

# Consecuencias de la aplicación de distintas dosis de riego en la producción, el desarrollo vegetativo y la calidad de uva del cv. Cabernet Sauvignon en el valle del río Duero

## *Consequences of the application of different irrigation doses on grape yield, vegetative development and quality in cv. Cabernet Sauvignon in the Duero river valley*

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 influencia del riego en zonas de clara escasez pluviométrica es conocida en general, pero la cantidad de agua aplicada en una zona de cultivo determinada puede afectar de modo particular a la producción y a la calidad de la uva. A lo largo del periodo 2012-2014 se estudió la respuesta agronómica a la aplicación de 3 tratamientos de régimen hídrico: secano (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. El desarrollo vegetativo aumentó progresivamente con la dosis de riego, incrementándose el peso de madera de poda un 31% al pasar del tratamiento P0 al P1, y un 27% al pasar del P1 al P2, debido al peso del sarmiento. El rendimiento en uva también aumentó con las dosis de agua, un 25% al pasar del tratamiento P0 al P1 y un 13% al pasar del P1 al P2, debido mayormente al peso del racimo. La concentración de azúcares se vió ligeramente favorecida por el riego. El pH del mosto mostró cierta tendencia a la reducción con el riego, sobre todo con el de mayor dosis, a la par que la acidez titulable, el ácido tartárico y el ácido málico aumentaron con el riego, sobre todo con el de mayor dosis. El K y el IPT no mostraron diferencias notables ni constantes entre tratamientos, aunque en general el K aumentó algo con el riego y el IPT se redujo ligeramente con el riego de mayor dosis.

**Abstract.** *The influence of irrigation in areas of clear pluviometric scarcity is generally known, but the amount of water applied in a given area of cultivation can have a particular effect on the production and quality of the grape. Throughout the period 2012-2014, the agronomic 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 vegetative development increased progressively with the irrigation dose, increasing the weight of pruning wood by 31% when going from treatment P0 to P1, and 27% when passing from P1 to P2, due to the shoot weight. Grape yield also increased with water doses, 25% from P0 to P1 and 13% from P1 to P2, due mainly to cluster weight. The sugar concentration was slightly favored by irrigation. The pH of the must showed a certain tendency to reduction with irrigation, especially with the higher dose, while the titratable acidity, tartaric acid and malic acid increased with irrigation, especially with the higher dose. K and IPT showed no significant or constant differences between treatments, although in general the K increased somewhat with irrigation and the IPT was slightly reduced with higher dose of irrigation.*

## 1 Introducción

En las zonas de cultivo en que el balance hídrico es claramente deficitario, la producción y la calidad de la uva dependen de los aportes de agua de riego [1], pero la cantidad de agua que debe ser aportada estará condicionada por los diversos factores que pueden influir en la respuesta de la vid, tales como la reserva hídrica del suelo, el estado del viñedo, la variedad y las características edafoclimáticas del lugar de cultivo [4, 15]. La escasez hídrica ha llevado a desarrollar sistemas de riego cada vez más eficientes en el uso del agua, aunque en cierto modo se haya provocado un cambio en la distribución de la humedad en el suelo y en el desarrollo radicular del viñedo [13]. 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 sin fomentar el desarrollo vegetativo [7, 14].

Diversos autores han observado cómo la aplicación de riego provoca el aumento de rendimiento, en mayor o menor cuantía, debido a la modificación de los diferentes componentes del mismo, primordialmente el tamaño de baya [6, 2], así como el estrés hídrico provoca un efecto de reducción del rendimiento causado por la acción inhibidora en la diferenciación del racimo [12]. Sin embargo, Reynolds et al. [10] observaron que un manejo adecuado del déficit hídrico incrementó la concentración de compuestos de la uva, como azúcares, antocianos y fenoles, debido a la reducción del crecimiento vegetativo y del peso de la baya.

Desde el punto de vista cualitativo, el efecto del estrés hídrico en el desarrollo de la baya ha mostrado diversos efectos [5, 7], tales como una menor síntesis de los ácidos málico y tartárico, así como un mayor consumo de ácido málico [3]. Por otro lado, también ha sido observada la incidencia de la disponibilidad hídrica del viñedo en los diversos compuestos fenólicos [8], en particular en la biosíntesis y en la concentración de antocianos y taninos en la baya. La modificación de dicha concentración está relacionada con el tamaño de la baya [11], el cual se ve influido por el régimen hídrico, lo que determina la variación de la relación hollejo-pulpa de la baya y consecuentemente afecta a la concentración de los compuestos fenólicos, responsables en gran medida de la calidad del vino tinto [9, 11].

Ante la escasez de trabajos relativos al riego desarrollados en el ámbito del valle del río Duero con la variedad tinta Cabernet Sauvignon, el objetivo del trabajo es estudiar las consecuencias de la aplicación de dos dosis deficitarias de riego por goteo frente al secano, en Valladolid (España), a través de parámetros de producción de uva, desarrollo vegetativo y composición de la uva, para mejorar la eficiencia en el manejo del riego del viñedo de dicha variedad 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 han medido los parámetros siguientes: peso de madera de poda y número de sarmientos; peso de uva, número de racimos y peso de baya; sólidos solubles totales, pH, acidez total, ácido tartárico, ácido málico, potasio e índice

de polifenoles, en mosto. A partir de ellos, se han calculado otros parámetros vegetativos, productivos y cualitativos. El análisis de resultados se ha realizado mediante análisis de varianza con el programa SPSS 16.

### 3 Resultados y Discusión

#### 3.1 Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo, expresado a través del peso de madera de poda, aumentó de forma creciente con la dosis de riego aplicada, aunque las diferencias sólo llegaron a ser estadísticamente significativas entre los tres tratamientos en 2013, puesto que las diferencias no fueron significativas en 2012 entre P0 y P1 ni en 2014 entre P1 y los otros dos tratamientos (tabla 3). El riego de menor dosis provocó un aumento medio interanual del peso de madera de poda del 31% respecto al secano, mientras que el aumento provocado por el riego de mayor dosis respecto al de menor dosis fue del 27%.

La tendencia observada en el peso de madera de poda se ha correspondido fielmente con la del peso del

sarmiento, dado que el número de sarmientos por cepa fue similar en todos los tratamientos, debido al ajuste de carga mediante operación en verde realizada en la segunda quincena de mayo, excepto en 2013. En este año, el secano, P0, mostró un número significativamente menor de sarmientos que los otros tratamientos, debido sobre todo al mayor número de chupones de los otros tratamientos. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el número de sarmientos francos ni de chupones ningún año. El peso del sarmiento mostró un aumento medio interanual en el tratamiento P1 con respecto al secano del 24%, el mismo que mostró el tratamiento P2 con respecto al P1, aunque las diferencias entre los tres tratamientos sólo resultasen estadísticamente significativas en 2013.

**Tabla 3.** Madera de poda (kg), N° total de sarmientos, N° de sarmientos francos, N° de chupones, por cepa; Peso de sarmiento (g); Rendimiento en uva (kg) y N° de racimos, por cepa; Peso de racimo (g), Peso de baya (g) y N° de bayas por racimo, de los tratamientos (Trat.): P0, P1 y P2. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; \*, p<0,05.

	Trat.	Madera Poda	N° Sarm.	N° francos	N° chup.	Peso Sarm.	Rdto.	N° Racimos	Peso Racimo	Peso Baya	N° Bayas
2012	P0	0,518 b	12,3	10,9	1,4	43,2	1,46	18,8	77 b	0,74	106
	P1	0,580 b	12,8	11,2	1,6	45,7	2,07	19,6	106 a	0,93	115
	P2	0,738 a	12,8	11,0	1,8	57,7	2,35	19,7	118 a	0,97	121
	Sig.	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-
2013	P0	0,741 c	14,2 b	11,6	2,7	52,1 c	2,94	24,0	123	1,09 b	112
	P1	1,101 b	15,7 a	12,2	3,5	70,7 b	3,40	24,4	137	1,29 a	106
	P2	1,501 a	15,8 a	11,6	4,2	97,1 a	3,82	24,8	153	1,30 a	118
	Sig.	*	*	-	-	*	-	-	-	*	-
2014	P0	0,855 b	12,5	11,4	1,1	70,0	2,00	18,1	111	1,36	81
	P1	1,090 ab	12,3	11,1	1,2	88,8	2,53	20,1	126	1,32	96
	P2	1,275 a	12,8	11,4	1,4	100,3	2,88	22,6	127	1,41	90
	Sig.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media	P0	0,705	13,0	11,3	1,7	55,1	2,13	20,3	104	1,06	100
	P1	0,923	13,6	11,5	2,1	68,4	2,67	21,4	123	1,18	105
	P2	1,171	13,8	11,3	2,5	85,1	3,01	22,4	133	1,23	110

#### 3.2 Producción de uva

El rendimiento en uva aumentó progresivamente con la dosis de agua aportada, a pesar de que las diferencias observadas entre tratamientos no llegasen a resultar estadísticamente significativas con un nivel del 95% de probabilidad (tabla 3). El incremento medio de rendimiento generado por el riego de menor dosis, P1, con respecto al secano, P0, fue del 25%, mientras que el generado por el riego de mayor dosis, P2, con respecto al riego de menor dosis, P1, fue sólo del 13%. Las diferencias en producción fueron fundamentalmente debidas al peso de racimo, que también aumentó progresivamente con la cantidad de agua aportada, un 18% al pasar de P0 a P1 y un 8% al pasar de P1 a P2, aunque las diferencias mostradas por dicho parámetro sólo llegasen a resultar estadísticamente significativas entre el secano, P0, y los tratamientos regados en 2012.

El número de racimos por cepa también contribuyó al aumento del rendimiento, pero en menor medida que el peso del racimo, pues dicho número se incrementó un 5% tanto al pasar de P0 a P1 como al pasar de P1 a P2. Las

diferencias entre tratamientos en el número de racimos no fueron estadísticamente significativas.

El incremento del peso del racimo debido a la cantidad de agua aportada estuvo más relacionado con el peso de baya que con el número de bayas, pues el cambio de P0 a P2 mostró un aumento del 16% en el peso de baya frente a un aumento del 10% en el número de bayas del racimo. Las diferencias observadas en ambos parámetros solamente resultaron estadísticamente significativas entre el secano, P0, y los tratamientos regados en el peso de baya en 2013.

El Índice de Ravaz disminuyó ligeramente de forma gradual con el aumento de la cantidad de agua aportada, excepto en 2012, en que la sequía penalizó más, en el tratamiento P0, a la producción de uva que al desarrollo vegetativo (tabla 4). En todo caso, la tendencia interanual decreciente con el aumento de riego de este índice no se vio reflejada en diferencias anuales estadísticamente significativas.

### 3.3 Composición de la uva

La concentración de sólidos solubles se vio generalmente favorecida por el riego con respecto al secano, con un aumento interanual de más de medio grado brix al pasar de secano a regadío, aunque la tendencia no fue constante entre los tratamientos aplicados, observándose incluso un valor ligeramente más alto del secano, P0, en 2014, probablemente favorecido por su menor nivel de rendimiento. Las diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas en 2012 entre los tratamientos P1 y P0 (tabla 4).

El pH del mosto mostró cierta tendencia a la reducción con el riego respecto al secano, P0, pero sobre todo al pasar al riego de mayor dosis, P2, como reflejaron las diferencias estadísticamente significativas observadas entre P0 y P2 tanto en 2013 como en 2014. La acidez titulable aumentó con la dosis de riego, sobre todo con la dosis mayor, del tratamiento P2, que supuso un incremento interanual de casi 1,5 g/L con respecto al secano, P0. Las diferencias entre ambos tratamientos, P2 y P0, fueron estadísticamente significativas todos los años, mientras que el tratamiento P1 sólo fue discriminado estadísticamente del P0 en 2012 y del P2 en 2014. El ácido tartárico mostró una tendencia similar, aunque con menores diferencias entre tratamientos, a la

acidez titulable, ligeramente creciente con la dosis de riego, aunque las diferencias sólo resultaron estadísticamente significativas entre el tratamiento más regado, P2, y los otros dos tratamientos en 2014. El ácido málico aumentó con la dosis de riego, sobre todo con la dosis mayor, del tratamiento P2, que supuso un incremento interanual de casi 1 g/L con respecto al secano, P0. Las diferencias favorables al tratamiento P2 con respecto a los otros dos fueron estadísticamente significativas en 2012 y 2013, mientras que el tratamiento P1 sólo fue discriminado estadísticamente del P0 en 2013.

El potasio no mostró diferencias notables ni constantes entre tratamientos, aunque la media interanual mostró una concentración ligeramente mayor en los tratamientos regados que en el secano.

El índice de polifenoles totales tampoco reflejó diferencias notables ni definidas entre tratamientos, a pesar de que las diferencias observadas en 2014 resultaron estadísticamente significativas entre el P1 y el P2. En general, la concentración de polifenoles se vio ligeramente reducida por la aplicación del riego con mayor dosis, con respecto a la restricción hídrica que supusieron el riego de menor dosis y el secano.

**Tabla 4.** Concentración de sólidos solubles totales S.S.T. (°brix), pH, Acidez titulable (g ac. tartárico/L), Ácido tartárico (g/L), Ácido málico (g/L), Concentración de Potasio (ppm), Índice de polifenoles totales (I.P.T.) e Índice de Ravaz, de los tratamientos (Trat.): P0, P1 y P2. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; \*, p<0,05.

	Trat.	S.S.T.	pH	Acidez titulable	Ácido tartárico	Ácido málico	Potasio	I.P.T.	Índice Ravaz
2012	P0	22,63 b	3,94	3,63 b	6,08	0,74 b	1503	10,75	2,88
	P1	23,70 a	4,05	4,50 a	6,61	0,92 b	1653	10,25	3,58
	P2	23,30 ab	3,88	4,97 a	6,92	1,39 a	1495	10,00	3,23
	Sig.	*	-	*	-	*	-	-	-
2013	P0	21,63	3,49 a	5,60 b	5,81	1,55 c	1120	8,75	4,20
	P1	22,81	3,38 ab	6,36 ab	5,58	2,14 b	1135	9,00	3,09
	P2	22,95	3,29 b	7,05 a	5,16	3,17 a	1175	7,50	2,55
	Sig.	-	*	*	-	*	-	-	-
2014	P0	23,15	3,38 a	5,52 b	7,68 b	1,91	1563	8,00 ab	2,57
	P1	23,03	3,36 a	5,60 b	7,54 b	1,82	1538	8,50 a	2,34
	P2	22,78	3,25 b	7,08 a	8,82 a	2,16	1688	7,50 b	2,26
	Sig.	-	*	*	*	-	-	*	-
Media	P0	22,47	3,60	4,91	6,52	1,40	1395	9,17	3,22
	P1	23,18	3,59	5,49	6,57	1,63	1442	9,25	3,00
	P2	23,01	3,47	6,36	6,97	2,24	1453	8,33	2,68

### 4 Conclusiones

El desarrollo vegetativo aumentó progresivamente con la dosis de riego aplicada, tal que el riego de menor dosis provocó un aumento medio interanual del peso de madera de poda del 31% respecto al secano, mientras que el aumento provocado por el riego de mayor dosis respecto al de menor dosis fue del 27%, aunque las diferencias anuales entre tratamientos no siempre llegaron a ser estadísticamente significativas. Dicho aumento fue debido básicamente al incremento del peso del sarmiento, dado que el número de sarmientos por cepa fue similar en todos los tratamientos.

El rendimiento en uva mostró una tendencia al aumento con las dosis de agua, con un incremento medio del riego de menor dosis respecto del secano del 25% y del riego de mayor dosis respecto del riego de menor dosis del 13%, aunque las diferencias anuales entre tratamientos no resultasen estadísticamente significativas. Las diferencias en producción de uva fueron fundamentalmente debidas al peso de racimo, que también aumentó con la cantidad de agua aportada, debido mayormente al peso de baya así como al número de bayas del racimo, aunque el número de racimos por cepa también contribuyó a dicho aumento en la producción de uva.

La concentración de azúcares se vió generalmente favorecida por el riego, aunque dicha tendencia no fue intensa ni constante entre tratamientos, mientras que el pH del mosto mostró cierta tendencia a la reducción con el riego respecto al secano, pero sobre todo al aplicar el riego de mayor dosis. La acidez titulable, así como el ácido tartárico y el ácido málico, aumentó con la dosis de riego, sobre todo con la dosis mayor, observándose menores diferencias entre tratamientos en el ácido tartárico y mayores en el ácido málico. El potasio y el IPT no mostraron diferencias notables ni constantes entre tratamientos, aunque la media interanual mostró una concentración de K ligeramente mayor en los tratamientos regados que en el secano y un valor de IPT ligeramente más reducido con el riego de mayor dosis. Las respuestas observadas en la planta deben servir para enfocar el riego del viñedo hacia la optimización productiva y cualitativa del uso del agua.

## Referencias

1. 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. *Enoviticultura* **10**: 24-31 (2011)
2. 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)
3. J. Blouin, G. Guimberteau. *Maturation et maturité des raisins*. 151 p. Éd. Féret. Bordeaux (2000)
4. 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)
5. J. Girona, J. Marsal, M. Mata, J. del Campo, B. Basile. Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress. *Aust. J. Grape Wine Res.* **15**: 268–277 (2009)
6. D.S. Intrigliolo, J.R. Castel. Effects of irrigation on the performance of grapevine cv. Tempranillo in Requena, Spain. *Am. J. Enol. Vitic.* **59** (1): 30-38 (2008)
7. 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. *Irri. Sci.* **28**: 113-125 (2010)
8. J.A. Kennedy, M.A. Matthews, A. Waterhouse. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoides. *Am. J. Enol. Vitic.* **53** (4): 268-274 (2002)
9. H. Ojeda, C. Andary, E. Kraeva, A. Carbonneau, A. Deloire. Influence of pre- and post-veraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* **53** (4): 261-267 (2002)
10. A.G. Reynolds, W.D. Lowrey, L. Tomek, J. Hakimi, Ch. Savigny. Influence of irrigation on vine performance, fruit composition, and wine quality of Chardonnay in a cool, humid climate. *Am. J. Enol. Vitic.* **58** (2): 217-228 (2007)
11. G. Roby, J.F. Harbertson, D.A. Adams, M.A. Matthews. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape Wine Res.* **10**: 100-107 (2004)
12. L.G. Santesteban, C. Miranda, J.B. Royo. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. *Agric. Water Manag.* **98** (7): 1171-1179 (2011)
13. C.J. Soar, B.R. Loveys. The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. *Aust. J. Grape Wine Res.* **13** (1): 2-13 (2007)
14. J. Yuste, M.V. Albuquerque, R. Yuste, E. Gamero, M.E. Valdés. Respuesta cualitativa y productiva del viñedo en vaso a la variación de la dosis de riego en Tempranillo cultivado en las condiciones semiáridas del valle del Duero. *Vida Rural* **428**: 42-48 (2017)
15. 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. *Enoviticultura* **40**: 28-35 (2016)

## 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 y la Estación Enológica del ITACYL.