

## Estado hídrico y actividad fisiológica en cv. Cabernet Sauvignon: respuesta a la aplicación de distintas dosis de riego

### *Water status and physiological activity in cv. Cabernet Sauvignon: response to application of different irrigation doses*

Jesús Yuste<sup>1,a</sup>, Alejandro Vicente<sup>2</sup> y Daniel Martínez-Porro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 47071 Valladolid, España

<sup>2</sup>Actualmente: actividad vitivinícola externa, España

**Resumen.** La producción y la calidad de la uva en las zonas de clara escasez hídrica dependen del aporte de agua de riego. A lo largo del periodo 2012-2014 se estudió la respuesta hídrica y fisiológica a 3 tratamientos de régimen hídrico: seco (P0), riego del 25% ETo (P1) y riego del 50% ETo (P2), aplicado desde tamaño guisante hasta vendimia. El ensayo se llevó a cabo con cv. Cabernet Sauvignon sobre portainjerto 110R, plantado en 2004 y conducido en espaldera en cordón Royat bilateral, con marco de plantación de 2,2 m x 1,2 m, en Valladolid. La variación de dosis de riego generó valores notablemente menos negativos de potencial hídrico, así como valores de los parámetros básicos de intercambio gaseoso significativamente más altos, en el tratamiento regado con mayor dosis que en el de menor dosis, y a su vez en éste que en el no regado, tanto a las 9 como a las 12 hs. Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas en general, aunque se observaron algunas excepciones, más frecuentes entre el tratamiento regado con menor dosis y el no regado, que variaron en fecha, hora y parámetro fisiológico. La capacidad de discriminación entre tratamientos de riego a través del potencial hídrico se ve bien reflejada en la actividad fisiológica del viñedo, con una tendencia creciente según aumenta el aporte de agua, lo cual debe servir para orientar el riego del viñedo.

**Abstract.** *Grapevine yield and quality in areas of remarkable hydric scarcity depend on irrigation. Throughout the period 2012-2014, the water status and physiological vine response to 3 treatments of water regime was studied: rainfed (P0), irrigation of 25% ETo (P1) and irrigation of 50% ETo (P2), from pea size state until harvest. The trial was developed with vines of cv. Cabernet Sauvignon onto 110R rootstock, planted in 2004 and vertically trellised as a bilateral Royat cordon. The vine distances were 2.2 m x 1.2 m. It was located in Valladolid (Spain). The variation of irrigation doses generated significantly less negative values of water potential, as well as values of the basic parameters of gas exchange significantly higher, in the irrigated treatment with a higher dose than in the lower dose treatment, and in the latter than in that not watered, both at 9 and at 12 solar hours. The differences between treatments were statistically significant in general, although some exceptions were observed, more frequent between the irrigated treatment with lower dose and the non-irrigated treatment, which varied in date, time and physiological parameter. The discrimination capacity between irrigation treatments through the water potential is well reflected in the physiological activity of the vineyard, with an increasing trend as the water supply increases, which should be used to focus the irrigation of the vineyard.*

## 1 Introducción

La producción y la calidad de la uva en las zonas en que el balance hídrico es claramente deficitario dependen de los aportes de agua de riego, pero la cantidad de agua que debe ser aportada dependerá tanto del nivel productivo como de la calidad de uva perseguidos [1], habiendo diversos factores que pueden influir en la respuesta, tales como la reserva hídrica del suelo, el estado del viñedo, la variedad y las características edafoclimáticas del lugar de cultivo [3, 9]. En general, el riego debe ser aplicado con moderación tras la parada de crecimiento del pámpano principal, con el objetivo de que la disponibilidad hídrica ayude a mantener una actividad fisiológica adecuada que facilite la síntesis de azúcar y la translocación de sustancias elaboradas a las bayas [4].

El estado hídrico de la cepa es el factor más limitante de su actividad fisiológica, y fotosintética en particular [2], por lo que su estimación resulta fundamental para aplicar una estrategia de riego adecuada, a través de la toma rápida de decisiones objetivas y eficaces. La estimación del estado hídrico a través de la medida del potencial hídrico de la planta mediante la cámara de

presión se ha difundido ampliamente por ser un método objetivo sencillo, pero depende parcialmente no sólo de la conductancia estomática sino también de la tasa de transpiración foliar en la hora de medida [6], aunque más en plantas poco estresadas, pues según observaron Williams y Baeza [7], en plantas estresadas, con potencial a las 12 hs inferior a -1,2 MPa, la humedad disponible en el suelo fue el factor más influyente de su estado hídrico, atenuándose la influencia de las condiciones atmosféricas. Por tanto, dada la influencia que las condiciones atmosféricas pueden ejercer en los valores, debe tenerse en cuenta la hora de medida tanto del potencial hídrico como del intercambio gaseoso para valorar su viabilidad en cada situación de cultivo [10].

Los valores de potencial hídrico soportados por la planta a lo largo del ciclo vegetativo, así como sus variaciones, repercuten en el comportamiento fisiológico, que a su vez influye a nivel global en la planta, modificando su crecimiento y productividad, así como la composición de la uva [5]. Por tanto, es conveniente conocer la respuesta del potencial hídrico y de los parámetros de intercambio gaseoso a lo largo del ciclo en

cada situación de cultivo para mejorar la eficiencia fisiológica en la utilización del agua de riego [8].

Ante la escasez de trabajos relativos al riego desarrollados en el ámbito del valle del río Duero con la variedad Cabernet Sauvignon, el objetivo del trabajo es estudiar las consecuencias hídricas y fisiológicas de la aplicación de 3 regímenes hídricos durante el verano, mediante riego por goteo, en Valladolid (España), para mejorar, consecuentemente, la eficiencia hídrica global en el manejo del riego del viñedo de dicha variedad en el valle del río Duero, en Castilla y León.

## 2 Material y Métodos

El trabajo se ha llevado a cabo en los años 2012, 2013 y 2014 en un viñedo localizado en Valladolid, Castilla y León (España). El material empleado es *Vitis vinifera* L, cv. Cabernet Sauvignon, sobre portainjerto 110 Richter, plantado en 2004, con un marco de 2,2 m x 1,2 m (3.788

plantas.ha<sup>-1</sup>). El sistema de conducción es espaldera vertical, mediante cordón Royat bilateral y poda con 3 pulgares de 2 yemas en cada brazo (12 yemas por cepa).

El diseño experimental es en bloques al azar, con 4 repeticiones por tratamiento y una parcela elemental de 27 cepas, 7 de control, con líneas contiguas a cada lado destinadas al efecto borde. El ensayo experimental consiste en el establecimiento de 3 regímenes hídricos basados en la dosis de riego, que son: secano, 0% ETo (P0), riego de dosis baja, 25% ETo (P1) y riego de dosis media, 50% ETo (P2). El riego fue aplicado con frecuencia semanal, desde de la parada de crecimiento de pámpanos principales hasta vendimia, en la línea de cepas, con goteros autocompensantes de caudal 4,0 L.h<sup>-1</sup>, colocados cada 60 cm, a 30 cm del tronco de la cepa.

En la tabla 1 aparecen reflejados los datos de riego y precipitación del periodo de estudio.

**Tabla 1.** Agua de riego aplicada y Fechas de inicio y fin en los tratamientos P0, P1 y P2; Precipitación anual de 1-octubre a 30-septiembre y Precipitación de 1-abril a 30-septiembre en 2012-2014.

Trat.	Riego (mm)				Año	Fechas de Riego		Precipitación (mm)	
	2012	2013	2014	Media		Inicio	Fin	Anual	1 abr - 30 sep
P0	-	-	-	-	2012	18 jul	1 oct	263	134
P1	89	97	93	93	2013	16 jul	23 sep	469	129
P2	177	193	186	185	2014	17 jul	26 sep	259	148
					Media	17 jul	27-sep	330	137

El suelo del ensayo presenta alta pedregosidad (más de 65% de elementos gruesos), lo que le confiere un buen drenaje, con una capacidad potencial de retención de agua estimada en 70 mm / m de profundidad. Es de tipo arcillo-arenoso en el 1er horizonte (20 cm) y franco-

arcillo-arenoso en los dos horizontes siguientes (20-100 cm), llano, sin limitaciones físicas ni químicas para el cultivo de viñedo. En la tabla 2 aparecen reflejados los datos termopluviométricos del periodo 2012-2014.

**Tabla 2.** Datos medios mensuales y anuales (1-octubre a 30-septiembre) de Temperatura (°C) máxima (Tmax), mínima (Tmin) y media (Tm), y Precipitación (mm) del periodo 2012-2014.

	T <sub>max</sub>			T <sub>min</sub>			T <sub>m</sub>			P		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Oct	22,1	18,5	19,2	5,5	6,2	8,3	13,1	12,0	13,2	17,2	72,6	23,2
Nov	12,8	12,3	11,8	5,0	3,0	2,2	8,5	7,4	6,8	64,4	60,4	3,2
Dic	9,2	9,4	8,4	0,0	1,3	-1,6	4,0	5,1	2,7	11,0	21,4	1,8
Ene	7,0	9,0	10,1	-1,4	0,7	2,3	2,2	4,6	5,9	28,4	36,8	22,8
Feb	10,1	9,8	10,0	-3,9	-0,9	1,3	2,6	4,0	5,4	1,0	31,2	48,1
Mar	17,1	12,2	15,8	0,6	2,9	2,2	8,6	7,1	8,7	7,6	117,9	11,0
Abr	13,7	15,4	20,0	3,9	3,8	6,4	8,6	9,5	13,0	66,8	28,6	22,4
May	23,4	17,5	21,5	8,3	4,8	6,6	16,0	11,0	14,1	20,2	27,9	18,8
Jun	26,7	23,9	26,4	11,3	8,7	9,9	19,2	16,3	18,5	12,6	33,6	9,6
Jul	28,8	31,9	28,0	11,7	14,0	12,8	20,4	23,0	20,3	12,2	9,4	36,2
Ago	30,2	29,9	28,6	12,7	12,4	12,4	21,5	20,9	20,6	0,0	29,0	0,2
Sep	25,2	26,2	26,0	10,1	10,3	12,3	17,4	17,6	18,5	21,8	0,0	61,2
AÑO	18,9	18,0	18,8	5,3	5,6	6,3	11,8	11,5	12,3	263,2	468,9	258,5

Se realizaron medidas de potencial hídrico foliar, con una cámara de presión de Soilmoisture Corp. (USA), y de intercambio gaseoso, con un IRGA Li-COR 6400, en 2 cepas de cada repetición, tomando 1 hoja por cepa. Las horas (solares, hs) de medida fueron: 9:00 y 12:00 hs. Las medidas se hicieron aproximadamente con periodicidad quincenal, durante la fase de maduración de la uva. El análisis estadístico de los resultados se ha realizado mediante análisis de varianza con el programa SPSS 16.

## 3 Resultados y Discusión

### 3.1 Potencial hídrico y fisiología en 2012

Las medidas de potencial hídrico realizadas en 2012, tanto a las 9 como a las 12 hs, mostraron valores significativamente menos negativos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0, excepto a las 12 hs el día 8, en que las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, y el 22 de agosto, en que la diferencia entre P1 y P0 tampoco fue estadísticamente significativa (tabla 3).

Las medidas de fisiología realizadas, tanto a las 9 hs como a las 12 hs, mostraron valores de los parámetros analizados significativamente más altos en el tratamiento

regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0, excepto a las 12 hs los días 5 y 20 septiembre, en cuanto a conductancia estomática y transpiración (tabla 4). En dichas medidas, la tendencia observada entre tratamientos

fue la misma, creciente con el aporte de riego, pero las diferencias entre el tratamiento P1 y el P0 no fueron estadísticamente significativas en conductancia estomática ni transpiración.

**Tabla 3.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi$ , MPa) a las 9 y a las 12 hs en 2012, de los tratamientos P0, P1 y P2. Significación estadística (Sig.): \* =  $p < 5\%$  (para todas las tablas en adelante).

Trat.	$\Psi$ 9 hs			$\Psi$ 12 hs				
	22-ago	5-sep	20-sep	8-ago	22-ago	5-sep	20-sep	3-oct
P0	-1,67 c	-1,64 c	-1,74 c	-1,51	-1,67 b	-1,79 c	-1,91 c	-1,88 c
P1	-1,37 b	-1,23 b	-1,50 b	-1,41	-1,55 b	-1,47 b	-1,69 b	-1,44 b
P2	-0,88 a	-0,87 a	-1,23 a	-1,27	-1,27 a	-1,11 a	-1,50 a	-1,01 a
Sig.	*	*	*	-	*	*	*	*

**Tabla 4.** Fotosíntesis ( $A_n$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), Conductancia estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) y Transpiración ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a las 9 y a las 12 hs en 2012, de los tratamientos P0, P1 y P2.

Trat.	$A_n$ 9 hs			$g_s$ 9 hs			$E$ 9 hs		
	22-ago	5-sep	20-sep	22-ago	5-sep	20-sep	22-ago	5-sep	20-sep
P0	2,49 c	4,62 c	4,50 c	27,8 c	23,8 c	35,3 c	1,17 c	0,61 c	0,59 c
P1	10,79 b	10,42 b	12,90 b	156,6 b	80,2 b	133,3 b	4,80 b	1,88 b	1,84 b
P2	14,41 a	14,25 a	17,25 a	284,1 a	134,9 a	206,9 a	6,92 a	2,88 a	2,56 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trat.	$A_n$ 12 hs			$g_s$ 12 hs			$E$ 12 hs		
	22-ago	5-sep	20-sep	22-ago	5-sep	20-sep	22-ago	5-sep	20-sep
P0	2,21 c	3,12 c	2,96 c	16,6 c	12,4 b	7,8 b	1,13 c	0,47 b	0,24 b
P1	6,60 b	9,06 b	8,96 b	74,5 b	31,1 b	32,5 b	4,23 b	1,08 b	0,95 b
P2	11,86 a	18,39 a	15,39 a	184,0 a	114,2 a	94,8 a	8,19 a	3,07 a	2,24 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*

### 3.2 Potencial hídrico y fisiología en 2013

Las medidas de potencial hídrico realizadas en 2013, tanto a las 9 como a las 12 hs, mostraron en general

valores progresivamente menos negativos con el aumento de aporte de agua de riego.

**Tabla 5.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi$ , MPa), Fotosíntesis ( $A_n$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), Conductancia estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) y Transpiración ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a las 9 y a las 12 hs en 2013, de los tratamientos T0, T2, P1 y P2.

Trat.	$\Psi$ 9 hs			$A_n$ 9 hs			$g_s$ 9 hs			$E$ 9 hs		
	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep
P0	-1,40 b	-1,52 c	-1,50 b	6,35 c	6,68 b	8,03 c	29,5 c	32,2 c	51,8 c	1,30 c	1,35 c	1,63 c
P1	-1,24 b	-1,34 b	-1,36 b	13,73 b	17,23 a	15,16 b	73,9 b	99,6 b	111,1 b	2,81 b	3,70 b	2,99 b
P2	-0,99 a	-0,99 a	-0,95 a	19,65 a	20,74 a	19,04 a	137,5 a	146,9 a	167,1 a	4,53 a	5,14 a	4,26 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trat.	$\Psi$ 12 hs			$A_n$ 12 hs			$g_s$ 12 hs			$E$ 12 hs		
	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep	22-ago	4-sep	19-sep
P0	-1,40 b	-1,57 b	-1,72 c	5,94 c	4,31 b	6,86 c	15,6 c	16,1 c	34,9 c	1,04 c	1,20 c	1,40 c
P1	-1,42 b	-1,53 b	-1,50 b	12,83 b	9,51 b	14,39 b	51,4 b	63,0 b	92,9 b	3,01 b	4,00 b	3,14 b
P2	-1,12 a	-1,34 a	-1,24 a	17,96 a	18,31 a	20,34 a	109,4 a	170,0 a	158,0 a	5,28 a	8,22 a	5,08 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Las diferencias entre el tratamiento regado con mayor dosis, P2, y el tratamiento no regado, P0, siempre fueron estadísticamente significativas, pero las diferencias entre el tratamiento regado con menor dosis, P1, y el no regado, P0, sólo fueron estadísticamente significativas el 4 de septiembre a las 9 hs y el 19 de septiembre a las 12 hs (tabla 5).

Las medidas de fisiología realizadas, tanto a las 9 hs como a las 12 hs, mostraron valores de los parámetros analizados significativamente más altos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0, excepto el 4 de septiembre, tanto a las 9 hs como a las 12 hs en cuanto a fotosíntesis neta (tabla 5). En dichas medidas, la tendencia observada entre tratamientos fue la misma, creciente con el aporte de riego, pero la diferencias no fueron estadísticamente significativas en fotosíntesis,

entre los tratamiento P2 y P1 a las 9 hs y entre los tratamientos P1 y P0 a las 12 hs.

### 3.3 Potencial hídrico y fisiología en 2014

Las medidas de potencial hídrico realizadas a las 9 hs en 2014 mostraron valores significativamente menos negativos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0 (tabla 6). Las medidas realizadas a las 12 hs mostraron en general una tendencia similar, pero las diferencias entre los tratamientos P1 y P0 no fueron estadísticamente significativas ni el 7 ni el 28 de agosto. Tampoco fue estadísticamente significativa la diferencia favorable al tratamiento P2 con respecto al P1 el 18 de septiembre.

Las medidas de fisiología realizadas, tanto a las 9 hs como a las 12 hs, mostraron valores de los parámetros

analizados notablemente más altos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0 (tabla 6). No obstante, las medidas realizadas a las 9 hs reflejaron que las diferencias entre los tratamientos P2 y P1, favorables al primero, sólo fueron estadísticamente

significativas el 28 de agosto en cuanto a conductancia estomática y transpiración. Las medidas realizadas a las 12 hs mostraron diferencias estadísticamente significativas crecientes en función del aporte de agua, excepto en fotosíntesis entre P2 y P1 el 18 de septiembre y en conductancia entre P1 y P0 el 7 de agosto.

**Tabla 6.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi$ , MPa), Fotosíntesis ( $A_n$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), Conductancia estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) y Transpiración ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) a las 9 y a las 12 hs en 2014, de los tratamientos T0, T2, P1 y P2.

Trat.	$\Psi$ 9 hs			$A_n$ 9 hs			$g_s$ 9 hs			E 9 hs		
	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep
P0	-1,31 c	-1,58 c	-1,54 c	12,92 b	7,62 b	8,49 b	47,2 b	31,1 c	28,4 b	2,24 b	1,43 c	0,92 b
P1	-1,14 b	-1,44 b	-1,05 b	18,55 a	16,83 a	18,31 a	85,1 a	82,8 b	69,1 a	3,58 a	3,35 b	2,13 a
P2	-0,96 a	-1,02 a	-0,88 a	21,91 a	20,06 a	19,92 a	111,8 a	123,2 a	78,5 a	4,48 a	4,53 a	2,31 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trat.	$\Psi$ 12 hs			$A_n$ 12 hs			$g_s$ 12 hs			E 12 hs		
	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep	7-ago	28-ago	18-sep
P0	-1,34 b	-1,50 b	-1,61 b	7,86 c	4,62 c	7,03 b	29,8 b	16,9 c	15,6 c	1,98 c	1,07 c	0,61 c
P1	-1,32 b	-1,52 b	-1,31 a	13,93 b	13,00 b	17,04 a	60,5 b	59,4 b	59,1 b	3,68 b	3,34 b	2,16 b
P2	-1,12 a	-1,27 a	-1,13 a	21,11 a	19,61 a	19,76 a	127,5 a	122,2 a	79,8 a	6,46 a	5,68 a	2,84 a
Sig.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## 4 Conclusiones

Las medidas de potencial hídrico foliar realizadas tanto a las 9 como a las 12 hs mostraron valores notablemente menos negativos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0. Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas en general, aunque se observó alguna excepción en este sentido entre el tratamiento regado con menor dosis y el no regado. Las medidas de intercambio gaseoso realizadas tanto a las 9 hs como a las 12 hs reflejaron en general valores de los parámetros analizados significativamente más altos en el tratamiento regado con mayor dosis, P2, que en el de menor dosis, P1, y a su vez en éste que en el no regado, P0. Hubo algunas excepciones en el registro de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos comparados, que variaron en fecha, hora y parámetro fisiológico, siendo más frecuente la ausencia de significación estadística entre P1 y P0 en 2012 y entre P2 y P1 en 2014.

La capacidad de discriminación entre tratamientos de riego observada en las medidas de potencial hídrico se ve bien reflejada en general en la actividad fisiológica del viñedo, con una tendencia creciente en la medida que el aporte de agua aumenta. Esta respuesta de la planta debe servir para enfocar el riego del viñedo hacia la optimización fisiológica y productiva del uso del agua.

## Referencias

- M.V. Albuquerque, J. Yuste. Efectos de la dosis de riego en el estado hídrico, el desarrollo y la calidad de la uva de la variedad Tempranillo en el valle del río Duero. *Enovicultura* **10**: 24-31 (2011)
- M.V. Albuquerque, R. Yuste, J. Yuste. Influencia de la dosis de riego en Tempranillo en el Valle del Duero: fisiología, superficie foliar, productividad y calidad de la uva. *La Semana Vitivinícola* **3476**: 1334-1340 (2016)
- J.R. Castel, M.E. Valdés, M.H. Prieto, D. Uriarte, L. Mancha, A. Montoro, F. Mañas, R. López-Urrea, P. López-Fuster, J. Yuste, M.V. Albuquerque, J.R.

- Yuste, E. Barajas, A. Yeves, D. Pérez, D.S. Intrigliolo. Efectos de clima y suelo sobre la respuesta al riego de Tempranillo. I. comportamiento agronómico y relaciones hídricas en cuatro localidades de España. *La Semana Vitivinícola* **3393**: 198-206 (2013)
- D.S. Intrigliolo, J.R. Castel. Response of grapevine cv. Tempranillo to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. *Irrig. Sci.* **28**: 113-125 (2010)
- J.L. Salón, C. Chirivella, J.R. Castel. Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield, and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* **56**: 1-8 (2005)
- L.G. Santesteban, C. Miranda, J.B. Royo. Suitability of pre-dawn and stem water potential as indicators of vineyard water status in cv. Tempranillo. *Aust. J. Grape Wine Res.* **17**: 43-51 (2011)
- L.E. Williams, P. Baeza. Relationships among ambient temperature and vapor pressure deficit and leaf and stem water potentials of fully irrigated, field-grown grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **58**: 173-181 (2007)
- J. Yuste, A. Vicente. Manejo del riego y control del rendimiento del viñedo en un marco de limitación hídrica y cambio climático. Aplicación en la variedad Verdejo (*Vitis vinifera* L.). *Phytoma España* **274**: 116-120 (2015)
- J. Yuste, A. Vicente, E. Barajas. Efectos del tipo de riego por goteo (tradicional y deshidratación parcial de raíces) en la calidad y la producción de uva del cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) en el valle del río Duero. *Enovicultura* **40**: 28-35 (2016)
- J. Yuste, A. Vicente, E. Barajas. Efectos anuales de la dosis de riego en Verdejo (D.O. Rueda) en situación de elevada sequía. Aspectos fisiológicos y agronómicos. *La Semana Vitivinícola* **3498**: 1094-1099 (2017)

## Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible a través de la base de proyectos INIA previos y del RTA2014-00049-C05-01, fondos FEDER y de la Junta de Castilla y León, así como la colaboración del Grupo de Viticultura del ITACYL.