



IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA GESTIÓN DEL RIEGO EN PARCELA

Ferrer Alegre, F.¹, Cabot, O.¹, Domene, M.¹, Rodrigo, G.¹, Fonseca, F.^{1,2}

¹ LabFerrer – ECH₂O System®. www.ech2osystem.com. c/Ferran Catòlic, 3. 25.200 CERVERA (Lleida). Catalunya. Tel/Fax: 973532110. info@lab-ferrer.com

²IRTA-Lleida. Avda Rovira Roure, 191. 25.198 LLEIDA

Resumen

El presente trabajo describe una experiencia práctica en la programación de riegos en parcela con el fin de optimizar la eficiencia de la gestión del agua. El procedimiento de trabajo es el utilizado por el Sistema ECH₂O (www.ech2osystem.com) y se basa en establecer un Plan de Riego (estrategia) en base a la ET_o, K_c, Fenología del cultivo y CRAD real (calculada en base a la humedad del suelo monitorizada in situ). Posteriormente, los datos de la humedad del suelo registrados en continuo a lo largo de la campaña, permiten establecer la duración de los pulsos de riego más efectivos y realizar un seguimiento del agua almacenada en el perfil del suelo, del frente de humectación y del ritmo de absorción por parte de la planta. Finalmente, se pueden calcular unos indicadores de eficiencia en el uso del agua que servirán para evaluar la mejora o empeoramiento del manejo del riego en parcela. El explica el procedimiento seguido en una parcela comercial de manzana en la zona regable de Lleida durante el año 2010.

Abstract

This work describes how irrigation scheduling can be managed in the field and how some water management indicators can be calculated for improving on-farm water use efficiency. The procedure is explained as done by the practitioners and consultants grouped under the ECH₂O System name (www.ech2osystem.com), and it is based on establishing an Irrigation Plan (strategy) based on ET_o and k_c, crop phenology and real Total Soil Available Water (estimated from soil moisture data monitored in the field). Afterwards, soil moisture data is used along the season to establish the duration of the irrigation pulses, to monitor the water stored in the soil profile, detect the wetting front and follow the rate of water uptake by the roots. Finally, indicators of water use efficiency can be calculated and be used to assess the ease of on-farm irrigation management practices. The complete procedure is explained based on a commercial apple orchard field located in the irrigated area of Lleida.



1- Introducción y Objetivos

La mejora de las redes de distribución de agua y la inversión en modernos sistemas de riego no asegura que se realice un uso eficiente del agua en finca. O lo que es lo mismo: echar agua no es regar. Con una profesionalización de la gestión del agua se pueden conseguir mejoras en la producción y la calidad, rentabilizar parcelas situadas en suelos marginales (ej.: salinidad), reducir la factura de la luz, alargar la campaña de riego, ahorrar agua, racionalizar el uso de fertilizantes y reducir el impacto ambiental. El técnico de finca deberá tomar decisiones que tiendan a una gestión sostenible del agua a nivel de parcela, mediante una planificación (estrategia) y disponiendo de herramientas de apoyo prácticas que le guíen durante el ciclo de cultivo (táctica). Es necesario llegar a un compromiso entre comprender la complejidad del funcionamiento del sistema productivo y simplificar lo suficiente para poder llegar a implementar acciones integrables el funcionamiento de la red de distribución de agua y en el día a día de la explotación. Finalmente, la información recogida y elaborada debe ser transformable en informes que justifiquen claramente el cumplimiento de directrices ambientales (ej.: DMA) y que sirvan de indicadores comparativos de la utilización sostenible del agua a nivel de parcela.

El presente trabajo describe la metodología empleada por los técnicos de una finca real situada en la zona regable de Lleida y muestra cómo implementar la información recogida a lo largo de la campaña de riego en forma de una herramienta práctica. Partiendo de un calendario de riego promedio, ajustado a la fenología y al sistema del cultivo y a las necesidades hídricas semanales (calculadas a partir de la ETo), se van ajustando los riegos (cantidad y frecuencia) en base a sondas capacitivas de humedad del suelo situadas en la zona del bulbo húmedo. Dicha información se complementa con los registros de los riegos efectuados y del volumen de agua consumida.

2- Materiales y Métodos

Para ejemplificar la implementación de acciones orientadas a la mejora de la eficiencia de riego en finca, se utilizó un sector de riego de 1,75ha (dentro de una finca comercial de 4ha), plantado con manzana Golden Reinders® sobre portainjerto M-9, situada en el término de Vilasana (Canal d'Urgell, Lleida – E. Valle del Ebro). El marco de plantación fue de 1x3,8m (2.632 árboles ha⁻¹) en eje central. La finca riega a partir de una balsa que se llena por gravedad desde el canal y desde el cual se bombea (bomba de gasóleo) a los dos sectores de riego de la finca. El sistema de riego es por goteo (Caudal Nominal: 4 L h⁻¹, Caudal real: 3,6 L h⁻¹, separación entre goteros: 70cm). El suelo está formado sobre una terraza de un cono de deyección, con un horizonte petrocálcico permeable a partir de los 50cm. La textura del suelo es Franca, con un 20% vol. de elementos gruesos. LA velocidad de infiltración es de 20 a 35 mm h⁻¹, el drenaje rápido no limitante y la CRAD es muy baja (8mm por cada 10cm y 34mm para la zona radicular efectiva, 0-50cm). No hay salinidad en el suelo y la Conductividad Eléctrica del agua de riego es de 0,4 dS m⁻¹ de promedio. La finca dispone de un programador de riego de la marca S.E. Progrés SA (www.progres.es, Agronic 2000).

Para establecer los pilares básicos de la programación de riegos de la finca es necesario implementar, como mínimo, un Plan e Riego y un Punto de Control con sondas de humedad del suelo. Para el presente trabajo se han tomado los datos de la campaña 2010, en el cual la plantación ha comenzado la plena producción.



Calendario promedio de riegos o Plan de Riego

Se construyó un calendario semanal dónde se calculan las necesidades hídricas (NH_n) o de riego netas (mm semana^{-1}), a partir de:

- Fenología del cultivo y crecimiento del dosel vegetal y de fruto: fechas promedio obtenidas a partir de observaciones de campo
- Evapotranspiración de referencia (ET_o): calculado por la XAC (red de estaciones automáticas de la Generalitat de Catalunya) a partir de los datos de la estación “El Poal”. Se calculó a ET_o acumulada promedio para cada semana del año, en base a una serie temporal de 16 años (1990 – 2006).
- Evapotranspiración del cultivo (ET_c): valores acumulados semanales calculados a partir de $kc \cdot ET_o$. Los valores kc semanales se obtuvieron de información local.
- Pluviometría (P): a partir de los datos de la XAC d’ “El Poal”, en base a una serie temporal de 16 años (1990 – 2006).

y calculadas como:

$$NH_n = ET_c - P, \text{ donde } P \text{ es la pluviometría real (P).}$$

El siguiente paso fue establecer el tiempo del Pulso de Riego Mínimo (PRM) y del Pulso de Riego Máximo (PRX). El PRM equivale al tiempo que el sector de riego necesita para que todos los goteros estén aplicando el mismo caudal (dentro de un margen aceptado de uniformidad). Si no se cumple este último requisito, las recomendaciones de riego pueden generar zonas donde se aplique más o menos cantidad de agua y, a la larga, crear heterogeneidad dentro del sector de riego y complicar el manejo. El PRX es el tiempo de riego que aporta el volumen de agua que el suelo es capaz de almacenar sin que se genere un drenaje excesivo y a una profundidad especificada (50cm, para la parcela). El PRX se determina observando la evolución de la humedad del suelo partiendo de condiciones secas y al aplicar un riego. El PRX será el tiempo que se necesita regar para que el frente de humectación llegue al límite inferior de la zona radicular.

El Pulso de Riego que se utilizará por defecto durante la campaña de riego será el PRX (si $PRM < PRX$) y el PRM si ($PRM > PRX$).

Punto de Control con sondas de humedad del suelo

El Punto de Control (PC) se instaló en la finca en el año 2007 y consta de un datalogger Em50 con cinco canales (Decagon Devices, Pullman, WA, USA) dónde se conectan 3 sondas capacitivas de humedad (Sondas ECH₂O, Modelo 10HS, Decagon devices) a 15, 30 y 45cm de profundidad, junto con un caudalímetro empalmado a la tubería de riego. Paralelamente, se dispuso de un punto de control complementario con un pluviómetro y un sensor de temperatura y humedad del aire. Las sondas capacitivas de humedad (Modelo 10HS, Decagon devices inc, Pullman, WA, USA) responden a cambios de la constante dieléctrica del medio, que mediante una función de calibración calcula la humedad volumétrica del suelo ($\text{m}^3 \text{ agua m}^{-3} \text{ suelo}$). El tiempo de registró se estableció en 15min.



3- Resultados y Discusión

Calendario promedio de riegos o Plan de Riego

La Tabla 1 muestra el calendario promedio de las necesidades de riego netas calculadas en base a observaciones de campo y datos promedio (Serie de datos 1990-2006 de la estación XAC de "El Poal").

Tabla1. Necesidades de riego netas calculadas en base a observaciones de campo y datos promedio (Serie de datos 1990-2006 de la estación XAC de "El Poal").

Semana (s)	Fecha	Estado cultivo	K _c	ET _o (mm s ⁻¹)	ET _c (mm s ⁻¹)	P (mm s ⁻¹)	NH _n (mm s ⁻¹)
10	8-14 marzo	Reps. invern.	0,25	12	3	3	0
11	15-21 marzo	Borrón hinch.	0,35	14	5	3	2
12	22-28 marzo		0,35	15	5	7	-2
13	29 marzo- 4 abril	Floración	0,45	16	7	6	1
14	5-11 abril	Brot. hojas	0,45	18	8	8	0
15	12-18 abril		0,60	19	11	7	4
16	19-25 abril		0,75	20	12	7	5
17	26 abril- 2 mayo		0,75	22	17	12	5
18	3-9 mayo	Form. fruto	0,85	22	17	14	3
19	10-16 mayo		0,85	22	19	18	1
20	17-23 mayo		0,95	26	22	13	9
21	24 -30 mayo		0,95	28	27	4	23
22	31 mayo- 6 junio	25%crec. frut	0,95	29	28	8	20
23	7-13 junio	Aclareo fruto	0,95	29	28	9	19
24	14-20 junio		0,95	31	29	6	23
25	21-27 junio	50%crec. frut	1,05	32	30	3	27
26	28 junio- 4 julio	Dosel compl.	1,05	31	33	4	29
27	5-11 julio		1,05	32	34	3	31
28	12-18 julio		1,05	31	33	4	29
29	19-25 julio	75%crec. frut	1,05	32	34	2	32
30	26 julio-1 agosto		1,05	31	33	1	32
31	2-8 agosto		1,05	28	29	4	25
32	9-15 agosto		1,05	27	28	10	18
33	16-22 agosto		1,05	27	28	4	24
34	23-29 agosto		1,05	25	26	6	20
35	30 agosto- 5 sept		1,05	23	24	6	18
36	6-12 sept	Cosecha	1,05	21	22	8	14
37	13-19 sept		0,95	19	18	9	9
38	20-27 sept		0,95	16	15	16	-1
39	28 sept – 4 oct		0,80	15	12	11	1
40	5 -11 oct		0,80	14	11	7	4
41	12-18 oct		0,75	11	8	19	-11
42	19-25 oct		0,75	9	7	12	-5
43	26 oct – 1 nov	Caída hojas	0,50	8	4	11	-7
TOTAL				755	666	265	

Para la finca de manzano Golden Reinders® situada en Vilasana, se puede considerar la campaña de riego desde borrón hinchado hasta caída de hojas (34 semanas, 8 marzo a 1 noviembre), con valores de ET_o, ET_c y precipitación acumulados de 755mm, 666mm y 265mm, respectivamente. Entre borrón hinchado y cosecha, las necesidades netas de riego son positivas y por tanto será necesario aplicar riego. Hay que tener en cuenta que el Coeficiente de Variación interanual promedio (para el valor semanal acumulado) es de 21 y 148 para la ET_o y la Precipitación, respectivamente. Esto hecho indica que la variabilidad interanual de la lluvia es muy exagerada, teniendo en cuenta, además, que en el periodo de máxima necesidad de agua (semana 21 a 33, 24 mayo a 22 agosto) el volumen de agua aportado por la lluvia es mínimo. Por esta razón, a nivel de establecer las necesidades netas

de agua potenciales de la plantación, se consideró solamente la ETc.

Observando la evolución de la humedad del suelo registrado con las sondas, se determinó un PRX de 2h, que se asumió como el Pulso de riego a aplicar durante la campaña. Considerando el marco de plantación, la separación entre goteros y el caudal real, dos horas de riego equivalen a una dosis de 2,7mm de agua aplicadas en la zona mojada. Según las necesidades hídricas calculadas en la Tabla 1, estaríamos hablando de 1,1 (semana 10) a 12,6 (semana 27 y 29) riegos por semana, de promedio.

Campaña de riego 2010

La Figura 1 y 2 muestran de la ETc y el consumo real de agua durante la campaña de riego del año 2010 (valores semanales y valores acumulados).

Figura 2. Evolución de la ETc promedio (1990-2006), y ETc, agua de riego aplicada y pluviometría del año 2010 (Valores acumulados)

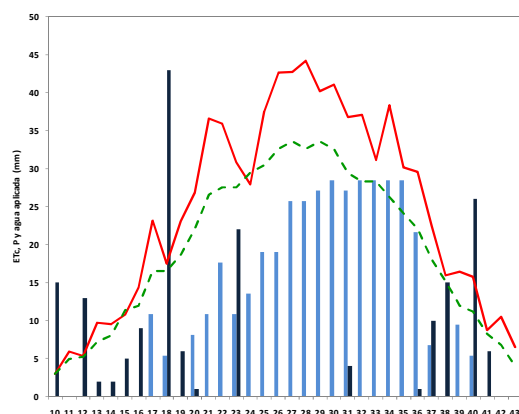


Figura 1. Evolución semanal de la ETc promedio (1990-2006), y ETc, agua de riego aplicada y pluviometría del año 2010 (Cosecha: semana 36)

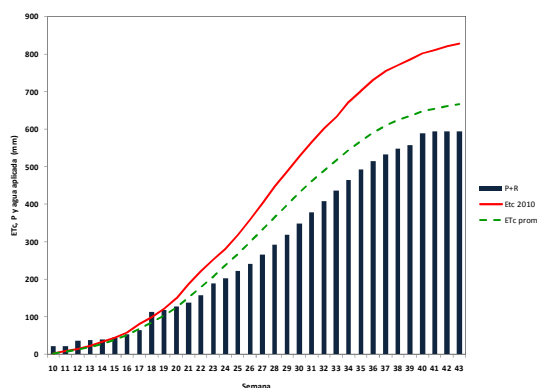


Figura 2. Evolución de la ETc promedio (1990-2006), y ETc, agua de riego aplicada y pluviometría del año 2010 (Valores acumulados)

El agricultor empezó a regar la semana 17 (26 abril), con pulsos de riegos de 2h y una frecuencia de 3-7 riegos por semana, hasta la semana 26. A partir de la semana 27 y hasta el momento de cosecha (5 julio 1 6 septiembre), el agricultor regó prácticamente siguiendo el mismo patrón, aplicando 3h de riego al día partidos en 1 riego de 2h (8:00h) y uno posterior de 1h (16:00h). Después de cosecha, prácticamente dejó de regar.

Tanto las Figuras 1 y 2 como la cantidad de pulsos de riego aplicados sugieren que el agricultor regó por debajo de las necesidades teóricas.

Si se observa la evolución de la humedad en el perfil del suelo (Figura 3), se puede observar que, excepto en las semana del 12 de mayo (s. 19) y del 14 de junio (s. 24) en las que hubo una avería en la bomba de riego, los niveles de humedad no descendieron y se mantuvieron de forma general por encima del 50% de la CRAD ($\theta_{cc} - \theta_{pmp}$). Los valores de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente se determinaron a partir de los datos de humedad observados en campo (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de la humedad del suelo a Capacidad de Campo (Límite Superior de humedad) y Punto de Marchitez Permanente (Límite Inferior de humedad), determinados a partir de los datos de humedad observados en campo.

Profundidad capa (cm)	Humedad suelo a CC (θ_{CC} , % m^3/m^3)	Humedad suelo a PMP (θ_{PMP} , % m^3/m^3)
0-15	27	14
15-30	33	25
30-45	34	27

En la Figura 3, se detecta que, aunque el suelo tiene una baja retención de humedad, a partir del 16 de junio la humedad del suelo en profundidad (15-30cm y 15-45cm) se mantuvo alrededor de Capacidad de Campo, y en general la evolución de la humedad del suelo en la zona mojada no hace creer que el riego fuera deficitario. A partir del 7 de julio se aplicó un riego extra de 1h, que evitó que la humedad en el horizonte superficial se mantuviera por encima del 50% de la CRAD.

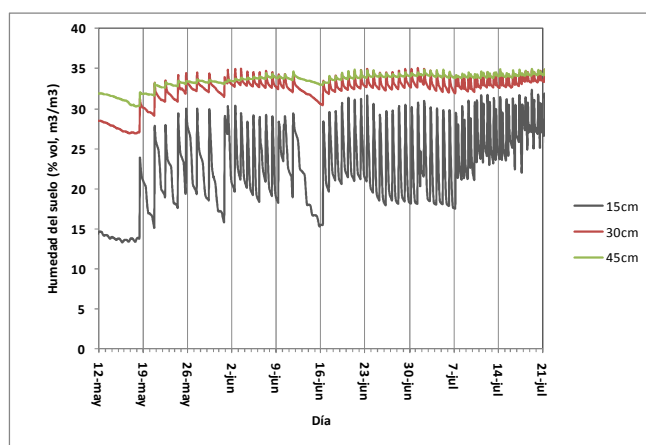


Figura 3. Evolución de la humedad en el perfil del suelo a partir de los registros de las sondas capacitivas. (12 mayo a 21 julio, 2010).

Indicadores de eficiencia

Se puede observar que la primavera y el otoño fueron lluviosos y que el verano fue seco y con una ETc superior a la del año promedio. En valores acumulados (2010), en caída de hoja los valores de ETc, agua de riego aplicada y pluviometría real fueron de 755mm, 406mm y 180mm, respectivamente. La cosecha comercial de la plantación fue de 58.000 kg ha⁻¹ (Manzana).

La relación Riego/ETc fue de 0,54 y la relación (Precip.+Riego)/ETc de 0,79. La productividad del agua de riego aplicada fue de 14,3 kg m⁻³.

Si el objetivo es realizar un benchmarking o comparativa entre años y parcelas, junto con los indicadores utilizados, habrá que considerar la CRAD real del suelo, condiciones limitantes del suelo (salinidad, infiltración y drenaje) y el Déficit de Presión de Vapor (DPV) promedio de la zona. Este último parámetro, afectará de forma importante la productividad del agua.



4- Conclusiones y Recomendaciones

Para programar el riego en una parcela con riego localizado es necesario monitorizar la humedad del suelo en la zona húmeda del bulbo. El registro en continuo de la humedad mediante sondas capacitivas tiene suficiente resolución temporal y espacial para poder fijar el pulso de riego máximo ajustándolo a la CRAD real de la zona radicular, indicar el frente de humectación de cada evento de riego o lluvia, y reflejar el ritmo de absorción de agua por parte del cultivo. De todos modos, es necesario tener un Plan de Riego para cada sector o unidad de manejo y tener valores estimativos de la ET_c para poder calcular indicadores de eficiencia de riego y poder contrastar los volúmenes de agua consumidos con la información que nos proporcionan las sondas. En situaciones restrictivas (salinidad, riego deficitario) o con problemas de degradación de suelos (baja infiltración, drenaje lento, entre otros) será necesario realizar medidas en campo complementarias para corregir y controlar los efectos negativos sobre el cultivo y el suelo. Finalmente, la medida de la humedad del suelo permitiría ajustar los valores de k_c a la realidad específica de cada parcela y saber cómo fraccionar las dosis netas de riego semanales para evitar períodos de déficit hídrico no deseados o riegos de duración excesiva que generan un exceso de drenaje.

5.- Agradecimientos

Al agricultor y su familia, al catedrático Josep Maria Villar del Dept.de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la Universitat de Lleida, Marc Gelly de VITEC y a Toni Baltiérrez (Ing. Agrónomo). A David Tous i Nati Iglesias de SAF SL (Lleida), Sébastien Guéry de Optieriego Consulting (Sevilla) y Agustín Ena de IG4 (Huelva).