

## DEL USO DEL AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS.

NOMBRE/S CONFERENCIANTE/S: Chalhaf I., López C., Playán E., Martínez-Cob, A. y Zapata N.

### Introducción y Objetivos

La agricultura se enfrenta al enorme desafío de producir casi un 50% más de alimentos en 2030 y de duplicar la producción para el año 2050. Estos objetivos probablemente deberán ser alcanzados con menos agua, principalmente debido a las crecientes presiones de la urbanización, la industrialización y el cambio climático (OCDE, 2010). La agricultura es también el principal usuario de otros recursos ambientales y naturales, y por lo tanto tiene un papel importante que desempeñar en la sostenibilidad del ecosistema global. En el caso de la fruticultura, las posibilidades de mejorar la productividad del agua disminuyendo el riego resultan en la actualidad importantes, gracias a la introducción de la técnica del riego deficitario controlado (RDC). Esta técnica fue introducida hace décadas (Chalmers et al., 1986), pero se halla en continuo desarrollo y tiene perspectivas de convertirse en una técnica de cultivo generalizada (Goldhamer et al., 1999; Fereres y Soriano, 2007; Marsal et al., 2008). El objetivo general del trabajo es recopilar y sistematizar recomendaciones sobre riego deficitario controlado que nos permitan diseñar estrategias de riego deficitario controlado para el cultivo del melocotón en distintas zonas productoras de España. Para ello se atenderá a los distintos ciclos productivos del melocotón y a la problemática del agua en cada zona.

### Material y Métodos

Se eligieron para este estudio las comunidades autónomas que tenían una producción superior a 30.000 toneladas y dentro de éstas, se eligieron las provincias que presentaban una superficie de melocotón en regadío superior a 500 ha. En total la superficie de estudio abarca 65.209 ha de melocotón en regadío y representan el 94,19% del regadío total de melocotón en España. Las estaciones meteorológicas seleccionadas en cada provincia productora se detallan en la Figura 1. Las estaciones agrometeorológicas pertenecen a dos redes, una de carácter estatal, red SIAR y otra de carácter autonómico, red RuralCat (Figura 1).

La determinación de la evolución de los valores del coeficiente de cultivo a lo largo del ciclo del melocotón y la delimitación de la época en la que se aplica el riego deficitario controlado requirió la estimación de la duración de las etapas de desarrollo del cultivo (Allen y otr., 1998) y la duración de las fases de crecimiento del fruto (Naor, 2006). Las fases de desarrollo del cultivo se utilizan para calcular las necesidades de riego mediante la metodología FAO56 (Allen y otr., 1998). La determinación de las fases de desarrollo del fruto permite establecer los momentos en los que se puede regar de forma deficitaria siguiendo las premisas del riego deficitario controlado (RDC).

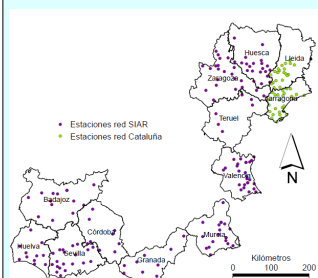
Los ciclos de cultivo del melocotón se han clasificado en extratemprano, temprano, medio y tardío. Finalmente, la variabilidad climática que se encuentra dentro de cada provincia puede hacer que los datos medios provinciales no sean representativos de una variedad en una determinada estación. Para poder dar salida a esta situación, se han calculado fechas fenológicas medias por ciclos y provincias, así como para cada una de las estaciones meteorológicas utilizadas.

La determinación de la fecha de los diferentes eventos fenológicos se realiza a partir del cálculo de la integral térmica acumulada (Marra et al., 2002; Mounzer et al., 2008). Los valores de GDD para el melocotón extratemprano se han obtenido de un trabajo realizado en Murcia (Mounzer et al., 2008) y para el resto de ciclos (temprano, medio y tardío) se han calculado los GDD de cada evento fenológico a partir de las fechas de fenología registradas en una finca comercial en Caspe (Zaragoza) a lo largo de dos años 2008 y 2009. Los datos de la finca incluían para cada una de las variedades de los diferentes ciclos de melocotón (una media de 10 variedades por ciclo) las fechas de las distintas fases de crecimiento vegetativo y de desarrollo del fruto. Los cálculos se iniciaron a partir de la fecha de floración usando como temperatura base 4°C (Mounzer et al., 2008).

Para la estimación de la evapotranspiración del melocotón bajo condiciones de riego deficitario controlado se aplicó un coeficiente reductor ( $K_{rDC}$ , J. Girona (2010, comunicación personal) propuso los valores de  $K_{rDC}$  que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Coeficientes de reducción ( $K_{rDC}$ ) propuestos por Girona (2010) en las fases FII, FIV1 y FIV2 del melocotón extratemprano, temprano, medio y tardío para suelos profundos y alta carga de frutos (SP-ACF), suelos profundos y baja carga de frutos (SP-BCF), suelos superficiales y alta carga de frutos (SS-ACF) y suelos superficiales y baja carga de frutos (SS-BCF).

Ciclos	Suelo/carga	FII	FIII	FIV 1	FIV 2
Extratemp.	SP-ACF	0,8-1,0	1,0	1,0	0,3-0,5
	SP-BCF	0,5-1,0	1,0	1,0	0,3-0,5
	SS-ACF	1,0	1,0	1,0-1,1	0,5-0,7
	SS-BCF	0,8-1,0	1,0	1,0	0,5-0,7
Temprano	SP-ACF	0,8-1,0	1,0	1,0	0,3-0,5
	SP-BCF	0,5-1,0	1,0	1,0	0,3-0,5
	SS-ACF	1,0	1,0	1,0-1,1	0,5-0,7
	SS-BCF	0,8-1,0	1,0	1,0	0,5-0,7
Medio	SP-ACF	0,8-1,0	0,0-0,5	1,0-1,3	0,0-0,3
	SP-BCF	0,5-1,0	0,0-0,5	1,0-1,3	0,0-0,3
	SS-ACF	1,0	0,4-0,7	1,0-1,1	0,2-0,5
	SS-BCF	0,8-1,0	0,4-0,5	1,0-1,1	0,2-0,5
Tardío	SP-ACF	0,8-1,0	0,0-0,5	1,3	0,0-0,5
	SP-BCF	0,5-1,0	0,0-0,5	1,0-1,3	0,0-0,5
	SS-ACF	1,0	0,4-0,7	1,0-1,1	0,5-0,7
	SS-BCF	0,8-1,0	0,4-0,5	1,0-1,1	0,5-0,7



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las estaciones agrometeorológicas de la red SIAR y de la red de Cataluña.

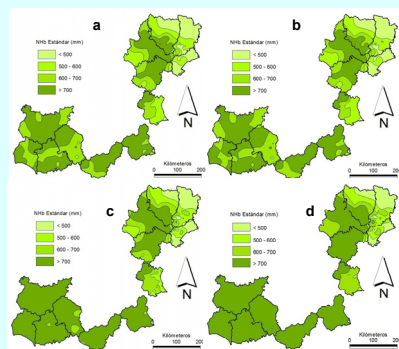
**Tabla 2.** Integral térmica acumulada desde la floración (GDD) correspondiente a los estadios fenológicos de desarrollo del fruto. Los resultados se presentan para los ciclos de melocotón extratemprano, temprano, medio y tardío.

Estadio fenológico	Extratemp. (GDD)	Temprano (GDD)	Medio (GDD)	Tardío (GDD)
Inicio endurecimiento	370	568	531	515
Hueso duro	450	671	1.004	1.406
Maduración	920	1.262	1.979	2.956
Caída de la hoja	3.862	3.547	3.511	3.494

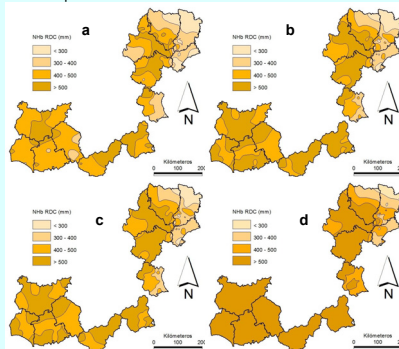
### Resultados y discusión.

En la Tabla 2 se presentan los valores de la integral térmica acumulada (GDD) de los estadios fenológicos: inicio de endurecimiento del hueso, hueso duro, maduración y caída de la hoja. Los datos se presentan para melocotón extratemprano, temprano, medio y tardío. Tal y como se comenta en el apartado material y métodos, los valores de la GDD están calculados desde la floración.

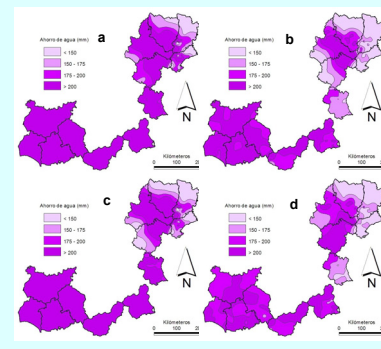
Con los valores de ET0 y los correspondientes coeficientes de cultivo se calcularon para cada estación meteorológica las necesidades de riego estándar, NhbEstandar, del melocotón. La Figura 2 presenta los mapas de variabilidad de las necesidades hídricas estándar para los cuatro ciclos de melocotón. En general, el reparto espacial de las necesidades hídricas brutas obedece al régimen de precipitación y a la evapotranspiración de referencia. Los ciclos tardíos de melocotón incrementan las necesidades hídricas brutas respecto a los ciclos tempranos.



**Figura 2.** Variabilidad espacial del promedio de las necesidades hídricas brutas estándar (NhbEstandar) del melocotón extratemprano (a), temprano (b), medio (c) y tardío (d) en las zonas productoras de melocotón en España.



**Figura 3.** Variabilidad espacial del promedio de las necesidades hídricas bajo RDC (NhbRDC) del melocotón extratemprano (a), temprano (b), medio (c) y tardío (d) en las zonas productoras de melocotón en España.



**Figura 4.** Variabilidad espacial del promedio de la conservación de agua de riego cuando se aplican estrategias de riego deficitario controlado en el melocotón extratemprano (a), temprano (b), medio (c) y tardío (d) en las zonas productoras de melocotón en España.

El promedio de las necesidades hídricas brutas RDC en la zona de estudio resultó ser de 438, 486, 482 y 582 mm para los ciclos extratemprano, temprano, medio y tardío del melocotón, respectivamente. Este promedio fluctuó entre 657 mm en Teruel para el ciclo tardío de melocotón y 307 mm en Tarragona para el ciclo extratemprano (Figura 3). La Figura 4 presenta la variabilidad espacial de la conservación de agua (mm) en cada uno de los ciclos de melocotón. El promedio de conservación de agua en toda la zona de estudio resultó ser de 212 mm. Este promedio varió entre 271 mm en Huelva y Sevilla para el ciclo extratemprano y 137 mm en Tarragona para el melocotón tardío. Con la metodología descrita en el trabajo se ha desarrollado un software para la programación del riego por goteo del melocotón en condiciones estándar y de riego deficitario controlado (RDC). El programa permite adaptarse a distintos escenarios de programación histórica, ex-ante y a tiempo real e incluso con limitaciones de agua disponible. El programador se conecta vía internet a las diferentes estaciones agrometeorológicas de la red SIAR y descarga de forma automática los datos meteorológicos seleccionados. Además, permite la incorporación de datos locales como son las fechas de eventos fenológicos relevantes del desarrollo vegetativo y del fruto del melocotón y los coeficientes de cultivo locales. El software programa los riegos en función de niveles de estrés orientado a optimizar los aspectos productivos de la plantación o a repartir un volumen de agua disponible de la forma más adecuada.

### Conclusiones

1. El establecimiento de las necesidades hídricas de los cultivos, especialmente de los coeficientes de cultivo y los niveles de estrés a aplicar bajo estrategias RDC, son datos que tienen mucha incertidumbre ya que deben de adaptarse a las condiciones locales de cada explotación (variedad, patrón, densidad de plantación, sistema de poda, carga de fruto, sistema y frecuencia de riego).
2. El establecimiento de las diferentes fases del cultivo y del fruto (necesarias para establecer los calendarios de riego estándar y bajo RDC) a través de la metodología de la integral térmica ha resultado muy satisfactorio.
3. El programador del riego por goteo del melocotón en condiciones estándar, RDC y bajo restricciones de agua, es una herramienta muy útil de planificación a escala de explotación y de zona regable.
4. La conservación de agua promedio en toda la zona de estudio y de los cuatro ciclos de melocotón estudiados asciende aproximadamente a 2000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

### Referencias

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma.  
 Fereres E and M. A. Soriano (2007). "Deficit irrigation for reducing agricultural water use." *Journal of Experimental Botany* 58(2): 147-159.  
 Goldhamer DA, Fereres E, Mata M, Girona J, Cohen M (1999). Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water stress monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124, 437-444.  
 Marra, F.P., Inglesse, P., DeJong, TM and Jhonson, R.S. (2002) Thermal time requirement and harvest time forecast for peach cultivars with different fruit development periods. *Proceedings of the 5th International Peach Symposium*. Vols 1 and 2: 523-529.  
 Marsal J, López G, Mata A, Girona J (2008). Recent advances in regulated deficit irrigation (RDI), in woody perennials and future perspectives. *Acta Hort* 792, 429-440.  
 Martínez-Cob, A. (2004). Revisión de las necesidades hídricas netas de los cultivos de la Cuenca del Ebro. *Confederación Hidrográfica del Ebro* (2004-PH-12.9).  
 Mounzer, O. R., Conejero, W., Nicolas, E., Abrisqueta, I., García-Orellana, Y. V., Tapia, L. M., Vera, J., Abrisqueta, J. M. and Ruiz-Sanchez, M. (2008). "Growth pattern and phenological stages of early-maturing peach trees under a Mediterranean climate." *Hortscience* 43(6): 1813-1818.  
 Naor A (2006). Irrigation scheduling of peach: Deficit irrigation at different phenological stages and water stress assessment. *Acta. Hort.* 713, 393-349  
 OECD (2010). Sustainable Management of Water Resources in Agriculture. OECD publishing, Organisation for Economic Cooperation and Development, France.

Organizadores:

Colaboradores:



Aqua España, Institut de l'Aigua, Universitat de Lleida, Universidad de Alcalá, IAH-AIH, AEF Bombas, AFRE, PTEA, AERYD, ICID-CERYD, AEDyR, IUACA, ETSIA-UPM, ANIA, Rideco, TRAGUA CONSOLIDER, IMDEA Agua CBB, CUADLL, Club del Agua Subterránea, AEUAS, FCIHS, IWRA