



NECESIDADES DE AGUA DE LA VID

Consecuencias del estrés hídrico y del riego en el viñedo

Por: José Ramón Lissarrague*

Favorecer la actividad fotosintética

Alargar el ciclo vegetativo



Adelantar la entrada en producción

Aumentar la cosecha

Viñedo de Airen en La Mancha, Septiembre de 1995 antes de vendimia. Crecimiento limitado por la extrema sequía

VIÑEDO EN REGADIO

Según fuentes del Anuario de Estadística Agraria, España cuenta en la actualidad (1997) con una superficie de viñedo de unas 1.235.000 ha, de las cuales 1.190.000 ha son de uva de vinificación y de las que 611.000 ha corresponden a V.C.P.R.D. . Del total de la superficie de viñedo unas 55.000 ha se cultivan en regadio correspondiendo 32,5 has a viñedo de vinificación.

Con la derogación del artículo 42 del Estatuto de la Viña, del Vino y de los Alcoholes (Ley 25/70) por la Ley 8/96, se anula la prohibición del riego en la vid, pero sin embargo, sigue rigiendo el Reglamento CEE 823/87 en el que se expresa que para los vinos de VCPRD, es preciso contar con la autorización y normas de las autoridades competentes (Consejo Regulador, Comunidad Autónoma, etc.)

La mayor parte de la superficie de nuestro viñedo se cultiva en zonas semiáridas con precipitaciones anuales inferiores a 500 mm y con un reparto irregular, concentrándose las lluvias en el periodo otoño- invierno

y determinando una estación con un fuerte déficit hídrico durante la primavera - verano coincidente con el periodo activo de la vid. En estas condiciones el viñedo, regulado en parte por los viticultores, se adapta reduciendo el crecimiento, moderando su rendimiento en uva y produciendo mostos calidades variables, en unos casos calidades altas y en otros cuestionables o malas.

Esta situación limita en gran medida el abanico de posibilidades técnicas aplicables en viticultura, que van desde el material vegetal (patrones y variedades), hasta el diseño de plantaciones, sistemas de conducción del viñedo y técnicas de manejo del cultivo; todo ello, en muchos de nuestros viñedos comprometiendo el rendimiento económico de los mismos.

El agua es un recurso escaso en muchas zonas vitícolas, gran parte de ellas depende únicamente de las aportaciones de las lluvias, las menos, cuenta con ciertas posibilidades de regar parte de su superficie, y en cualquier caso es un recurso limitado, que hay que utilizar de manera razonable, eficaz y con la visión de que es un bien es escaso y social.

El conocimiento de las relaciones hídricas de la vid y de las necesidades de agua del viñedo no sólo es necesario para paliar el

déficit hídrico a través de una correcta programación del riego, sino también para un adecuado manejo del viñedo cultivado en secano, de manera que en ambos casos puedan aprovecharse satisfactoriamente los recursos hídricos se optimicen los rendimientos y la calidad de la uva.

Una reflexión importante cuando se habla de un factor tan condicionante como es la disponibilidad de agua, es acotar el concepto de calidad de la uva, del mosto, del vino. La cual no debe de ser únicamente patrimonio de los vinos de alto precio y de producciones minoritarias sin que debe de afectar también al sector mayoritario que debe de ser capaz de producir rendimientos altos y con calidades adecuadas a precios asequibles al gran consumidor, es en este segmento donde el riego puede jugar un papel fundamental para asegurar rendimientos económicos aceptables, sin olvidar que puede ser también mejorante en la producción de vinos de alta gama. Cantidad y calidad no tienen obligatoriamente que ir disociadas.

El agua es de capital importancia en la vid puesto que es un componente esencial, por ser un medio de disolución y por su participación en las reacciones bioquímicas, por mantener el estado hídrico necesario

(*) ETSI Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid



para el crecimiento, por que permite el movimiento de las sustancias a través de la planta y especialmente por su papel fisiológico ligado a la transpiración que además de jugar un papel primordial en el estado térmico de la planta mediante el intercambio de energía y facilitar ciertos movimientos de sustancia, es una función obligadamente ligada a la fotosíntesis, función básica de la que depende toda la productividad del viñedo y por lo tanto el desarrollo vegetativo, el rendimiento en uva y la composición del mosto.

A medida que la disponibilidad de agua en el suelo se reduce como consecuencia del consumo, las vides reducen la actividad fisiológica de su superficie foliar y por tanto su productividad. La productividad depende de la fotosíntesis, que precisa tomar CO_2 a través de los estomas, y ello lleva consigo la pérdida de vapor de agua por transpiración debido al déficit de presión de vapor que existe entre la atmósfera y los espacios intercelulares del mesófilo de las hojas que se encuentran saturados en vapor de agua y que se comunican por medio de la apertura de los estomas.

Como explican Begg y Turner (1976), las pérdidas de agua por transpiración deben ser compensadas por la absorción de agua del suelo por las raíces, para ello deberán vencer la resistencia que, fundamentalmente, el potencial matricial del suelo ejerce y además, hasta que el agua se intercambie por los estomas deberán superarse las resistencias hidráulicas que se oponen, en un gradiente decreciente de potencial hídrico desde el suelo, a través de la planta, hacia la atmósfera. La transpiración proporciona la mayor contribución a las fuerzas necesarias para la absorción del agua siendo poco significativo el papel de la presión de raíz resultante de la absorción activa. El desequilibrio entre la absorción de agua está limitado por el almacenamiento de agua en la planta, que en el caso de las leñosas puede ser hasta del 100%. El agua almacenada por las cepas de un viñedo puede equivaler a 6 mm, cifra superiora las tasas mayores de transpiración citadas (5.9 mm).

La adaptación fisiológica de la vid en función de la disponibilidad de agua, la podemos resumir siguiendo a Bartolomé (1993) y Bartolomé y otros (1996): tal y como muestra la figura nº 1, en la primera parte de la estación (3 de julio de 1992, día 78 después del desborre), las hojas de las vides regadas y no regadas presentan cierta similitud en las tendencias de la evolución diurna de los valores del potencial hídrico foliar (LWP), de la conductancia estomática (gs), si bien estos resultan superiores en las vides regadas, éstas presentan el mismo potencial antes del amanecer (PD), pero la disponibilidad de agua permite mantener tasas de transpiración mayores reduciendo la caída del potencial hídrico y manteniendo conductancias estomáticas más altas que las de las vides en secano, en este periodo, las tasas de fotosíntesis fueron parecidas. Al avanzar



Riego de invierno por aspensión en viñedos de Rioja Alavesa.

la estación (16 de septiembre de 1992, 153 días después del desborre) y manifestarse el déficit hídrico en secano, las vides en regadío presentan potenciales hídricos más elevados desde el amanecer pues el bajo contenido de agua en el suelo no permite la rehidratación nocturna hasta el mismo nivel, al avanzar el día la mayor disponibilidad de agua permite una transpiración mayor de las hojas, que presentan potenciales hídricos superiores, lo que les permite mantener a su vez conductancias más altas, dando lugar finalmente a una mayor actividad fotosintética durante gran parte del día. En este segundo periodo los valores alcanzados son menores para todos los parámetros fisiológicos, pues la senescencia por la mayor edad de las hojas reduce la actividad fisiológica.

El potencial hídrico foliar, es uno de los indicadores del estado hídrico más empleados, proporciona una base del estado de humedad de la vid, del estado hídrico bajo diversas condiciones ambientales. Antes del amanecer tiende a equilibrarse con el potencial hídrico del suelo (por lo que su medida antes del amanecer no solo proporciona una referencia del estado de la planta, sino también del estado y contenido de agua del suelo) y alcanza el máximo valor diario (menos negativo) con la apertura estomática después del amanecer estimulada por la luz. El potencial hídrico decrece debido a las pérdidas de agua por transpiración y tiende a alcanzar el mínimo valor al mediodía, aumentando gradualmente por la tarde, siendo el potencial hídrico foliar al anochecer más negativo que al amanecer, aproximándose durante la noche al valor máximo antes de la salida del sol. Al avanzar la estación el potencial hídrico tiende a decrecer de manera más o menos pronunciada en función de la disponibilidad de agua y la senescencia de las hojas. En el viñedo se registran valores diarios y estacionales muy variables, alcanzándose en condiciones de fuerte estrés hídrico valores menores a -1.5 MPa antes de amanecer e inferiores a -2.4 MPa durante el día, los cambios absolutos durante el día pueden ser superiores a 1.2 MPa . La variabilidad y la dificultad de interpretación recomiendan un uso prudente de este parámetro para el control del riego.

CONSUMO DE AGUA DEL VIÑEDO

El consumo de agua del viñedo en un

periodo de tiempo determinado se debe básicamente a las pérdidas por evapotranspiración (ET) producidas por la transpiración de superficie foliar del viñedo y por la evaporación de agua del suelo, ésta puede ser alta cuando el suelo está húmedo, pero cuando se seca la evaporación decrece rápidamente y llega a ser despreciable.

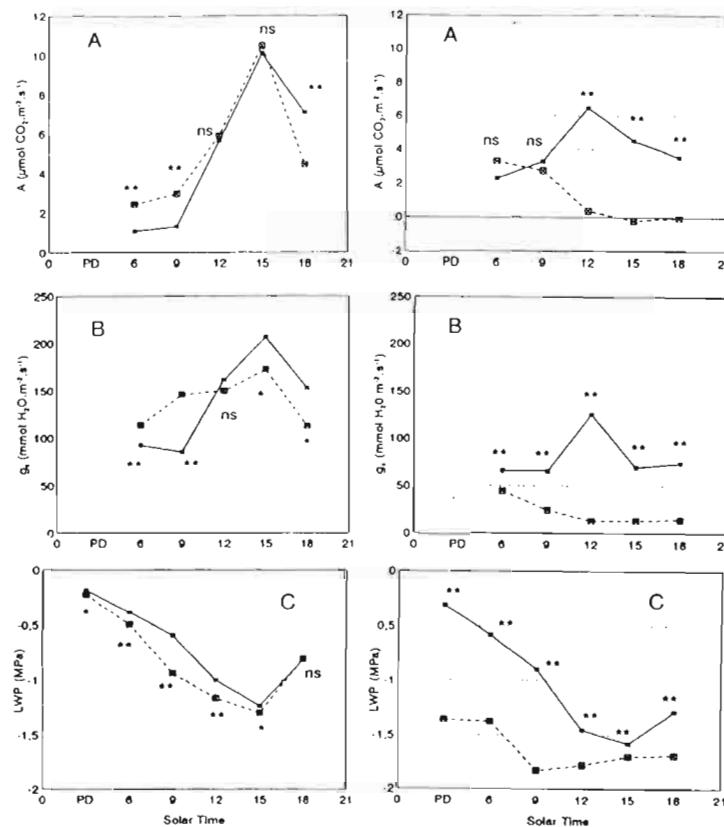
En principio la productividad global del viñedo (Materia seca total producida) depende del consumo de agua del viñedo:

**AGUA → TRANSPIRACIÓN →
FOTOSÍNTESIS → MATERIA SECA**

La eficiencia de la vid en el uso del agua (WUE, gramos de materia seca por kilogramo de agua transpirada) se incrementa con el aumento del vigor, variando según Smart y Coombe (1983) de 1.4 a $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. La vid precisa de 300 a 800 litros de agua para la formación de 1 Kg. de materia seca, es decir una media de unos 500 l. de agua para la producción de 1 Kg. de materia seca; si tenemos en cuenta que un viñedo alcanza una producción total de materia fresca de 13.000 a 45.000 Kg/ha, lo que representa de 3.000 a 9.000 Kg./ha. de materia seca total (hojas 15-20 %, sarmientos 15-20%, crecimiento de raíces y tronco 5-10 % y racimos 35-50%), todo ello vendrá a suponer un consumo de 1750 a 4.500 m^3 por ha. y año. Para una situación media se obtienen unos consumos netos de 2.500 a 3.000 m^3/ha , o sea, 250-300 mm, y si a ello agregamos el resto de las pérdidas de agua, podemos intuir la precipitación o aportes precisos durante el periodo vegetativo para un viñedo en condiciones medias serán fácilmente superiores a los 300-350 mm. La bibliografía recoge utilizaciones de agua por el viñedo que van desde menos de 200 mm a más de 800 mm, llegando en casos extremos a citarse valores anuales de evapotranspiración anual del viñedo de 1100 mm.

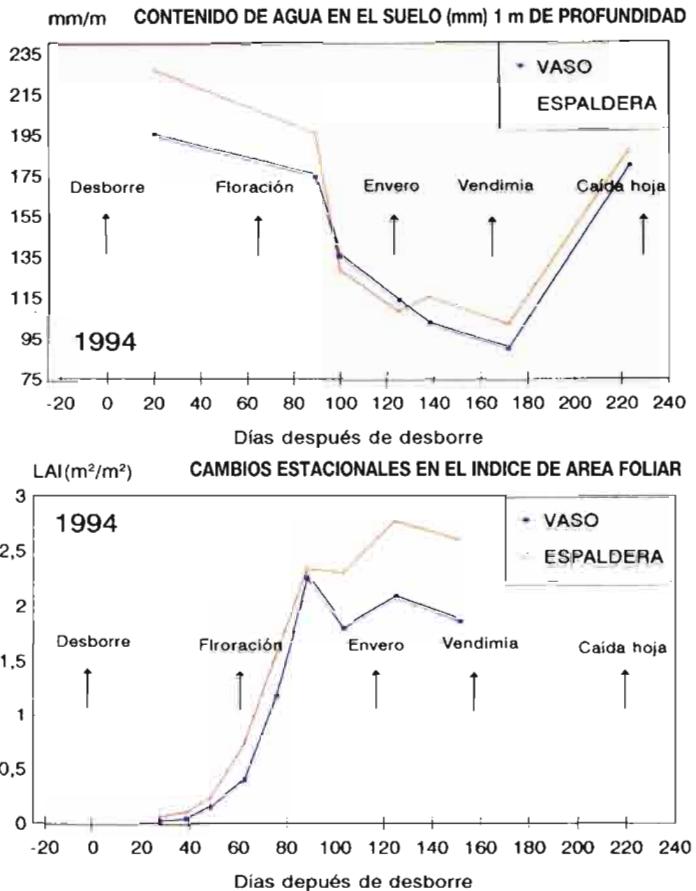
El consumo hídrico de la vid a lo largo del año no es uniforme, ya que depende de las condiciones climáticas que evolucionan con las fases del ciclo vegetativo en las que se modifica la superficie foliar transpirante, el sistema radicular, el consumo de los racimos, etc. y por tanto las exigencias. El consumo estacional se estima que es del siguiente orden: 2 % Periodo invernal, 10 % Brotación a Cuajado, 43 % Cuajado a Envero y 45% de Envero a Caida de la hoja. Esta

FIGURA 1. Cambios diarios en la fotosíntesis (A), conductancia estomática (g_1) y en el potencial hidráulico foliar (LWP) en vides regadas (continuo) y no regadas (discontinuo), 73 días después del desborre (izquierda) y 153 días después de desborre (derecha).



Fuente: (Bartolome, M.C. 1993) (Bartolome, M.C. y otros. 1995)

FIGURA 2. Evolución estacional de contenido de agua en el suelo y del índice de área foliar en condiciones de secano en Ribera de Duero, en dos formas de conducción en Tempranillo.



SOLO UNA VEZ EN LA VIDA...





distribución puede variar significativamente en función de las condiciones del viñedo, si observamos conjuntamente los gráficos recogidos en la figura nº 2 , en condiciones de secano (377 mm de precipitación anual en 1994) hasta la floración el área foliar es reducida y la demanda de agua es satisfecha por la precipitación primaveral y por la moderada disminución del contenido de agua del suelo, aproximadamente 30 días después de floración el área foliar esta formada disminuyendo el contenido de agua durante este periodo, a partir de este momento hasta el envero prosigue incluso de forma más pronunciada la caída del contenido en agua del suelo debido a la fuerte demanda y escasez de lluvias, a partir del envero la variación del contenido de agua en el suelo es escasa, el área foliar varia relativamente poco, se observa que el consumo de agua hasta después de la vendimia es pequeño pues las precipitaciones son escasas y el agua del suelo en esos bajos contenidos de humedad está fuertemente retenida, alcanzándose en algunos horizontes del suelo valores próximos al punto de marchitez permanente, a partir de la vendimia la menor demanda y las precipitaciones permiten que el perfil del sue-



*Espaldera de Tempranillo en regadio en vendimia
síntomas de senescencia en la superficie foliar.
ETSIA (Madrid)*

lo vaya rellenándose de agua.

La sensibilidad del crecimiento y del rendimiento a las aportaciones de agua dependen de numerosos factores y varía con la localización. Por ejemplo los incrementos de rendimiento encontrados por cada 10 mm de agua de riego han resultado de 0.16 t/ha en Sultánina en California (Williams y Grimes, 1986), de 0.37 t/ha en Shiraz en Australia (McCarthy, 1983) y de 0.33 a 0.7 t/ha en Chenin blanc en Sudáfrica, en Rioja García - Escudero (1991, 1997) en Tempranillo encuentra respuestas muy variables así para el mismo tratamiento de riego el incremento fue de 0.45 t/ha (en 1991) a 0.63 (en 1993) t/ha. Por otra parte señala que los incrementos de los rendimientos se reducen a medida que el déficit se hace menor, llegándose incluso a no producirse como sucede en el periodo 1985 -1987 al pasar de 150 mm (162% de cosecha respecto al secano) a 300 mm de riego durante la estación, no encontrando incrementos del rendimiento para la misma carga.

NECESIDADES DE AGUA

Varían a lo largo del ciclo con la marcha de las condiciones climáticas



...NACE UNA ESTRELLA

que determinan la demanda atmosférica (radiación, temperatura, humedad, viento), con la marcha de la superficie foliar y con la marcha del agua en el suelo.

Para la estimación de las necesidades de agua del viñedo se pueden utilizar métodos basados en medidas sobre el viñedo del estado hídrico de las plantas, en medidas del contenido o tensión del agua en el suelo. Pero en general para la determinación de las necesidades de agua del viñedo, tal y como recomiendan Doorenbos y Pruitt (1977), se utilizan modelos matemáticos basados en datos climáticos para determinar la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET₀, que corresponde a la evapotranspiración de una cubierta vegetal de gramíneas de 8-10 cm de altura, que crece sin limitaciones), como los métodos de Penman (y Penman modificados), cubeta evapormétrica (Tanque evapormétrico Clase A), método de la radiación o Blaney-Criddle. De los métodos posibles, el método de Penman (FAO) cuando se dispone de los datos meteorológicos necesarios (radiación solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento), da unos buenos resultados.

La ET₀ puede ser muy simplemente calculada con la evaporación de la cubeta (Epan) y un coeficiente de cubeta K_p, la

cubeta más utilizada corresponde al tanque evapormétrico de Clase A (características y dimensiones definidas) y el coeficiente K_p varía de 0.35 a 0.85 (con valores medios de 0.6 a 0.8) según la posición del tanque y las condiciones climáticas: Eto = K_p . Epan.

La evapotranspiración del viñedo ET_c, se obtendrá para cada periodo considerado, utilizando un coeficiente de cultivo K_c de manera:

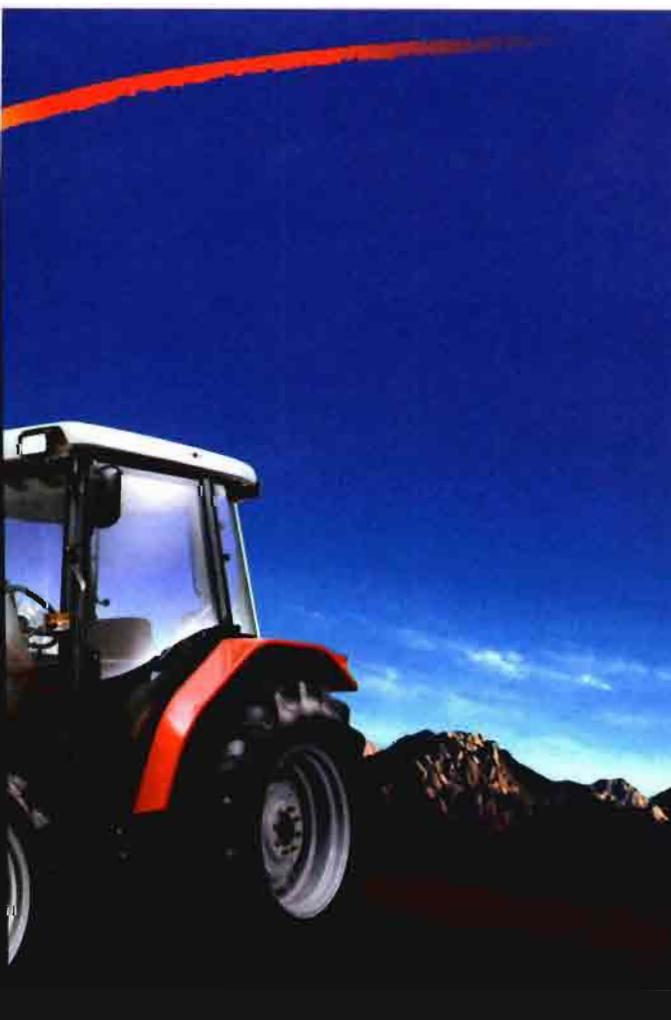
$$ET_c = K_c \cdot Eto$$

Los valores de K_c en cada periodo dependen del estado de crecimiento del viñedo (área foliar, desarrollo de los racimos, etc.), de la cobertura del suelo, de las condiciones climáticas, de la retención de agua en el suelo, etc., de manera que deben de integrar las condiciones de cultivo y además tener en consideración los objetivos de producción de uva deseados tanto cuantitativamente como, de manera muy especial en la vid, cualitativamente. El coeficiente de cultivo puede tomarse constante durante el periodo activo basándose en un aceptable y deseable paralelismo entre la ET₀ y la ET_c, siendo coeficientes moderados de K_c=0.2 a K_c=0.45, y altos los superiores, que no superan por lo general K_c=0.8. Los coeficientes variables permiten que las exigencias respondan a la demanda real de la vid y particu-

larmente adecuar dichas exigencias a los objetivos de rendimiento, crecimiento vegetativo y composición de la uva, por lo general K_c crece desde el desborde hasta antes del enero y luego decrece durante la maduración de la uva hasta la caída de la hoja. Doorenbos y Pruitt (1977) proponen valores de K_c desde 0.25 hasta 0.9. En general, resumiendo las experiencias de diversos autores que se recogen en la bibliografía se puede proponer hasta cuajado K_c que no superen 0.45, de cuajado a comienzo de enero hasta 0.6 y después de enero inferiores a 0.3. Evidentemente estas cantidades deben de ser aumentadas o disminuidas en función de las condiciones y objetivos.

En el caso de utilización del tanque de Clase algunos autores recomiendan para simplificar integrar los coeficientes K_c y K_p en un solo factor de cultivo (F), aplicando dicho factor directamente a la evaporación del tanque, oscilando las recomendaciones de 0.1 hasta 0.8 según condiciones y periodo de crecimiento; variaciones según la fase anual de crecimiento en que se encuentre el viñedo de 0.15 a 0.4 parecen recomendables para garantizar rendimiento y calidad.

Las necesidades netas de riego (RN) a aplicar en el periodo de tiempo considerado serán el balance entre la ET del viñedo de



Ahora, las formas de la Agricultura están cambiando. Ahora, hay una nueva generación de agricultores-muy especializados. Y para ellos ha nacido una nueva estrella, para satisfacer sin límite todas sus necesidades.

Una nueva estrella diferente, con la posibilidad de tres nuevos tipos de tractor: Standard, Alta Visibilidad o Perfil inclinado.

Una nueva estrella que es muy potente, que monta motores de nuevo diseño y un nuevo elevador por caudal y presión. La transmisión puede ser elegida entre una gama amplísima, siempre con una sola palanca de accionamiento, e incluso con inversor para reducir los ciclos de trabajo. La relación peso-potencia y el increíble radio mínimo de giro son dos características particulares de esta nueva estrella. Y toda ella arropada con unas novísimas, confortables, y más que nunca espaciosas cabinas de seguridad.

Y en cualquier caso, ofreciendo un gran rendimiento y unos altísimos niveles de productividad.

La Serie MF 4200 está formada por una galaxia de estrellas. Sin límites, porque ofrecen al agricultor todo lo que necesita para su explotación: una calidad de muchas estrellas.



MASSEY FERGUSON
SIN LÍMITES



dicho periodo y las precipitaciones efectivas del mismo (PE) convenientemente corregido por el coeficiente de eficacia (Cr) del método de aplicación de agua que se emplee:
 $RN = (ET - PE) Cr$.

La información necesaria para la programación del riego puede resumirse:

a) Agua disponible en el suelo (y curvas de retención de agua por el suelo, que varían en función de la textura y modifican la ET).

El agua disponible representa la reserva útil de agua del suelo y se obtiene por diferencia entre la capacidad de campo (CC: capacidad de almacenamiento de agua en el suelo correspondiente a 0.01 MPa) y el punto de marchitez permanente (PMP: contenido de agua en el suelo para el que se produce la marchitez irreversible, correspondiente a 1.5 MPa). Particular importancia tiene la profundidad de enraizamiento y la distribución del sistema radical.

b) Considerar la reserva fácilmente utilizable y los déficits máximos aceptables de agua en el suelo. 50% del agua disponible en el suelo en la zona radicular antes del envero y mayores valores entre envero y madurez (65-70%).



Espaldera de secano con claros síntomas de senescencia en la superficie foliar.



Distribución del rendimiento de Tempranillo en regadio.
ETSIA (Madrid).

c) ET convenientemente calculada para cada periodo mediante métodos apropiados para determinar ET₀ y uso de coeficientes adecuados (k_c)

d) En el caso de que se trate de viñedos que no alcancen su máximo desarrollo, como es el caso de los recién plantados, o durante el periodo de formación, conviene reducir los coeficientes de cultivo empleando algún factor de corrección como el kr propuesto por Orgaz y Fereres (1997) para el olivo en función de la superficie cubierta por la copa. En el caso del viñedo puede resultar orientativa la relación entre la carga (pámpanos por metro cuadrado o cepa) existente un año y la que tendrá el viñedo en pleno desarrollo y a la cual corresponden los k_c elegidos.

e) Cálculo de las precipitaciones efectivas: en ocasiones lluvias de menos de 12 mm pueden no resultar efectivas o escasamente, en general, las precipitaciones aisladas de 7-10 mm no deben de ser tenidas en cuenta, y para el resto debe de aplicarse alguna corrección sobre la precipitación registrada (puede ser en su expresión más simple no tener en cuenta los diez primeros milímetros, y en

NUEVA SERIE 4200 LA GAMA MÁS LÓGICA

50-110 DIN HP



■ Nuevos motores Perkins, que utilizan la tecnología más reciente, y alcanzan unas prestaciones y una economía imbatibles.



■ El bastidor se ha diseñado para proporcionar resistencia y rigidez máximas, con fácil accesibilidad a los principales puntos de control y facilitando el acceso a los filtros y los puntos de llenado y vaciado.



■ Alta capacidad del elevador "Ferguson", el mejor sistema de control del mundo, con dos bombas hidráulicas independientes.

■ Magnífica nueva cabina y controles que dan un confort y una facilidad de uso extraordinarios. Gran zona acristalada y cristales traseros 3/4 curvados que proporcionan una visibilidad excelente en todo momento.



■ El sistema de cambio más sencillo de uso del mercado. Los controles, simples y eficientes, están agrupados a la derecha del conductor.



MASSEY FERGUSON

AGCO Iberia, S. A.

Via de las Dos Castillas 33, Atica 7 - (Edificio 6)
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)

caso de grandes tormentas llegar a desconsiderar hasta los 30 mm)

f) Características del método de riego, en particular eficacia, frecuencia, etc.

Consideraciones importantes en la programación son entre otras: a) la edad de las cepas: las jóvenes durante el periodo de establecimiento precisan riegos más frecuentes; b) coordinar el riego con las operaciones culturales (tratamientos, manejo del suelo, etc.) adecuadamente; c) economía del riego, no sólo inversiones de la instalación, o coste de la operación, sino por ejemplo consideraciones tales como modificación de intervalos, relaciones entre aumento o disminución de dosis y sus repercusiones en el rendimiento y calidad en términos económicos.

Complementos importantes para un adecuado manejo del agua resultan los controles periódicos del estado hídrico del suelo y del viñedo. Entre los métodos para medir el estado hídrico del suelo se cuentan los tensímetros, bloques de yeso, TDR, etc., y para la medida del estado hídrico de las vides las cámaras de presión, y los medidores de flujo de savia, porómetros e IRGA proporcionan una valiosa información sobre las relaciones hídricas. La interpretación de estos datos, conjuntamente con la información sobre el viñedo, tipo de suelo, agua utilizable, rendimientos, objetivos cualitativos, etc. y la programación de los riegos sería deseable que la realizase un consultor experto. Estos aspectos resultan importantes para alcanzar una altas eficiencias en el uso de agua y para optimizar los consumos de este escaso recurso. Una estrategia interesante es la propuesta por Hardie y Martin (1990) para la dosificación del riego en uva de mesa basada en el estado hídrico del suelo para cada fase de desarrollo:

TABLA 1. Componentes del rendimiento en secano y regadío en la variedad Tempranillo en Madrid. Con precipitación media de 360 mm/año y riego medio aplicado de 330 mm/año.

Año	Tratam	PRODUCCION		Nº PAMPANOS		FERTILIDAD		PESO	
		Kg/cepa	Kg/m ²	Por cepa	Por m ²	Nº rac/pa	Nº nay/ra	Rac(g)	Baya(g)
1990	Regadío	5.956	2.206	11.99	4.44	1.71	167.13	290.80	1.74
	Secano	4.865	1.802	11.99	4.44	1.76	172.04	230.54	1.34
	Signific.	**	**			ns	ns	**	**
1991	Regadío	5.997	2.221	17.01	6.30	1.87	123.92	189.60	1.53
	Secano	2.616	0.969	9.99	3.70	1.71	135.57	153.20	1.13
	Signific.	**	**			ns	ns	*	**
1992	Regadío	7.730	2.863	21.92	8.12	1.96	113.29	180.13	1.59
	Secano	1.439	0.533	9.86	3.65	1.57	89.26	92.83	1.04
	Signific.	**	**			*	*	**	**

Fuente: (Bartolome, M.C. 1993) (Bartolome, M.C. y otros. 1995)

Tabla 2. Desarrollo vegetativo, rendimiento y composición del mosto en el periodo 1991 - 1995 en Tempranillo en Ribera de Duero. En secano (S) y regadío (R) en espaldera (E) y vaso (V) con precipitación anual proxima a 350 mm y aplicación de riego media anual de 200 mm.

	VS	VR	ES	ER
Nº Sarmientos/m ²	2.873	3.33	3.773	3.971
Peso madera poda (g/m ²)	196.6	348.4	240.8	286.8
Nº racimos por sarmiento	1.18	1.42	1.33	1.45
Nº bayas por racimo	92.6	96.6	109.4	119.5
Peso medio racimo (g)	165.4	212.5	199.3	255.4
Peso medio baya (g)	1.79	2.21	1.80	2.12
Azúcares solubles (g/l)	193	207.2	193.7	208.8
Acidez total (g/l ác.tart)	7.18	8.61	7.61	8.57
Rendimiento acumulado (Kg/m ²)	2.788	5.263	4.752	6.818

Fuente: (Yuste, J. 1995) (Lissarrague y otros. 1997)

FASE DE DESARROLLO ESTADO HIDRICO DEL SUELO

Desborre-floración	Predominio de lluvias de invierno y primavera. Mantener el suelo próximo a 0.03 MPa. Evitar encharcamiento.
Floración-cuajado	Mantener la tensión del suelo a 0.01 MPa en la zona de enraizamiento.
Cuajado-envero	Dejar que en la zona de enraizamiento la tensión del agua en el suelo se incremente hasta un máximo de 0.08 MPa. Si el riego es necesario no humedecer más del 25% de la zona radicular hasta 0.01 MPa.
Envero-vendimia	Si se precisa regar, mantener la zona radicular en torno a 0.08 MPa. Si el agua escasea dejar la tensión hasta un máximo de 0.2 MPa.
Vendimia-caída de hoja	En otoño suele llover. Evitar que en la zona radicular se superen los 0.2 MPa.
Parada invernal	Suele llover. Evitar que en la zona radicular se superen los 0.2 MPa. Si en la zona radicular la tensión es mayor de 0.03 MPa poco antes del desborre, conviene humedecer hasta 0.01 MPa. Evitar encharcamiento.

EFFECTOS DEL DEFICIT HIDRICO DURANTE LOS PERIODOS DE CRECIMIENTO DE LA VID

Los efectos del déficit de agua durante el ciclo los podemos seguir basandonos en McCarthy et al. (1993):

Desborre a floración: los procesos de crecimiento son sensibles al estrés hídrico, la sequía provoca desborre irregular, pámpanos cortos y pocas flores, Afilage@. Los déficits excesivos son poco frecuentes . El exceso, encharcamiento produce falta de oxígeno, brotes cortos, amarilleo de las hojas y muerte.

Floración a envero: floración y cuajado son muy sensibles ya que la abscisión de flores y/o frutos y la división celular están implicados. La falta de agua disminuye el cuajado y produce bayas pequeñas. La primera renovación de raíces sucede en este periodo y puede ser inhibida por sequía o por encharcamiento. El periodo de floración- cuajado resulta prioritario.



ENOMAQ-VID Y VINO

Después de floración el consumo de agua crece fuertemente y la falta de agua entre cuajado y envero tiene consecuencias importantes en el desarrollo del follaje y en la cosecha. El estrés severo puede llegar a retrasar maduración. La fertilidad de las yemas tiende a reducirse por déficit de agua durante la iniciación floral.

Envero a vendimia: la sequía provoca senescencia de hojas y caída, y posible adelanto del agostamiento de los tallos. Para asegurar máxima cosecha y azúcares por hectárea es necesario mantener en el suelo contenidos de agua adecuados durante la maduración. La calidad de la cosecha pueden verse desigualmente afectada por la falta de agua que reduce el rendimiento. Suelos profundos y extensos sistemas radiculares deben de producir bien sin o con poco riego cuando están recargados al principio de la maduración.

Postrecolección: La sequía puede reducir la segunda renovación de raíces y crecimiento, acelerar caída de hojas, reducir las reservas en carbohidratos y nitrógeno en las partes perennes. La sequía resulta delicada en variedades de mesa de recolección tardía en las que los racimos se mantienen en las cepas semanas o meses más allá de la fecha habitual de recolección.

RESPUESTAS AL RIEGO O A LA FALTA DE AGUA

El agua es limitante y condicionante absoluto de las funciones de absorción y circulación, de la transpiración y de la fotosíntesis y por tanto del desarrollo vegetativo, crecimiento y maduración de los frutos. En las tablas nº 1 y nº 2 se recogen diferentes resultados obtenidos en diversas condiciones de disponibilidad de agua para el viñedo: Los efectos favorables o desfavorables del agua o, por el contrario de la sequía, pueden resumirse:

Producción Global:

- La mayor cantidad disponible de agua para la vid favorece la actividad fotosintética produciendo una mayor cantidad de materia seca. En general se modifica la distribución de la materia seca producida, se observan aumentos importantes de tallos anticipados y en general aumenta el porcentaje de racimos. Uno de los problemas clásicos que origina especialmente en uva de vinificación la reducción o eliminación del déficit hídrico, es la falta de control de la distribución de los fotoasimilados, especialmente durante el periodo de maduración.

Vegetativos:

- El agua favorece el crecimiento total de los pámpanos así como su velocidad, con lo que resulta un mayor número de entrenudos por pámpano y por tanto hojas (a su vez más desarrolladas) y de superficie foliar.

- Las hojas desarrolladas en periodo de sequía alcanzan menor tamaño, lo que entraña una disminución de la superficie

foliar y, por lo tanto, de la producción de fotosintatos.

- Las sequías fuertes con anterioridad al envero puede provocar la caída del ápice con precocidad sobre la fecha normal.
- La sequía adelanta la senescencia de las hojas reduciendo su vida activa y limitando la producción de azúcares
- El agua adelanta la formación de la cepa y por tanto su entrada en producción.
- El agua favorece el aumento del desarrollo radicular.
- El riego produce un aumento global en la nutrición mineral.
- El agua da lugar a mayor peso de los sarmientos, de la madera de poda y, por tanto favorece un mayor vigor.
- La no limitación de agua puede alargar el ciclo vegetativo
- El riego retrasa el comienzo del agostamiento si bien la duración de este periodo permanece sensiblemente constante y aumenta la longitud agostada.

Rendimiento

- Buena alimentación de agua favorece la iniciación floral, y por tanto la fertilidad
- En condiciones particulares (patrón, variedad, climatología, forma de aplicación, etc.) el riego puede favorecer el corrimiento.
- Algunos autores afirman que el agua puede en ocasiones disminuir la fertilidad por disminución del número de racimos o frutos y del desborre, si bien la hipótesis no está clara (presencia de nietos, modificación de los fenómenos de dormición, etc.), pues hay otros autores que afirman que el riego permite una formación de botones florales más alta y constante.
- La no limitación de agua aumenta el peso de cosecha, el peso de las bayas, el número de estas, la relación peso de frutos/peso de raspón y la relación peso de pulpa/Peso de hollejos.
- La ausencia de sequía permite año tras año la consecución de producciones más regulares.

Composición de la uva (Calidad)

- El riego en general retrasa la maduración, lo que puede ocasionar problemas en zonas frías de maduración lenta.
- Con sistemas de conducción y manejo del viñedo, en general el riego técnicamente bien realizado no disminuye el contenido de azúcares y aumenta el contenido global, si bien en zonas cálidas y áridas, tradicionalmente de alta graduación, la disminución puede ser un objetivo positivo de la aplicación de riego.
- Precipitaciones excesivas y riegos mal aplicados durante períodos críticos en las fases de crecimiento y desarrollo de los frutos pueden ocasionar la disminución proporcional del contenido en azúcares.
- La sequía acusada durante el periodo crítico del envero y durante la maduración puede ocasionar disminución del contenido en azúcares.

- El riego en ocasiones disminuye el contenido de materias colorantes por la menor proporción de hollejos y el efecto del mayor sombreado si los sistemas de conducción y poda no son adecuados.

- En general los viñedos regados presentan frutos de mayor acidez tanto en málico como en tartárico y los mostos resultan más herbáceos y tánicos.
- El riego o precipitaciones excesivas en las fases finales del periodo de maduración pueden ocasionar rotura de granos y dilución de los componentes.

Indirectos

Por defecto en la técnica de aplicación y momento de riego y técnicas culturales complementarias pueden verse favorecidos los ataques criptogámicos (Botritis, Mildiu, Podredumbres de raíces, etc.)

BIBLIOGRAFIA

- Bartolomé, M.C. 1993. Respuestas de la vid (*V. vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: Efectos sobre las relaciones agua - planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Depto. Universidad Politécnica de Madrid.
- Bartolomé, M.C., V. Sotés, P. Baeza, C. Ruiz y J.R. Lissarrague, 1995. Efectos del déficit hídrico sobre el desarrollo vegetativo y fructífero del cultivar "Tempranillo" de vid (*V. vinifera* L.). Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 10 (2), 245-261.
- Begg, J.E. y N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28, 161-217.
- Doorenbos, J. y W.O. Pruitt. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje n1 24. Roma.
- García-Escudero, E. 1991. Influencia de la dosis y del momento de aplicación del riego sobre la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hardie, W.J. and S.R. Martin. 1990. A strategy for vine growth regulation by soil water management. p. 51-57. In: P.J. Williams, D.M. Davison and T.H. Lee (eds). Proc. 7 th Aus. Wine Ind. Tech. Conf. Adelaida.
- Lissarrague, J.R. 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- McCarthy, M.G., L.D. Jones y G. Due. 1992. Irrigation - Principles and Practices. p. 104-128. En: Coombe, B.G. y P.R. Dry (ed.) "Viticulture". Vol 2: Practices.
- Orgaz, F. Y E. Fereres. 1998. Riego. p. 260-280. En: D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (ed). El cultivo del olivo. Mundi-Prensa. Madrid.
- Smart, R.E. y B.G. Coombe. 1983. Water relations of grapevines, p. 137-196. En: T.T. Kozlowski (ed.). Water deficit and plant growth. Vol 7. Academic Press, New York.
- Williams, L.E. y M.A. Matthews. 1990. Grapevine, p. 1019-1055. En: B.A. Stewart y D.R. Nielsen (eds.). Irrigation of agricultural crops. Agronomy Monograph no. 30. Madison, Wisconsin. USA.
- Yuste, J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y en regadío. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.