



UN SERVICIO DE RECOMENDACIONES DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE LA FRESA BASADO EN EL PRONÓSTICO METEOROLÓGICO DE LA ET.

Gavilán, P.¹, Bohórquez, J.M.², Ruiz, N.², Lozano, D.⁴

¹ Investigador Titular. IFAPA Centro Alameda del Obispo, Apdo. 3092, 14080 Córdoba, pedrod.gavilan@juntadeandalucia.es

² Técnico Especialista Contratado. IFAPA Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092, 14080 Córdoba, juanm.bohorquez@juntadeandalucia.es

³ Técnica Especialista Contratada. IFAPA Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092, 14080 Córdoba, natividad.ruiz.baena@juntadeandalucia.es

⁴ Investigador contratado. IFAPA Centro Alameda del Obispo, Apdo. 3092, 14080 Córdoba, david.lozano@juntadeandalucia.es

Resumen

Dentro de las actividades que el Sistema de Asistencia al Regante (SAR) adscrito al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) realiza en el ámbito del regadío andaluz, se está trabajando para mejorar el uso y gestión del agua en el cultivo de la fresa. Uno de los objetivos es establecer una metodología para el cálculo de las necesidades de riego, que sea aplicable en las condiciones de cultivo existentes la provincia de Huelva. Este trabajo presenta un método sencillo para la realización de calendarios de riego diarios para el cultivo de la fresa en invernadero del tipo macrotúnel. Dicho método está basado en la estimación de la evapotranspiración del cultivo utilizando valores de evapotranspiración de referencia bajo plástico ($ET_{o\ inv}$) y coeficientes de cultivo. La $ET_{o\ inv}$ se ha estimado aplicando un modelo basado en la radiación solar, utilizando para ello las predicciones meteorológicas semanales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Posteriormente, se realiza semanalmente la comparación de los valores estimados a partir del pronóstico meteorológico con los obtenidos usando de los datos meteorológicos medidos, como un indicador de la calidad de la información suministrada al agricultor.

Abstract

The Institute of Agricultural and Fishery Research and Training (IFAPA in Spanish) is working to improve the management of water use in the strawberry crop. The objective of this work is to propose a methodology for estimating strawberry crop water requirements, which was applicable under growing conditions in the province of Huelva, in Southern Spain. This paper reports a simple method for performing daily irrigation schedules for strawberry crop under greenhouse. The method is based on estimating crop evapotranspiration using estimations of greenhouse reference evapotranspiration ($ET_{o\ green}$) and crop coefficients. The $ET_{o\ green}$ was estimated, using a model based on solar radiation inside the greenhouse, using the weekly meteorological forecast provided by the Spanish Meteorology Agency (AEMET in Spanish). The comparison between estimated values from weather forecasting and those obtained using meteorological measurements was made weekly, as a quality indicator of information provided to the farmers.

1- Introducción

España es el tercer mayor productor de fresas a nivel mundial. Se trata de un cultivo generador de alto valor añadido y empleo. Sin embargo, el hecho de que una de sus zonas importantes de cultivo esté situada en las inmediaciones del Parque Nacional de Doñana, el humedal protegido más importante de Europa, requiere la conciliación de la conservación del medio ambiente y esta actividad productiva.

A pesar del uso generalizado del riego localizado para el cultivo de la fresa en la provincia de Huelva, existe mucha incertidumbre sobre la eficiencia del mismo y sobre las dotaciones óptimas de agua para el riego. Estas dotaciones no tienen por qué suponer una merma de las producciones, y sí un ahorro de agua que favorezca la sostenibilidad del cultivo y su compatibilidad con el medio natural. Hasta hace muy pocos años la mayoría de los trabajos existentes sobre el riego de la fresa se habían realizado en California y Florida (EEUU), fundamentalmente con cultivo al aire libre (Clark y col., 1996; Grattan y col., 1998; Hanson y Bendixen, 2004; Trout y Gartung, 2004). Esta situación no coincide con la que se da actualmente en la provincia de Huelva, donde la práctica totalidad del cultivo se realiza bajo plástico con invernaderos del tipo macrotúnel (Figura 1). Además, la baja capacidad de almacenamiento de agua en los suelos arenosos predominantes en muchas zonas de cultivo (por ejemplo, en los municipios de Almonte y Moguer) hace necesaria una programación del riego a escala diaria. Por tanto, un conocimiento del riego a aplicar diariamente, en función de las condiciones meteorológicas futuras, se hace necesario como complemento de otras herramientas de manejo del riego, como puede ser el uso de sondas de humedad del suelo para controlar el riego.



Figura 1. Parcela con cultivo de fresa bajo macrotúnel en Moguer (Huelva). Vista exterior (izquierda) y vista interior (derecha).

Dentro de las actividades que el Sistema de Asistencia al Regante (SAR) adscrito al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) realiza en el ámbito del regadío andaluz, se está trabajando para mejorar el uso y gestión del agua en el cultivo de la fresa. El SAR ofrece recomendaciones de riego semanales para diferentes cultivos en Andalucía. Este es un servicio sujeto a un proceso de mejora continua. El cultivo de la fresa en Huelva presenta unas características especiales y es preciso mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo, por lo que se requiere aplicar riegos de alta frecuencia. Por todo ello, se ha considerado necesario realizar las recomendaciones de riego basadas en una predicción meteorológica objetiva como la proporcionada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que proporciona información, entre otros, sobre condiciones de nubosidad, probabilidad de lluvia, temperatura máxima y mínima, humedad relativa del aire y, además, dirección y velocidad del viento (Figura 2).

En definitiva, a partir de la información disponible en la bibliografía y con los resultados experimentales obtenidos en los trabajos previos realizados por el IFAPA, tanto de caracterización del cultivo como de ensayos en campo, se ha puesto a punto una metodología para elaborar las recomendaciones de riego del cultivo de la fresa en la provincia de Huelva. La primera fase de este trabajo se ha llevado a cabo en las condiciones de cultivo de la costa, en la zona de Almonte y Moguer.

Capital: Almonte (altitud: 75 m)
 Latitud: 37° 15' 45" N - Longitud: 8° 31' 2" O - Posición: [Ver localización](#) ▶
 Zona de avisos: Litoral de Huelva

Descargar XML de la predicción detallada de Almonte 

Fecha	mar 14		mié 15				jue 16		vie 17		sáb 18	dom 19	lun 20	
	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-12	12-24	0-12	12-24				
Estado del cielo														
Prob. precip.	25%	75%	60%	95%	90%	60%	75%	5%	0%	0%	5%	25%	5%	
Cota nieve prov. (m)														
Temp. mín./máx. (°C)	13 / 25				12 / 20				10 / 21		9 / 24	10 / 21	8 / 21	9 / 24
Sen. térm. mín./máx. (°C)	13 / 25				12 / 20				10 / 21		8 / 24	8 / 21	7 / 21	8 / 24
Hum. rel. mín./máx. (%)	45 / 100				60 / 100				50 / 100		45 / 95	40 / 70	35 / 80	40 / 85
Viento (km/h)	↑	↖	↖	↑	↑	↗	→	↗	↓	→	↘	↘	↙	
Racha máx. (km/h)	30	5	5	15	20	10	10	15	10	10	10	10	10	
Temp. (°C)	19	14	13	18	17	13								
Sen. térmica (°C)	19	14	13	18	17	13								
Humedad relativa (%)	65	100	100	80	75	100								
Índice UV máximo	6				5				6		6	6		
Avisos Litoral de Huelva														
	Sin Riesgo ▶				Sin Riesgo ▶		Sin Riesgo ▶							

Figura 2. Ejemplo de predicción meteorológica semanal proporcionada en su página Web por la Agencia Estatal de Meteorología para el municipio de Almonte, en la provincia de Huelva.

2- Necesidades de agua del cultivo

El método más usual para estimar la evapotranspiración de los cultivos (ET_c) es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977). Este método utiliza las variables meteorológicas para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_0) y corrige, posteriormente, este valor mediante un adecuado coeficiente de cultivo (K_c).

El valor estandarizado de la ET_0 ha sido definido en el Manual de Riego y Drenaje nº 56 de la FAO para cultivos al aire libre (Allen y col., 1998). Para cultivos en invernadero no se dispone de un método estandarizado, debido, en gran parte, a la variabilidad geométrica de los invernaderos y a las diferencias de los materiales de cobertura usados. Sin embargo, la metodología basada en la estimación de ET_0 y coeficientes de cultivo puede también ser aplicada en invernadero (Bonachela y col., 2006). El trabajo más completo de comparación de métodos para la estimación de la ET_0 en invernadero ha sido el realizado por Fernández y col. (2010) para invernaderos con cultivos hortícolas en la provincia de Almería.

En la actualidad existen redes de estaciones meteorológicas automáticas que suministran registros medios diarios de las diferentes variables meteorológicas y de la ET_0 . Tal es el caso de la Red de Información Agroclimática (RIA) de Andalucía, gestionada por el IFAPA, cuya información está disponible de manera gratuita en Internet. Esta red dispone, además, de varias estaciones en condiciones de cultivo protegido (Figura 3), dos de ellas en la provincia de Huelva, en los términos municipales de Moguer (en la finca experimental El

Cebollar perteneciente al IFAPA) y Almonte (en una finca comercial cerca de la Aldea de El Rocío).



Figura 3. Estación meteorológica instalada dentro de un invernadero del tipo macrotúnel con cultivo de fresa.

3- Evapotranspiración de referencia

Las recomendaciones de riego se han elaborado siguiendo el método recomendado por la FAO, basado en la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente de cultivo (K_c). Las variables meteorológicas necesarias para usar este método se han obtenido de las predicciones semanales proporcionadas por la AEMET correspondientes a los municipios de Almonte y Moguer.

Al principio del ciclo de cultivo de la fresa, cuando todavía no se ha llevado a cabo el forzado del cultivo (tarea que en la zona en estudio se hace normalmente a mediados de noviembre), la estimación de la ET_o al aire libre se ha realizado aplicando la ecuación de Penman-Monteith FAO-56 (Allen y col., 1998). Esta ecuación necesita datos de: temperatura y humedad relativa del aire, velocidad del viento y radiación solar. Las tres primeras de estas variables se han obtenido directamente de la predicción meteorológica de la AEMET (Figura 2). La radiación solar se ha estimado a partir de las temperaturas pronosticadas, utilizando la ecuación de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1982) (Ecuación 1):

$$R_s = K_r \times (T_{\max} - T_{\min})^{0.5} R_a \quad (1)$$

Donde, R_s es la radiación solar incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); T_{\max} y T_{\min} son las temperaturas diarias máximas y mínimas del aire ($^{\circ}\text{C}$) basadas en el pronóstico meteorológico, respectivamente; R_a es la radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), que se calcula para cada día del año en función de la latitud (Allen y col., 1998); y K_r es un coeficiente empírico (adimensional). Hargreaves (1994) recomienda el uso de valores K_r de 0,16 y 0,19 para las localizaciones de interior y costeras, respectivamente. En este trabajo se ha utilizado un valor ajustado de 0,18 (Estévez y col., 2012). Además, se ha estimado el valor de la radiación solar en condiciones de cielo despejado (R_{so}) (Allen y col., 1998). Este valor se ha

utilizado como el límite superior del valor de R_s resultante de la Ecuación 1. Además, cuando el pronóstico meteorológico de la AEMET ha sido de cielo despejado se ha utilizado directamente este valor, sin necesidad de aplicar la Ecuación 1.

Para estimar la ET_o bajo el plástico del macrotúnel ($ET_{o\text{ inv}}$) se ha utilizado un modelo basado en la radiación solar dentro de los túneles (Fernández y col., 2010), obtenido para los invernaderos de la provincia de Almería (Ecuaciones 2 y 3):

$$\text{Si } DDA < 220 \quad ET_{o\text{ inv}} = (0.288 + 0.0019 \times DDA) \times R_{s\text{ inv}} \quad (2)$$

$$\text{Si } DDA > 220 \quad ET_{o\text{ inv}} = (1.339 + 0.00288 \times DDA) \times R_{s\text{ inv}} \quad (3)$$

Donde, DDA es el día del año, siendo el 1 de enero el día 1 y el 31 de diciembre el día 365; y $R_{s\text{ inv}}$ es la radiación solar medida o estimada dentro del invernadero (expresada en mm día^{-1}).

En caso de no disponer de medidas de radiación solar dentro de invernadero, su valor puede estimarse a partir de datos de radiación medidos o estimados en el exterior, utilizando un valor de transmisividad que es función, básicamente, del material de cubierta, tipo de cubierta, enclavo, envejecimiento y limpieza del plástico:

$$R_{s\text{ inv}} = R_{s\text{ ext}} \times \tau \quad (4)$$

Donde, $R_{s\text{ ext}}$ es la radiación solar medida en el exterior y τ es la transmisividad de la cubierta.

Los valores de radiación solar medida dentro y fuera del invernadero en la zona de Almonte durante las campañas 2011/2012 y 2012/2013 permitieron ajustar un valor de transmisividad media del plástico (τ) igual a 0,75 para este tipo de invernaderos. Este valor puede ser utilizado en el caso de no disponer de una estación meteorológica dentro del invernadero, como ocurre en la mayoría de los casos.

Los valores de ET_o basados en el pronóstico se han podido ir comparando, posteriormente, cada día, con los valores obtenidos a partir de los datos meteorológicos medidos en las estaciones de la RIA bajo plástico (Figura 3).

Para la campaña 2013/2014, los resultados obtenidos por Gavilán y col. (2014b) en una finca comercial situada en el T.M. de Almonte, pusieron de manifiesto que el método usado para la estimación de la $ET_{o\text{ inv}}$ proporcionó resultados similares usando datos meteorológicos medidos y pronosticados (Tabla 1). Solo al final de la campaña, a partir del mes de mayo, la $ET_{o\text{ inv}}$ estimada con valores pronosticados superó a la correspondiente a valores medidos. Esto pudo deberse a una sobrestimación de la $R_{s\text{ inv}}$, derivada probablemente del envejecimiento del plástico y la acumulación de polvo sobre el mismo, lo que pudo haber disminuido la transmisividad del plástico.

Los valores estacionales de $ET_{o\text{ inv}}$ fueron iguales a 371 y 334 mm usando el pronóstico de la AEMET y usando datos meteorológicos medidos, respectivamente (Tabla 1). Por tanto, la utilización del pronóstico sobrestimó el valor de $ET_{o\text{ inv}}$ en un 11%. Por su parte, los valores estacionales de $ET_{c\text{ inv}}$ fueron iguales a 262 y 234 mm usando el pronóstico de la AEMET y usando datos medidos, respectivamente. Según esto, la utilización del pronóstico sobrestimó el valor de $ET_{c\text{ inv}}$ en un 12%.

Tabla 1. Valores mensuales de evapotranspiración de cultivo de la fresa ($ET_{c\text{ inv}}$) usando valores de evapotranspiración de referencia ($ET_{o\text{ inv}}$) estimados con el modelo de radiación a partir de datos pronosticados y medidos, y utilizando el coeficiente de cultivo propuesto por Trout y Gartung (2004), en una finca ubicada en Almonte. Campaña 2013/2014.

Mes	Datos pronosticados		Datos medidos	
	$ET_{o\text{ inv}}$ (mm)	$ET_{c\text{ inv}}$ (mm)	$ET_{o\text{ inv}}$ (mm)	$ET_{c\text{ inv}}$ (mm)
Noviembre	25	8	24	8
Diciembre	27	13	27	13
Enero	27	17	25	16
Febrero	38	25	34	23
Marzo	79	54	71	49
Abril	104	77	91	68
Mayo	71	66	62	57
Campaña	371	262	334	234

4- Coeficientes de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) ha sido determinado para numerosos cultivos al aire libre (Doorenbos y Pruitt, 1977; Allen y col., 1998). Sin embargo, se han realizado pocos estudios para determinar este K_c para la fresa, tanto al aire libre como bajo plástico. Hanson y Bendixen (2004) presentan valores de K_c para la fresa en el estado de California, en condiciones de cultivo al aire libre, con un ciclo de cultivo desde finales de octubre hasta finales de junio, y llegando a coberturas máximas del terreno que varían entre el 65 y el 75%. Se observa que el máximo no sobrepasa el valor de 0,7. Jackson (1992) presenta igualmente valores máximos de K_c de 0,7 para coberturas máximas del 75%. Igualmente bajo plástico, Simonne y col. (2007) presentan valores de K_c que varían desde 0,4 hasta un máximo de 0,6 en los meses de diciembre y enero, fecha en que comienza la cosecha, pasando por un valor intermedio de 0,5 durante el mes de noviembre. Finalmente, el manual FAO-56 de Riego y Drenaje (Allen y col., 1998) presenta valores máximos de este K_c de 0,85.

Recientemente se han realizado estudios para estimar el K_c de la fresa bajo plástico en las condiciones de cultivo de la costa de Huelva, donde predominan los suelos arenosos. Desde la campaña 2011/2012 el IFAPA realiza estudios orientados a conocer las necesidades de riego del cultivo de la fresa para asesorar a los agricultores en un manejo más eficiente del agua de riego (Gavilán y col., 2014a; Lozano y col., 2014; Molina y col., 2014). Estos estudios han incluido la medida de la ET_c y la estimación del K_c , la determinación de la eficiencia del riego y el cálculo de la productividad del agua.

En el presente trabajo se han utilizado los valores de K_c recomendados por Hanson y Bendixen (2004), que alcanzan valores máximos de 0,7 al final de la campaña, cuando los valores de cobertura máxima del cultivo llegan al 75%. Para coberturas mayores se ha utilizado el coeficiente propuesto por Trout y Gartung (2004). Conviene recordar que la cobertura es la relación entre la superficie sombreada por el cultivo y la superficie total de suelo.

5- Cálculo de las necesidades de riego

Una vez determinadas las necesidades de agua de la fresa como se ha descrito en el apartado anterior, para el cálculo de las necesidades de riego bruto hay que tener en cuenta, como es sabido, la eficiencia de aplicación del riego (% del agua aplicada que es

almacenada en el entorno de las raíces y utilizada por las plantas) y la uniformidad de distribución del sistema de riego. Esta última información se debe caracterizar en las zonas de cultivo.

Las cintas de goteo, que se instalan en el mismo momento del alomado del terreno, utilizadas en Huelva están clasificadas según el espesor y la durabilidad de las mismas. Los caudales medios de las cintas de goteo oscilan entre 3 y 15 l h⁻¹ m⁻¹, con emisores cada 0,2 ó 0,3 m.

Durante la campaña 2014/2015, el SAR ha ofrecido semanalmente recomendaciones de riego para fresa en la zona de Almonte y Moguer basadas en la predicción meteorológica (Figura 4). Para calcular el Riego Bruto se ha considerado un sistema de riego localizado con una Eficiencia de aplicación (E_a) del 85%. Por su parte, el tiempo de riego se ha calculado tomando como referencia una cinta de goteo de 5 l h⁻¹ m⁻¹ por lomo, y para una distancia entre lomos de 1,1 m. Para valores de Tiempo de Riego diario superiores a 15 minutos, se ha recomendado siempre aplicar dos o más pulsos de riego en las horas centrales del día, con una duración máxima de 10-15 minutos para cada pulso.

**RECOMENDACIONES SEMANALES DE RIEGO PARA FRESA EN LA COMARCA
 CONDADO LITORAL**

Periodo: 1 al 7 de abril de 2015. Provincia: Huelva. Municipios: Almonte y Moguer.
 Estación meteorológica de referencia de la AEMET: Almonte.

FECHA	ESTADO DEL CIELO Pronóstico	ET _o (mm)	RIEGO BRUTO (mm)	TIEMPO DE RIEGO * (minutos)	TIEMPO DE RIEGO PARA CIELO DESPEJADO (minutos)
01/04/2015		3,7	3,0	40	40
02/04/2015		3,4	2,8	37	41
03/04/2015		3,5	2,9	39	41
04/04/2015		3,6	2,9	39	42
05/04/2015		3,5	2,9	38	42
06/04/2015		3,1	2,5	34	43
07/04/2015		4,0	3,3	43	43

* Los valores propuestos de tiempo de riego se han ajustado con criterios prácticos para facilitar el manejo del riego.

Figura 4. Ejemplo de recomendación semanal de riego para el cultivo de la fresa en los municipios de Almonte y Moguer (Huelva), basada en el pronóstico meteorológico de la AEMET. Esta recomendación incluye la predicción de ET_o, el Riego Bruto y el Tiempo de Riego.

Al igual que se ha comentado para la ET_o, los valores recomendados de Riego Bruto y Tiempo de Riego se han podido ir comparando, posteriormente, con los valores obtenidos a partir de los datos meteorológicos medidos en las estaciones de la RIA (Figura 5). Dicha comparación ha resultado muy útil para obtener un indicador de la calidad de estas recomendaciones de riego basadas en la predicción.

**COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE RIEGO EN LAS RECOMENDACIONES SEMANALES
 PARA FRESA EN LA COMARCA CONDADO LITORAL**

Periodo: 31 de marzo al 6 de abril de 2015. Provincia: Huelva. Municipios: Almonte y Moguer. Estación meteorológica de referencia: Almonte.

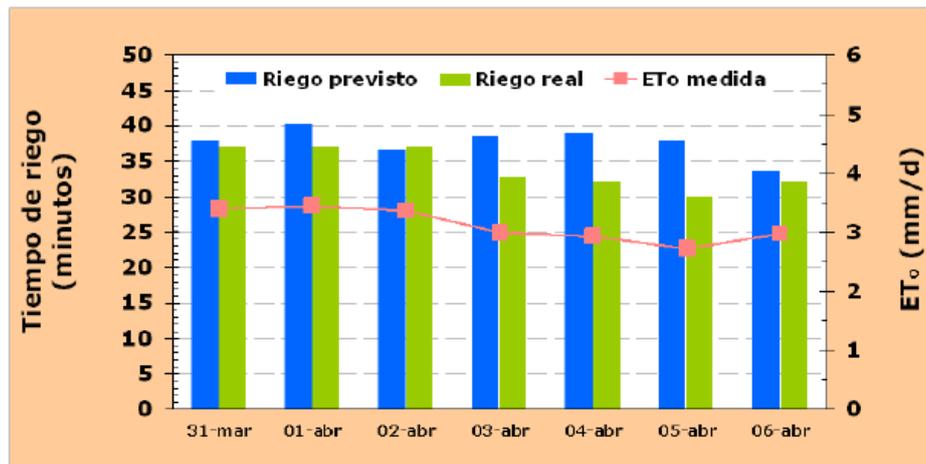


Figura 5. Ejemplo de comparación entre el tiempo de riego estimado en función del pronóstico meteorológico y el calculado a partir de los datos meteorológicos medidos dentro de invernadero para el cultivo de la fresa, en los municipios de Almonte y Moguer (Huelva).

6- Divulgación de las recomendaciones de riego

El IFAPA ha desarrollado y gestiona una Plataforma en Internet para el asesoramiento y transferencia del conocimiento agrario y pesquero, que se denomina SERVIFAPA. Dentro de la página Web de SERVIFAPA, los documentos relacionados con las recomendaciones de riego para fresa se pueden consultar y descargar de manera libre y gratuita en el apartado "Recomendaciones" del sector Riego.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto Transforma CONECTA-SAR (PP.TRA.TRA201300.10), cofinanciado por el Programa Operativo Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) Andalucía 2007-2013.

7- Bibliografía

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO, Roma.
- Bonachela, S., González, A.M., Fernández, M.D. (2006). Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data. Irrigation Science 25(1):53-62.



- Clark, G.A., Albrechts, E.E., Stanley, C.D., Smajstrla, A.G., Zazueta, F.S. (1996). Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. *Transactions of ASAE* 39(3):905-913.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.
- Estévez, J., Padilla, F.M.L., Gavilán, P. (2012). Evaluation and regional calibration of solar radiation prediction models in Southern Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 138, No. 10: 868-879.
- Fernández, M.D., Bonachela, S., Orgaz, F., Thompson, R., López, J.C., Granados, M.R., Gallardo, M., Fereres, E. (2010). Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. *Irrigation Science* 28:497-509.
- Gavilán, P., Lozano, D., Ruiz, N., (2014a). El riego de la fresa en el entorno de Doñana. Evapotranspiración, coeficientes de cultivo y eficiencia del riego. XXXII Congreso Nacional de Riegos. Madrid, 10 al 12 de junio de 2014.
- Gavilán, P., Lozano, D., Ruiz, N., (2014b). Estimación de la evapotranspiración del cultivo de la fresa basada en pronósticos meteorológicos. Validación con datos experimentales. V Jornadas de Agrometeorología. Encuentro Nacional de Servicios de Asesoramiento al Regante. Valencia, 13 y 14 de noviembre de 2014.
- Grattan, S.R., Bowers, W., Dong, A., Snyder, R.L., Carrol, J.J., George, W. (1998). New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. *California Agriculture* 52(1):16-21.
- Hanson, B., Bendixen, W. (2004). Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. *California Agriculture* 58(1):48-53.
- Hargreaves, G. H. (1994). "Simplified coefficients for estimating monthly solar radiation in North America and Europe." Dept. of Biology and Irrigation Engineering Paper, Utah State Univ., Logan, UT.
- Hargreaves, G. H., and Samani, Z. A. (1982). Estimating potential evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 108(3), 225–230.
- Jackson, A. (1992). Central Coast Crop Coefficients for Field and Vegetable Crops. California Department of Water Resources, Water Conservation Office. University of California (UC).
- Lozano, D., Ruiz, N., Gavilán, P. (2014). Evaluación de la uniformidad de distribución de cintas de riego en condiciones de campo en una producción comercial de fresa en Almonte (Huelva). Eficiencia en el uso del abonado. XXXII Congreso Nacional de Riegos. Madrid, 10 al 12 de junio de 2014.
- Molina, F., Gavilán, P., Lozano, D., Ruiz, N. (2014). Seguimiento para la optimización de la fertirrigación de la fresa en la provincia de Huelva. Eficiencia en el uso del abonado. XXXII Congreso Nacional de Riegos. Madrid, 10 al 12 de junio de 2014.



- Simonne, E.H., Dukes, M.D., Haman, D.Z. (2007). Principles and practices of irrigation management for vegetables. University of Florida. IFAS Extension. Cooperative Extension Service.
- Trout, T.J., Gartung, J. (2004). Irrigation water requirements of strawberries. *Acta Horticulturae* 664:665-671.