

Se han comparado dos tratamientos de riego deficitario, uno controlado y otro de baja frecuencia

Implicaciones agronómicas del riego deficitario en el almendro en el Valle del Guadalquivir

La conservación y gestión sostenible de los recursos suelo y agua constituye uno de los mayores retos de los sistemas agrícolas. Este trabajo recoge los resultados más relevantes referidos a los efectos agronómicos del déficit hídrico en una parcela de almendros

adultos Guara de once años de edad localizada en la vega del Guadalquivir. En este sentido se definieron dos estrategias de riego deficitario: un tratamiento de riego deficitario controlado (RDC) y un tratamiento de riego deficitario de baja frecuencia (RDBF).

I. García-Tejero, L. M. Vélez, A. Hernández, J. García, A. Salguero, V. H. Durán, y J. L. Muriel.

Centro IFAPA Las Torres-Tomejil. Alcalá del Río (Sevilla).

La implantación de regadíos en zonas agrícolas tradicionalmente de secano supone una gran alternativa y posibilidad para mejorar la productividad y viabilidad de numerosas explotaciones agrícolas, además de poner en marcha otras nuevas en terrenos no explotados. Para ello, el factor limitante es la disponibilidad de los suficientes recursos hídricos que puedan satisfacer la demanda de los cultivos existentes.

El almendro ha sido un cultivo tradicionalmente asociado a zonas marginales de secano, y aún siendo una especie altamente tolerante a la sequía, cultivado en buenas condiciones de dotación hídrica ofrece una alta rentabilidad económica, mejorando de forma significativa los índices productivos de dicho cultivo (Vargas, A., 2010). En este sentido, destacan los estudios llevados a cabo en el Valle de San Joaquín (California, EE.UU.), donde se pueden llegar a realizar incluso aplicaciones de riego por encima de los 12.000 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Micke y Kester, 1978).

Además de las ventajas económicas que conlleva la puesta en marcha de este cultivo en condiciones de riego, hay que destacar su bonanza en cuanto al alto grado de mecanización que puede llegar a soportar, además de las escasas exigencias en cuanto a las condi-

ciones edafoclimáticas exigidas para su correcto desarrollo. En este sentido, el cultivo del almendro prefiere suelos profundos, fértiles y de consistencia media, preferiblemente con buenas condiciones de drenaje que eviten situaciones de encharcamientos acumulados.



En cuanto a las exigencias de clima, prefiere las zonas templadas, con poco riesgo de heladas durante la floración y el cuajado, y de precipitaciones medias en torno a los 400-600 mm año⁻¹.

El hecho de que este cultivo haya estado asociado en numerosas ocasiones a situaciones extremas de estrés hídrico, siendo cultivados en muchas áreas en condiciones de sequía, le ha aportado una excelente adaptabilidad a diferentes situaciones de disponibilidad hídrica (Castel y Fereres, 1982; Marsal y col., 1997), además de mejorar significativamente su capacidad productiva y la calidad del fruto cuando éste es cultivado en condiciones no limitantes de agua (Girona y col., 2005; Goldhamer y col., 2006; Nanos y col., 2002), con producciones de hasta diez veces por encima de las obtenidas en condiciones de sequía.

Si bien es cierto que su adaptación a condiciones no limitantes de agua está de sobra contrastada, la disponibilidad de agua de riego va a ser uno de los factores más limitantes si se quiere incrementar la productividad del almendro en condiciones de regadío. En este sentido, el riego deficitario controlado supone una alternativa viable y que permite en numerosas ocasiones mantener unos niveles de producción aceptables, similares a los que se obtengan en situaciones no limitantes de agua, y que indudablemente mejoran las obtenidas en condiciones de sequía (Girona y col., 1993; 1994; Romero y col., 2004; Goldhamer y col., 2006).

Por último, este tipo de estrategias en algunos casos pueden mejorar no solo la eficiencia del uso del agua, sino la capacidad de respuesta de este cultivo a enfermedades de tipo fúngico relacionadas con el exceso de agua y temperaturas suaves. En este sentido, variedades como Guara son extremadamente sensibles a este tipo de situaciones, lo que puede llegar a provocar efectos negativos en la producción, aún cuando los aportes hídricos recibidos estén acorde con la demanda evapotranspirativa del mismo (**foto 1**).

Este trabajo recoge los resultados más relevantes en cuanto a la respuesta productiva del cultivo del almendro a dos estrategias diferentes de riego deficitario, haciendo especial hincapié en los incrementos en la productividad del agua, el aprovechamiento racional de los recursos hídricos disponibles y la viabilidad a largo plazo de este tipo de estrategias.

Las principales diferencias en el contenido de humedad del suelo se localizaron

en los primeros 30 cm del perfil, especialmente en el tratamiento RDBF, el cual evidenció los procesos de restricción con descensos importantes en los contenidos de humedad del suelo, y recuperaciones puntuales, coincidiendo con los momentos de riego. Por otra parte, pudo observarse la ausencia casi total de diferencias entre el tratamiento RDC-50 y el control



Foto 1. Este tipo de estrategias pueden mejorar la eficiencia del uso del agua y la capacidad de respuesta a enfermedades de tipo fúngico relacionadas con el exceso de agua y temperaturas suaves.

Material y métodos

Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en una parcela de almendros adultos (*Prunus dulcis* Mill. D.A. Webb cv. Guara) de once años de edad, localizada en la vega del Guadalquivir (37° 30' 47" N; 5° 58' 2" O), a 100 m del cauce natural del río. El marco de plantación es de 7 x 6 m, con riego por goteo mediante dos ramales con emisores auto-compensantes de caudal 4 l h⁻¹.

El suelo de la parcela experimental es franco arcilloso, con una profundidad superior a los 2,5 m, fértil, con bajo contenido en materia orgánica (< 1,5%), y capacidad de retención de agua disponible de 0,17 m³ m⁻³. La mayoría de las raíces se localizan principalmente en los primeros 50 cm del suelo, si bien éstas se extienden inclu-

so por debajo del metro de profundidad. La climatología de la zona es típicamente mediterránea con una evapotranspiración potencial media de 1.200 mm, y una precipitación anual acumulada de 550 mm, distribuyéndose dichas precipitaciones principalmente entre los meses de octubre a abril; lo que genera un déficit potencial acumulado de aproximadamente 700 mm anuales.

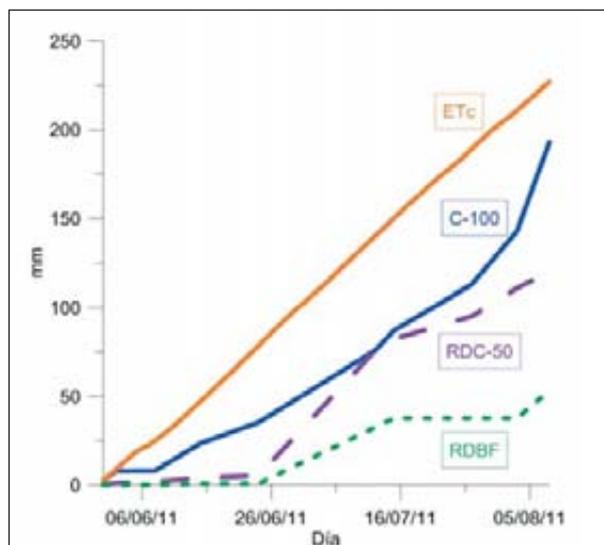
Se estudiaron dos tratamientos de riego deficitario bien diferenciados:

- Por una parte, un tratamiento de riego deficitario controlado (RDC-50) el cual recibió el 100% de la ETc durante toda la campaña de riego, excepto durante el periodo de llenado de grano en el cual se aplicaron recortes del 50% sobre las necesidades hídricas totales del cultivo.

- Por otra parte, se puso a prueba un trata-

FIGURA 1

Dotaciones hídricas y evapotranspiración acumuladas durante el periodo de ensayo.



ETC, evapotranspiración del cultivo; C-100, tratamiento control regado al 100% de la ETC; RDC-50, riego deficitario controlado, regado al 50% de la demanda del cultivo; RDBF, riego deficitario de baja frecuencia.

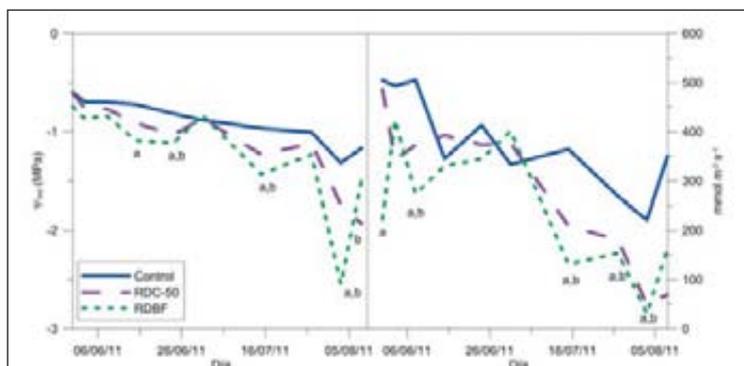
miento de riego deficitario de baja frecuencia (RDBF), el cual recibió el 100% de su demanda durante todo el periodo de riego, excepto durante la fase de llenado de grano, en la cual se le aplicó una restricción total del riego, recibiendo puntualmente aplicaciones de riego en aquellos momentos donde el cultivo alcanzaba umbrales de estrés significativamente elevados con respecto al control. Dichos umbrales de estrés fueron definidos a partir del potencial hídrico del tallo al mediodía (Ψ_{md}). De esta forma, cuando se alcanzaban valores significativamente inferiores a los detectados en el tratamiento control, se aplicaban riegos a demanda, en el mismo momento y con la misma frecuencia y duración que en el tratamiento control. Una vez que los valores de Ψ_{md} del tratamiento RDBF se igualaban con los obtenidos en el tratamiento control, éste volvía a ser sometido a un nuevo ciclo de restricción, hasta volver a alcanzar un nuevo umbral de estrés.

Mediciones de campo

Se realizó un seguimiento del potencial hídrico del tallo al mediodía, usando para ello una cámara de presión tipo Scholander, modelo PMS. Dichas medidas se realizaron en hojas que habían sido previamente tapadas 30 minutos antes de la medición, tomando seis repeticiones por

FIGURA 2

Evolución temporal del potencial hídrico del cultivo (izquierda) y la conductancia estomática (derecha).



a y b reflejan la existencia de diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos RDC-50 y el RDBF respectivamente.

tratamiento (foto 2).

Del mismo modo y con la misma periodicidad, se realizaron medidas discretas de la conductancia estomática, usando para ello un podómetro de medida en dinámico mo-

dulo AP4 de Delta-T (foto 2).

Al igual que las medidas anteriormente citadas, se realizó un seguimiento de la temperatura foliar y la actividad fotosintética en los diferentes tratamientos de riego estudiados, usando para ello un termómetro de infrarrojos (Raytek, MX) y un medidor de actividad fotosintética (Photosynthesis system CI-340, CID), respectivamente (foto 2).

Adicionalmente se realizaron medidas discretas del contenido de humedad del suelo a diferentes profundidades (10, 20, 30, 60 y 100 cm), usando para ello una sonda tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry) modelo PR2 de Delta-T.

En cuanto a los datos finales de producción, se realizó manualmente la cosecha de los diferentes tratamientos estudiados, en siete repeticiones por tratamiento, controlando además del peso de la almendra en cada uno de ellos, el porcentaje de peso de pipa con respecto al de almendra con cáscara.

Resultados y discusión

Los aportes hídricos recibidos durante el periodo de estudio (31 de mayo hasta recolección) por cada uno de los tratamientos estuvieron acorde con los diseños inicialmente

planteados (figura 1). En este sentido, si bien es cierto que el tratamiento control recibió en torno a 20 mm por debajo de la ETC, estas diferencias fueron suplidas por las reservas hídricas del suelo. Con respecto al tratamiento RDC-50, éste recibió aproximadamente un 40% menos de la cantidad aportada por el tratamiento control, correspondiéndose con el 50% de la demanda evapotranspirativa del cultivo. Finalmente, el tratamiento RDBF registró dos periodos de restricción: el primero de ellos desde el 31 de mayo al 24 de junio, mientras que el segundo abarcó desde el 15 de julio al 3 de agosto; con tan solo dos periodos de riego, en el cual éste fue regado a demanda, y que permitieron recuperaciones parciales de los registros fisiológicos medidos.

Potencial hídrico y conductancia estomática

En cuanto a la evolución de los parámetros fisiológicos estudiados, éstos mantuvieron unos comportamientos bien definidos en cuanto a las dotaciones hídricas aportadas en cada uno de ellos.

En este sentido, tanto el potencial hídrico como la conductancia estomática en los dos tratamientos deficitarios registraron diferencias significativas con respecto al tratamiento control, siendo éstas especialmente relevantes en el tratamiento RDBF coincidiendo con los periodos de restricción.

También, en este mismo tratamiento pudieron observarse recuperaciones parciales de ambas variables fisiológicas en los momentos



Foto 2. Medidor de conductancia estomática (A), termómetro de infrarrojos (B), actividad fotosintética (C) y potencial hídrico (D).

en los que se aplicaron los riegos a demanda (figura 2). Con respecto al tratamiento RDC-50, estas diferencias fueron menos patentes en las primeras fases del periodo de llenado de grano, aumentando principalmente al final del periodo de estudio. Esta situación puede explicarse bien por la capacidad inherente de dicho cultivo a adaptarse a situaciones de sequía moderada, o bien por la propia situación de la parcela experimental, que se encuentra a escasos metros del cauce del río Guadalquivir y por ende, con un nivel freático relativamente accesible al sistema radicular.

Actividad fotosintética y temperatura del cultivo

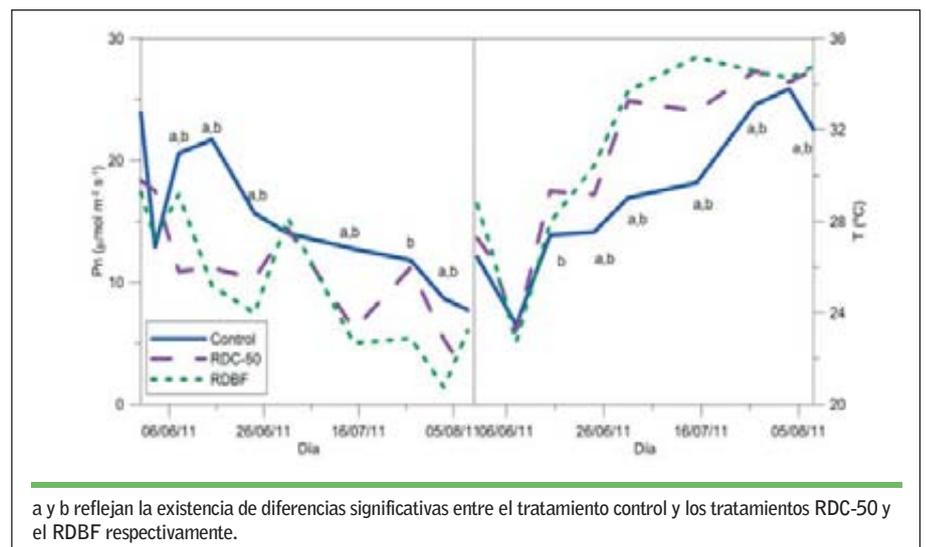
En cuanto a la variación temporal tanto de la actividad fotosintética del cultivo como de la temperatura del mismo (figura 3), éstas siguieron comportamientos similares a los observados en el potencial hídrico y la conductancia estomática. Cabe destacar en todo caso la detección de diferencias significativas con una mayor anterioridad a la observada en las variables anteriores.

En este sentido, García-Tejero y col. (2011) evidenciaron una mayor sensibilidad en las variaciones de la temperatura del cultivo

vo como respuesta a una situación de déficit hídrico, en contraposición a otras variables tradicionalmente más estudiadas como es el ca-

FIGURA 3

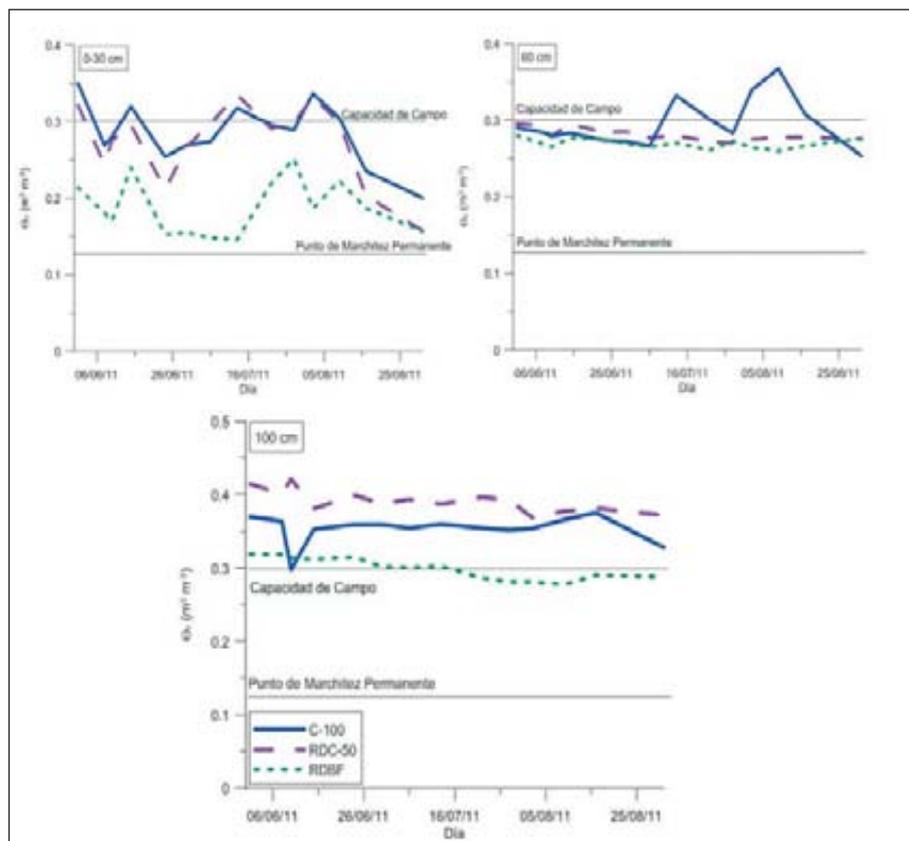
Evolución temporal de la fotosíntesis neta (izquierda) y la temperatura del cultivo (derecha) en los tratamientos ensayados.



a y b reflejan la existencia de diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos RDC-50 y el RDBF respectivamente.

FIGURA 4

Evolución de los contenidos de humedad en los tratamientos ensayados a distintas profundidades.

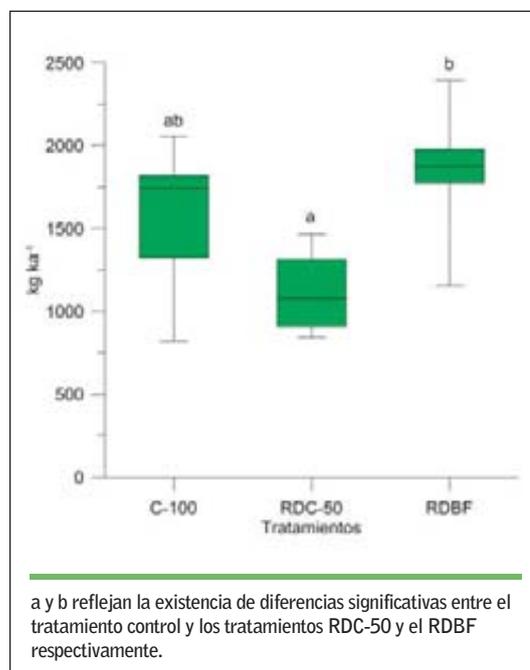


so del potencial o la conductancia estomática. Al igual que pudo observarse en el caso de las variables anteriores, el tratamiento RDC-50 mostró diferencias significativas con el tratamiento control algo después que el tratamiento RDBF, pudiendo ser las causas anteriormente expuestas una explicación a dicho retardo. A pesar de ello, la mayor sensibilidad de estos parámetros a evidenciar situaciones de déficit hídrico, provocó que éstas se hicieran patentes con una mayor celeridad que en caso del potencial y la conductancia.

Con respecto al tratamiento de riego deficitario de baja frecuencia (RDBF) se pudo observar cómo en los periodos de riego, se producían incrementos significativos de la actividad fotosintética, igualándose con los valores registrados en el tratamiento control, además de descensos importantes en la temperatura de la copa del cultivo.

FIGURA 5

Datos finales de producción en los tratamientos ensayados.



a y b reflejan la existencia de diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos RDC-50 y el RDBF respectivamente.

Seguimiento de la humedad en el suelo

Considerando la propia localización de la parcela (a escasos 100 m del cauce natural del río) y la propia capacidad de resistencia a la sequía del cultivo estudiado, se realizó un seguimiento de la humedad del perfil de suelo a distintas profundidades (figura 4). Así se pudo observar que las principales diferencias se localizaron en los primeros 30 cm del perfil, especialmente en el tratamiento RDBF, el cual evidenció los procesos de restricción con descensos importantes en los contenidos de humedad del suelo, y recuperaciones puntuales, coincidiendo con los momentos de riego. Por otra parte, pudo observarse la ausencia casi total de diferencias entre el tratamiento RDC-50 y el control (C-100), lo cual explica parcialmente el hecho de que no estuvieran del todo patentes los efectos del déficit hídrico en dicho tratamiento en las variables fisiológicas estudiadas.

Más interesante si cabe fueron los contenidos de humedad registrados en zonas más profundas del suelo (a 60 y 100 cm), evidenciando una ausencia de diferencias entre tratamientos, y manteniéndose en todos ellos unos valores de humedad cercanos o incluso superiores a capacidad de campo. Esta situación explica en gran parte el comportamiento moderado de los parámetros fisiológicos estudiados, los cuales si bien registraron diferencias en los momentos más críticos, éstas no estuvieron patentes durante la mayor parte de la fase de restricción hídrica.

Producción en los distintos tratamientos

Por último se estudiaron los efectos finales en producción de los diferentes tratamientos de riego ensayados (figura 5). Se pudo comprobar cómo, sorprendentemente, el tratamiento RDBF, con algo más de 1.800 kg ha⁻¹ mejoró significativamente los valores de producción observados en el tratamiento RDC-50, el cual registró unos valores de producción en torno a los 1.100 kg ha⁻¹, siendo además este tratamiento el que registró los valores de producción más bajos. En este sentido, el tratamiento C-100 registró valores intermedios de producción entre ambos tratamientos deficitarios, no existiendo diferencias significativas con ninguno de ellos. En cuanto al reparto porcentual del peso de la almendra limpia

y con cáscara, también pudieron observarse mejoras en el tratamiento RDBF, con una media del 40%, frente al 38% encontrado en el tratamiento control y deficitario. Estos datos en producción avalarían en principio los beneficios de la estrategia RDBF frente a otras más tradicionales como es el caso del riego deficitario controlado. Finalmente y a modo de apunte, se observó una mejora sustancial en cuanto a la susceptibilidad de dicho tratamiento al ataque de algunos patógenos fúngicos tales como *Monilia laxa*, *Clasterosporium carpophilum*, *Coryneum beyerinckii* o *Polystigma acchraceum*, que sí tuvieron una incidencia importante en los otros dos tratamientos considerados.

Además de esto, hay que considerar que no solo se consiguieron mejorar sustancialmente los datos de producción, sino que además, el ahorro de agua en esta estrategia ($1.700 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) fue sustancialmente mayor al conseguido en el tratamiento RDC-50 ($1.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), frente a los $2.300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aportados en el tratamiento control.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el riego deficitario de baja frecuencia se presenta como una alternativa viable y sostenible a la gestión de caudales limitados de agua en el cultivo del almendro en las condiciones agro-

nómicas del valle del Guadalquivir.

En cuanto a los parámetros fisiológicos estudiados, variables tales como la temperatura o la actividad fotosintética detectan con una mayor celeridad los efectos del riego deficitario frente a otras variables tradicionalmente más estudiadas, como es el caso del potencial hídrico o la conductancia estomática. ●

Bibliografía ▼

- Castel, J.R. and E. Fereres. 1982. Responses of young almond trees to two drought periods in the field. *J. Hortic. Sci.* 57:175-187.
- Girona, J., J. Marsal, M. Cohen, M. Mata and C. Miravete. 1993. Physiological growth and yield responses of almond (*Prunus dulcis* L.) to different irrigation regimes. *Acta Hortic.* 335:389-398.
- Girona, J., Mata, M., Marsal, J., Miravete, C., 1994. Efectos acumulados de 3 años de un riego deficitario controlado en almendro (*Prunus dulcis* L.). XII Jornadas Técnicas de Riegos. Pamplona, 1994. Comunicaciones. Anejo 1:1-8.
- Girona, J., Mata, M. and Marsal, J. 2005. Regulated deficit irrigation during the kernelfilling period and optimal irrigation rates in almond. *Agric. Water Manage.*, 75: 152-167.
- Goldhamer, D.A., Viveros, M., Salinas, M., 2006. Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. *Irrigation Science* 24:101-114.
- Marsal, J., Girona, J. and Mata, M. 1997. Leaf water relation parameters in almond compared to hazelnut trees during a deficit irrigation period. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 122(4): 582-587.
- Micke, W. y Kester D. 1978. Almond Orchard Management. Division of agricultural sciences. University of California.
- Nanos, G.D., Kazantzis, I., Kefalas, P., Petrakis, C., Stravoulakis, G.G., 2002. Irrigation and harvest time affect almond kernel quality and composition. *Scientia Horticulturae* 96:246-256.
- Romero, O., Botia, P. Garcia, F., 2004. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on water relations of mature almond trees. *Plant and Soil* 260:155-168.

desde

20.800

Euro

CON EQUIPAMIENTO STANDARD (IVA Y TRANSPORTE NO INCLUIDO)

TGF 7800S

PLUS

- BASTIDOR: ActioTM bastidor integral oscilante
- MOTOR: 71 CV - Cilindrada 3.300 cm³ - 16 válvulas
- PAR: potencia max (Nm/giri) 326/1600
- TRANSMISIÓN: Cambio sincronizado de 32 velocidades
- TOMA DE FUERZA: trasera, independiente 540/540E
- FRENOS: 4 frenos de disco en baño de aceite
- ECOLÓGICO: mínima emisión, mínimo consumo
- VELOCIDAD: homologada en carretera a 40 km/h



TGF 7800 Serie S es un tractor mono direccional de ruedas desiguales. El nuevo diseño, en línea con el family feeling de los tractores de gama alta de AC, contribuye tanto a la mejora de la estética como al confort operativo. TGF se distingue por tener un centro de gravedad bajo, que le confiere estabilidad y seguridad en pendientes y en terrenos escabrosos.

PARA MAYOR INFORMACIÓN
Red de agentes Antonio Carraro
iberica@antoniocarraro.com
Tel: 933 779 957

Promoción válida hasta el 30/07/2012 o fin de existencias para los concesionarios adheridos a la promoción.



Nº1 of compact tractors