



## EL RIEGO LOCALIZADO

JOSÉ MANUEL TABUENCA MARTÍNEZ  
Perito Agrícola,  
Agente de Extensión Agraria, funcionario  
del Departamento de Agricultura de la DGA

*Iniciamos este mes una serie de artículos relacionados con el riego localizado, que se prolongarán a lo largo de próximos números de SURCOS, de forma que, según nos indica su autor, constituyan un curso elemental sobre el citado tema.*

1

En esta época del año, muchos agricultores se están planteando la posibilidad de instalar, para regar sus frutales, un sistema de riego localizado.

El riego localizado tiene ventajas e inconvenientes, y dentro de este sistema hay varios tipos de riego, como son el goteo, la microaspersión y la microdifusión.

Las líneas que siguen pretenden ser una contribución a que las decisiones que el fruticultor adopte de cara al sistema de riego a implantar, sean fruto de un proceso en el que se contemple el hecho de regar con la importancia que tiene y en el que la selección del sistema se haga con criterios racionales.

### FUNDAMENTOS

Todas las funciones nutritivas de las plantas precisan agua.

—La absorción de los principios nutritivos del suelo se hace previa *disolución* de esas sustancias *en agua*.

—La savia, bruta o elaborada, no es sino una dispersión y/o *disolución acuosa* de moléculas, átomos e iones de diversos cuerpos sólidos, líquidos o gaseosos.

—*El agua* constituye, ella sola, un alto porcentaje del peso total de un vegetal.

—La creación de un kilogramo de materia seca vegetal requiere que la planta haya *transpirado* muchos cientos de litros de agua.

En resumen, el agua es el medio imprescindible para la vida, en general, y para la vida vegetal, en particular.

El suelo, además de ser el soporte físico del vegetal y su base nutritiva más cualificada es, también, el «almacén» del agua que precisa la planta.

El suelo retiene más o menos agua en función del equilibrio que alcanzan las diversas fuerzas que sobre ella actúan, de las que las dos más importantes son: la gravedad y la tensión superficial.

Una planta que quiera extraer agua del suelo a través de las membranas de sus raíces, necesita vencer la presión osmótica que hay en la disolución acuosa del suelo (mayor o menor según la concentración salina de la disolución) más la tensión superficial con que el agua se «agarra» al suelo, tensión que a igualdad de contenido de agua es mayor en suelos de textura fina (arcillosos) que en los de textura gruesa (arenosos).

La presión osmótica de una disolución puede crecer de dos formas diferentes:

- a) Aportando más sales a la disolución.
- b) Detrayendo agua de la disolución.

La tensión superficial con que el agua se «agarra» a un suelo adquiere mayor valor cuanto menor es la cantidad de agua que existe en ese suelo concreto.

Las plantas absorben el agua del suelo en función de la diferencia existente entre la presión osmótica de los jugos orgánicos del vegetal y la suma de la presión osmótica y de la tensión superficial con que está el agua en el suelo.

Así pues, *el suelo y la planta compiten por el agua.*

Cuando una población vegetal transpira y no se producen restituciones de agua al suelo, va aumentando la tensión superficial y, a la vez, crece la concentración salina del agua retenida.

Llega un momento en que la suma de las dos tensiones exteriores se aproxima a las del vegetal y la planta no puede absorber el agua que precisa en la cuota debida; como consecuencia baja su ritmo metabólico, deja de producir, entra en fase de supervivencia, y si no se aporta agua en breve plazo llegará, incluso, a morir por no poder subvenir a las necesidades de mantenimiento.

El riego es quien viene a poner optimismo en el sombrío panorama descrito.

Riego localizado mediante emisor de largo conducto.



En efecto, al añadir agua al suelo, baja la concentración salina de la disolución y desciende, por tanto, su presión osmótica; la tensión superficial adquiere menores valores; aumenta, en definitiva, la diferencia entre la capacidad de succión de la planta y la tensión de humedad del suelo. El vegetal vuelve a metabolizar a buen ritmo.

De lo dicho se deduce que si a un suelo situado a capacidad de campo le añadiéramos cada día el agua extraída el día anterior, lograríamos que el cultivo pudiera, sin ninguna dificultad, metabolizar toda el agua que precisara.

Se han hecho experiencias de ver en qué medida una planta disminuye o no su poder de formar materia seca cuando sus raíces exploran volúmenes de suelo menores que los normalmente explorados.

La conclusión a que se ha llegado es que, si no faltan los principios nutritivos precisos y el agua, una planta puede producir el 100 % de la materia seca potencial, ocupando, solamente, un porcentaje inferior al 30 % de su volumen radicular explorado con un sistema convencional de riego y cultivo.

En un cultivo de, v.gr., frutales, las exportaciones de agua que sufre el suelo son debidas a la transpiración de las plantas y a la evaporación que se crea sobre el suelo, evaporación que es proporcional a la radiación recibida por el suelo húmedo.

Si consiguiéramos concentrar la humedad solamente en la zona explorada por las raíces del árbol, zona que coincide con la superficie sombreada por el árbol, se evitarían las pérdidas por evaporación de la zona no explorada por las raíces.

Eficiencia de riego ( $E_a$ ) es la relación existente entre el agua que un cultivo precisa y la que realmente debemos aportar.

Ya se ha dicho que localizar el riego mejora la eficiencia, pero hay más:

Las posibilidades de regular el agua que cada planta necesita, el hecho de aportarla en el lugar idóneo y conducirla con tuberías herméticas, es un nuevo factor que incide en la eficiencia del uso del agua.

La posibilidad adicional de incorporar abonos en lugar tan cualificado, las posibilidades de luchar con eficiencia contra la sal, las posibilidades de automatización, etc., son otras ventajas a considerar.

Veamos otra cuestión. Imaginemos que disponemos de una fuente de agua de 3 l./sg. En todo un día podremos almacenar 260 m<sup>3</sup>, volumen que permite el riego a pie de, aproximadamente, un tercio de hectárea, estando el suelo en perfectas condiciones de nivelación.

Si tenemos 3 Ha. de frutal para regar, el agua les llegará cada nueve días.

Ningún problema si el suelo tiene un poder retentivo normal, pero si la textura es de tipo arenoso, o si el perfil de

suelo explorado por las raíces es de muy poca profundidad, quizá los árboles tengan un turno de riego demasiado largo y, quizá, haya que renunciar a tener tres hectáreas, reduciéndolas a sólo 2,5 o menos.

Un sistema de riego de bajo caudal pero de alta frecuencia obvia los problemas de tierras con bajo poder retentivo de agua.

Además, al ser la eficiencia del sistema más alta, podríamos pensar en regar, no sólo las tres hectáreas previstas, sino quizá algo más.

Si el lector lee los contenidos de los párrafos resaltados en el texto, está consiguiendo una aproximación a la definición y a los fundamentos del **RIEGO LOCALIZADO**.



Microaspersor.

### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA EN RIEGO LOCALIZADO EN FRUTALES

En un sistema de *riego convencional* (riego a manta o por aspersión) las necesidades diarias de riego bruto (If) de un cultivo vienen determinadas por la siguiente fórmula:

$$If = \frac{ET_o \cdot K_c}{(1 - LR) \cdot E_a}$$

- If = Riego bruto diario preciso (en mm.)
- ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm./día) (anexo 1)
- K<sub>c</sub> = Coeficiente de cultivo (tanto por uno) (anexo 2).
- LR = Fracción de exceso de lavado (tanto por uno) (anexo 3).
- E<sub>a</sub> = Eficiencia del sistema de riego (tanto por uno).

Riego a mata: E<sub>a</sub> ≈ 0,70  
Riego por aspersión: E<sub>a</sub> ≈ 0,80

En un sistema de *riego localizado* las necesidades diarias de riego bruto vienen dadas por la siguiente fórmula:

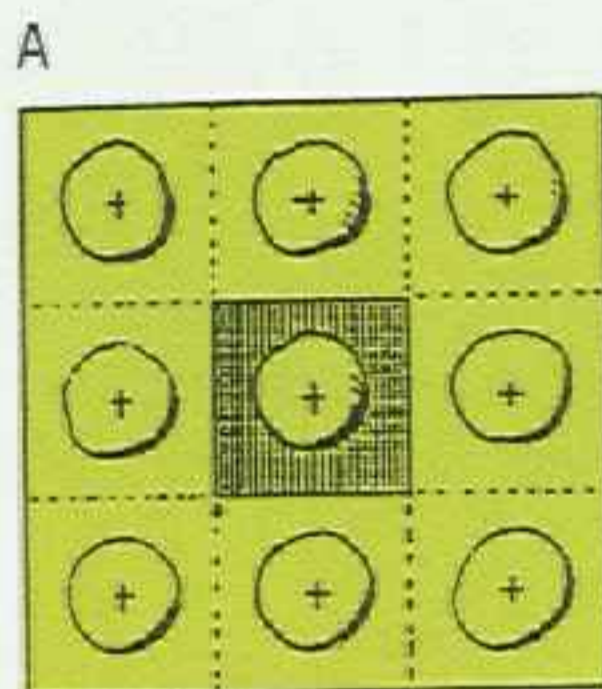
$$If = \frac{ET_o \cdot K_c \cdot F}{(1 - LR) \cdot E_a}$$

- Siendo los elementos nuevos que aparecen frente a la anterior ecuación:
- F = Coeficiente reductor por sombreado (tanto por uno).
- E<sub>a</sub> = Eficiencia del sistema de riego ≈ 0,90

Vemos que interviene «F» = *coeficiente reductor por sombreado*.

El factor «F» es un coeficiente reductor lógico, en función del mayor o menor sombreado eficaz que hace un cultivo sobre el suelo.

Veamos dos casos distintos:

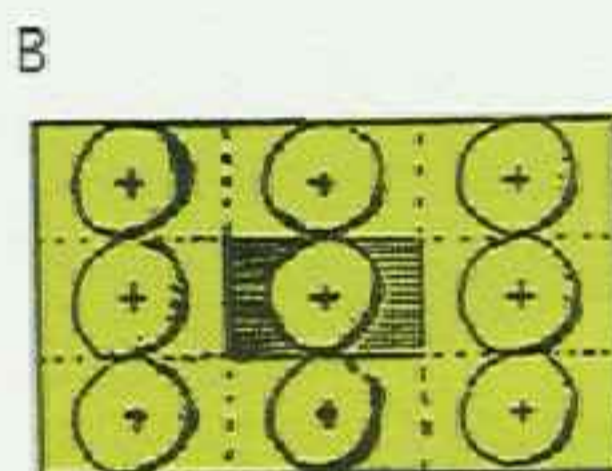


Plantación de melocotoneros de cinco años a marco 5 x 5. Diámetro medio de cada árbol ≈ 3,7 m.

Superficie sombreada por árbol = 9 m<sup>2</sup>.

Superficie ocupada por árbol = 25 m<sup>2</sup>.

Porcentaje de suelo sombreado = 36 %.



Plantación de melocotoneros de cinco años a marco de 5 x 3. Diámetro medio de cada árbol ≈ 3,7 m.

Superficie sombreada por árbol = 9 m<sup>2</sup>.

Superficie ocupada por árbol = 15 m<sup>2</sup>.

Porcentaje de suelo sombreado = 60 %.

En 1979, KELLER indicaba que el factor «F» era igual a:

$$F = \frac{0,85 \cdot P}{100} + 0,15$$

siendo F = coeficiente corrector por sombreado.  
P = porcentaje de suelo sombreado.

En 1980, FERERES ajusta una ecuación que liga a «F» con «P» y cuyos valores aparecen en el siguiente cuadro:

P %	10	20	30	40	50	60	70	80, 90 y 100
F	0,30	0,50	0,62	0,74	0,86	0,95	0,99	1

Entre las ideas de KELLER y FERERES hay unas pequeñas diferencias.

El autor de estas líneas ha ajustado una ecuación que deja los valores de «F» en una situación intermedia a lo que opinan los dos investigadores y que es válida para el intervalo de 10 a 80 de los valores de P %, ya que para valores de P % superiores a 80 los valores de «F» son la unidad.

La ecuación es la siguiente:

$$F = \frac{P + 50 \sqrt{P} - 50}{500}$$

Llevada esta ecuación a un cuadro da los siguientes valores:

P %	10	20	30	40	50	60	70	80, 90 y 100
F	0,24	0,38	0,50	0,60	0,70	0,82	0,90	1

Veamos las necesidades de riego en un día medio del mes de julio de las dos plantaciones «A» y «B» de melocotón de cinco años, regadas por riego localizado con una eficiencia del sistema (Ea) de 0,9. Estas plantaciones son manejadas sin cubierta vegetal en una explotación situada a 41° 30' latitud norte (La Almunia de Doña Godina) en zona de invierno con heladas ligeras y con temperatura media del mes de 23,2° C, con humedad relativa mínima media (Rh. mín.) del 42 %, con un total de horas de sol fuerte a las totales diurnas del 70 % y con vientos diurnos de 3,2 m./seg.

Los melocotoneros están en una tierra de textura francoarenosa, con un 78 % de arena.

La conductividad del agua es de 0,58 mmhos./cm. y la conductividad máxima del extracto de saturación del suelo que tolera el melocotonero según DOORENBOS es de 7 mmhos./centímetros (Max ECe).

Usamos la fórmula antes expresada:

$$I_f = \frac{E_{To} \cdot K_c \cdot F}{(1 - LR) \cdot E_a}$$

### 1. ETo (evapotranspiración de referencia)

Consultamos la fórmula de BLANEY, CRIDDLE (anexo 1) y obtenemos:

$$\langle P \rangle = 0,33$$

$$f = p(0,46 \cdot t + 8,13) = 6,26 \text{ mm./día.}$$

Consultamos las correcciones y obtenemos:

Por humedad relativa mínima .....	1
Por luminosidad .....	1
Por velocidad viento diurno .....	1

y obtenemos:

$$E_{To} = 6,26 \text{ mm./día.}$$

### 2. Kc (coeficiente de cultivo)

Consultamos el anexo 2 y obtenemos que

$$K_c = 0,90$$

### 3. F (coeficiente reductor por sombreado)

Aplicamos la fórmula antes indicada a cada uno de los casos que nos planteamos y tenemos:

$$\text{Caso A (marco } 5 \times 5): P = 36\%, F_A = 0,57.$$

$$\text{Caso B (marco } 5 \times 3): P = 60\%, F_B = 0,82.$$

### 4. LR (fracción de lavado)

Consultamos el anexo 3 que nos dice:

$$LR = \frac{EC_w}{2 \text{ Max } EC_e} \times \frac{1}{Le}$$

$$LR = \frac{0,35}{14} \cdot \frac{1}{(0,50 \cdot 0,78 + 0,50)} = \frac{0,35}{12,43} = 0,03$$

### 5. Ea (efluencia del sistema de riego) = 0,90

Aplicamos los valores obtenidos a la fórmula general y obtenemos:

$$\text{Caso A} = \frac{6,26 \cdot 0,90 \cdot 0,57}{0,97 \cdot 0,90} = \frac{3,68 \text{ mm./día} = 36,8 \text{ m}^3/\text{Ha./día}}{92 \text{ l./árbol/2}}$$

$$\text{Caso B} = \frac{6,26 \cdot 0,90 \cdot 0,82}{0,97 \cdot 0,90} = \frac{5,29 \text{ mm./día} = 52,9 \text{ m}^3/\text{Ha./día}}{79 \text{ l./árbol/2}}$$

### CONCLUSIONES

Se observa que en el caso «A» (melocotoneros a marco de 5 x 5) el consumo es de 92 l./árbol/día en esa época y que en el caso «B» (marco de 5 x 3) el consumo es de 79 l./árbol/día.

Es decir, consume *menos agua* un melocotonero a marco estrecho que a marco ancho.

Por hectárea de plantación los melocotoneros «A» consumen 36,8 m<sup>3</sup>/hectárea/día y los melocotoneros «B» consumen 52,66 m<sup>3</sup>/hectárea/día.

Es decir, una hectárea de plantación densa consume más agua total que una hectárea a marco más ancho.

### Anexo 1: Fórmulas de BLANEY CRIDDLE

$$\text{La fórmula de BLANEY CRIDDLE es: } F = P(0,46 t + 8,13)$$

La modificación a esta fórmula se realiza introduciendo factores correctores relacionados con la HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA del mes considerado (RH mín.), con las horas reales de sol (n/N) y con la velocidad media del viento diurno (U2d).

#### VALOR DE «P»

LATITUD EN °	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Novi.	Dic.
45	0,21	0,23	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
40	0,22	0,22	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24

VALOR DEL FACTOR CONSUNTIVO «F» EN LA FÓRMULA DE BLANEY CRIDDLE EN FUNCIÓN DE «P»  
Y DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

$$F = P \cdot (0,46 \cdot t + 8,13)$$

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°)														
«P»	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
0,20	2	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,8	4	4,2	4,4
0,22	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8
0,24	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,3
0,26	2,5	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4	4,3	4,5	4,7	5	5,2	5,5	5,7
0,28	2,8	3	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4	5,5	5,9	6,1
0,30	3	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6	6,3	6,6
0,32	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5	5,3	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7
0,34	3,4	3,7	4	4,3	4,6	5	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,5

FACTOR CORRECTOR DE «F» EN LA FÓRMULA BLANEY CRIDDLE EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA

RH mín.	FACTOR
Menor del 20%	1,17
20 al 50%	1
Más del 50%	0,73

FACTOR CORRECTOR DE «F» EN LA FÓRMULA BLANEY CRIDDLE EN FUNCIÓN DEL TANTO POR UNO DE HORAS DE CIELO DESPEJADO FRENTE AL TOTAL DE HORAS DIURNAS = (n/N)

n/N	FACTOR
0,3-0,6	0,85
0,6-0,8	1
Más de 0,8	1,15

Anexo 2: Coeficiente de cultivo de árboles frutales

VIENTOS			CON CUBIERTA VEGETAL										SIN CUBIERTA VEGETAL									
ESPECIES FRUTALES	Secos Húmedos	Débiles Fuertes	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV		
INVIERNOS FRÍOS CON HELADAS FUERTES																						
Cerezo	H	D	0,00	0,50	0,75	1,00	1,10	1,10	1,10	0,85	0,00	0,00	0,45	0,55	0,75	0,85	0,85	0,80	0,60	0,00		
		F	0,00	0,50	0,75	1,10	1,20	1,20	1,15	0,90	0,00	0,00	0,45	0,55	0,80	0,90	0,90	0,85	0,65	0,00		
Manzano	S	D	0,00	0,45	0,85	1,15	1,25	1,25	1,20	0,95	0,00	0,00	0,40	0,60	0,85	1,00	1,00	0,95	0,70	0,00		
		F	0,00	0,45	0,85	1,20	1,35	1,35	1,25	1,00	0,00	0,00	0,40	0,65	0,90	1,05	1,05	1,00	0,75	0,00		
Melocotón	H	D	0,00	0,50	0,70	0,90	1,00	1,00	0,95	0,75	0,00	0,00	0,45	0,50	0,65	0,75	0,75	0,70	0,55	0,00		
		F	0,00	0,50	0,70	1,00	1,05	1,10	1,00	0,80	0,00	0,00	0,45	0,55	0,70	0,80	0,80	0,75	0,60	0,00		
Peral	S	D	0,00	0,45	0,80	1,05	1,15	1,15	1,10	0,85	0,00	0,00	0,40	0,55	0,75	0,90	0,90	0,80	0,65	0,00		
		F	0,00	0,45	0,80	1,10	1,20	1,20	1,15	0,90	0,00	0,00	0,40	0,60	0,80	0,95	0,95	0,90	0,65	0,00		
Ciruela	S	D	0,00	0,45	0,80	1,10	1,20	1,20	1,15	0,90	0,00	0,00	0,40	0,60	0,80	0,95	0,95	0,90	0,65	0,00		
		F	0,00	0,45	0,80	1,10	1,20	1,20	1,15	0,90	0,00	0,00	0,40	0,60	0,80	0,95	0,95	0,90	0,65	0,00		
INVIERNOS FRÍOS CON HELADAS LICERAS																						
Cerezo	H	D	0,80	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,05	0,85	0,80	0,60	0,70	0,80	0,85	0,85	0,80	0,80	0,75	0,65		
		F	0,80	0,95	1,10	1,15	1,20	1,20	1,15	0,90	0,80	0,60	0,75	0,85	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,70		
Manzano	S	D	0,85	1,00	1,15	1,25	1,25	1,25	1,20	0,95	0,85	0,50	0,75	0,95	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,70		
		F	0,85	1,05	1,20	1,35	1,35	1,35	1,25	1,00	0,85	0,50	0,80	1,00	1,05	1,05	1,00	0,95	0,90	0,75		
Nogal	H	D	0,80	0,85	0,90	1,00	1,00	1,00	0,95	0,80	0,80	0,55	0,70	0,75	0,80	0,80	0,70	0,70	0,65	0,55		
		F	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10	1,10	1,00	0,85	0,80	0,55	0,70	0,75	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70	0,60		
Peral	S	D	0,85	0,95	1,05	1,15	1,15	1,15	1,10	0,90	0,85	0,50	0,70	0,85	0,90	0,90	0,90	0,80	0,75	0,65		
		F	0,85	1,00	1,10	1,20	1,20	1,20	1,15	0,95	0,85	0,50	0,75	0,90	0,95	0,95	0,95	0,85	0,80	0,70		
Almendro	H	D	0,80	0,85	0,90	1,00	1,00	1,00	0,95	0,80	0,80	0,55	0,70	0,75	0,80	0,80	0,70	0,70	0,65	0,55		
		F	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10	1,10	1,00	0,85	0,80	0,55	0,70	0,75	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70	0,60		

**FACTOR CORRECTOR DE «F» EN LA FÓRMULA BLANEY CRIDDLE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO DIURNO (U 2)**

U 2 (m./seg.)	FACTOR
Más de 5 m./seg. ....	1,13
De 2 a 5 m./seg. ....	1
Menos de 2 m./seg. ....	0,87

**Anexo 3: Fracción de lavado**

El excedente de agua de riego a aplicar para que el lavado sea eficaz se llama **FRACCIÓN DE LIXIVIACIÓN** o **LAVADO**, y nos indica, de forma porcentual, el exceso de agua a añadir a un perfil de suelo.

Esa **FRACCIÓN DE LAVADO** deberá ser tanto mayor cuanto mayor sea la conductividad del agua de riego y tanto menor cuanto mayor sea la resistencia del cultivo a la salinidad.

Las fórmulas que se utilizan para el cálculo de la fracción de lavado son las siguientes:

**A) Para riegos a pie y por aspersión:**

$$LR = \frac{ECw}{5 ECe - ECw} \times \frac{1}{Le}$$

**B) Para riegos por goteo:**

$$LR = \frac{ECw}{2 MaxECe} \times \frac{1}{Le}$$

Fórmulas en las que:

LR = Fracción de lavado en %.

ECw = Conductividad del agua de riego en mmhos./cm.

ECe = Conductividad tolerada del extracto de saturación de un suelo para diversos niveles productivos.

MaxECe = Conductividad máxima tolerable del extracto de saturación para un cultivo.

Le = Eficiencia de la lixiviación en tanto por uno, que oscila entre 1 para suelos arenosos y 0,35 para suelos muy arcillosos.

La fórmula empírica que nos da el valor de la eficiencia de la lixiviación es:

$$Le = 0,50 \times A + 0,50$$

En la que «A» es el tanto por uno de arena que contiene ese suelo.

La fracción de lavado es conveniente incorporarla con cada riego.

**GLOSARIO DE TÉRMINOS MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN TECNOLOGÍA DE RIEGOS**

**ETo:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA. Se expresa en mm. de agua por día, y es la evapotranspiración que tiene un cultivo de pradera de gramíneas que sombrea perfectamente el terreno y con suelo bien dotado de humedad.

**Kc:** COEFICIENTE DE CULTIVO. Expresa en qué medida el estado vegetativo de un cultivo le hace evapotranspirar más o menos mm. de agua por día que la expresada por la ETo de ese lugar.

Si expresamos que el Kc del MAÍZ en el mes de julio en un lugar determinado es 1,15, quiere decir que ese MAÍZ evapotranspira 1,15 x ETo.

**ETc:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO. Se expresa en milímetros de agua por día, y es la evapotranspiración real que se produce en la superficie en que el cultivo está asentado. Es, en resumen, la pérdida hídrica que sufre ese suelo. Su relación con la ETo y el Kc es:

$$ETc = ETo \times Kc$$

**ECw:** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA DE RIEGO. Se suele expresar en MILMHOS/CM. (milimhos/cm.) o en MICROMHOS/CM. (milimhos/cm., que es la milésima parte del micromhos/cm.).

Este dato permite conocer el grado de disociación iónica del agua y permite, por tanto, aproximarse a la idea

de salinidad del agua. En efecto, a más sal en un agua mayor es su disociación iónica, y a mayor disociación mayor es la conductividad.

**ECe:** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN DEL SUELO. Se suele expresar, al igual que la ECw en milimhos/cm. o en micromhos/cm. La ECw mide la «salinidad» del agua, la ECe mide la salinidad del suelo.

**Ea:** EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO. Se expresa en tanto por uno. Indica el porcentaje de agua aportada por el sistema de riego que es utilizable por la planta. Así un sistema de riego por aspersión bien diseñado puede tener una Ea de 0,80 a 0,82; un buen riego localizado puede tener un Ea de 0,90 a 0,92.

**LR:** FRACCIÓN DE LAVADO. Se expresa en tanto por uno y significa el exceso de agua que es preciso aportar en el riego según la salinidad (conductividad) del agua a utilizar (ECw) y/o del suelo (ECe). La fracción de lavado a utilizar debe ser tanto mayor cuanto mayor sea la ECw y/o ECe.

**If:** RIEGO BRUTO A APORTAR. Se expresa en mm. de agua y es la cantidad real de agua a aportar a un cultivo según sea la ETo del lugar, el Kc del cultivo en ese momento, la Ea del sistema que utilizamos y la LR que es precisa en función de la ECw y/o ECe.



## EL RIEGO LOCALIZADO

JOSÉ MANUEL TABUENCA MARTÍNEZ

Perito Agrícola,  
Agente de Extensión Agraria, funcionario  
del Departamento de Agricultura de la DGA

2

### ¿GOTEO, MICROASPERSIÓN, MICROJETS?

Se llama riego por goteo aquel en que, en los emisores (goteros), se produce una pérdida de carga que genera el «goteo».

El contacto del agua con el suelo se produce, en este sistema, en un punto. La transmisión del agua por el suelo se confía, exclusivamente, a la transmisividad hidráulica del suelo, que produce un bulbo húmedo, de mayor o menor diámetro y de mayor o menor profundidad.

Se llama microaspersión al sistema de riego en que se moja una superficie de suelo de diámetro variable (normalmente de 1,5 a 3 m) por medio de un artilugio (el microaspersor) que distribuye el agua mediante un mecanismo de giro.

Se denominan microjets o difusores a emisores de agua que, como los microaspersores, producen una mancha de humedad amplia en el suelo. Consisten, en general, en una tobera que impulsa el agua hacia un mecanismo que la proyecta de forma circular o sectorial. No lleva mecanismos de giro.

En los dos últimos sistemas (microaspersión y microjets) el tamaño del bulbo húmedo no depende tanto de las características del suelo, cuanto de la superficie que dominan los emisores y de su caudal.

Cada una de estas formas de localizar el agua tiene sus ventajas, sus inconvenientes, y hay situaciones concretas en que resulta más idóneo uno u otro sistema.

Las ventajas e inconvenientes de cada sistema son:

#### GOTEO

##### Ventajas:

- Es el de más alta eficacia.
- Permite un control de la salinidad muy eficaz.
- Es, en general, más barato que otros, por requerir secciones de tubería menores (por transportar caudales más bajos).

##### Inconvenientes:

- Un error o un accidente en el programa de riego puede producir un «stress» hídrico importante en el cultivo en casos de suelos con bajo poder retentivo de humedad.
- En terrenos muy permeables la superficie mojada de cada gotero es muy pequeña y se precisan muchos goteros por planta.
- El riesgo de obturaciones es, en general, mayor que en otros sistemas.



Manchas de humedad de goteros.

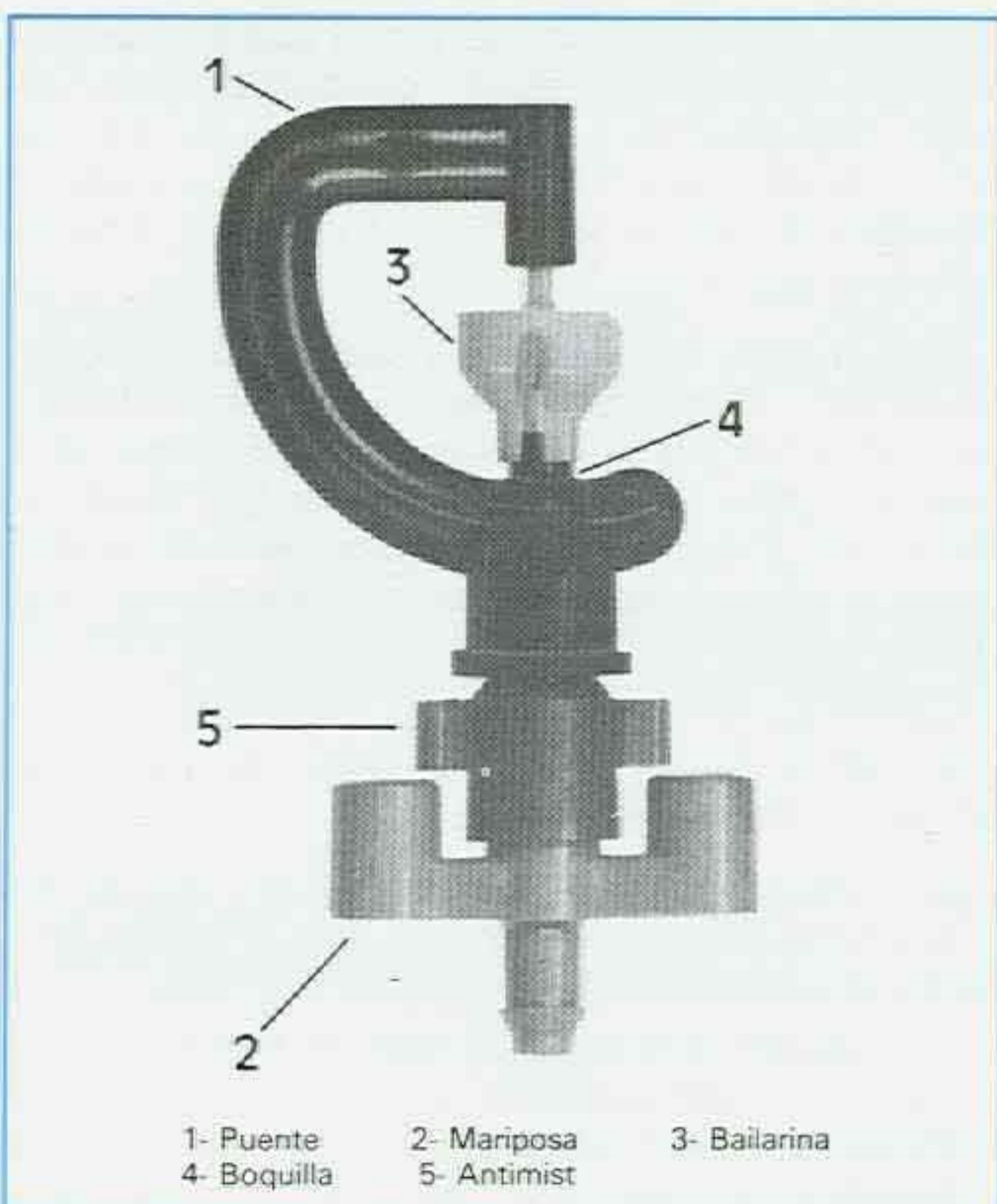
### MICROASPERSIÓN

#### Ventajas:

- Crea una zona húmeda amplia, incluso en terrenos permeables.
- Como consecuencia baja el riesgo de «stress» hídrico.

#### Inconvenientes:

- La eficiencia del uso del agua es menor (viento y evaporación).
- El mecanismo de giro del emisor lo hace más propenso a averías.
- El control de la salinidad es, con este sistema, menos eficaz.
- Por manejarse caudales más altos que en el goteo se requieren secciones de tubería más altas, o sea más caras.
- Es precisa más presión de agua que en el goteo.



1- Puente      2- Mariposa      3- Bailarina  
4- Boquilla      5- Antimist

Microaspersor.

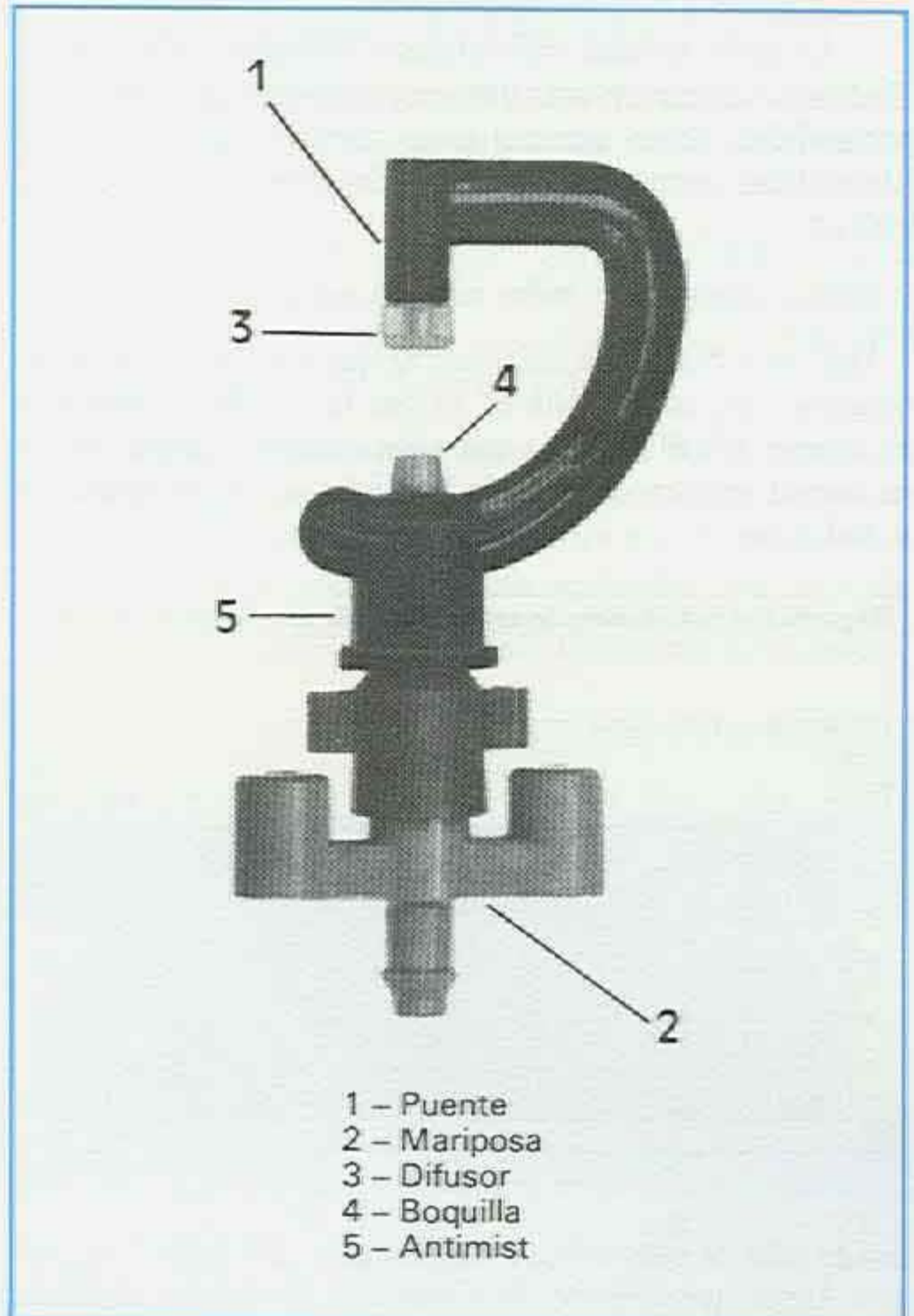
### MICROJETS

#### Ventajas:

- Las de la microaspersión, más la posibilidad de dirigir el agua de forma sectorial.
- El riesgo de avería del difusor es menor que el del microaspersor.

#### Inconvenientes:

- Los mismos que la microaspersión.



1 - Puente  
2 - Mariposa  
3 - Difusor  
4 - Boquilla  
5 - Antimist

Microjet.

### VOLUMEN DEL BULBO HÚMEDO QUE SE HA DE CREAR

Al estudiar en el capítulo anterior el cálculo de las necesidades de agua, obteníamos el criterio que servía para corregir la ETC del cultivo en función del porcentaje de sombreado del suelo por el cultivo.

Se llegaba a la conclusión de que, en el mes de julio, en un lugar concreto, una plantación de melocotonero a marco de  $5 \times 3$ , necesitaba el aporte de 79 litros/día de agua.

La pregunta que ahora se plantea es saber cuántos metros cúbicos de tierra húmeda son precisos para que pueda vivir sin problemas el melocotonero en cuestión.

Este problema equivale a resolver cuál debe ser el porcentaje de superficie que se ha de mojar respecto de la sombreada por el árbol, medida a 30 cm de profundidad y alcanzando la profundidad de raíces de dicho árbol.

Simplificando el tema, y vistos los trabajos de KELLER, KARMELI, y sobre todo HERNÁNDEZ ABREU, se puede afirmar, como regla general que, *como mínimo*, es preciso crear una superficie húmeda equivalente al *treinta por ciento de la superficie sombreada*, alcanzando, además, el agua, la profundidad conveniente, que en fruticultura se estima, en condiciones normales, de unos 90 a 100 cm.

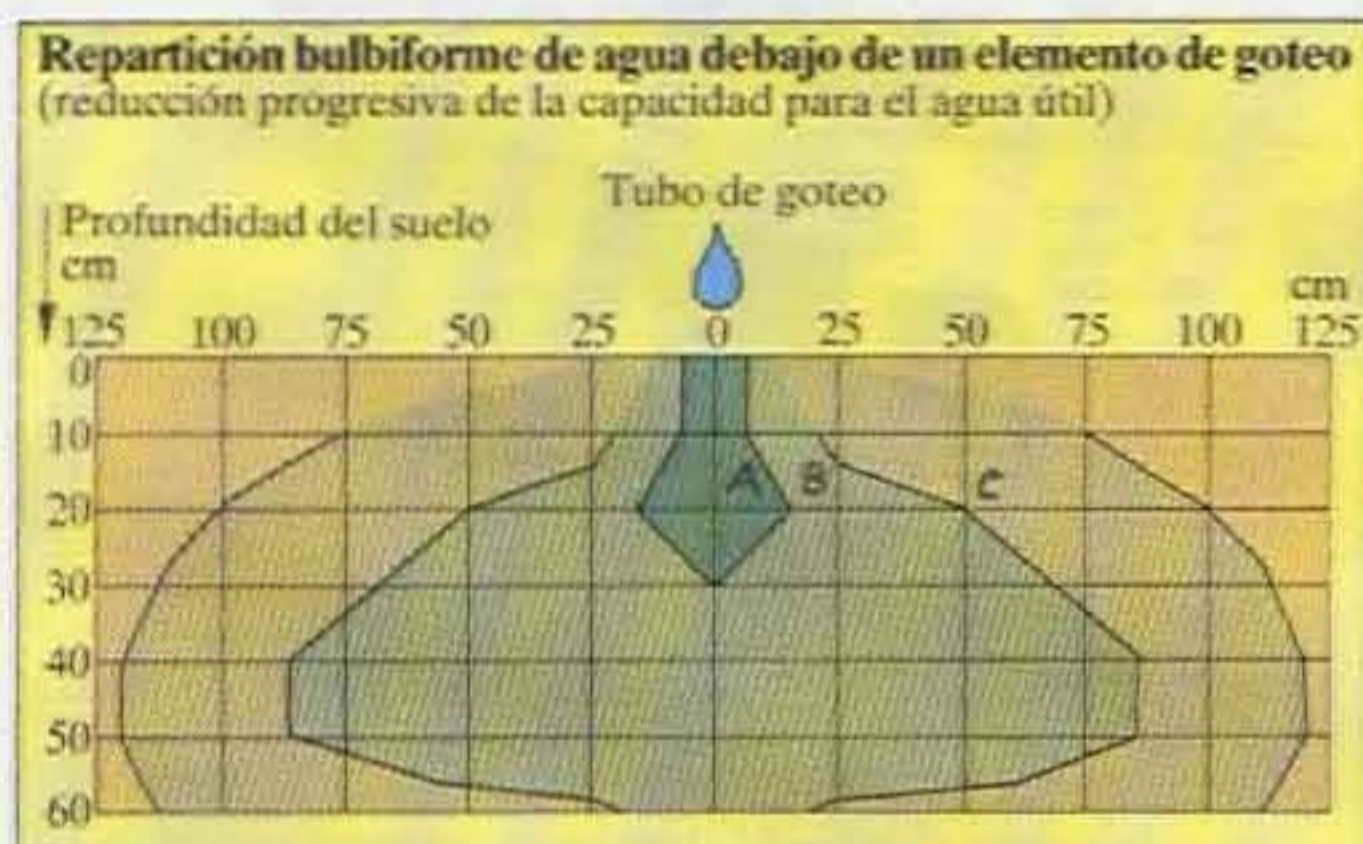
En el caso de los melocotoneros, cuya superficie sombreada es de 9 m<sup>2</sup>, la superficie *mínima* que se ha de mojar será de 2,7 metros cuadrados.

## NÚMEROS DE EMISORES Y CAUDAL UNITARIO

... Es decir, en cada melocotonero es preciso crear UNA o VARIAS manchas de humedad que, medidas a unos 30 cm de profundidad, deben totalizar como mínimo unos 2,7 m<sup>2</sup>. La profundidad óptima del bulbo mojado debe ser de unos 90 a 100 cm.

Pero... ¿cómo es el bulbo húmedo que genera un emisor?

Hay en el bulbo una zona interna que está en estado de saturación, una zona media en la que la tensión de humedad es inferior a 0,20 kg/cm<sup>2</sup> y una zona exterior, subhúmeda, en la que la tensión de humedad es inferior, en promedio, a 0,30 kg/cm<sup>2</sup>.



Las sales se concentran en la «corteza» del bulbo y es preciso lograr que el bulbo no disminuya del tamaño diseñado, para evitar la invasión de las sales exteriores.

Por ello, hay que mantener el tamaño diseñado, que comienza en la operación de lograrlo con los primeros riegos de la temporada.

Tras «llenar» de agua el bulbo, mantener su tamaño es relativamente sencillo si se dispone del dato de la extracción diaria que sufre el bulbo. En ese caso bastará con recomponer la extracción diaria, corregida en función de la eficiencia (Ea) y considerando la fracción de lavado (LR).

Cuando en un terreno con algún problema de salinidad, o en el que llevamos varios años con un cultivo con riego localizado al que aportamos abonos por vía riego se produce una lluvia intensa, es conveniente poner en marcha el sistema de riego para impedir que el agua de lluvia disuelva las sales de las cortezas de los bulbos y sean invadidos por aguas exteriores salinas.

Otra forma de lograr ese mantenimiento de volumen consistiría en disponer de unos tensiómetros que pincharíamos en los siguientes lugares:



Tensiómetro situado en un bulbo saturado de humedad.

- Uno a 25 cm de profundidad, y situado en 3/4 del radio máximo mojado.
- Uno a 50 cm de profundidad, y situado en 1/2 del radio máximo mojado.
- Uno a 75 cm de profundidad, y situado en 1/4 del radio máximo mojado.

Cuando el más exterior (el más superficial) supera los 0,25 kg/cm<sup>2</sup> es que el bulbo desciende de tamaño. El intermedio debe estar siempre por debajo de 0,15 kg/cm<sup>2</sup> y el más próximo al emisor no debe superar nunca 0,10 kg/cm<sup>2</sup>.

En todo caso, indicar que los bulbos adquieren una forma real que depende de las características hidráulicas del suelo, del caudal del emisor y del tiempo de actuación de dicho emisor.

El autor de estas notas sobre la base del cuadro de Karmelli y Keller ha confeccionado un cuadro orientativo de la superficie húmeda que generan diversos tipos de emisores en diversas tierras.

El cuadro se ha confeccionado para el caso de «nuestros» melocotoneros, figurando realzados los datos particulares relativos a ellos. (Nuestros melocotoneros son los que aparecían en el anterior número de esta revista que consumían 79 litros/árbol día con un marco 5 × 3 y con una superficie sombreada de 9 m<sup>2</sup>.)

Se observa, por ejemplo, cómo a partir de suelos con permeabilidades mayores de 12 mm/hora, las reservas hídricas utilizables son de sólo *dos días* y aún menos. Ello hace que el riesgo de «stress» hídrico en esos suelos sea muy alto y, por ello, es más racional pensar en *microaspersión* o en *microdifusión*, ya que así generaremos una mayor cuantía de reservas hídricas.

Advertir que el cuadro ofrecido es tan empírico como el tradicional de Karmeli y Keller de 1974, pues, entre otras, presupone las siguientes cuestiones:

- Se establece una relación funcional unívoca entre la permeabilidad de un terreno y su textura, cosa que es cierta, pero no total y absolutamente.
- Se presupone que la dimensión lineal del disco de humedad a 30 cm de profundidad es de un 28 % mayor que en profundidad cero (64 % mayor en dimensión cuadrática), dato éste que es cierto para determinados valores de transmisividad hidráulica del suelo, pero no en general.

No obstante, el autor estima que, a falta de la prueba de campo, que es la que aportaría los datos más fiables, este cuadro resulta más práctico y completo que las viejas tablas de Keller.

### NOS PLANTEAMOS EL SIGUIENTE CASO:

Tenemos nuestra vieja conocida (plantación de melocotoneros a 5 × 3 en terreno FRANCO con permeabilidad estabilizada de 10 mm/hora).

Ya hemos visto que, como mínimo, necesitamos mojar 2,7 m<sup>2</sup> por árbol, y que la dosis diaria de riego en JULIO debe ser de unos 79 litros/árbol/día.

Consultamos en las tablas y obtenemos:

- **CON GOTEROS DE DOS LITROS/HORA:** Necesitaríamos nueve goteros... **SOLUCIÓN DESECHADA.**
- **CON GOTEROS DE CUATRO LITROS/HORA:** Necesitaríamos CINCO goteros... **CINCO SON MUCHOS GOTEROS.**
- **CON GOTEROS DE SEIS LITROS/HORA:** Necesitaríamos TRES goteros. Nos garantizan 2,76 días de humedad útil... **NO ESTÁ MAL.**
- **CON GOTEROS DE OCHO LITROS/HORA:** Necesitaríamos TRES goteros. Nos garantizan 3,64 días de humedad útil... **¿VERDAD QUE ESTÁ CLARO?... LA ÚLTIMA OPCIÓN PARECE LA MÁS FAVORABLE.**

Imaginemos por un momento que «nuestros» melocotoneros, en lugar de estar situados en la parcela con *textura de suelo FRANCA*, hubieran estado en una tierra de *textura Arenoso-Franca* con permeabilidad de 15 mm/hora.

Consultamos las tablas y obtenemos:

- **CON GOTEROS DE DOS LITROS/HORA:** Necesitaríamos trece goteros por árbol para lograr la superficie mojada de 2,7 m<sup>2</sup>. Dispondríamos de reserva de agua entre los trece bulbos para sólo día y medio... **SOLUCIÓN DESECHADA.**
- **CON GOTEROS DE CUATRO LITROS/HORA:** Necesitaríamos siete goteros por árbol. La reserva hídrica sería de día y medio... **SOLUCIÓN DESECHADA.**
- **CON GOTEROS DE SEIS LITROS/HORA:** Necesitaríamos cinco goteros por árbol. La reserva sería de 1/7 días... **SOLUCIÓN DESECHADA.**
- **CON GOTEROS DE OCHO LITROS/HORA:** Necesitaríamos cuatro goteros por árbol. La reserva hídrica alcanza para 1,82 días... **SIGUEN SIENDO MUCHOS GOTEROS Y POCA RESERVA.**

Éste es uno de los casos típicos en que optaríamos por la microaspersión o por la microdifusión, para lograr que cada árbol disponga de una superficie mojada de, al menos, 2,7 m<sup>2</sup>. Esta superficie mojada se consigue con un artilugio de tipo circular que tenga un alcance de sólo un metro.

PERMEABILIDAD mm/h		4	6	8	10	12	15	20
TEXTURA		ARCILLOSA	ARCILLO- ARENOSA	FRANCO- LIMOSA	FRANCA	FRANCO- ARENOSA	ARENOSO- FRANCA	ARENOSA
2 l/h	A	0,82	0,54	0,41	0,33	0,28	0,22	0,16
	B	500	330	250	200	160	130	100
	C	175	100	80	58	27	19	11
	D	40	33	35	24	15	9	6
Nº emisores/árbol		4	5	7	9	10	13	17
Días humedad útil		2,02	2,03	3,10	2,76	1,89	1,48	1,29
4 l/h	A	1,64	1,08	0,82	0,66	0,55	0,44	0,33
	B	1000	660	500	400	330	260	200
	C	350	200	160	116	54	38	22
	D	80	66	70	48	30	18	12
Nº emisores/árbol		2	3	4	5	5	7	9
Días humedad útil		2,02	2,50	3,54	3,03	1,89	1,59	1,36
6 l/h	A	2,46	1,64	1,23	0,98	0,82	0,66	0,49
	B	1500	1000	750	600	500	400	300
	C	525	300	240	174	81	57	33
	D	120	100	105	72	45	27	18
Nº emisores/árbol		2	2	3	3	4	5	6
Días humedad útil		3,03	1,26	3,98	2,76	2,27	1,70	1,36
	A	3,28	2,18	1,64	1,31	1,08	0,87	0,66
	B	2000	1330	1000	800	660	530	400
	C	700	400	320	232	108	76	44
	D	160	130	140	96	60	36	24
Nº emisores/árbol		1	2	2	3	3	4	5
Días humedad útil		2,02	3,29	3,54	3,64	2,27	1,82	1,52
A) SECCIÓN DISCO (m <sup>2</sup> ) A 30 cm DE PROFUNDIDAD								
B) VOLUMEN DEL BULBO DE TIERRA (profund. de 1 m. Volumen (en litros)								
C) VOLUMEN DE HUMEDAD EN EL BULBO A CAPACIDAD DE CAMPO (en litros)								
D) HUMEDAD ÚTIL ENTRE EL INTERVALO 0,2 a 1,5 kg/cm <sup>2</sup> de tensión de humedad (en litros)								



## EL RIEGO LOCALIZADO

3

### HORAS DE RIEGO

«Nuestros» viejos amigos de anteriores capítulos (melocotoneros a marco  $5 \times 3$  situados en tierra franca con necesidad media de agua en julio de 79 litros/árbol/día) fueron equipados con un sistema de riego localizado, y cada árbol dispone de tres goteros de 8 litros/hora cada uno.

Consultamos las tablas del anterior capítulo y vemos que en esa tierra, con tres goteros, creamos una reserva útil de agua de 3,64 días de consumo, o sea unos 288 litros de agua útil por árbol.

Es decir, el turno de riego máximo admisible deberá ser de 3,64 días.

Regar con un turno tan largo, no obstante, es un grave error que atenta, frontalmente, contra varias de las premisas técnicas que sirvieron para desarrollar esta tecnología de riego.

En efecto, si damos lugar a grandes oscilaciones en el tamaño del bulbo (turno de riego largo), conseguimos que la conductividad y la tensión superficial de la parte más externa del bulbo (la sometida a contracción y ex-

pansión) haga de esa zona un inhóspito paraje para las raíces allí situadas.

Como consecuencia se situarán en esa tierra, tan mutable y conflictiva, muy pocas raíces, y las que se instalen tendrán, en cada turno de riego, bastantes horas de bajos niveles metabólicos.

Lo más razonable, en riego localizado, es regar todos los días, con lo cual se consigue:

- Mantener los bulbos con una dimensión, casi constante.
- Lograr en el interior del bulbo una conductividad muy baja (concentraciones salinas muy bajas por abundancia de agua) y tensiones superficiales también bajas.

Actuando así, todo el bulbo (el centro y la periferia) pasará a ser una apacible estancia para las raíces, que estarán situadas en una cómoda franja de constantes físico-químicas.

Cada árbol deberá recibir cada día en el mes de julio 79 litros de agua, mediante el aporte de tres goteros de 8 litros/hora c/v; es decir, deberá recibir:

$$\frac{79 \text{ l/día}}{8 \text{ got} \times \text{l/h.}} = 3,3 \text{ horas de riego por árbol y día}$$

Expresando esta operación en forma general, obtenemos:

$$HD = \frac{If}{Q \cdot n}$$

Siendo:

HD: HORAS DIARIAS DE RIEGO POR ÁRBOL.

If: LITROS A APORTAR POR ÁRBOL Y DÍA.

Q: CAUDAL EN LITROS/HORAS DE CADA GOTERO.

N: NÚMERO DE GOTEROS POR ÁRBOL.

Si decidimos regar cada dos días, el tiempo de riego será el doble del obtenido con riego diario.

«Nuestros» melocotoneros ocupan, por ejemplo, cuatro hectáreas, equipados con los ya conocidos tres goteros de 8 litros/hora por árbol.

Imaginemos que queremos regar las cuatro hectáreas al mismo tiempo. Nos hará falta un caudal instantáneo de:

$$8 \text{ litros/hora} \times 3 \text{ goteros/árbol} \times 666 \text{ árboles/ha} \times 4 \text{ has} = 63,936 \text{ litros/hora equivalentes a } 17,76 \text{ litros/segundo.}$$

Imaginemos ahora un segundo caso: hemos creado un sistema de riego en el que hemos partido las cuatro hectáreas de frutales en seis lotes iguales de 444 árboles cada lote y regaremos en seis turnos diarios de riego, es decir, regaremos durante 3 horas y 20 minutos los 444 árboles del primer bloque; a continuación, y durante otras 3 horas 20 minutos, los 444 árboles del segundo bloque; y así hasta haber regado los seis bloques de árboles.

El caudal instantáneo preciso será de:

$$8 \text{ litros/hora} \times 3 \text{ goteros/árbol} \times 444 \text{ árboles} = 10\,656 \text{ litros/hora equivalentes a } 2,96 \text{ litros/segundo.}$$

Las horas diarias que durará la totalidad del riego de las cuatro hectáreas será de 3 horas y 20 minutos por los seis bloques, es decir, 20 horas.

Repasemos los dos supuestos:

—Regar en un solo turno requiere un caudal de casi 18 litros/segundo.

—Las tuberías que son precisas para transportar ese caudal debidamente deben ser de 125 mm Ø.

—En sólo tres horas y veinte minutos diarios se riega todo.

Reconsideremos lo que ocurre regando en seis turnos:

—Necesitamos un caudal de 3 litros/segundo.

—La tubería que transporta este caudal precisa unos 50 mm Ø.

—El riego dura, para las cuatro hectáreas, 20 horas/día.

Vemos que en el segundo caso necesitamos:

1. MENOS CAUDAL INSTANTÁNEO.
2. MENOR SECCIÓN DE TUBERÍAS PRINCIPALES.
3. ESTAR TODO EL DÍA «POR EL RIEGO».

Los puntos 1 y 2 son claras ventajas, pero el 3 es una auténtica esclavitud, pues supondría tener que estar en el campo todo el día y toda la noche, y todos los días del mes.

Para evitar esta esclavitud y aprovechar las ventajas, existen automatismos de riego muy sencillos que liberan del trabajo de abrir y cerrar llaves seis veces al día. Su coste, por otra parte, es muy razonable y día a día se están imponiendo.

## CAUDAL DE AGUA DISPONIBLE

Veamos varios casos que podrían suceder con nuestras cuatro hectáreas de melocotonero:

- A) El agua proviene de una acequia que manda agua suficiente para la semana durante un solo día a la semana.
- B) El agua proviene de un pozo que da un caudal de 8 litros/segundo.
- C) El agua proviene de un sistema general de riego a presión a demanda.

Estudiemos los tres casos:

- A) Puesto que sólo tienen agua un día de cada siete, necesita almacenar en estanque propio la dotación de siete días de riego. Tendrá que hacer un estanque de, como mínimo:

$$7 \text{ días} \times 79 \text{ litros día} \times 666 \text{ árboles/hectárea} \times 4 \text{ hectáreas} = 1\,473\,192 \text{ litros.}$$

Y pensando en evaporaciones, pérdidas, etc., debería embalsar unos 1 550 a 1 600 m<sup>3</sup> por semana.

De ese embalse deberá, después, distribuir el agua a lo largo de toda la semana.

- B) Podría, haciendo tres bloques de riego, regar directamente desde el pozo, ya que para regar cada bloque precisaría unos 6 litros/segundo.

Le sería más cómodo independizar la extracción del agua del pozo del hecho de regar.

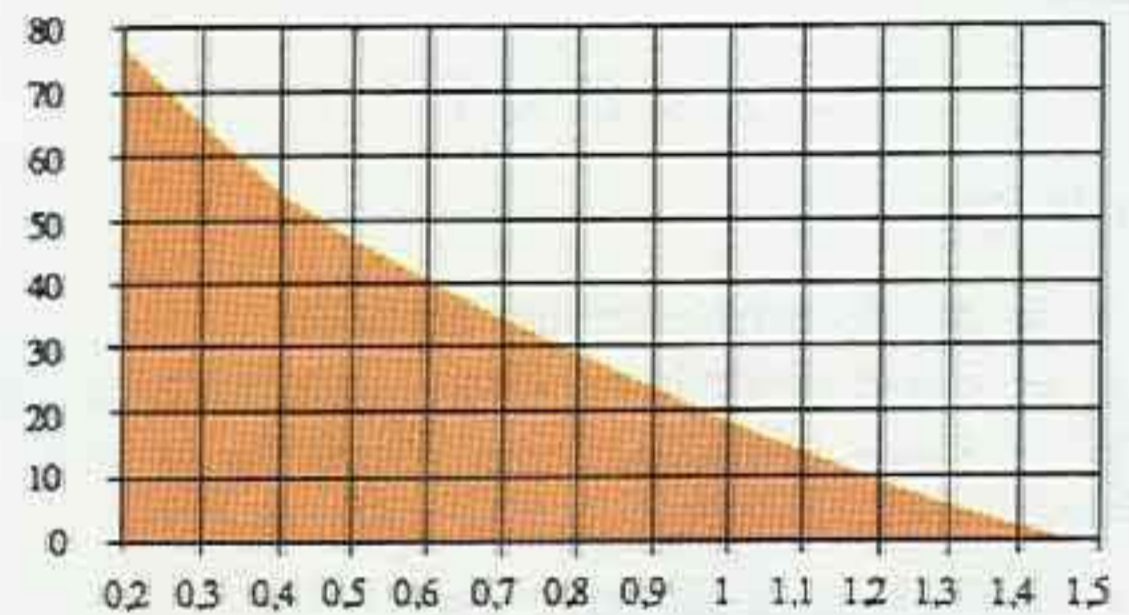
Debería hacer un estanque con el agua precisa para uno o dos días (230 m<sup>3</sup> para cada día).

- C) Tiene suerte este usuario: no necesita ni embalse ni grupo de presión.

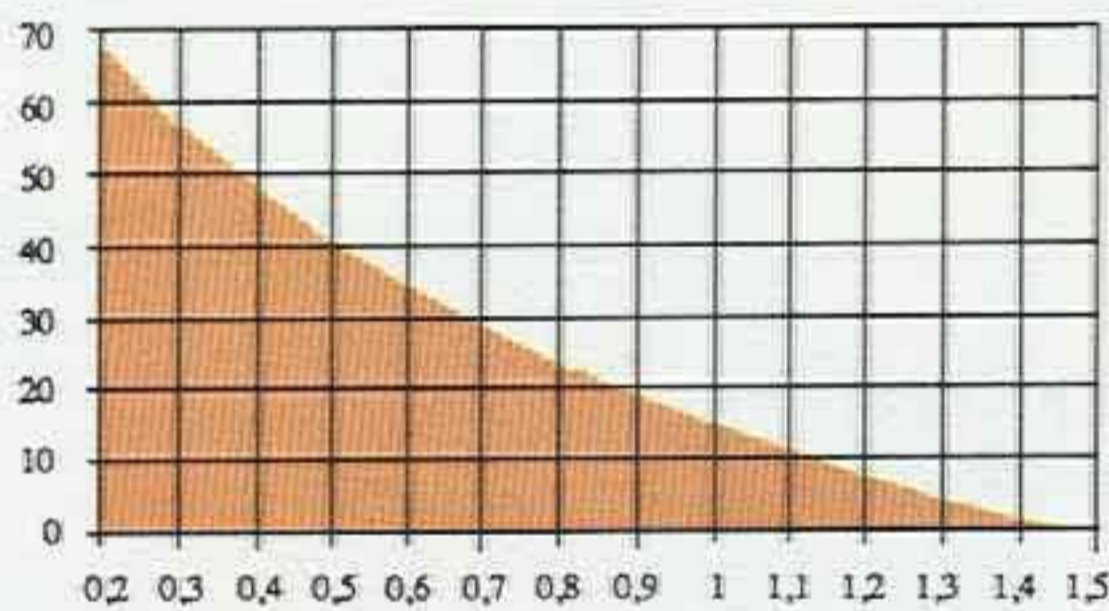
**LITROS DE AGUA ÚTIL CONTENIDOS EN UN METRO CÚBICO DE SUELOS DE DIFERENTES TEXTURAS, CONSIDERANDO COMO TENSIONES DE HUMEDAD LÍMITES LAS DE 1,5 Y 0,2 kg-cm<sup>2</sup>**

En el eje de abscisas figuran los valores de la tensión de humedad; en el de ordenadas los litros de agua utilizable desde 1,5 kg por cm<sup>2</sup> de tensión de humedad, hasta la capacidad de campo a 0,2 kg por cm<sup>2</sup>.

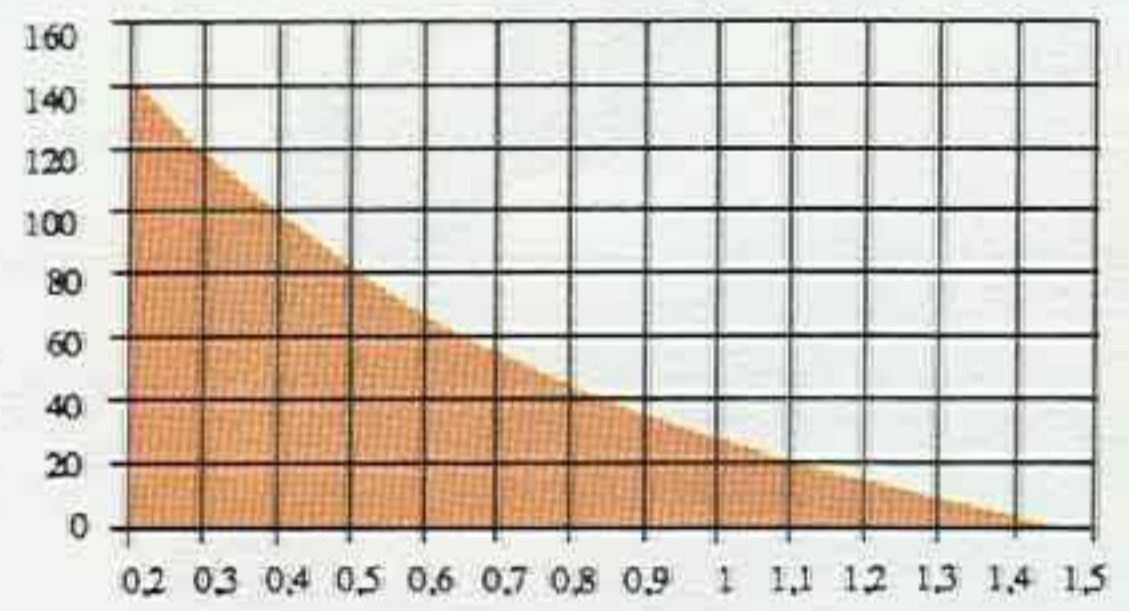
**ARCILLOSO**



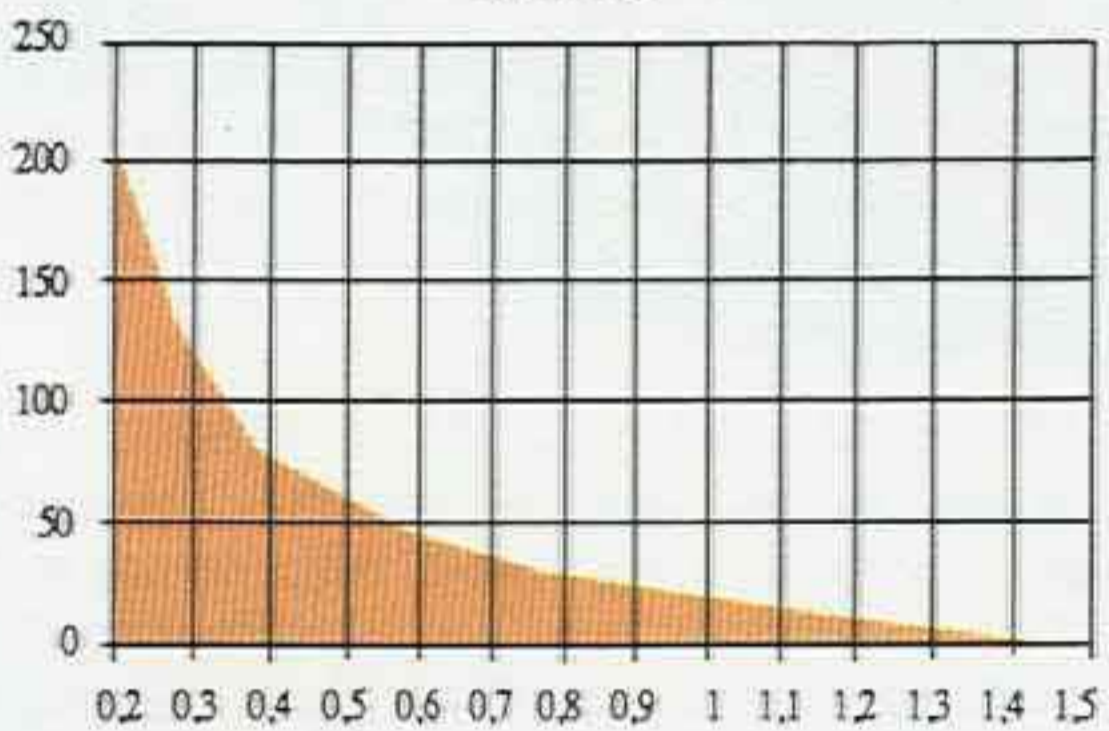
**ARCILARENOSO**



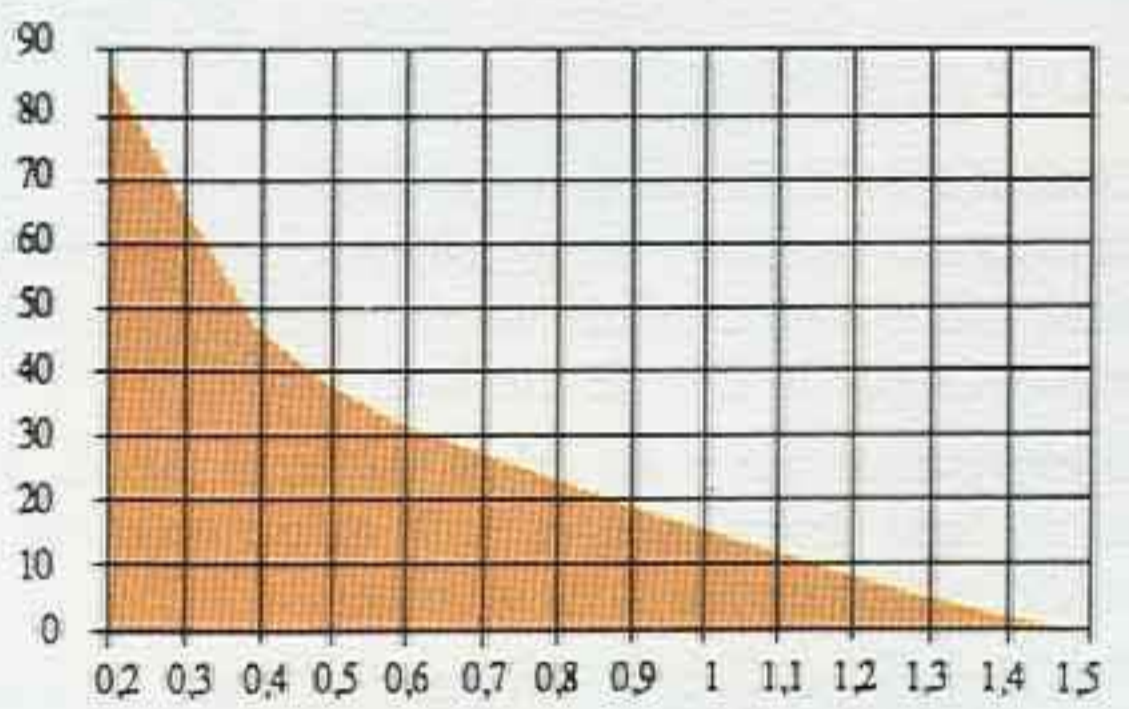
**FRANCOLIMOSO**



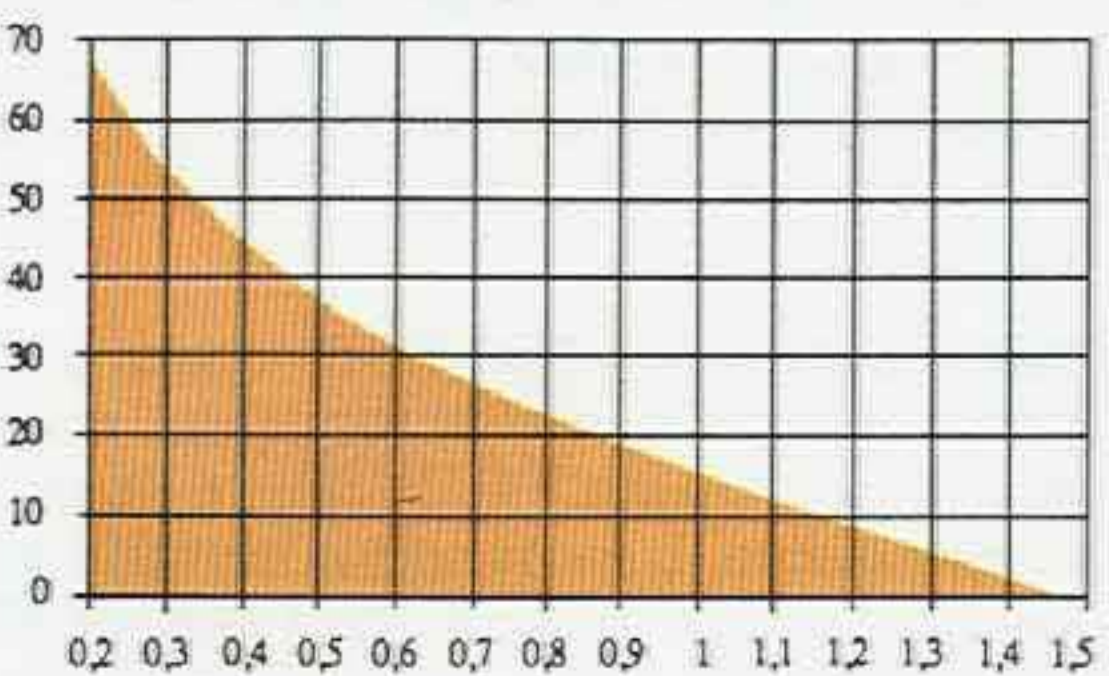
**FRANCO**



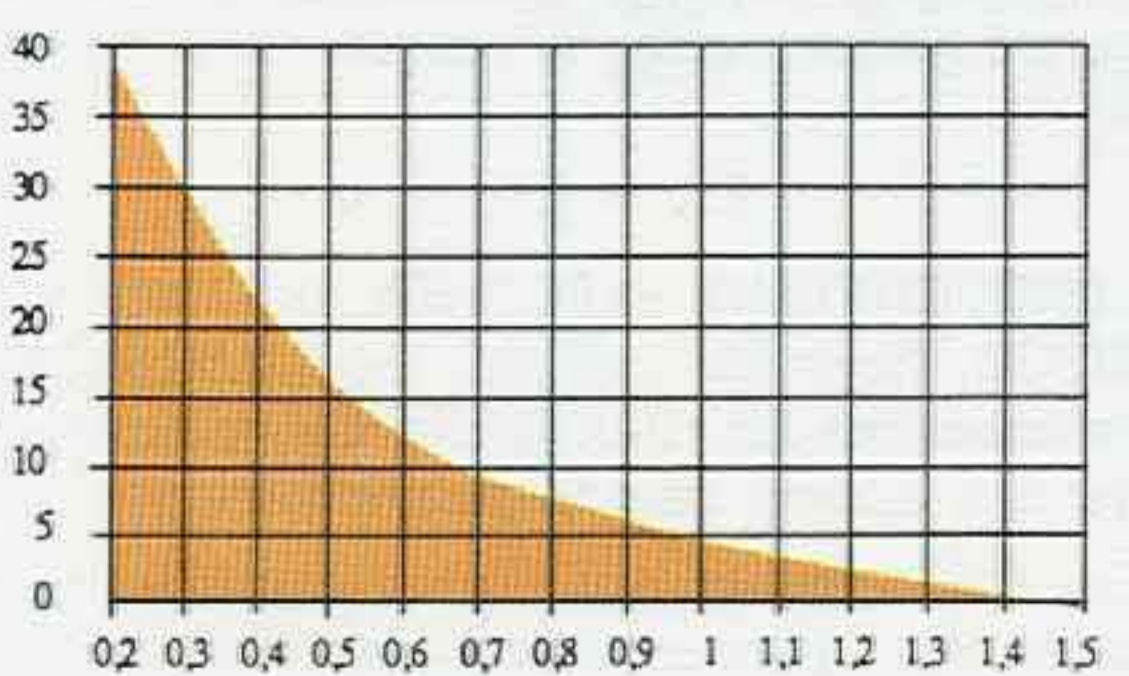
**FRANCOARENOSO**



**ARENOSOFRANCO**



**ARENOSO**



## EMBALSE

Ya hemos visto que el embalse hay veces en que no es estrictamente preciso. (Casos B) y C)). También se ha dicho que, pese a su innecesaria, suele ser **conveniente** en casi todos los casos, por la flexibilidad que da a la operación de riego, independizándola de la maniobra de acopio de agua.

El volumen mínimo a dar a un embalse para riego localizado, cuando sea preciso recurrir a él, viene dado por la fórmula:

$$V = S \times If \times T \times r$$

En la que:

- V = m<sup>3</sup> de capacidad del embalse.
- S = Superficie de la explotación en hectáreas.
- If = Riego bruto/hectáreas en m<sup>3</sup>/día.
- T = Plazo entre acopio de agua en días.
- r = Coeficiente de seguridad (1,3 a 1,5).

Se debe apuntar que:

- El revestimiento interior de los embalses suele hacerse con lámina de butilo o con PVC con fibra de vidrio.

- El embalse debe estar cercado, a ser posible en su parte baja y no en su cumbre.
  - Si se puede, lo cual sólo será posible con aljibes de pequeñas dimensiones, es bueno que no le dé la luz al agua, para evitar la formación de algas. De no ser posible (como ocurrirá casi siempre), será interesante criar peces en esos estanques, pues evitan la presencia de algas. Un tratamiento de estanques que da buenos resultados para impedir la formación de algas, es mantener en el agua del estanque una concentración de sulfato de cobre de 1 ppm.
  - Los taludes del embalse deben hacerse con pendientes muy suaves.
  - Si el agua procede de un grupo motobomba, es interesante poner un sistema de paro automático de motor con un mecanismo de boya. Evita accidentes de desbordamiento del embalse.
- Hay que tener mucho cuidado con los desgarros que pueden producirse en el film impermeabilizante del embalse, ya que, de producirse, hay que repararlos con rapidez.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN TECNOLOGÍA DE RIEGOS

**ET<sub>o</sub>:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA. Se expresa en milímetros de agua por día, y es la evapotranspiración que tiene un cultivo de pradera de gramíneas que sombrea perfectamente el terreno y con suelo bien dotado de humedad.

**K<sub>c</sub>:** COEFICIENTE DE CULTIVO. Expresa en qué medida el estado vegetativo de un cultivo le hace evapotranspirar más o menos milímetros de agua por día que la expresada por la ET<sub>o</sub> de ese lugar.

Si expresamos que el K<sub>c</sub> del MAÍZ en el mes de julio en un lugar determinado es 1,15, quiere decir que ese MAÍZ evapotranspira 1,15 × ET<sub>o</sub>.

**ET<sub>c</sub>:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO. Se expresa en milímetros de agua por día, y es la evapotranspiración real que se produce en la superficie en que el cultivo está asentado. Es, en resumen, la pérdida hídrica que sufre ese suelo. Su relación con la ET<sub>o</sub> y el K<sub>c</sub> es:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

**EC<sub>w</sub>:** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA DE RIEGO. Se suele expresar en MILIMHOS/CM. (milimhos/cm.) o en MICROMHOS/CM. (micromhos/cm.), que es la milésima parte del micromhos/cm.).

Este dato permite conocer el grado de disociación iónica del agua y permite, por tanto, aproximarse a la idea

de salinidad del agua. En efecto, a más sal en un agua mayor es su disociación iónica, y a mayor disociación mayor es la conductividad.

**EC<sub>e</sub>:** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN DEL SUELO. Se suele expresar, al igual que la EC<sub>w</sub> en milimhos/cm. o en micromhos/cm. La EC<sub>w</sub> mide la «salinidad» del agua, la EC<sub>e</sub> mide la salinidad del suelo.

**E<sub>a</sub>:** EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO. Se expresa en tanto por uno. Indica el porcentaje de agua aportada por el sistema de riego que es utilizable por la planta. Así un sistema de riego por aspersión bien diseñado puede tener una E<sub>a</sub> de 0,80 a 0,82; un buen riego localizado puede tener una E<sub>a</sub> de 0,90 a 0,92.

**LR:** FRACCIÓN DE LAVADO. Se expresa en tanto por uno y significa el exceso de agua que es preciso aportar en el riego según la salinidad (conductividad) del agua a utilizar (EC<sub>w</sub>) y/o del suelo (EC<sub>e</sub>). La fracción de lavado a utilizar debe ser tanto mayor cuanto mayor sea la EC<sub>w</sub> y/o EC<sub>e</sub>.

**If:** RIEGO BRUTO A APORTAR. Se expresa en milímetros de agua y es la cantidad real de agua a aportar a un cultivo según sea la ET<sub>o</sub> del lugar, el K<sub>c</sub> del cultivo en ese momento, la E<sub>a</sub> del sistema que utilizamos y la LR que es precisa en función de la EC<sub>w</sub> y/o EC<sub>e</sub>.