

Potencial hídrico a mediodía y desarrollo foliar en la variedad Tempranillo

Respuesta a la variación de la distancia entre cepas en cuatro situaciones climático-edáficas diferentes en el valle del Duero



Fila de control del ensayo en pleno desarrollo vegetativo.

E. Barajas, E. de la Iglesia, M. A. San Miguel, J. Yuste.

Departamento de Viticultura. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

El presente trabajo estudia la respuesta del potencial hídrico foliar a mediodía, en la variedad Tempranillo, a tres distancias entre cepas diferentes (1,2; 1,5 y 1,8) y una distancia entre filas común (3 m), por tanto tres densidades distintas de plantación, en cuatro situaciones de cultivo diferentes sometidas a distintas condiciones edáficas y climáticas. Las medidas se han realizado en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, en 2005 y 2006, en viñedos conducidos en espaldera localizados a lo largo del valle del río Duero.

La existencia de gradientes de potencial hídrico puede explicar el movimiento del agua desde el suelo al aire a través de la planta (Azcón-Bieto y Talón 2000). Así, el movimiento del agua en la planta se resume esquemáticamente en cuatro pasos: suelo-raíz, raíz-tallo, tallo-hoja (a través de los pecíolos) y hoja-atmósfera (Choné *et al.* 2001). Existen diferentes métodos para estimar el estado hídrico de las plantas, aunque el que se basa en la medida del potencial hídrico foliar es el que actualmente ofrece una mejor relación calidad-costos (Jones 2004). Es uno de los métodos más adecua-

dos para la gestión del riego en la mayor parte de las explotaciones vitícolas de tamaño medio o para técnicos de asociaciones de productores. Se requiere de un equipamiento relativamente sencillo como es la cámara de presión (Scholander) que puede ser utilizada por personal con cualificación media y aunque no es posible la automatización de las medidas, permite una gran flexibilidad de uso, ya que cada día se puede decidir en qué zonas de la explotación se quieren llevar a cabo las mediciones (Santesteban *et al.* 2006). Con dicha cámara existe la posibilidad de realizar la medida en las horas de máxima iluminación cuando hay regulación estomática y la planta está en plena actividad (transpiración, fotosíntesis, etc.), denominándose potencial hídrico a mediodía (Pérez 2002).

La respuesta del potencial hídrico foliar en diferentes densidades de plantación ha sido estudiada por diversos autores. Así, Hunter (1998) afirma que las vides más espaciadas se ven sometidas a un menor estrés hídrico durante el periodo de maduración que las cepas menos espaciadas. En este sentido, el potencial hídrico de mediodía es más alto en vides regadas que en vides no regadas (Smart 1974; Kliever *et al.* 1983; Bartolomé 1993; Yuste 1995), aunque Matthews *et al.* (1987) observaron que los valores de potencial hídrico foliar de mediodía eran casi constantes a lo largo de la fase de maduración y que las posibles variaciones eran debidas a las condiciones climáticas (Van Zyl 1986).

Las diferencias de potencial hídrico foliar y los distintos niveles de estrés hídrico pueden ser generados por la variación de la distribución y la cantidad de superficie foliar, que provoca diferencias en la interceptación de radiación. De esta forma, Lissarrague et al. (1991) afirman que las diferencias de potencial hídrico observadas en diferentes sistemas de conducción se debieron a las diferencias de altura de vegetación existentes.

En este trabajo se estudia la respuesta del potencial hídrico foliar de mediodía, medido a las 12 hora solar, en la variedad Tempranillo distribuida con tres distancias entre cepas distintas y una distancia entre filas común, por tanto tres densidades de plantación distintas, en cuatro situaciones de cultivo diferentes, en viñedos conducidos en espaldera a lo largo del valle del río Duero.

Material y métodos

El trabajo, llevado a cabo en 2005 y 2006, basa su desarrollo en la modificación de la densidad de plantación. Así, las densidades de plantación estudiadas tienen un espaciamiento entre filas de 3 metros y una distancia entre cepas de 1,2; 1,5 y 1,8 m. El área de suelo que le corresponde a cada cepa según las distancias anteriores es de 3,6 m² (3 x 1,2), 4,5 m² (3 x 1,5) y 5,4 m² (3 x 1,8). Se ha mantenido la misma carga por metro lineal de espaldera de forma que hay un pámpano por cada 10 cm de cordón en los tres tratamientos estudiados.

Descripción de los ensayos

Los ensayos se encuentran situados a lo largo del valle del río Duero en los siguientes términos municipales:

- Castrillo de Duero (Valladolid) (altitud 800 m): perteneciente a la DO Ribera del Duero.
- Pollos (Valladolid) (altitud 672 m): perteneciente a la DO Rueda.
- Rodilana (Valladolid) (altitud 800 m): perteneciente a la DO Rueda.

EXISTEN DIFERENTES MÉTODOS PARA EVALUAR LA SITUACIÓN HÍDRICA DEL VIÑEDO.

Un método útil y eficaz es la medida del potencial hídrico foliar, que permite conocer el estado hídrico de las plantas a lo largo del ciclo vegetativo y puede facilitar la toma de decisiones relativas al régimen hídrico en un corto plazo de tiempo

- Toro (Zamora) (altitud 739 m): perteneciente a la DO Toro.

Los aportes hídricos, tanto de riego como pluviométricos (P), que han recibido los ensayos durante los años 2005 y 2006 quedan expresados en mm en el cuadro I.

El material vegetal empleado en los cuatro ensayos es *Vitis vinifera* L., variedad Tempranillo, injertado sobre patrón Richter 110, plantado en el año 2000, y conducido en espaldera, con un sistema de poda del tipo cordón Royat bilateral.

El diseño experimental de los cuatro ensayos es en bloques al azar con cuatro repeticiones de los tres tratamientos (1,2; 1,5; 1,8). La parcela elemental es de nueve a catorce cepas de control, dependiendo de la distancia entre plantas, y cada repetición consta de líneas contiguas a la fila de control destinadas al efecto borde.

Cuadro I.

Aportes hídricos (riego y pluviométricos) recibidos en los ensayos.

Régimen hídrico	Ensayo	2005				2006			
		P anual	P 1 abr-30 sep	Riego en el ciclo	Riego de invierno	P anual	P 1 abr-30 sep	Riego en el ciclo	Riego de invierno
Regadío	Castrillo	320	83	40	-	430	162	30	-
	Pollos	205	64	52	-	333	133	46	29
Secano	Rodilana	249	74	-	-	254	83	-	-
	Toro	280	78	-	70	408	142	-	-

Potencial hídrico foliar

El potencial hídrico foliar ha sido medido con una cámara de presión tipo Scholander (marca SoilMoisture Corp.). El manómetro de la cámara tiene una precisión de 0,02 MPa (0,2 bar). En cada fecha se han medido ocho hojas de cada uno de los tres tratamientos descritos: en las cuatro repeticiones de cada uno, sobre dos cepas por repetición. Las medidas han sido realizadas al mediodía solar (Ψ_{12}) a mediados de los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2005 y 2006, en hojas adultas soleadas situadas en la zona media del pámpano, por encima de la altura de los racimos.

Índice de área foliar

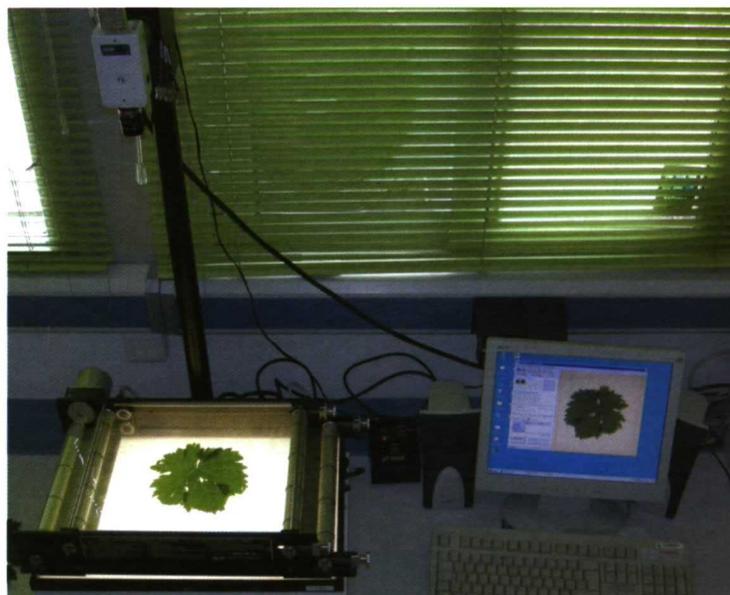
El índice de área foliar de cada tratamiento se determinó tomando tres pámpanos por cepa, en dos cepas por repetición, en el momento de máximo desarrollo foliar, justo antes del

envero (a finales de julio), por el método no destructivo basado en la regresión entre la longitud del nervio central de la hoja y su superficie foliar, establecido por Carbonneau (1976).

Resultados

Potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12})

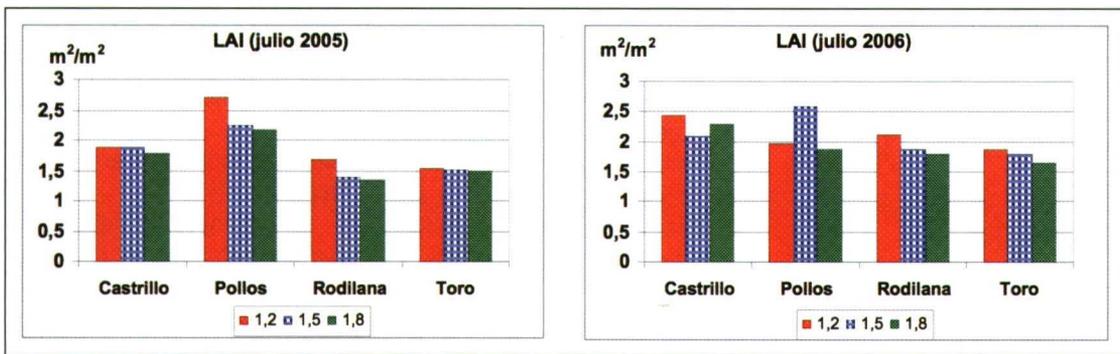
En el ensayo de Castrillo de Duero el potencial no ha presentado una tendencia clara entre los tres tratamientos estudiados en los dos años de medidas. En el año 2005, en el mes de septiembre, el tratamiento 1,2 mostró valores más negativos que los otros dos tratamientos, aunque sin que las diferencias fueran estadísticamente significativas. La evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del ciclo muestra un descenso hasta agosto en ambos años y una ligera recuperación al final del ciclo en el año 2005, frente a un descenso pro-



Medida de superficie foliar de una hoja por análisis de imágenes.

Figura 1.

SUPERFICIE FOLIAR TOTAL (LAI), EN EL MOMENTO DE MÁXIMO DESARROLLO FOLIAR, EN LOS ENSAYOS DE CASTRILLO, POLLOS, RODILANA Y TORO, DE LOS TRATAMIENTOS 1,2, 1,5 Y 1,8, CON DISTANCIA ENTRE CEPAS DE 1,2, 1,5 Y 1,8 M RESPECTIVAMENTE, EN LOS AÑOS 2005 Y 2006.



Cuadro II.

Potencial hídrico foliar (Ψ_{12}) expresado en MPa medido al mediodía solar, en los ensayos de Castrillo y Pollos.

T	Ψ_{12} Castrillo								Ψ_{12} Pollos							
	2005				2006				2005				2006			
	Jul	Ago	Sep		Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sep
1,2	-1,39	-1,56	-1,49	-0,58	-1,10	-1,30	-1,46	-0,95	-1,19	-1,47	-1,26	-0,64	-1,30	-1,54	-1,47	
1,5	-1,40	-1,54	-1,29	-0,58	-1,10	-1,35	-1,46	-0,97	-1,07	-1,37	-1,04	-0,64	-1,30	-1,51	-1,48	
1,8	-1,33	-1,54	-1,30	-0,63	-1,15	-1,28	-1,36	-0,99	-1,08	-1,40	-1,08	-0,62	-1,27	-1,48	-1,47	
Sig	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

Ψ_{12} en junio, julio, agosto y septiembre de 2005 y 2006, correspondiente a los tratamientos (T) 1,2, 1,5 y 1,8, con distancia entre cepas de 1,2, 1,5 y 1,8 m respectivamente. Análisis de varianza con niveles de significación (Sig): ns, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05.

Cuadro III.

Potencial hídrico foliar (Ψ_{12}) expresado en MPa medido al mediodía solar, en los ensayos de Rodilana y Toro.

T	Ψ_{12} Rodilana								Ψ_{12} Toro							
	2005				2006				2005				2006			
	Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sep	Jun	Jul	Ago	Sep
1,2	-1,14	-1,39	-1,79	-1,94	-0,67	-1,23	-1,53	-1,84	-0,85	-1,32	-1,81	-1,64	-0,59	-1,34	-1,17	-1,54
1,5	-1,13	-1,32	-1,77	-1,86	-0,66	-1,21	-1,36	-1,76	-0,84	-1,35	-1,79	-1,60	-0,68	-1,34	-1,13	-1,52
1,8	-1,12	-1,31	-1,73	-1,87	-0,68	-1,22	-1,42	-1,79	-0,78	-1,36	-1,79	-1,65	-0,68	-1,27	-1,13	-1,55
Sig	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Ψ_{12} en junio, julio, agosto y septiembre de 2005 y 2006, correspondiente a los tratamientos (T) 1,2, 1,5 y 1,8, con distancia entre cepas de 1,2, 1,5 y 1,8 m respectivamente. Análisis de varianza con niveles de significación (Sig): ns, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05.

Cuadro IV.

Superficie foliar total (LAI, m²/m²) en 2005 y 2006 en los ensayos de Castrillo, Pollos, Rodilana y Toro.

T	2005				2006			
	Castrillo	Pollos	Rodilana	Toro	Castrillo	Pollos	Rodilana	Toro
1,2	1,88	2,70	1,68	1,54	2,43	1,97	2,11	1,88
1,5	1,88	2,25	1,38	1,51	2,09	2,59	1,87	1,80
1,8	1,78	2,18	1,34	1,50	2,29	1,87	1,79	1,64
Sig	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns

LAI en el momento de máximo desarrollo foliar (julio), correspondiente a los tratamientos (T) 1,2, 1,5 y 1,8, con distancia entre cepas de 1,2, 1,5 y 1,8 m respectivamente. Análisis de varianza con niveles de significación (Sig): ns, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05.

LOS RESULTADOS MUESTRAN QUE EL POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR a mediodía no ha presentado diferencias notables entre los tres tratamientos de distancia intercepas en las cuatro situaciones de cultivo estudiadas, aunque el tratamiento 1,2 ha presentado valores más negativos que los tratamientos 1,5 y 1,8 en determinados casos. Esta tendencia guarda estrecha relación con la mayor superficie foliar desarrollada por el tratamiento 1,2 en la fase de máximo desarrollo en la mayoría de las situaciones de cultivo estudiadas

año. La evolución del potencial a lo largo del ciclo en ambos años muestra un descenso hasta el mes de agosto y posteriormente una tendencia a la recuperación en septiembre, siendo ésta claramente más acusada en 2005 que en 2006.

En el ensayo de Rodilana, aunque el potencial hídrico foliar sólo ha presentado diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos estudiados en el mes de septiembre de 2006, el tratamiento 1,2 ha presentado, en general, valores de potencial ligeramente más bajos que los otros dos tratamientos tanto en 2005 como en 2006. En la evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del ciclo se ha observado una disminu-

gresivo al final del ciclo en 2006 (cuadro II).

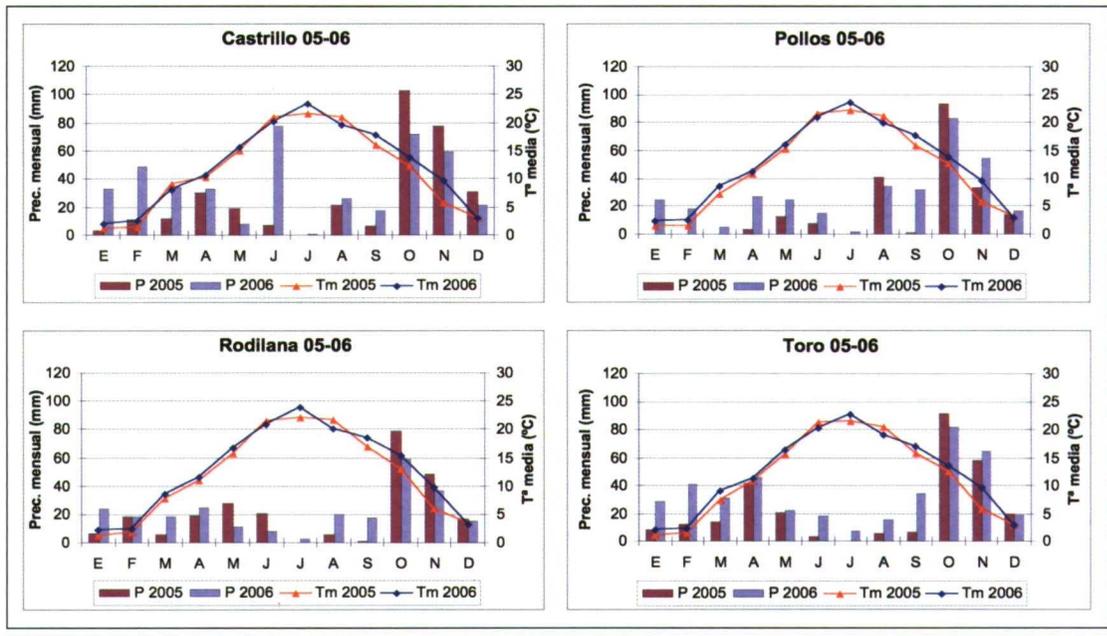
En el ensayo de Pollos tampoco se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos ningún año. No obstante, el tratamiento 1,2 ha mostrado en general valores más bajos que los otros dos tratamientos en el año 2005, circunstancia relacionada con el mayor desarrollo foliar del 1,2 frente al 1,5 y al 1,8 en dicho

ción progresiva hasta el final del ciclo en todos los tratamientos, aunque en el año 2006 el descenso fue menos acusado en el mes de agosto, debido fundamentalmente a la mayor cantidad de lluvia caída en dicho mes en 2006. En este ensayo, las plantas no llegan a recuperarse hídricamente cuando las condiciones meteorológicas al final del ciclo no son tan severas como en agosto, y experimentan un descenso progresivo de potencial hídrico foliar, llegándose a alcanzar valores mínimos cercanos a -2,0 MPa en el año 2005 (cuadro II y figura 1).

En el ensayo de Toro no ha habido una tendencia clara de las diferencias de potencial hídrico foliar entre tratamientos. Solamente en los meses de junio y septiembre de 2005 las diferencias fueron estadísticamente significativas, apareciendo en ambos casos el tratamiento 1,2 con valores más bajos al tratamiento de mayor estrés en cada caso,

Figura 2.

DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE CASTRILLO, POLLOS, RODILANA Y TORO EN 2005 Y 2006.



1,8 y 1,5 respectivamente. La evolución del potencial a lo largo del ciclo ha sido diferente en los dos años de estudio. En el año 2005 se ha observado un des-

censo progresivo de los valores de potencial hasta el mes de agosto y una leve recuperación al final del ciclo, en septiembre. En cambio, en el año 2006 esta re-

cuperación del potencial hídrico se produce en el mes de agosto, para descender posteriormente, alcanzando valores similares en septiembre en ambos años. La



Alambre de viña
Protección Zinc / Aluminio

Garantía de duración
4 veces superior
al triple galvanizado (clase C)

- Un grosor del revestimiento anti-corrosión superior al de la clase C.
- Una superficie lisa y duradera.
- Perfecta adherencia y concentricidad del revestimiento de Zinc+Aluminio.

- Ahorro considerable por hectárea instalada, con una calidad absolutamente fiable.
- CRAPAL®4 es, además, un producto que respeta el medio ambiente.



C/Albacete 3, 3a planta
28027 Madrid
T 916 843 492
F 917 580 360
info.crapal@arcelormittal.com
www.arcelormittal.com


ArcelorMittal



Foto superior. Medida de longitud del nervio central de la hoja para el cálculo de la superficie foliar.



Foto izqda. Medida del potencial hídrico con cámara de presión.

recuperación en agosto de 2006 fue debida a las tormentas caídas en esta zona a mediados de agosto, días antes de realizar las medidas de potencial hídrico foliar (**cuadro III y figura 1**).

Índice de área foliar (LAI)

Se han observado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en los valores de LAI en el momento de máximo desarrollo foliar en el ensayo de Pollos en ambos años, si bien en el año 2005 la tendencia es a disminuir la superficie foliar a medida que aumenta la distancia entre cepas, mientras que en 2006 no existe una tendencia clara, siendo el tratamiento 1,5 el que muestra una mayor superficie foliar que los otros dos trata-

mientos. En los ensayos de Castriño de Duero, Rodilana y Toro no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en los dos años de estudio. No obstante, el tratamiento que ha mostrado una tendencia favorable con respecto a los otros dos tratamientos ha sido el 1,2, que ha presentado un mayor desarrollo foliar. Este resultado está relacionado directamente con los valores de potencial hídrico foliar más bajos mostrados, en general, por el tratamiento 1,2 (**cuadro IV y figura 2**).

Conclusiones

Las medidas de potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) no han mostrado, en general, dife-

rencias estadísticamente significativas entre las tres distancias intercepas estudiadas en los ensayos planteados con situaciones de cultivo diferentes. En determinados casos, el potencial hídrico foliar ha permitido mostrar la tendencia del tratamiento 1,2 a presentar valores más negativos que los tratamientos 1,5 y 1,8.

El tratamiento de 1,2 ha mostrado una tendencia general a desarrollar mayor superficie foliar. Esta tendencia guarda estrecha relación con los valores más bajos de potencial hídrico foliar mostrados con cierta frecuencia por dicho tratamiento en los ensayos planteados, aunque esta tendencia no se ha observado en el ensayo de Pollos en el año 2006, en que el tratamiento 1,5 fue el que mayor superficie foliar desarrolló.

La evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del ciclo vegetativo ha mostrado tendencias diferentes en los dos años de estudio en las cuatro situaciones de cultivo planteadas. En general, estas tendencias no han sido estadísticamente significativas,

aunque se ha observado una orientación diferente de la respuesta del potencial hídrico foliar dependiente de las condiciones particulares de cada ensayo. Las diferencias observadas sugieren un manejo diferente del viñedo dependiendo de las condiciones edafoclimáticas particulares de cada ensayo con el fin de mejorar la eficiencia del cultivo. ■

Bibliografía

Azcón-Bieto J., Talón M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.V. 522 p.

Bartolomé M.C. 1993. Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis doctoral del Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 443 p.

Carbonneau A., 1976. Analyse de la croissance des feuilles du sarment de vigne: Estimation de sa surface foliaire par échantillonnage. *Conn. Vigne Vin* 10: 141-159.

Choné X., Van Leeuwen C., Dubourdieu D., Gaudillere J.P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* 97 (4): 477-483.

Hunter J.J. 1998. Plant spacing implications for grafted grapevine II. Soil water, plant water relations, canopy physiology, vegetative and reproductive characteristics, grape composition, wine quality and labour requirements. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 19 (2): 35-51.

Jones H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 55 (407): 2427-2436.

Kliewer W.M., Freeman B.M., Hossom C. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.* 34: 186-196.

Lissarrague J.R., Ruiz C., Bartolomé C., Baeza P., Sotés V. 1991. Étude écofisiologique des différents expositions de la végétation dans les systèmes de conduite en gobelet et en espalier. *Riv. Vitic. Enol.* 4: 133-141.

Matthews M.A., Anderson M.M., Schultz H.R. 1987. Phenological and growth responses to early and late season deficits in Cabernet franc. *Vitic. Vitic.* 26: 147-160.

Pérez Mª.A. 2002. Densidad de plantación y riego: Aspectos ecofisiológicos, agronómicos y calidad de la uva en cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.). Tesis Doctoral, Dpto. Producción vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 287 p.

Santesteban L.G., Miranda J.B., Royo J.B. 2006. Modelo de respuesta al estrés hídrico de la variedad Tempranillo cultivada en climas semiáridos. Implicaciones para la gestión del riego. *Viticultura y Enología Profesional* 102: 31-42.

Smart R.E. 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Am. J. Enol. Vitic.* 25: 84-91.

Van Zyl J.L. 1986. Canopy temperature as a water stress indicator in vines. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 7: 53-60.

Yuste J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis Doctoral, Dpto. Producción vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid. 280 p.