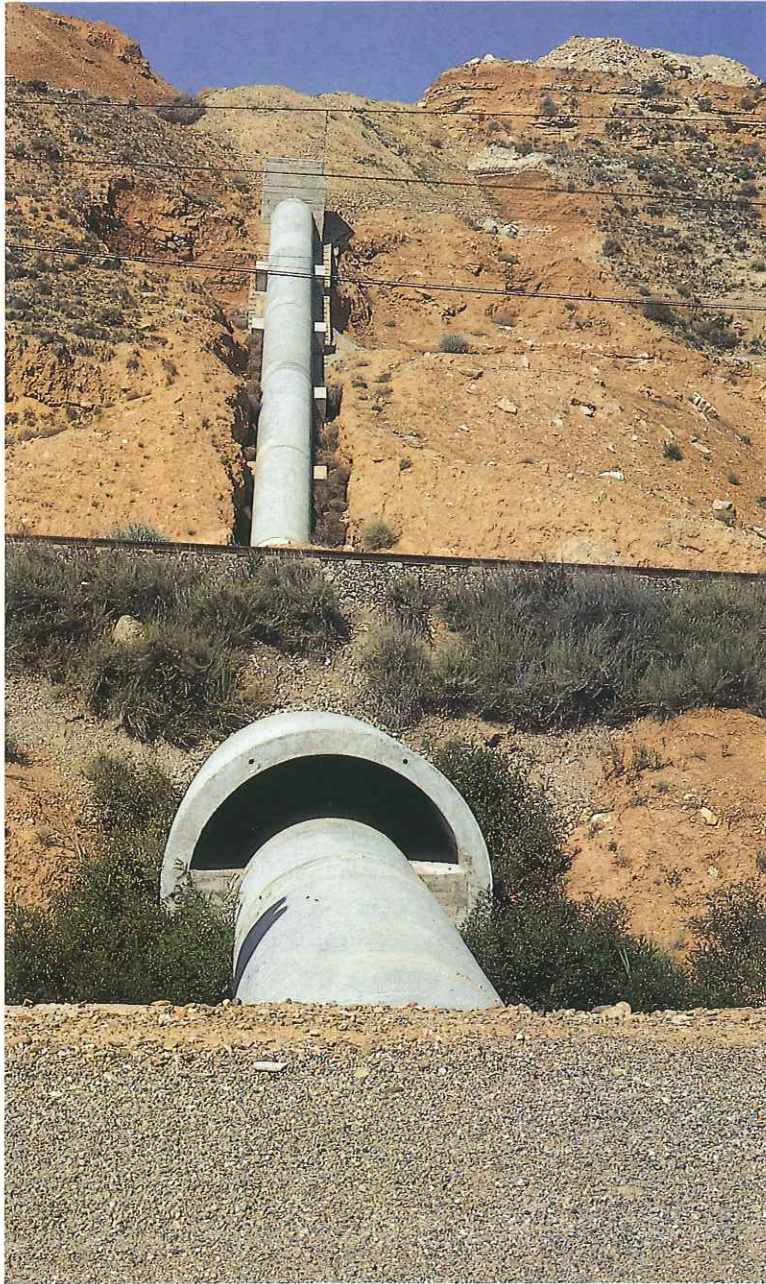


“LA LOMA DE QUINTO DE EBRO”

JOSÉ M.^a FACI GONZÁLEZ
Servicio Investigación Agraria



Vista de la tubería de impulsión, de fibrocemento, con camisa de chapa de acero de 1,60 m de diámetro interior, a la salida de la estación de bombeo.



El establecimiento de un «plan» o «calendario» de riegos consiste en la utilización de unos criterios, basados fundamentalmente en la climatología y en el estado hídrico del suelo y de la planta, para obtener las dosis adecuadas y los momentos oportunos de aplicación del riego. Con estos criterios se trata de establecer unos niveles de extracción de agua del suelo a los cua-

les habría que efectuar los riegos correspondientes reponiendo el agua perdida en el proceso de la evapotranspiración.

La complejidad de los calendarios de riego depende del número de variables que se utilizan y de la exactitud de las medidas.

Un calendario básico necesita cono-

cer la climatología (temperatura y precipitación), características edáficas (profundidad de suelo y capacidad de retención de agua), características de los cultivos (fechas de siembra y recolección y períodos de crecimiento) y características del sistema de riego (tipo de riego, pluviometría y eficiencia de aplicación).

Para establecer un calendario de riegos durante un año específico es necesario contar continuamente con los datos climáticos de ese año, de forma que el calendario se establece de acuerdo a las condiciones climáticas (lluvias, temperaturas, insolación, etc.) que se van produciendo a lo largo del período de riegos.

Sin embargo, es muy conveniente establecer en primer lugar un ca-

lendario para un año medio que sirva de directriz general del riego. Cada año habrá que hacer los ajustes correspondientes a su climatología específica.

En este trabajo se presenta el procedimiento y los resultados de un calendario de riegos para un año medio aplicado a los principales cultivos de «La Loma de Quinto de Ebro». Este calen-

dario está basado fundamentalmente en el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos.

Asimismo se presenta el procedimiento a seguir para establecer un calendario a tiempo real, es decir, para un año específico con los datos generados en un tanque de evaporación clase «A».

ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE RIEGOS PARA UN AÑO MEDIO

Para el establecimiento del plan de riegos en un año medio se realizarán las siguientes etapas:

1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) del año medio.
2. Cálculo de la evapotranspiración de los cultivos (ET_c) existentes en la zona regable.
3. Cálculo de la precipitación efectiva y necesidades netas del cultivo.
4. Cálculo de las necesidades de riego de acuerdo a la eficiencia de los sistemas de riego utilizados y a la fracción de lavado.
5. Establecimiento de las fechas y dosis de riego de acuerdo con la capacidad de almacenaje de agua del suelo y de las características de cada cultivo.

Este plan de riegos del año medio se ha realizado con un programa para or-

denadores personales IBM o compatibles que se está desarrollando conjuntamente por la Universidad de Oregon, Corvallis, Oregon U.S.A. y el S.I.A. de Zaragoza.

CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_o)

Debido a la falta de datos climáticos en la estación de Quinto de Ebro, se han utilizado los datos medios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas y los de la precipitación mensual de la estación de Sástago-Gertusa, durante el período 1970-1984. Asimismo, se han considerado los datos de la humedad relativa máxima y los de la insolación de la estación de Zaragoza-aeropuerto. Los niveles de viento y humedad relativa mínima han sido estimados de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona.

El cálculo de la ET_o se ha realizado por el método de Blaney-Criddle modificado por FAO y ajustado por el índice de aridez de la estación climática y por un factor de corrección de la ET_o y de su desviación típica.

Con los valores medios mensuales de cada año se han calculado los valores de la ET_o y de la precipitación efectiva (P) expresados en mm/día, de un año medio, así como la desviación típica de estas dos variables. Ésta servirá

para el establecimiento de los niveles de probabilidad en el plan de riegos.

La precipitación efectiva se ha calculado utilizando la metodología del Soil Conservation Service del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

En el cuadro 1 se presentan los valores de P y ET_o expresados en mm/día y mm/mes. También se presentan los valores de la desviación típica de los valores medios diarios de P y ET_o.

La lluvia efectiva media anual ascendió a 287,1 mm y la ET_o media anual fue de 1.119,6 mm.

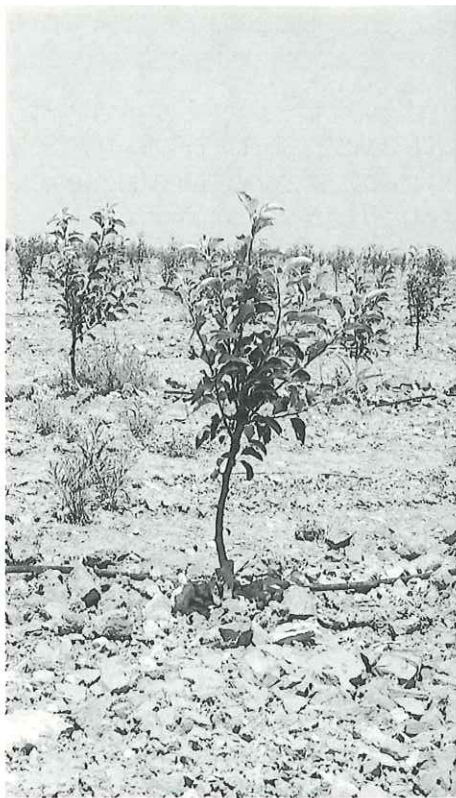
CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (ET_c)

De acuerdo con los datos facilitados por la Comunidad de Regantes de la Loma de Quinto de Ebro, la distribución de cultivos durante el año 1987 ha sido la siguiente:

Cultivo	Superficie (ha)
Cereal de invierno	1.400
Maíz	600
Girasol	200
Frutales	90
Guisantes	50
Pradera	10
Otros cultivos	150
TOTAL	2.500

Vista de la zona regable de La Loma de Quinto de Ebro desde el embalse y en dirección sur.





Joven plantación frutal bajo riego por goteo.

Cuadro 1
VALORES DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P) Y DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETO) DEL AÑO MEDIO EN «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO»

	P (mm/día)		ETo (mm/día)		P (mm/mes)	ETo (mm/mes)
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica		
ENE	0,4	0,4	0,8	0,2	12,4	23,7
FEB	0,4	0,3	1,4	0,2	12,4	37,8
MAR	0,7	0,7	0,2	0,2	21,7	62,3
ABR	0,8	0,7	3,0	0,2	24,0	90,2
MAY	1,5	0,9	3,9	0,4	46,5	119,9
JUN	1,6	1,4	5,6	0,5	48,0	168,1
JUL	0,8	0,8	5,9	0,7	24,8	183,9
AGO	0,8	0,8	5,3	0,3	24,8	165,3
SEP	0,6	0,6	4,3	0,4	18,0	129,7
OCT	0,8	0,8	2,6	0,2	24,8	80,6
NOV	0,6	0,6	1,2	0,2	18,0	36,5
DIC	0,4	0,3	0,7	0,1	12,4	21,4
AÑO	—	—	—	—	287,1	1.119,6

Para la campaña de 1988 se preveían 900 ha de maíz, 1.100 ha de cereal de invierno y el resto de cultivos similar al del año anterior.

Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de recolección
Trigo	1 diciembre	13 julio
Cebada	15 diciembre	30 junio
Maíz-grano	1 mayo	31 octubre
Girasol	1 mayo	12 octubre
(período de actividad)		
Frutales (plantaciones jóvenes)	1 abril	15 octubre
Guisantes	15 noviembre	13 mayo

Los cálculos de la evapotranspiración de los cultivos se han realizado utilizando los coeficientes de cultivo (Kc) de la FAO adaptados a las prácticas culturales de Quinto de Ebro (fechas de siembra y recolección, distancia entre líneas, etc.).

Se han realizado los cálculos de la ETc para los siguientes cultivos:

El cuadro 2 presenta las necesidades hídricas brutas estacionales (mm) de los cultivos para distintos niveles de probabilidad.

Cuadro 2
NECESIDADES HÍDRICAS BRUTAS ESTACIONALES (mm) DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO», PARA DISTINTOS NIVELES DE PROBABILIDAD

	NIVEL DE PROBABILIDAD *					
	5 de 10	6 de 10	7 de 10	8 de 10	9 de 10	19 de 20
Trigo	454,7	470,3	487,1	507,2	536,3	561,9
Cebada	374,4	387,1	400,9	417,2	440,9	461,8
Maíz	719,9	740,0	761,8	787,8	825,3	858,5
Girasol	626,9	646,3	667,2	692,2	728,3	760,2
Frutales jóvenes	453,1	473,5	495,7	522,0	560,2	593,8
Guisantes	258,0	278,5	300,6	327,0	365,1	398,8

* 7 de 10 significa que los valores de esa columna superarán a las necesidades brutas del cultivo 7 de cada 10 años.

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA Y DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS NETAS

Debido a la variabilidad interanual de la precipitación, su contribución para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos también debe considerarse con niveles de probabilidad.

El cuadro 3 presenta los valores de las necesidades hídricas netas (mm), es decir las necesidades brutas menos la precipitación efectiva, bajo distintos niveles de probabilidad. →

Cuadro 3
NECESIDADES HÍDRICAS NETAS ESTACIONALES (mm) DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS
DE «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO», PARA DISTINTOS NIVELES DE PROBABILIDAD

	NIVEL DE PROBABILIDAD					
	5 de 10	6 de 10	7 de 10	8 de 10	9 de 10	19 de 20
Trigo	272,8	327,9	387,5	458,6	527,4	561,9
Cebada	218,2	264,5	314,5	374,2	432,1	461,8
Maíz	530,5	594,2	663,1	744,3	816,2	858,5
Girasol	453,3	511,8	575,0	649,3	719,2	760,2
Frutales jóvenes	259,4	322,9	391,5	472,4	551,1	593,8
Guisantes	184,6	281,5	255,2	298,9	335,8	354,3

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO

Una vez conocidas las necesidades hídricas netas del cultivo, el paso siguiente es el cálculo de las necesidades de riego, las cuales dependerán de la eficiencia del sistema de riego utilizado y de la fracción de lavado utilizada.

Para una utilización eficiente del agua de riego en esta zona regable es fundamental que la eficiencia de los sistemas de riego sea alta y que, asimismo, las fracciones de lavado sean las mínimas adecuadas para evitar la percolación profunda.

En el cuadro 4 se presentan las necesidades estacionales de riego (mm) considerando una eficiencia de aplicación de los sistemas de riego de un 85%.

ESTABLECIMIENTO DEL CALENDARIO DE RIEGOS

En general, para suelos de una profundidad media, una dosis de riego hasta 50 mm podría ser permisible. Sin embargo, en suelos de poca profundi-

dad o con poco poder de retención de agua esta dosis debería ser reducida.

En aquellos sistemas de riego en los que la dosis aplicada es baja (pivotes y máquinas laterales) habrá que aumentar la frecuencia del riego.

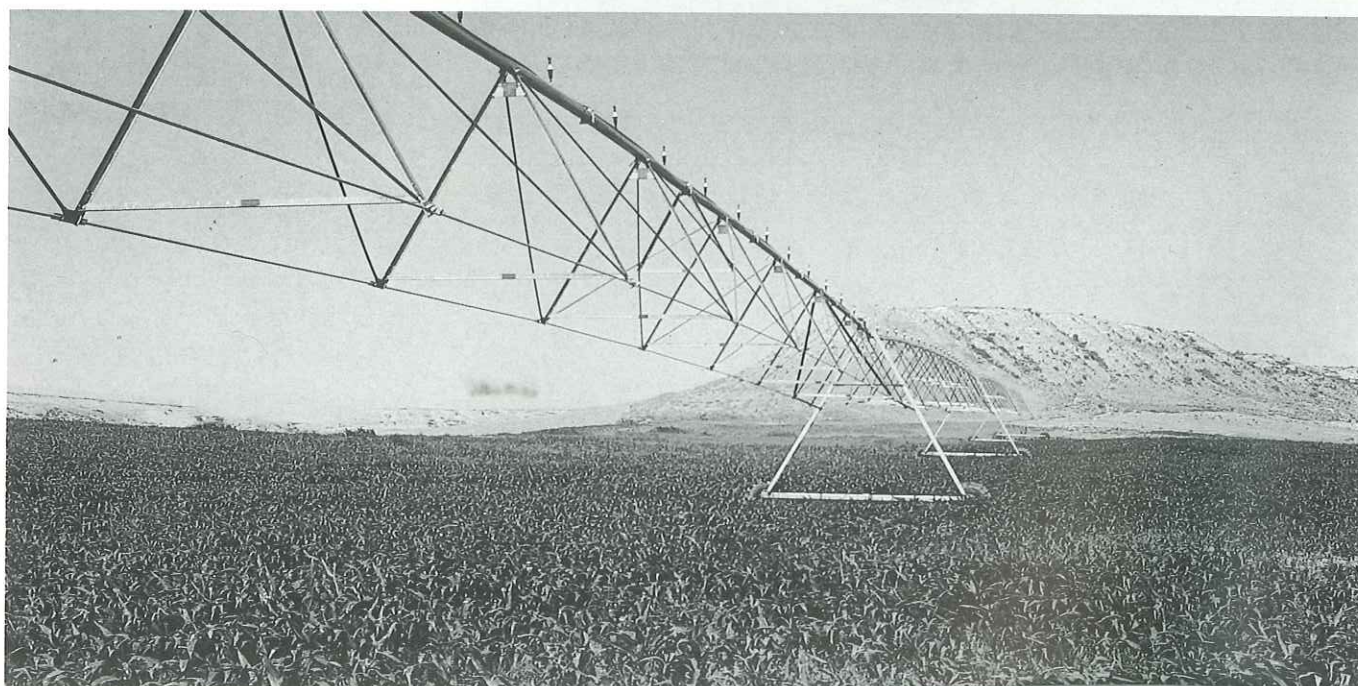
En el cuadro 5 se presentan las fechas de riego de los cultivos con una dosis de 50 mm para un nivel de probabilidad de un 70%; es decir, estas cantidades de riego cubrirían las necesidades del cultivo 7 de cada 10 años.

Estas fechas de riego, así como las cantidades de riego a aplicar, pueden variar en un año determinado, pero pueden servir de una primera orientación para una programación adecuada del riego, que se podrá realizar estableciendo un plan semanal de riegos a tiempo real durante cada año específico.

Cuadro 4
NECESIDADES ESTACIONALES DE RIEGO (mm) DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS
DE «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO», PARA DISTINTOS NIVELES DE PROBABILIDAD

	NIVEL DE PROBABILIDAD					
	5 de 10	6 de 10	7 de 10	8 de 10	9 de 10	19 de 20
Trigo	331,0	389,0	455,9	539,5	620,5	661,0
Cebada	262,8	312,7	370,0	440,2	508,3	543,3
Maíz	638,0	701,5	780,2	875,7	960,2	1.010,0
Girasol	543,2	602,1	676,4	763,9	846,1	894,3
Frutales jóvenes	305,2	379,9	460,6	555,7	648,3	698,6
Guisantes	218,0	254,7	297,9	349,3	329,7	414,5

Vista de un ramal autotransportado giratorio (pivote) regando un cultivo de maíz en La Loma de Quinto de Ebro.





Equipo motriz de un ramal autotransportado con traslación (máquina lateral).

ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE RIEGOS A TIEMPO REAL

El plan de riegos durante un año específico se puede realizar con los datos de evaporación del tanque clase «A» y de precipitación que se van generando diariamente durante la estación de riegos.

El tanque evaporímetro clase «A» integra los efectos del viento, temperatura, insolación y humedad relativa en la evaporación de la lámina de agua del tanque. Estos mismos efectos determinan el consumo de agua de los cultivos, por lo que este método de establecimiento de un calendario de riegos es de gran utilidad, ya que, además de su sencillez de medida, engloba las condiciones climáticas que determinan la demanda evaporativa existente.

El procedimiento para el establecimiento de riegos incluye tres etapas:

1. Cálculo diario de la evapotranspiración de referencia (ET_o).
2. Cálculo semanal de la evapotranspiración de los cultivos (ET_c) existentes en la zona regable.
3. Cálculo semanal de las cantidades de agua de riego necesarias para reponer el consumo de agua debido a los procesos de evapotranspiración de la semana anterior.

Cuadro 5
CUADRO DE FECHAS Y DOSIS DE RIEGO (≈ 50 mm) EN UN AÑO MEDIO Y CON UN NIVEL DE PROBABILIDAD DEL 70 % PARA LOS CULTIVOS DE «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO»

	TRIGO		CEBADA		MAÍZ		GIRASOL		FRUTALES JÓVENES		GUISANTES	
	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis
	9-3	51,1	10-3	50,2	15-6	53,0	20-6	53,2	3-6	51,7	16-2	50,9
	3-4	52,4	5-4	52,6	27-6	53,4	2-7	54,8	21-6	50,8	13-3	50,8
	20-4	52,9	21-4	52,6	5-7	50,4	10-7	57,3	6-7	51,6	2-4	50,7
	5-5	50,4	7-5	51,8	12-7	52,7	17-7	53,5	19-7	56,7	17-4	52,0
	18-5	50,1	23-5	50,7	19-7	53,5	24-7	53,5	31-7	52,3	2-5	52,3
	31-5	50,1	7-6	53,0	26-7	53,5	31-7	53,5	14-8	51,4	13-5	41,1
	11-6	50,6	20-6	51,2	2-8	51,4	8-8	52,9	28-8	51,4	—	—
	22-6	50,6	—	—	10-8	52,9	16-8	52,9	16-9	51,6	—	—
	—	—	—	—	18-8	52,9	24-8	52,9	14-10	51,0	—	—
	—	—	—	—	26-8	52,9	1-9	52,0	—	—	—	—
	—	—	—	—	3-9	50,0	11-9	52,2	—	—	—	—
	—	—	—	—	12-9	50,8	23-9	50,5	—	—	—	—
	—	—	—	—	22-9	53,4	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	5-10	50,7	—	—	—	—	—	—
TOTAL (mm)	408,2		362,1		731,5		639,2		468,5		297,8	
N.º RIEGOS	8		7		14		12		9		6	

CÁLCULO DIARIO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_o)

Se utilizará el método del tanque evaporímetro con los datos diarios generados por el tanque clase «A» de la estación meteorológica de Quinto de Ebro.

Se utilizará la expresión:

$$ET_o = K_p \times E, \text{ donde:}$$

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

K_p = Coeficiente de tanque.

E = Evaporación de la lámina de agua del tanque clase «A» (mm/día).



Vista de una parcela de maíz sometida a la técnica del bacheado del terreno para evitar la escorrentía del riego.

De acuerdo con la ubicación del tanque clase «A», en una pequeña pradera de 5 m x 5 m y rodeada por una amplia zona sin cultivo alguno, el valor de Kp adecuado para ser utilizado a lo largo del período de riesgos es de 0,7.

Con lo cual:

$$ET_o = 0,7 \times E$$

Se anotarán los valores diarios de E (en mm/día y mm acumulados), de ET_o (en mm/día y mm acumulados) y de la precipitación (P) en mm en un cuadro

con el encabezamiento siguiente:

Lugar
Mes Año
DIA
E mm/día mm acum.
$ET_o = 0,7 \times E$ mm/día mm acum.
P (mm)
OBSERVACIONES

Cuadro 6
VALORES DE LOS Kc DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO»

	Trigo	Cebada	Maíz-grano	Girasol	Frutales jóvenes* en aspersión	Frutales jóvenes** en goteo	Guisantes
NOV	—	—	—	—	—	—	0,5
DIC	0,3	0,3	—	—	—	—	0,6
ENE	0,4	0,4	—	—	—	—	0,8
FEB	0,6	0,6	—	—	—	—	1,0
MAR	0,9	0,85	—	—	—	—	1,1
ABR	1,0	1,05	—	—	0,3	0,2	0,1
MAY	1,05	0,9	0,3	0,3	0,4	0,3	1,0
JUN	0,8	0,7	0,8	0,7	0,5	0,4	—
JUL	0,2	—	1,06	1,06	0,6	0,5	—
AGO	—	—	1,1	1,1	0,6	0,5	—
SEP	—	—	1,03	0,9	0,5	0,4	—
OCT	—	—	0,7	0,5	0,4	0,3	—

CÁLCULO SEMANAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (ETc)

Posteriormente se calculará la ET de cada cultivo (ETc) mediante la expresión:

$$ET_c = K_c \times ET_o, \text{ donde:}$$

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/semana).

Kc = Coeficiente del cultivo.

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/semana).

* Una plantación frutal adulta tendría mayores valores de Kc.

** Los Kc en goteo son menores porque se reduce sensiblemente la evaporación del suelo.

En el cuadro 6 se presentan los valores de los Kc, para cada mes de su período vegetativo, de los principales cultivos de La Loma de Quinto de Ebro.

CÁLCULO SEMANAL DE LAS NECESIDADES DE RIEGO

A partir de los valores diarios de la evapotranspiración de referencia (ETO) y de los Kc de los cultivos (cuadro 6), se calcularán los valores semanales del consumo de agua del cultivo (ETc) en mm. Asimismo, teniendo en cuenta el aporte semanal de la precipitación (P) en mm, se calculará la cantidad de riego necesaria (R) en mm para reponer el consumo de agua durante esa semana. Esa cantidad de agua de riego semanal (R) necesaria para reponer el consumo existente se calculará por la expresión:

$$R = \frac{ETc - P}{Ef}, \text{ donde:}$$

R = Cantidad necesaria de riego (mm/semana).

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/semana).

P = Lluvia o precipitación (mm/semana).

Ef = Eficiencia de aplicación del sistema de riego utilizado.

Se tomará un valor de Ef de 0,85, con lo cual:

$$R = \frac{ETc - P}{0,85} = (ETc - P) \times 1,18.$$

Para facilitar la aplicación del plan de riegos, estos cálculos mencionados se pueden anotar en un cuadro con el encabezamiento siguiente:

Cultivo		Fecha siembra	Fecha recolección		
PERÍODO (SEMANA)		ET DE REFERENCIA (mm) ETO	CONSUMO DEL CULTIVO (mm) ETc = Kc x ETO	APORTE DE LLUVIA P (mm)	RIEGO NECESARIO (mm) R = (ETc - P) x 1,18
DESDE	HASTA				

Se tendrá la precaución de contabilizar solamente la precipitación que infiltre en el suelo, eliminando las lluvias torrenciales.

Mediante la aplicación de este calendario, el consumo de agua de una semana será cubierto con un riego en la semana posterior.

Los coeficientes utilizados en este plan de riegos son tentativos y habrá que ajustarlos de acuerdo a los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES DE RIEGO EN «LA LOMA DE QUINTO DE EBRO»

Con el objetivo de mejorar la eficiencia del riego por aspersión, se pueden dar las siguientes recomendaciones:

1. **Regar con las cantidades de agua adecuadas** sin producir déficits hídricos en el cultivo y evitando los riegos excesivos.
2. **Evitar la escorrentía superficial.** El problema de la escorrentía

superficial puede ser más acusada en las áreas exteriores de los pivots, por lo cual es recomendable la labor de bacheado del terreno.

3. **Evitar el riego en los días de viento fuerte.** Cuando la velocidad del viento supera los 15 km/h, la uniformidad se ve afectada negativamente y además las pérdidas por evaporación y arrastre por el viento son cuantiosas.
4. **Regar por la noche:** El riego durante la noche disminuye las pérdidas por evaporación y su aplicación es más uniforme, ya que el viento nocturno es sensiblemente inferior al diurno.
5. **Aumentar la frecuencia de los riegos:** Al aumentar la frecuencia de los riegos, aplicando dosis más ligeras, se reducen las pérdidas por percolación profunda y se mantiene húmeda la zona radicular a lo largo del período de crecimiento de los cultivos.

Instalación de una cobertura total de aspersión en una parcela de La Loma de Quinto de Ebro.

