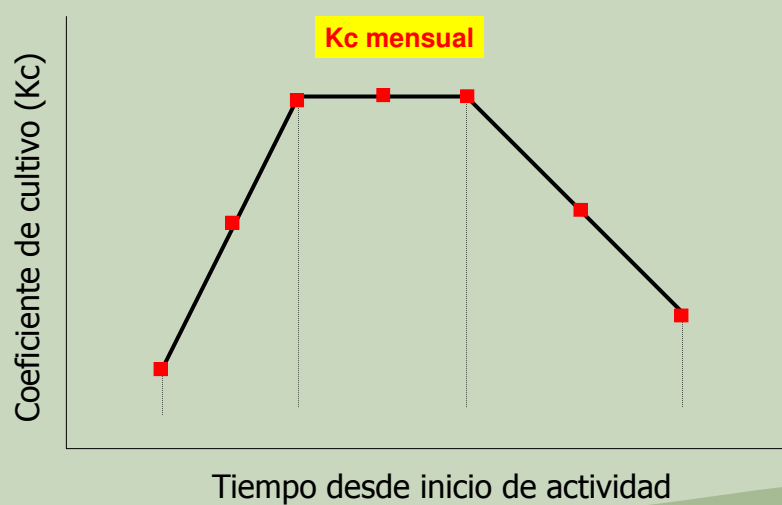


Determinación de Kc.

- El ciclo del cultivo se divide en 4 fases:
 - 1. **Fase inicial**. Desde siembra al 10% de suelo sombreado (SS)
 - 2. **Fase de desarrollo**. Hasta el 70% de SS
 - 3. **Fase de mediados**. Hasta comienzo de la senescencia de las hojas
 - 4. **Fase de finales**. Hasta la maduración o recolección.
- Se determina la duración de las 4 fases a partir de información local. Esto afecta mucho a la ETc

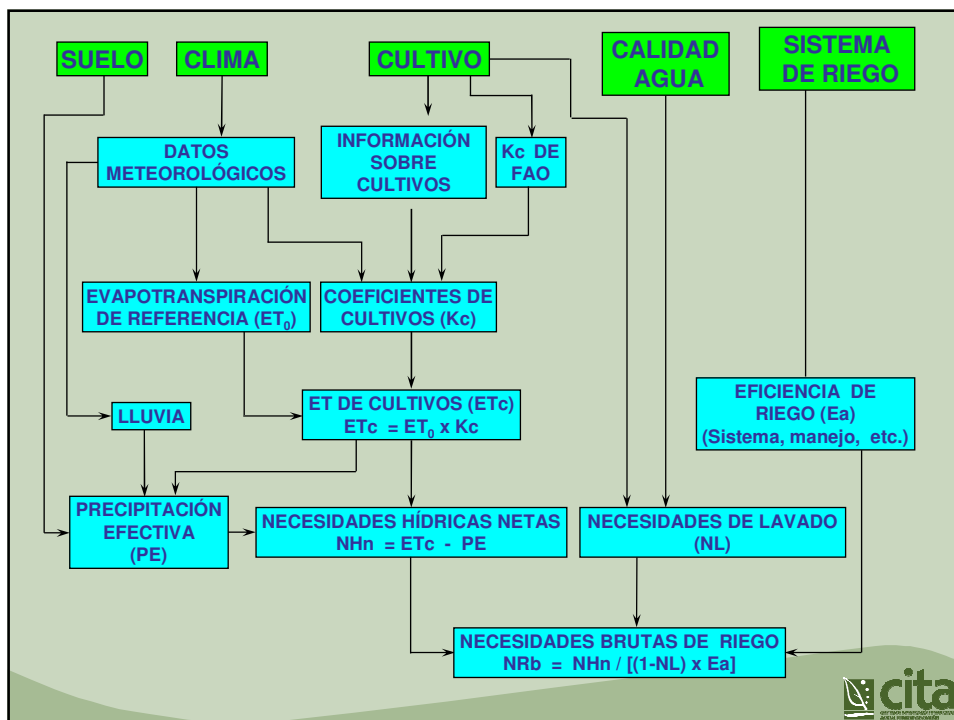


Curva de Kc de un frutal



Como se calculan las necesidades de riego?

- Una vez calculada la ETo se calcula la evapotranspiración del cultivo (ETc) con la relación:
 $ETc = ETo \times Kc$
- Se determina la precipitación efectiva (PE) con métodos empíricos
- Se determinan las necesidades hídricas netas ($NHn = ETc - PE$)
- Se determinan las necesidades de lavado de sales del suelo (NL)
- Teniendo en cuenta la eficiencia del sistema de riego se determinan las necesidades brutas de riego (NRb)



El olivo

- El olivo es una planta originaria del área mediterránea y cultivada tradicionalmente en secano.
- Se adapta bien a la sequía debido a que dispone de :
 - Sistema radical extenso y profundo.
 - Hojas coriáceas con pocos estomas situados en pequeñas depresiones del envés.
- Adaptado al clima mediterráneo con un periodo lluvioso en otoño-invierno, con lo cual se crea una reserva de agua, y un periodo seco en verano.
- Cultivo típico mediterráneo con gran valor paisajístico y medioambiental.



El olivar en secano

- En secano, el olivo utiliza las reservas de agua acumuladas en el perfil del suelo.
- Normalmente estas reservas no cubren la totalidad de las necesidades hídricas y el olivo sufre déficit hídrico.
- La capacidad productiva depende fundamentalmente de:
 - Pluviometría anual
 - Régimen de las lluvias
 - Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo



El olivar en regadío

- El olivo responde muy bien a aportaciones de agua de riego complementarias a la lluvia.
- Rentabiliza muy bien las aportaciones de riego por pequeñas que sean especialmente en suelos de poca capacidad de retención de agua.
- En un ensayo realizado por Solé (1990) durante 7 años en Las Garrigues (Lérida), una aportación anual de agua de **15 mm** (150 m³/ha) por goteo complementario a una precipitación de 375 mm, aumentó la producción un **61%**.



Problemática del olivar

- El rendimiento del olivar es irregular (vecería).
- Se cultiva en suelos pobres y erosionados.
- Cultivado en parcelas pequeñas, árboles diseminados, viejos y deteriorados.
- Se utilizan técnicas de cultivo inadecuadas.
- La recolección manual es muy costosa.
- En muchas ocasiones la recolección se hace con ayuda familiar.
- Bajos rendimientos. Oscilaciones de precios.
- Necesidad de implantar una olivicultura moderna



La olivicultura intensiva

- Para evitar los problemas de recolección se impone una nueva olivicultura con recolección mecanizada en continuo.
- Se impone la formación de setos productivos con variedades de poco vigor.
- Con riego localizado y fertirriego.
- Con un manejo adecuado para mantener la plantación en condiciones productivas óptimas y con una excelente calidad del aceite.
- El manejo adecuado exige un riego deficitario controlado de la plantación.



Las necesidades hídricas del olivar

- Actualmente ya se conocen los métodos adecuados para determinar las necesidades hídricas del olivar.
- Sin embargo falta investigación local sobre las necesidades de riego de los distintos tipos de olivar y áreas de cultivo.
- En la actualidad las prácticas de **Riego Deficitario Controlado (RDC)** son muy utilizadas por muchos fruticultores y por ello existen complicaciones adicionales a la hora de hacer una óptima planificación de los riegos.



Determinación de la ET del olivar (ETc)

- Agronómicamente puede interesar crear cierto déficit hídrico para limitar el desarrollo vegetativo del olivo.
- Las plantaciones de olivar pueden variar mucho dependiendo del número de olivos/ha, edad, tamaño de la copa, etc.
- Para el cálculo de la **ETc** se introduce el coeficiente **Kr**.
- **ETc = ETo x Kc x Kr**
- **ETo** es la evapotranspiración de referencia.
- **Kc** es el coeficiente de cultivo.
- **Kr** es el coeficiente reductor (superficie cubierta por la copa).



Valores orientativos de Kc en olivar

- En Aragón llevamos poco tiempo trabajando. Se han obtenido **Kc** en Sástago de **0,4 en verano a 0,9 en invierno** (Martinez Cob y Faci, 2009).
- En Andalucía **el Kc varia de 0,5 a 0,65**. (Castro et al. 1996)
- En Cerdeña **0,5 de mayo a septiembre y 0,55** en abril y octubre (Dettori, 1987).
- En Córdoba varía de **0,5 a 0,7** (Garcia y Berengena, 1993).
- En California usan un valor de **0,75** (Goldhamer et al. 1993).
- En Córcega de **0,5 a 0,6** (Le Bourdelles, 1978).



Valores
muy utilizados
de Kc en olivar
(Castro et al.
1996)

Mes	Kc
Enero	0,50
Febrero	0,50
Marzo	0,65
Abril	0,60
Mayo	0,55
Junio	0,55
Julio	0,55
Agosto	0,55
Septiembre	0,55
Octubre	0,60
Noviembre	0,65
Diciembre	0,50



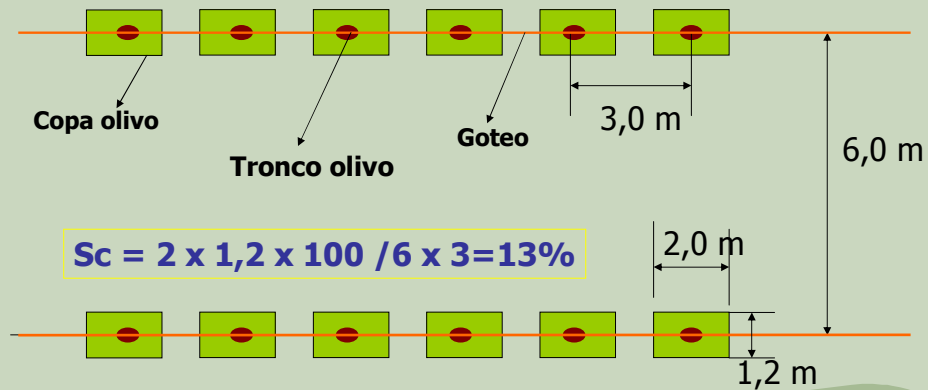
El Kr

- El valor de Kr tiene en cuenta el tamaño de la copa del árbol
- Cuanto mayor es el volumen de copa mayor es el valor de Kr.
- El **Kr** varía de 0 a 1.
 - Muy próximo a 0 para un olivar recién plantado
 - Cerca de 1 para un olivar adulto e intensivo
- **Kr = 2 x Sc / 100** (Castell y Fereres, 1981, para almendro).
- **Sc** es el porcentaje de suelo cubierto por la copa de los olivos.



Kr y Sc en una plantación joven

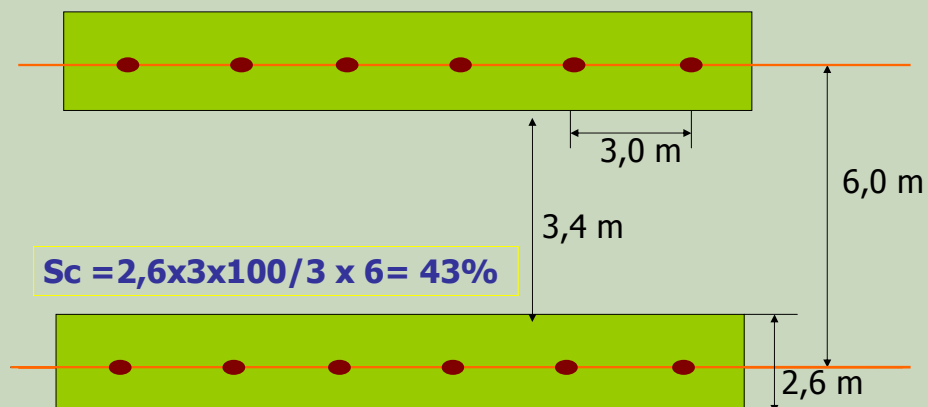
$$Kr = 2 \times Sc / 100 = 0,26$$



$$Sc = 2 \times 1,2 \times 100 / 6 \times 3 = 13\%$$

Sc en plantación intensiva

$$Kr = 2 \times Sc / 100 = 0,86$$



$$Sc = 2,6 \times 3 \times 100 / 3 \times 6 = 43\%$$

Programación de los riegos

- La programación consiste en establecer las dosis y momentos adecuados de riego. Se puede hacer en función del suelo, clima y cultivo.
 - **Suelo:** Control de la humedad del suelo y efectuar el riego al llegar a ciertos límites.
 - **Clima:** Estimación de las necesidades hídricas y aplicar riegos cubriendo dichas necesidades.
 - **Cultivo:** Control del estado hídrico de la propia planta (LVDT).



La programación del riego

- En principio la programación considerando las variables meteorológicas (**ET_o**) es suficiente.
- Las medidas en el propio cultivo son utilizadas en investigación.
 - Potencial hídrico en hoja.
 - Variación del diámetro del tronco.
 - Temperatura de la cubierta vegetal.
 - Medida del flujo de savia.
- La instalación de sondas para el control del estado hídrico del suelo es un importante apoyo en la programación.



Establecimiento de calendarios de riego

- Determinación de la dosis e intervalo
 - La dosis debe aportar agua suficiente para llegar a CC
 - El intervalo adecuado para que no se llegue al nivel de extracción de manejo y se evite el estrés hídrico en los cultivos.
 - Dosis e intervalo pueden ser:
 - Fijo
 - Variable



Sensor LVDT en un olivo



La técnica de LVDT en frutales

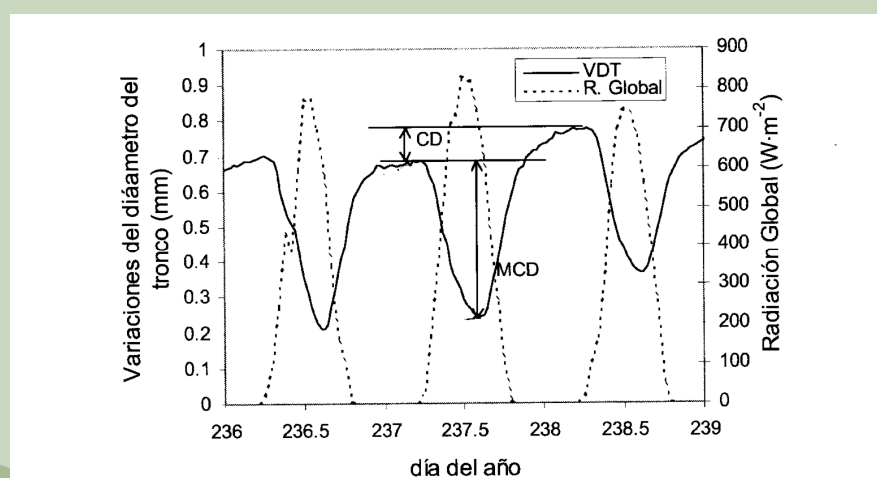
- El diámetro del tronco de los árboles experimenta un crecimiento diario y sufre contracciones y dilataciones.
- El máximo se produce por la mañana temprano y el mínimo por la tarde.
- Las variaciones del diámetro indican el estado hídrico del frutal (envían una señal en continuo que se puede utilizar para la programación del riego).
- Las variaciones del diámetro se pueden medir perfectamente con un sensor “Linear variable differential transformer” (LVDT).
- La gran ventaja es que la medida es continua y se registra en un datalogger.



La técnica de LVDT

CD = crecimiento diario

MCD = máxima contracción diaria



Valores orientativos de las necesidades de riego del olivar

- Datos de Pastor et al. (1998) en Andalucía.
- En áreas con una **ETo anual de 1200 mm** y con plantaciones adultas de cobertura del 33 %, la ETc del olivar es de unos 435 mm. La precipitación efectiva puede llegar a unos **300 mm**.
- Las necesidades de riego en un olivar tradicional adulto varían de 1500 a 2000 m³/ha.
- Las necesidades de riego en un olivar intensivo adulto varían de **2500 a 3500 m³/ha**.



Valores orientativos de riego en plantación intensiva en el Valle del Ebro de un olivar con Sc de 35% Kr=0,70

Mes	m ³ /ha
Enero	
Febrero	
Marzo	200
Abril	250
Mayo	250
Junio	500
Julio	550
Agosto	500
Septiembre	500
Octubre	250
Noviembre	
Diciembre	
Total	3000



Sistemas de riego en el olivar

- La tendencia actual es la utilización de sistemas de **riegos localizados** de alta frecuencia.
- En Andalucía, Cataluña y Aragón el riego por goteo se ha utilizado con éxito en muchas instalaciones.
- En suelos muy ligeros con baja capacidad de retención de agua es recomendable **microaspersión bajo la copa**.
- Trabajos en Córcega (Le Bourdelles, 1983) indicaron que por goteo se usó menos agua que en aspersión.



Número de goteros en el olivar

- Cuando usamos riego por goteo es muy importante **mojar un volumen mínimo** de suelo para conseguir la producción óptima.
- Problema frecuente de escasos goteros por olivo.
- Para los cultivos leñosos se recomienda mojar sobre un **20 %** de la superficie asignada a cada árbol.
- En general se debe mojar la mayor superficie posible y colocar los goteros bajo la copa para evitar pérdidas por evaporación.



Ensayo número de goteros (Castro et al. 1996)

- Ensayo en 1994 y 1995 en un olivar de Andalucía con 2500 m³/ha con una descarga de **16 l/hora y olivo**.
- Con goteros autocompensantes de 2, 4 y 8 l/h.
- Con **2, 3, 4, 6 y 8 puntos de aplicación** por olivo.
- Los resultados del ensayo mostraron que la producción media de aceitunas aumentó al hacerlo el número de puntos de aplicación para idéntica cantidad de agua aportada anualmente.



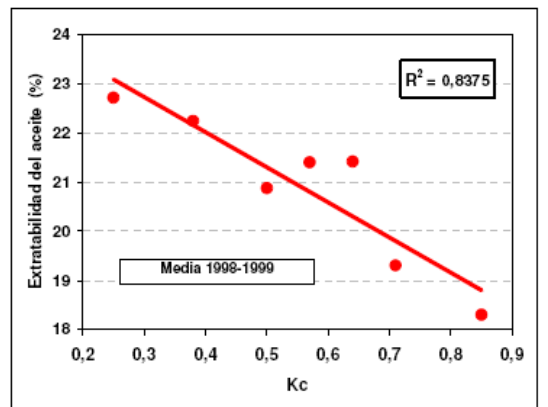
Ensayo de riego por inundación en Jaén (Cruz Conde, 1985)

Tratamiento	Riego m ³ /ha	Producción media			
		Aceituna		Aceite	
		Kg/olivo	Índice	Kg/ha	Índice
Sin regar	0	27,41	100	338,5	100
Riego invierno	1.000	40,71	148	559,0	165
Riego en invierno y primavera	2.000	41,88	153	549,0	162
Riego en invierno y otoño	2.000	50,17	183	719,3	234
Riego invierno, primavera y otoño	3.000	55,64	203	844,4	249



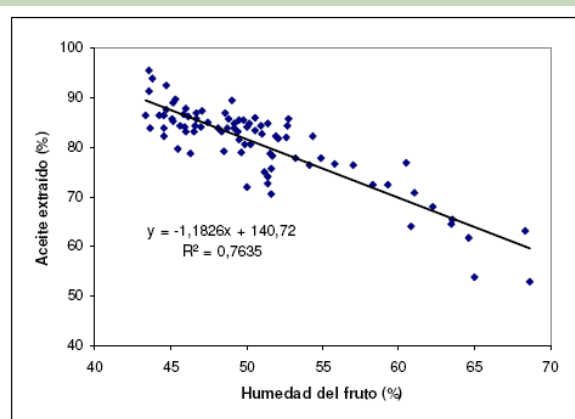
Efectos del riego en la extractabilidad del aceite

- Trabajos de Girona et al. 2001, en Lérida, mostraron que la extractabilidad del aceite disminuyó con el riego



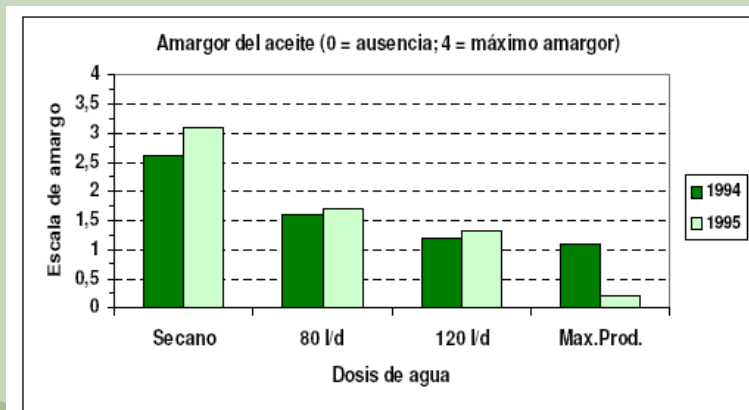
Efectos del riego en la cantidad de aceite extraído

- Trabajos de Hidalgo et al. 2009, en Jaén, mostraron un descenso del aceite extraído al aumentar la dosis de riego.



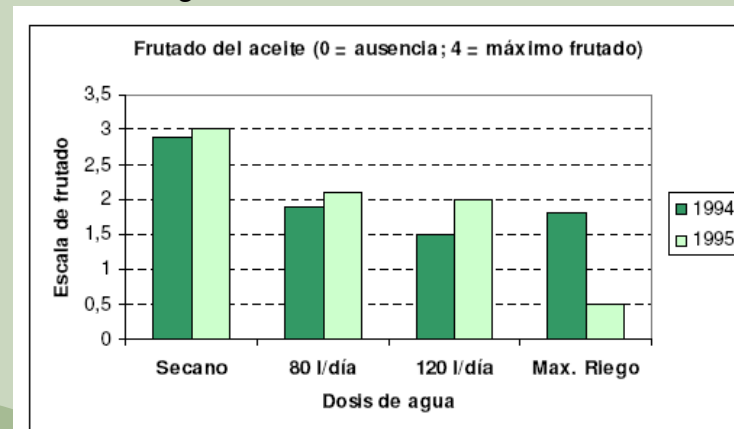
Efectos del riego en el atributo de calidad del aceite “amargor”

- Trabajos de Salas et al. 1997, en Jaén, mostraron en la cata un descenso del atributo amargor al aumentar la dosis de riego.



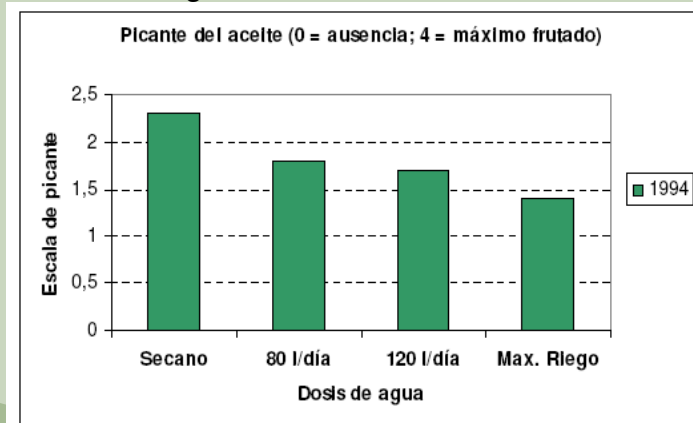
Efectos del riego en el atributo de calidad del aceite “frutado”

- Trabajos de Salas et al. 1997, en Jaén, mostraron en la cata un descenso del atributo frutado al aumentar la dosis de riego.



Efectos del riego en el atributo de calidad del aceite “picante”

- Trabajos de Salas et al. 1997, en Jaén, mostraron en la cata un descenso del atributo picante al aumentar la dosis de riego.



Maduración y época de recolección

- La **época de recolección** tiene mucha importancia en la calidad del aceite.
- El contenido de aceite en el fruto aumenta a medida que avanza la maduración. Alcanza su máximo en el momento en que desaparecen los frutos verdes, permaneciendo a partir de ese momento constante.
- **Características organolépticas empeoran al retrasarse la recolección.** Aceites más afrutados y aromáticos al comienzo de la maduración, incluso con un apreciable % de frutos verdes.



Ensayo de época de cosecha

- Cuando el fruto permanece largo tiempo en el árbol se produce una inhibición de la IF de las yemas (vecería). A medida que se retrasa la recolección, la producción del año siguiente disminuye.
- La recolección más temprana produce más yemas de flor que se traduce en mayor número de frutos y por tanto en aumentos de cosecha del año siguiente.



Ensayo de época de cosecha

Recolección	Nº hojas/ramo	% yemas que evolucionan a:	
		Ciegas	Flor
28 octubre	3,6	9,7	83,7
27 noviembre	4,1	17,3	75,4
15 enero	4,4	25,0	66,7
26 febrero	4,1	27,0	60,5



Ensayos de riego deficitario controlado (RDC) en el olivar

- En España se han hecho muchos trabajos de investigación en el tema del RDC en el olivar. Destacan los trabajos de Andalucía y Cataluña.
- En Aragón se han realizado algunos ensayos de RDC desde el año 2000 en La Almunia y en Zaragoza con las variedades Arbequina y Empeltre.
- Los resultados de RDC en el olivar han sido muy satisfactorios. Un pequeño aporte de agua de riego al olivar produce importantes aumentos de la producción sin afectar a la calidad del aceite obtenido. El riego excesivo produce un crecimiento vegetativo excesivo con escasa producción de frutos y un empeoramiento de la calidad.



Como se hace el asesoramiento para la programación de los riegos en Aragón



La programación de riegos en Aragón

- En las distintas CC AA se han puesto en marcha servicios de asesoramiento al regante
- En Aragón este asesoramiento se hace a través de la **Oficina del Regante** (OdR) que actualmente está en SIRASA.
- El objetivo general de la OdR es asesorar a los regantes para la mejora del uso del agua.
 - Facilita las **necesidades hídricas** de los principales cultivos para la programación óptima del riego basada en la red SIAR.
 - Ofrece apoyo en la gestión de las CC RR con el programa de gestión “**Ador**”.
 - Facilita la **formación** continua de los regantes



Instalación de la red SIAR en Aragón

- La **red SIAR** es fruto de un convenio entre el Gobierno de Aragón y el MAPA
- La **Oficina del Regante** (OdR) gestiona la red SIAR en Aragón
- La red se completó en 2005 y actualmente hay **46 estaciones** instaladas en las principales zonas regables de Aragón.
- Las estaciones son automáticas y disponen de sensores de:
 - Temperatura, Humedad relativa, Velocidad y dirección del viento, Radiación solar y Pluviómetro



Datos que se publican en la Web de la OdR

- El portal Web de la OdR es el elemento fundamental de asesoramiento al regante
- <http://servicios.aragon.es/oresa/>
- Datos meteorológicos de la red SIAR:
 - Horarios
 - Diarios
 - Medios
- Valores de Kc
- Evapotranspiración de referencia (ET_o)
- Necesidades de riego de los cultivos (NR_b):
 - Herbáceos
 - Frutales
- Programación de riego a tiempo real



Oficina del Regante - Windows Internet Explorer

http://servicios.aragon.es/oresa/necesidadhidrica.filtrar.do

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Google

Buscar

Compartir

Sidewiki

Acceder

shared

Upload file

DAN

E-mail Notifier

19°C

Feuz - Prácticas en Empresas

digital.csic Página de inicio

Portal de Aragón

Sitios sugeridos

Hotmail gratuito

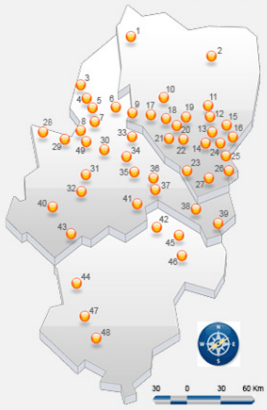
Más complementos

Chil

Oficina del Regante :::

Necesidades hídricas

Cálculo de Necesidades Hídricas de los cultivos
Ver datos históricos comarcales



Seleccione un cultivo:

Provincia*: Zaragoza

Estación*: 38-Caspe

Cultivo*: Olivo

[Si no encuentra el cultivo pulse aquí]

Siguiente>>

Configuraciones de cultivo

Cebada Tardienta 01	-	0
Maiz Sariñena 2009	-	0
Maiz Sariñena 01	-	0
melocoton1 Caspe	-	0
Maiz 5 Sariñena	-	0
maiz14	-	0
melocoton 14	-	0

[Resumen de Nec. Hídricas de estos cultivos]

Inicio

Band...

Text...

2 M...

pres...

2 M...

2 In...

Internet

100%

4:04 PM

Necesidades hídricas

Datos del Cálculo de las Necesidades de Riego para el cultivo Olivo en Caspe

Campaña
Campaña de Riego*: 2011

Forma de Riego
Sistema de riego*: Goteo (85 a 95%)
Eficiencia*: 90

Fechas

Marco de plantación (metros)
Sea lo más preciso al introducir estos datos ya que las necesidades de riego varían de forma importante en función del área sombreada

Tipo plantación*: Palmera


Distancia entre árboles (m)*: 2

Distancia entre filas (m)*: 6

Anchura de la copa (m)*: 2

Configuración
Escriba un nombre para guardar la configuración de su cultivo: Olivo10Caspe

Calcular **Cancelar**



Necesidades hídricas del olivo en 2007 en Alcañiz

Semana	ET ₀	K _c	ET _c	PE	NH _n	NR _b	NR _a (L/árbol)
25/02/2007 03/03/2007	22,6	0,07	1,6	0,4	1,2	1,3	56,4
04/03/2007 10/03/2007	26,5	0,25	6,7	3,9	2,8	3,2	135,4
11/03/2007 17/03/2007	20,2	0,25	5,1	1,9	3,2	3,5	150,9
18/03/2007 24/03/2007	23,3	0,25	5,9	0,6	5,3	5,9	251,6
25/03/2007 31/03/2007	17,4	0,25	4,4	14,7	0	0	0
01/04/2007 07/04/2007	11,9	0,23	2,8	31,0	0	0	0
08/04/2007 14/04/2007	16,2	0,23	3,8	12,9	0	0	0
15/04/2007 21/04/2007	28,2	0,23	6,6	3,3	3,3	3,7	157,5
22/04/2007 28/04/2007	30,1	0,23	7,1	12,4	0	0	0
29/04/2007 05/05/2007	24,5	0,22	5,5	21,1	0	0	0
06/05/2007 12/05/2007	41,2	0,21	8,9	0	8,9	9,8	417,8
13/05/2007 19/05/2007	35,5	0,21	7,6	5,8	1,8	2,0	85,9
20/05/2007 26/05/2007	34,4	0,21	7,4	5,1	2,3	2,5	109,5
27/05/2007 02/06/2007	40,5	0,21	8,7	0,4	8,2	9,2	389,4



Necesidades hídricas del olivo en 2007 en Alcañiz

Semana	ET ₀	K _c	ET _c	PE	NH _n	NR _b	NR _a (L/árbol)
03/06/2007 09/06/2007	40,7	0,21	8,7	1,6	7,1	7,9	335,3
10/06/2007 16/06/2007	36,6	0,21	7,9	9,4	0	0	0
17/06/2007 23/06/2007	38,5	0,21	8,3	0,6	7,7	8,5	362,0
24/06/2007 30/06/2007	47,1	0,21	10,1	0	10,1	11,3	477,7
01/07/2007 07/07/2007	48,5	0,19	9,6	0,3	9,3	10,4	440,0
08/07/2007 14/07/2007	51,7	0,19	10,1	0	10,1	11,2	476,8
Semana del día ... al día	ET ₀	K _c	ET _c	PE	NH _n	NR _b	NR _a
15/07/2007 21/07/2007	48,3	0,19	9,4	0	9,4	10,5	445,0
22/07/2007 28/07/2007	48,4	0,19	9,5	0	9,5	10,5	446,7
29/07/2007 04/08/2007	47,1	0,19	9,2	0	9,2	10,2	434,5
05/08/2007 11/08/2007	41,4	0,19	8,1	0,9	7,2	8,0	339,9
12/08/2007 18/08/2007	40,3	0,19	7,9	0	7,9	8,8	372,0
19/08/2007 25/08/2007	38,5	0,19	7,5	0,7	6,8	7,5	319,6
26/08/2007 01/09/2007	40,9	0,19	8,0	0,6	7,4	8,2	348,8
02/09/2007 08/09/2007	33,6	0,21	7,2	0	7,2	8,0	341,4
09/09/2007 15/09/2007	27,7	0,21	5,9	1,6	4,3	4,8	203,6
16/09/2007 22/09/2007	22,9	0,21	4,9	21,4	0	0	0
23/09/2007 29/09/2007	24,2	0,21	5,2	3,4	1,7	1,9	84,2
30/09/2007 06/10/2007	19,2	0,22	4,4	3,9	0,5	0,5	24,9
07/10/2007 13/10/2007	19,2	0,23	4,5	1,0	3,4	3,8	163,8
14/10/2007 20/10/2007	14,3	0,23	3,3	3,7	0	0	0
21/10/2007 27/10/2007	16,1	0,23	3,7	0	3,7	4,2	178,1
28/10/2007 03/11/2007	16,2	0,22	3,7	0	3,7	4,1	175,1
04/11/2007 11/11/2007	12,5	0,21	2,7	0	2,7	3,0	127,2
Total	1148,4		243,7	163,3	167,2	185,8	7852,6



Resultados de un ensayo de respuesta al riego de un olivar de Arbequina en La Almunia, Zaragoza

- El ensayo se realizó dentro de las actividades del proyecto de investigación de título **“Influencia del suministro de agua de riego y de la época de recolección de la aceituna en la calidad del aceite de oliva”**, financiado por el Programa de Mejora de la Calidad del Aceite de Oliva de INIA y DGA.
- El objetivo general fue conocer el efecto del riego en la producción de aceituna y en las características físico-químicas y sensoriales del aceite de oliva.



Objetivos

- Conocer el efecto del riego en la producción de aceituna y en la calidad del aceite de oliva.
- Estudiar el efecto de la época de recolección en la calidad del aceite de oliva.
- Estudiar el efecto del riego en el crecimiento y formación de aceite en el fruto.
- Determina las necesidades hídricas del olivar en las condiciones del Valle del Jalón.



Ensayo de campo

- Se planteó un ensayo de campo en una finca en la Almunia de Doña Godina.
- El ensayo se inició en 1998 y acabó en el año 2000.
- Finca de 5000 m², con riego localizado.
- Olivar adulto con la variedad Arbequina de cuarenta años.
- Marco de plantación de 6,5 m x 6,5 m.
- Diámetro medio de la copa de 3,6 m.
- Los diferentes tratamientos se establecieron como % de la Nhn (ETc - Pe).



Arbequina: características agronómicas

- Árbol rústico de vigor reducido, porte llorón. Utilización en plantaciones intensivas.
- Muy productiva y precoz. Nuevas plantaciones entran muy rápidamente en producción.
- Fruto muy pequeño (1,85 g), ovalado, corto.
- Recolección costosa (tamaño del fruto).
- Aceite de excelente calidad, aunque presenta baja estabilidad.
- Resistente al frío. Tolerante al repilo y verticilosis
- Arbeca (Lérida). Plantaciones en la provincia de Lérida y gran parte de Tarragona, extendiéndose en la actualidad en Zaragoza y Huesca.
- Color del fruto verde oscuro y maduro negro con mucha pruina. Frutos forman racimos.



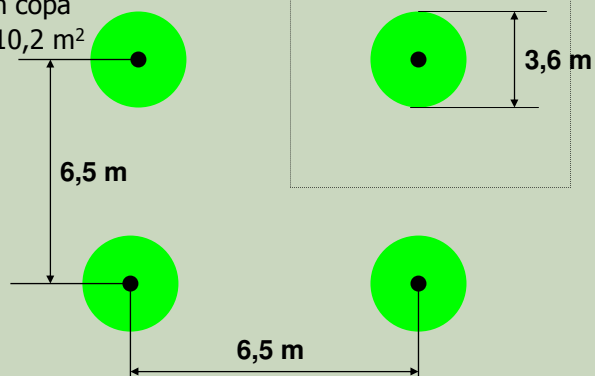
Tratamientos de riego

- Los tratamientos fueron los siguientes:
- T1 (0 % de las Nhn, Secano).
- T2 (33 % Nhn) (6 goteros de 2 L/hora), (1683 L / olivo).
- T3 (66 % Nhn) (6 goteros de 4 L/hora), (3366 L / olivo).
- T4 (100 % Nhn) (6 goteros de 2 L/hora + 6 goteros de 4L/hora), (5100 L / olivo). Ambos goteros se colocaron juntos para mantener los 6 puntos de aplicación por árbol.
- La Pe se estimó en 6000 L / olivo



Esquema del olivar

Proyección copa
 $\pi D^2 / 4 = 10,2 \text{ m}^2$

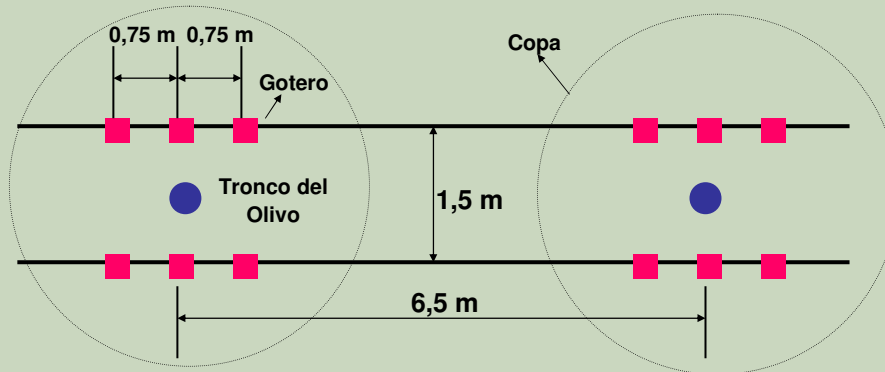


Porcentaje suelo sombreado (S_c)
 $10,2 \times 100 / 6,5 \times 6,5 = 24,1 \%$

Coefficiente reductor (K_r)
 $2 \times 24,1 / 100 = 0,48$



Esquema de los goteros en la línea de olivos



- Seis puntos de aplicación de agua por olivo
- En 1998 se aplicaron 25 riegos de junio a octubre
- Se aplicó el mismo tiempo de riego a todos los tratamientos



Controles en el ensayo de campo

- Control hídrico a lo largo del ensayo (volumen de riego, precipitación, humedad del suelo)
- Recolección de la aceituna en tres fechas según su índice de madurez.
- Kg de aceituna recolectada por árbol.
- Peso de 100 frutos.
- Muestras de aceituna (2-3 Kg por árbol).
- Rendimientos de aceite.
- Composición química.
- Análisis sensorial de los aceites obtenidos.

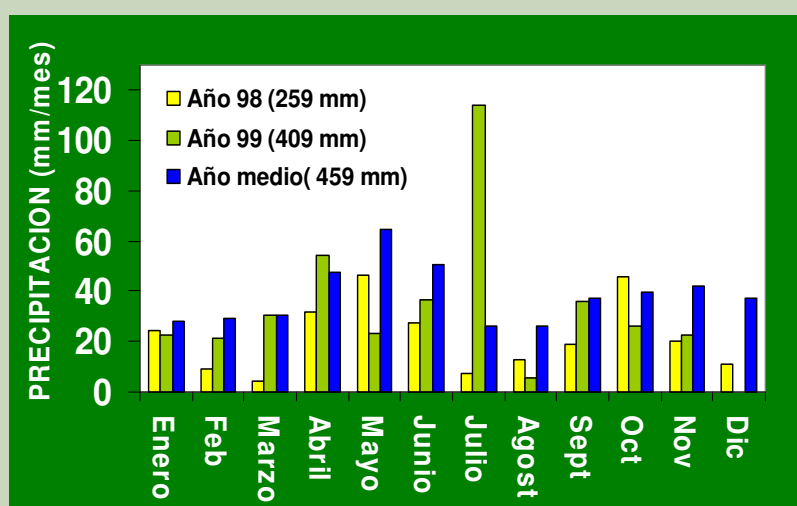


Agua aplicada y ETc

- Consumos de agua de riego
- T1 = 0
- T2 = 1683 L/olivo
- T3 = 3366 L/olivo
- T4 = 5100 L/olivo
- Contribución de la Precipitación
- De enero a septiembre la Pe fue de 143 mm
- En el marco: $6,5 \times 6,5 \text{ m}^2/\text{olivo} \times 143 \text{ L/m}^2 = 6042 \text{ L/olivo}$
- La ETc en T4: $5100 + 6042 = 11142 \text{ L/olivo} = 264 \text{ mm}$



Precipitación



Cálculo de la ETC en el olivar de La Almunia

Mes	ETo (mm)	Kr	Kc	ETc (mm)	Rn (L/olivo mes)
Ene	16	0,48	0,50	3,8	161
Feb	32	0,48	0,50	7,7	323
Mar	63	0,48	0,65	19,6	826
Abr	81	0,48	0,60	23,2	981
May	112	0,48	0,55	29,6	1249
Jun	152	0,48	0,55	40,0	1685
Jul	183	0,48	0,55	48,3	2038
Ago	163	0,48	0,55	43,1	1820
Sep	109	0,48	0,55	28,7	1211
Oct	65	0,48	0,60	18,8	792
Nov	30	0,48	0,65	9,4	398
Dic	15	0,48	0,50	3,5	148
Total	1019			275,4	11636

Agua aplicada

Riego T4 = 120 mm en 1998 y 144mm en 1999
 Prec. Efec. =136 mm en 1998, 136 mm en 1999
 y 217 mm en 2000

	1998	1999	2000
Tratamiento	Riego (L olivo ⁻¹)	Riego (L olivo ⁻¹)	Riego (L olivo ⁻¹)
T1	0	0	0
T2	1683	2038	1438
T3	7388	4713	2870
T4	8100	6000	4500



Índice de madurez

Fecha de recolección	T1	T2	T3	T4
4 noviembre 1998	4,4 a	3,2 ab	2,6 b	2,5 b
17 noviembre 1998	4,3 a	2,9 b	2,4 b	3,1 b
14 diciembre 1998	5,2 a	3,8 b	3,8 b	3,8 b
4 noviembre 1999	4,9 a	4,6 ab	4,1 bc	3,6 c
17 noviembre 1999	4,4 a	4,3 a	4,1 ab	3,3 b
3 diciembre 1999	4,7 a	4,3 ab	4,1 b	4,0 b

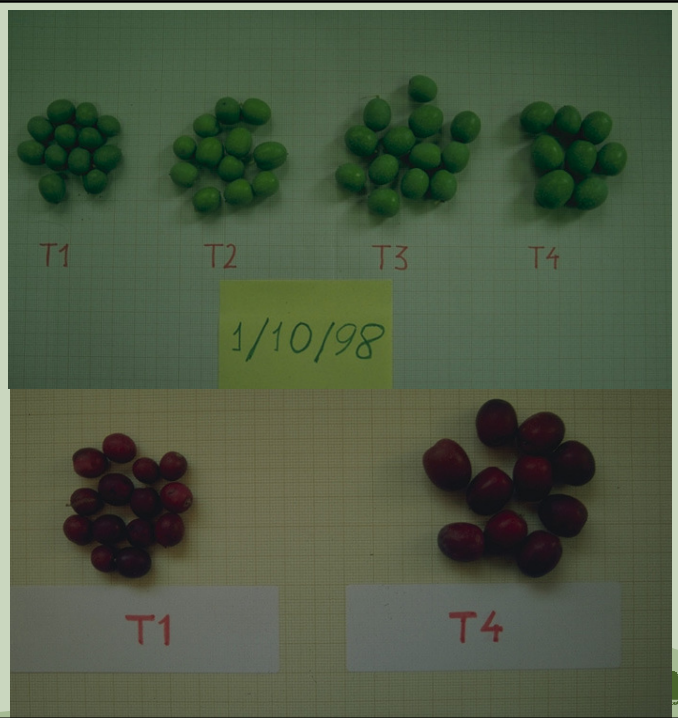


Peso de 100 frutos

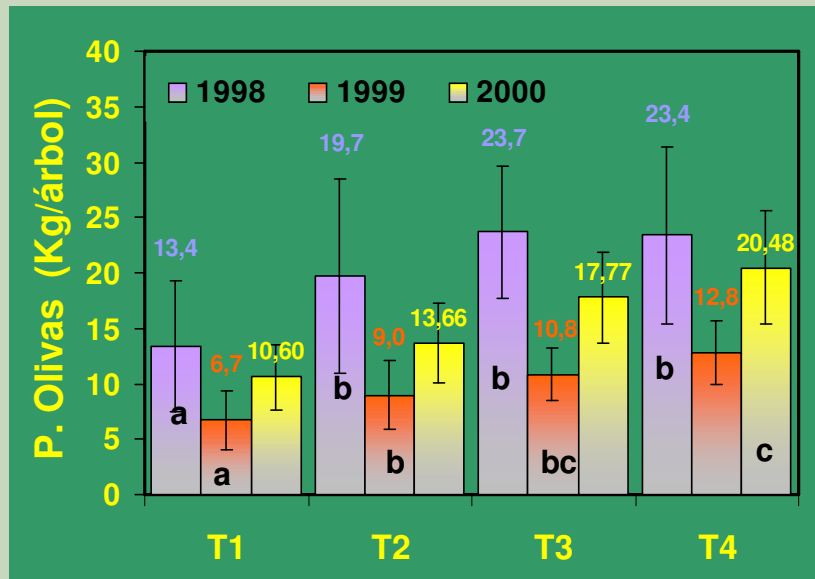
Fecha de recolección	T1	T2	T3	T4
4 noviembre 1998	109.8 a	143.6 b	159.5 b	176.6 b
17 noviembre 1998	110.8 a	141.5 ab	159.0 bc	175.8 c
14 diciembre 1998	104.8 a	129.7 ab	150.6 bc	161.0 c
4 noviembre 1999	145.2 a	144.9 a	149.2 a	148.8 a
17 noviembre 1999	138.7 a	139.5 a	138.2 a	136.2 a
3 diciembre 1999	118.4 a	113.0 a	118.6 a	115.3 a



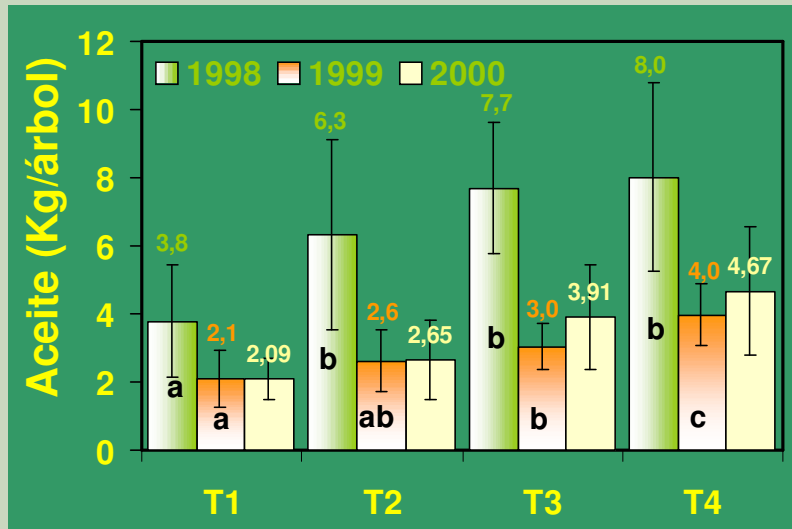
Tamaño de los frutos en 1998



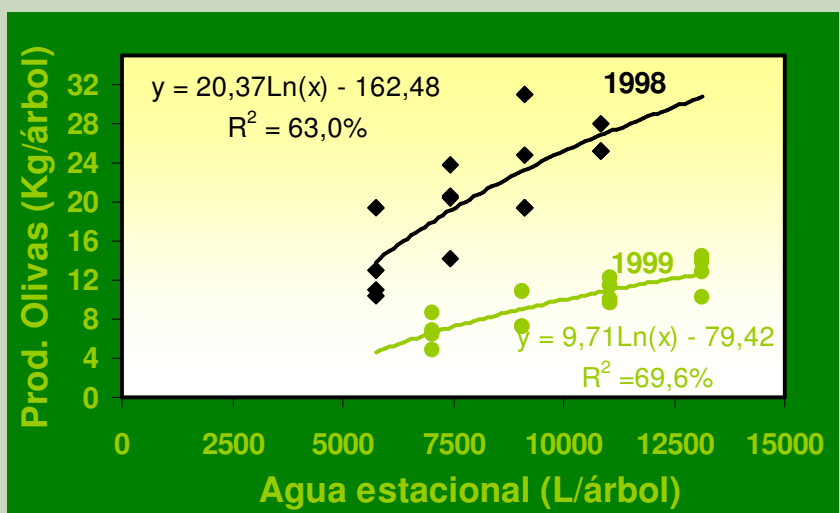
Producción de olivas



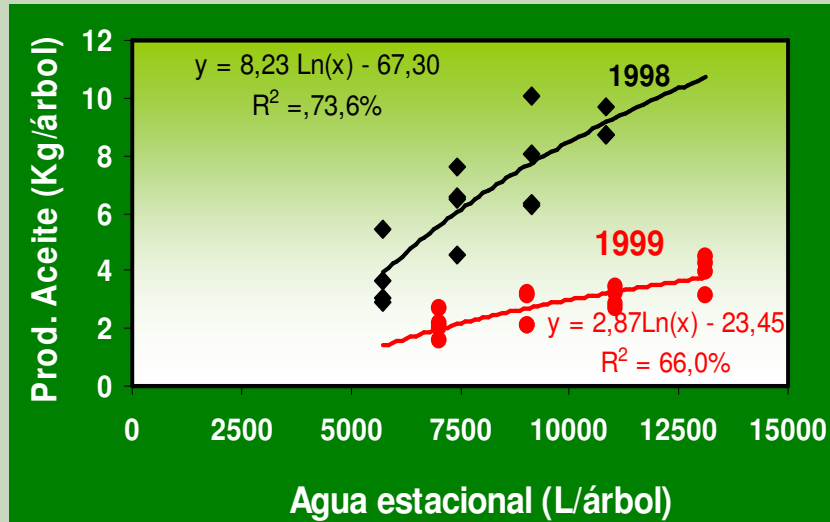
Producción de aceite



Función de producción: olivas



Función de producción: aceite

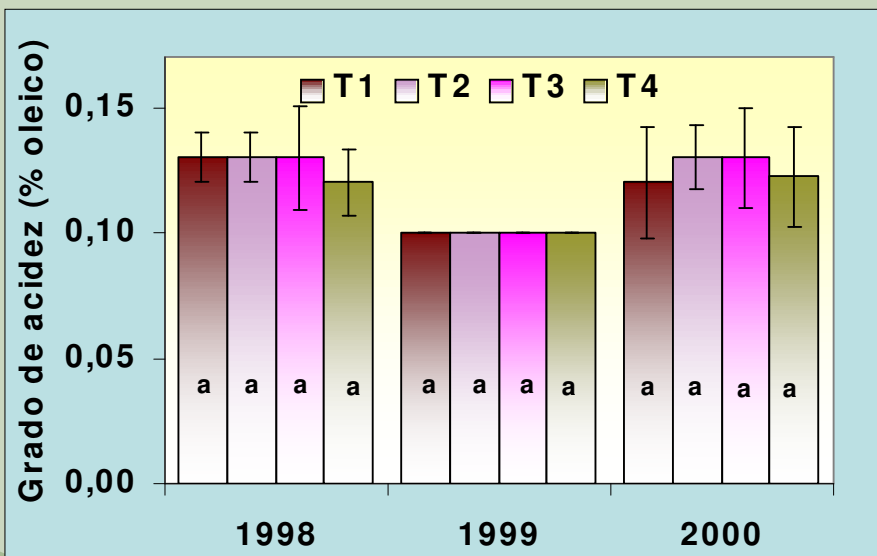


Extracción del aceite por el método Abencor

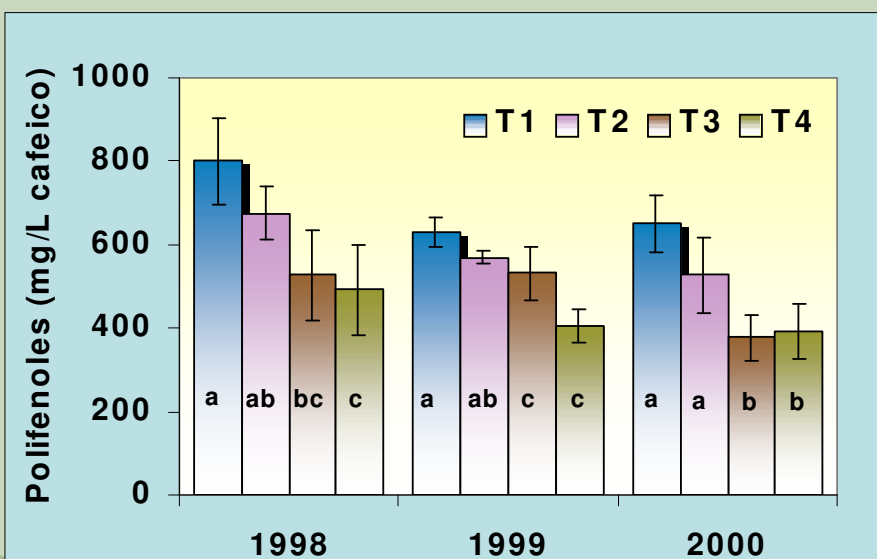
- Extracción de una cantidad suficiente de aceite para poder realizar los análisis químicos y sensoriales (muestras de unos 2 Kg/olivo).
- No se necesita la utilización de ningún producto químico que altere la calidad del aceite.)
- Metodología recomendada por la almazara experimental del Instituto de la Grasa (Sevilla).



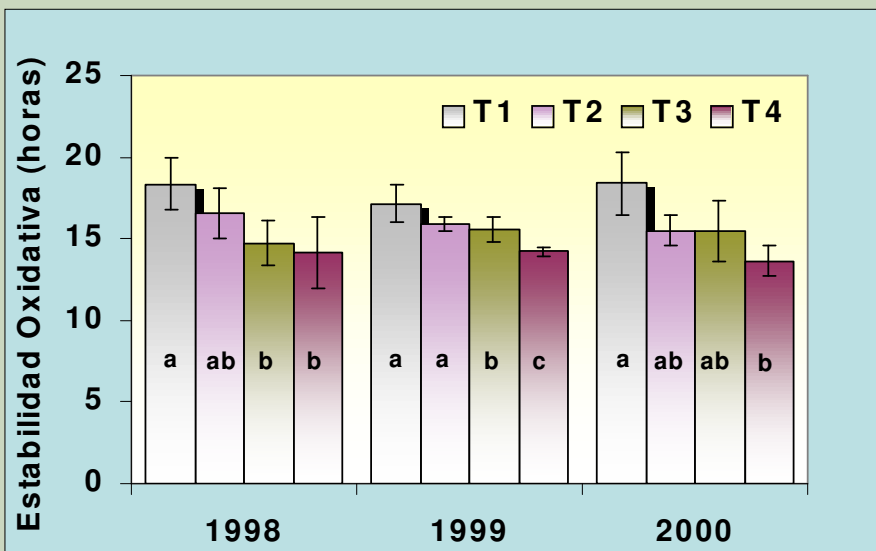
Grado de acidez



Polifenoles



Estabilidad



Valoración organoléptica

Atributos negativos

Todos los aceites sin defectos (puntuación 0) . Todos los aceites se clasifican como "VIRGEN EXTRA"

Atributos positivos

No hubo efecto del riego en la valoración de atributos positivos *Frutado*, *Manzana* y ***Verde***.

Efecto del riego en atributos

Atributos positivos

Hubo efecto del riego en la valoración de atributos positivos *Amargo*, *Picante*, *Astringente* y *Dulce*.

Tratam.	<i>Amargo</i>	<i>Picante</i>	<i>Astringente</i>	<i>Dulce</i>
T1	2,89 a	2,51 a	2,24 a	1,32 a
T2	2,73 a	2,52 a	2,26 a	1,41 ab
T3	2,65 a	2,49 a	2,06 a	1,47 ab
T4	2,03 b	2,00 b	1,66 b	1,70 b



Resumen final

- El riego retrasó maduración de la oliva.
- En 1998 el riego aumentó el peso del fruto (54%). En 1999 no se detectaron diferencias significativas en el tamaño del fruto debido a la menor carga del árbol.
- El riego aumentó la producción de olivas y de aceite.
- Se encontró una relación de tipo logarítmico entre la producción de oliva y aceite frente al agua aplicada en riego y precipitación.
- El riego no afectó al grado de acidez. El contenido de polifenoles y la estabilidad oxidativa del aceite disminuyeron al incrementarse el riego.



Resumen final

- En ninguno de los tratamientos se detectó intensidad en atributos negativos.
- El riego no afectó a los atributos Frutado, Verde y Manzana.
- El aceite del tratamiento más regado (100% ETC) fue menos Amargo, Picante y Astringente que en el resto de demás tratamientos. Por el contrario, el atributo Dulce aumentó al incrementarse el riego.
- Los aceites de todos los tratamientos se catalogaron como aceites de oliva de calidad "VIRGEN EXTRA"

