

Anejo N° 10

Diseño agronómico

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DETERMINACIÓN DE NECESIDADES HÍDRICAS	3
3. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA PARA EL RIEGO	5
3.1. Necesidades netas	5
3.2. Necesidades totales	6
4. DOSIS, FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGOS	7
4.1. Dosis y tiempo de riego	8
4.2. Estimación del cálculo del caudal	9
5. PROGRAMA DE RIEGOS	9
6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	11

1. INTRODUCCIÓN

La vid se ha cultivado tradicionalmente en condiciones de secano. Es un cultivo bien adaptado al clima mediterráneo con producciones aceptables y capaz de sobrevivir a períodos de relativa sequía. Se ha comprobado experimentalmente que la práctica del riego aumenta considerablemente el rendimiento de la vid, incluso cuando las aportaciones del agua son muy reducidas.

A la hora de aplicar los riegos en cualquier cultivo se ha de determinar previamente sus necesidades hídricas, frecuencias de riego, etc. Todo ello se explica a continuación, lógicamente, enfocado al cultivo de uva de mesa.

2. DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS.

Agronómicamente, para determinar las necesidades de agua de un cultivo, da igual cual sea, se estableció el concepto de evapotranspiración potencial. Este concepto correlaciona el factor clima con las disponibilidades de agua en el suelo y su entorno, indicando sus máximas necesidades en un periodo de riego que no coincide con la evaporación real del cultivo. Para ello se aplica una serie de coeficientes correctores o coeficientes de cultivo (K_c) que ajustan las necesidades teóricas a las reales. De esta forma, dichas necesidades (Etc) vendrán dadas por la expresión recomendada por la FAO (Doorembos y Pruitt, 1977), en el que la Etc se calcula como el producto de dos términos principalmente:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

- **ET_o**: evapotranspiración de referencia que cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera y corresponde a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 - 10 cm. que crece sin limitaciones de agua y nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas y/o enfermedades.
- **K_c**: coeficiente de cultivo, el cual expresa la relación entre la evapotranspiración de un cultivo que cubre totalmente el suelo y la ET_o.

Para el cálculo de la ET_0 puede utilizarse la expresión de Hargreaves, que únicamente requiere los datos de la temperatura y la radiación extraterrestre:

$$ET_0 = 0,0023 \times R_a \times (T_{med} + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})$$

donde :

ET_0 : evapotranspiración de referencia medida en mm x día⁻¹

T_{max} , T_{min} Y T_m son las temperaturas medias (°C) de las máximas, las mínimas y las medias durante el período considerado

R_a : es la radiación extraterrestre, expresada en mm/día que para los distintos meses y longitudes toma diferentes valores, en concreto para la latitud 36° N toma los siguientes:

**Tabla 1. Radiación solar extraterrestre (MJ/m²xdía y mm/día)
(1 mm/día equivale a 2,45 MJ/ m²xdía)**

LAT	Unidades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
36°	MJ/m ² dia	17.4	22.9	29.3	35.7	39.9	41.7	40.9	37.6	32.0	25.5	19.2	16.2
	mm/día	7.10	9.34	11.96	14.57	16.30	17.02	16.70	15.35	13.06	10.41	7.84	6.61

Tabla 2. ETo diaria mensual

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T^a Media	12,31	12,91	14,51	15,97	18,63	22,38	25,2	25,78	23,44	19,58	15,57	13,19
T^a Máx	16.02	16.95	18.75	20.51	23.52	27.92	30.75	31.24	28.02	24.05	19,59	16.95
T^a Mín	8.49	8.88	10.24	11.84	14.47	17.83	20.55	21.32	18.79	15.53	11.72	9.49
Ra	7.10	9.34	11.96	14.57	16.30	17.02	16.70	15.35	13.06	10.41	7.84	6.61
ETo (mm/día)	1.34	1.87	2.59	2.74	4.11	5.35	5.27	4.84	3.76	2.24	1.64	1.28

Una vez calculados los valores de la ETo diaria procedemos a calcular la Etc de acuerdo con lo establecido por Doorembos y Pruitt, 1977 y recomendado por la FAO.

$$ET_C = ET_O \times K_C$$

En lo que se refiere al coeficiente de cultivo (Kc), éste varía en los diferentes estados fisiológicos de la vid.

- Variedad: Flame seedless
- Marco de plantación: 4 x 4
- Sistema de conducción: parral
- Fecha de estimación de cosecha: primera quincena de Junio
- Superficie cultivada: 11.5 hectáreas

Tabla Etc diaria y mensual

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Observaciones Fenología	10E→Lloros 25E→Desborre Brotación	Brotación	25M→Floración.		25-M Envero	10-J Cosecha (min.16° Brix)	Agostamiento	Agostamiento 15 A→caída hoja. Final mes finalizamos riego				15-D Pulverización Dormex 5% (40-45 días antes brotación)
Kc	0.15	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8/0.3	0.3	0.2		-	-	-
ETo (mm/día)	1.34	1.87	2.59	2.74	4.11	5.35	5.27	4.84	3.76	2.24	1.64	1.28
Etc (mm/día)	0.20 *	0.75	1.3	2.2	3.3	4.3/1.6	1.58	0.97		-	-	-
Etc (mm/mes)	1.21 **	20.95	38.85	65.76	98.64	64.5/24	47.43	29.04		-	-	-

* Desde 25 de enero

** Sólo 6 días

3. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA PARA EL RIEGO

3.1. Necesidades netas

Las necesidades netas de riego se calculan según la expresión:

$$N_n = E_{TrI} - P_e - G_w - O_w$$

En el caso que nos ocupa el mes de máximas necesidades hídricas en base a la cual se diseñará la red de riego, es Junio con 4.3 mm x día⁻¹, y aunque se produzca una cierta lluvia que da lugar a una precipitación efectiva (Pe), ésta no debe tenerse en cuenta. En cuanto al

aporte capilar (G_w) no es importante en nuestro caso, y puede ser despreciado, ya que el aporte por este concepto será mínimo. La variación de almacenamiento de agua del suelo (O_w) generalmente no se debe tener en cuenta para el cálculo de las necesidades punta. Los riegos localizados de alta frecuencia pretenden mantener próximo a cero el potencial hídrico del suelo, consiguiéndolo al reponer con alta frecuencia del agua extraída. Es por ello que en este caso las necesidades netas para el mes de máximas coincidirán con la evapotranspiración del cultivo, siendo por tanto $4.3 \text{ mm} \times \text{día}^{-1}$.

3.2. Necesidades totales

Para el cálculo de las necesidades brutas de riego se deben tener en cuenta tres factores: el rendimiento de aplicación (R_a), el coeficiente de uniformidad del riego (C.U.) y la fracción de lavado (FL). En climas áridos y para suelos de textura franca y una profundidad de raíces entre 0,75 y 1,5 m el R_a debe ser **0,95** (Keller, 1974). Como el sistema de riego empleado, es el **riego por goteo**, se exige del mismo una buena uniformidad en la distribución del agua. Es por ello que el coeficiente de uniformidad que se desea obtener en el riego es del **95 %**.

Se ha supuesto que la aplicación del agua con este sistema de riego sigue una distribución normal por lo que se ha utilizado un diagrama de operación que relaciona el C.U. y el R_a , (Reca, 1999).

Una vez fijados tanto el C.U. como el R_a , vemos donde se cruzan. Luego siguiendo en sentido descendente el eje "Y", vemos donde se corta con el eje "X", obteniéndose el valor de N_r^* , que establece las necesidades brutas (N_b) y las necesidades netas (N_n).

Siguiendo el diagrama de operación adjunto, para un C.U. del 85 % y para un R_a del 95 % se obtiene un N_r^* igual a 0,96.

Una vez obtenido el valor de N_r^* se calculan las necesidades brutas de agua (N_b) precisas para que se den estas dos circunstancias en el riego.

$$Nr^* = \frac{Nn}{Nb} \Rightarrow Nb = \frac{Nn}{Nr} = \frac{4.3}{0.96} = 4.48 \text{ mm / día}$$

$$Nr^* = \frac{Nn}{Nb} \Rightarrow Nb = \frac{Nn}{Nr} = \frac{4.3}{0.96} = 4.48 \text{ mm / día}$$

Para regar con un coeficiente de uniformidad del 95 % y consiguiendo un rendimiento en la aplicación del 95 % sería necesario aplicar 4.48 mm de agua al día.

En nuestro caso no se tiene que aplicar Fracción de lavado por la excelente calidad del agua de riego.

Por tanto, la cantidad a aplicar por cepa en los primeros días del mes de junio será la siguiente:

$$4.48 \text{ mm/día} = 4.48 \frac{l}{(\text{día} \cdot m^2)} * 16 \frac{m^2}{\text{cepa}} = 71.7 \frac{l}{\text{cepa} \cdot \text{día}}$$

Realizando los cálculos para todos los meses del año obtenemos las siguientes necesidades diarias por cepa.

Tabla Necesidades totales

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N _{netas}	-	0.75	1.3	2.2	3.3	4.3/1.6	1.58	0.97	0.75	-	-	-
N _{totales}	-	0.78	1.35	2.29	3.44	4.48/2.23	1.64	1.01	0.78	-	-	-
Dosis (L/cepa día)	-	12.5	21.6	36.64	55.04	71.7/35.70	35.2	16.16	12.48	-	-	-

4. FRECUENCIA, DOSIS Y TIEMPOS DE RIEGO

Una vez calculadas las necesidades totales de agua en el mes de máximas se deben determinar los parámetros que van a condicionar de diseño del sistema de riego.

El primer aspecto a fijar es el número de emisores por cepa que se van a poner. El número de emisores que se pongan determinará una característica agronómica del riego por goteo muy importante: el porcentaje de superficie mojada por el emisor. Kéller recomienda para árboles en clima árido un valor mínimo del 33 % del área sombreada.

Para regar las cepas de la finca se utilizarán goteros que suministran un caudal de 4 L x h⁻¹. Así que siguiendo las indicaciones de Gispert y García (1996), para un emisor de este

caudal, para una profundidad media de las raíces de 80 cm y para una textura media del suelo (suelo franco), el diámetro mojado por este emisor es de 1,25 m.

A partir del diámetro mojado por el emisor puede obtenerse el área mojada por dicho emisor (A_e):

$$A_e = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 1,25^2}{4} = 1,23m^2 \times \text{emisor}^{-1}$$

Una vez obtenida el área mojada por el gotero, se calcula el número de goteros que debe haber por planta mediante la expresión siguiente:

$$e \geq \frac{Sp \cdot P}{100 \cdot Ae}$$

siendo:

- Sp : área correspondiente a cada cepa
- P : porcentaje superficie mojada (33% , Kéller)
- Ae : área mojada

$$e \geq \frac{16 \cdot 33}{100 \cdot 1,23} = 4,30 \text{ Emisores/cepa} \rightarrow \mathbf{5 \text{ emisores/cepa}}$$

4.1. Dosis y tiempo de riego

La dosis de riego se calcula mediante la fórmula:

$$D = Nt \times I$$

Siendo I , el intervalo de riego, que se puede establecer entre 1 y 4 días; y D es la dosis de riego en litros/planta y día.

Y el tiempo de riego, se obtiene de la siguiente forma:

$$t = \frac{D}{(e \cdot q_a)}$$

Siendo:

- t = tiempo del riego
- q_a =caudal del emisor (4 L/h)
- e = número de emisores (5)
- D = dosis de riego (71.7L/árbol.día en el caso de Junio)

$$t = \frac{71.7}{(5 \cdot 4)} = 3.6 \text{ horas} \rightarrow 3 \text{ horas y } 36 \text{ minutos}$$

Se escoge la opción de regar todos los días, lo que supone un volumen de riego de 71.7 litros por árbol y día a repartir en 3 horas y 36 minutos de riego en el mes de junio. El tiempo de riego viene dado por unidad de riego, es decir, que para determinar el nº total de horas de riego hay que multiplicar por tres.

4.2. Estimación del cálculo del caudal

El mes de máxima necesidad es Junio con 71.7L/cepa.día. El agua aplicada en dicho mes será:

625 cepas/ha x 11.5 ha = 7188 cepas. Dada la geometría del terreno, el total de cepas plantadas son **7368**.

Del 1 al 15 de Junio:

$$7368 \text{ cepas} \times 71.7 \text{ (L/cepa} \cdot \text{ día)} \times 15 \text{ días} = 7924 \text{ m}^3$$

5. PROGRAMA DE RIEGOS

El propósito de establecer un calendario de riegos, es para asegurarnos de que todos los días se cubran las necesidades hídricas del cultivo y hacer una automatización y una previsión.

Como hemos indicado anteriormente, los intervalos de riego en frutales se pueden establecer entre 1 y 4 días.

En tal caso decidimos que, para los meses de máxima necesidad (marzo, abril, mayo y junio) se regará todos los días (intervalo 1 día); febrero, y julio, cada dos días; y agosto y septiembre cada 3 días.

Por ejemplo, en el caso del mes de máxima necesidad, junio, sus necesidades hídricas son de 71.7 L/ cepa y día. En este caso es el equivalente a la dosis a aportar, ya que la realizaremos cada día del mes, pues el intervalo entre riegos es de 1 solo día, lo que hace un total de 30 dosis. El tiempo empleado, anteriormente calculado, se obtiene tras dividir dicha dosis, entre el caudal proporcionado por los 5 emisores que tendrá cada parra, obteniendo un tiempo de 3.6 horas. Que multiplicándolo a su vez por los días de riego, nos saldrá el tiempo total empleado durante ese mes, ente caso 108 horas.

El calendario de riegos queda así definido:

Calendario de riego

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL GASTO DE AGUA (M³)
Dosis (L/cepa)	-	12.5	21.6	36.64	55.04	71.7/35.7	35.2	16.16	12.48	-	-	-	
Consumo total (m³) cepas/día		92,10	155.26	263.4	395.63	515.24/256.61	253.02	116.12	89.7				
Dosis (m³/riego)	-	184,20	155.26	263.4	395.63	515.24/513.22	518,71	357,20	275,85	-	-	-	
Intervalo (días)	-	2	1	1	1	1 / 2	2	3	3	-	-	-	
Días de riego	-	14	30	30	31	15 / 7	15	10	5	-	-	-	
V (m³) agua	-	2579	4774.5	8099	12571,60	9765,55	7780,61	3572	1379,30	-	-	-	50521,56

Se aconseja disponer de una batería de tensiómetros situados en las zonas más representativas de la explotación con el fin de que se conozca realmente la humedad en suelo, ajustando y/o modificando los datos anteriores.

6. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.

- GISPERT, J. R.; GARCÍA, J. A. (1996). **Forma y tamaño de la sección transversal del volumen húmedo del suelo generado a partir de la irrigación con goteros de 4, 8 y 24 L/h. Depto. De Arboricultura Mediterránea.** Mas Bové. IRTA.
- KELLER, J.; KARMELI. (1978). **Trickle irrigation design** (Rainbird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora, CA.
- URBANO TERRÓN, P. (2000). **Tratado de fitotecnia general.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MARTINEZ, J. (2007). Apuntes de la asignatura “**Hidráulica y riegos**”