

Rehidratación según el nivel de estrés del cv. Cabernet Sauvignon en el valle del río Duero: efectos en producción, desarrollo vegetativo y calidad de uva

Rehydration according to the stress level of cv. Cabernet Sauvignon in the Duero river valley: Effects on production, vegetative growth and grape quality

Jesús Yuste¹, Alejandro Vicente² y Daniel Martínez-Porro¹

¹Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid, España

²Actualmente: actividad vitivinícola externa, España

Resumen. La aplicación de riego al viñedo en zonas con balance hídrico muy deficiente se convierte en una necesidad a medida que avanza el verano y la escasa reserva hídrica del suelo se va agotando. El nivel de rehidratación del viñedo en dicha época puede afectar a su comportamiento fisiológico, productivo y cualitativo. A lo largo del periodo 2015-2018 se estudió la respuesta agronómica de 4 tratamientos derivados de la aplicación de riego de rehidratación, de 12 horas, a partir del envero, cuando se alcanza un nivel de potencial hídrico de tallo: seco (R0), cuando $\Psi_x \approx 1,7-1,8$ MPa (R1), cuando $\Psi_x \approx 1,4-1,5$ MPa (R2), cuando $\Psi_x \approx 1,0-1,2$ MPa (R3). El ensayo se llevó a cabo con cv. Cabernet Sauvignon, plantado en 2004 y conducido en espaldera en cordón Royat bilateral, en Valladolid (España). El desarrollo vegetativo aumentó con el número de riegos de rehidratación, tal que el incremento medio del peso de madera de poda de R1, R2 y R3, respecto al seco (R0), fue de 13%, 28% y 50%, en estrecha correspondencia con el aumento del peso de sarmiento. La producción de uva también aumentó progresivamente con los riegos de rehidratación, con diferencias que discriminaron siempre el R3 del R0, e incrementos de R1, R2 y R3 de 18%, 33% y 44% con respecto a R0, habiéndose debido las diferencias mayormente al peso de racimo. La concentración de azúcares varió poco con el aumento de riegos de rehidratación, aunque el valor medio fue algo mayor en R1 y R0 que en R3 y R2, mientras que la acidez se vio favorecida, sobre todo en el tratamiento más regado, R3, ya que el pH se vio reducido a la vez que la acidez titulable, el ácido tartárico y el ácido málico aumentaron; siempre en detrimento más evidente del seco (R0). El potasio tendió al aumento en favor de R3, aunque no de forma constante a lo largo de los años.

Abstract. The application of irrigation to the vineyard in areas with a very poor water balance becomes a necessity as the summer progresses and the scarce water reserve of the soil is depleted. The possibilities of vine rehydration at this time can affect its physiological, productive and qualitative behavior, which should be known. Throughout the 2015-2018 period, the agronomic response of 4 treatments derived from the application of 12 hours of rehydration irrigation was studied, from veraison, when a certain level of water stress is reached, estimated by stem water potential: no irrigation (R0), irrigation when $\Psi_x \approx 1.6-1.8$ MPa (R1), when $\Psi_x \approx 1.2-1.3$ MPa (R2), when $\Psi_x \approx 1.0-1.2$ MPa (R3). The trial was carried out with cv. Cabernet Sauvignon on 110R rootstock, planted in 2004 and trellised as bilateral Royat cordon, with 2.2 m x 1.2 m spacing, in Valladolid (Spain). Vegetative development increased with the number of rehydrations, such that the average increase in the wood pruning weight from R1, R2 and R3, with respect to R0, was 13%, 28% and 50%, in close correspondence with the increase in the shoot weight. Grape production also increased progressively with rehydrations, with differences that always discriminated between R3 and R0, and increases in R1, R2 and R3 of 18%, 33% and 44% with respect to R0, the differences having been mainly due to bunch weight. The sugar concentration varied little with the increase in rehydrations, although the mean value was somewhat higher in R1 and R0 than in R3 and R2, while acidity was favored, especially in the most watered treatment, R3, since the pH was reduced while the titratable acidity, tartaric acid and malic acid increased, always to the more evident detriment of R0. Potassium tended to increase in favor of R3, although not consistently over the years.

1 Introducción

La aplicación de riego en el viñedo es necesaria cuando el balance hídrico es claramente deficitario, como ocurre en verano en muchas zonas de España, para conseguir niveles de producción y calidad de uva apropiados y rentables (1). El calentamiento global observado en las circunstancias del actual clima cambiante es un agravante de la situación, que conlleva un déficit hídrico más pronunciado durante el

ciclo vegetativo y una mayor dependencia del riego (2). El nivel de déficit hídrico del viñedo determina, en gran medida, su respuesta productiva y cualitativa, la cual también está condicionada por diversos factores, además de la reserva hídrica del suelo, como son el estado vegetativo del viñedo, la variedad y las características edafoclimáticas del lugar de cultivo (3, 4).

Diversos autores han estudiado los efectos del riego en el comportamiento del viñedo, tanto en variedades blancas

(5) como en variedades tintas (6), abarcando aspectos productivos y vegetativos. Los trabajos desarrollados han evaluado diversos criterios de aplicación del riego, como dosis, época, frecuencia, etc., habiendo encontrado resultados variables. Muchos autores han observado que el riego provoca el aumento de rendimiento, en mayor o menor cuantía, debido a la modificación de los diferentes componentes del mismo (1), así como el estrés hídrico provoca reducción del rendimiento causado mayormente por la acción inhibitoria en la diferenciación del racimo (7).

Un enfoque de sostenibilidad ambiental y económica sugiere que la optimización del uso del agua debe ser considerada en términos de compensación entre la reducción de cosecha derivada de la restricción hídrica y la ganancia de calidad que puede resultar económicamente significativa para el productor (2). Desde el punto de vista cualitativo, el estrés hídrico ha mostrado diversos efectos en la baya, tales como una menor síntesis de los ácidos málico y tartárico y un mayor consumo de ácido málico. La concentración de antocianos y taninos, condicionada por el tamaño de la propia baya, también puede verse afectada por el régimen hídrico (8).

En general, el riego debe ser aplicado con moderación durante la fase de crecimiento herbáceo de la baya, con el fin de que la disponibilidad hídrica no sea excesiva, para no favorecer el desarrollo vegetativo, pero sea suficiente para una actividad fisiológica adecuada que favorezca la síntesis de azúcares y la elaboración de sustancias fenólicas acumuladas en las bayas (9). El estado hídrico del viñedo en la fase de maduración es un factor crítico para favorecer la síntesis y la concentración de sustancias asociadas a la calidad en la uva. En general, se asume que para promocionar la calidad de la uva conviene someter a la planta a un cierto nivel de estrés hídrico, que redunde en la mejor respuesta cualitativa posible de la cepa (10).

El riego deficitario debe responder al siguiente planteamiento: ¿hasta qué nivel de déficit hídrico conviene llegar en cada viñedo? Ante la escasez de trabajos relativos a la utilización del riego deficitario según distintos niveles de estrés hídrico, el objetivo del trabajo es estudiar las consecuencias vegetativas, productivas y cualitativas de la frecuencia de rehidratación por goteo, en fase de maduración, en la variedad tinta Cabernet Sauvignon, en Valladolid (España), para favorecer la eficiencia del riego en el viñedo orientándolo a la calidad de la uva en Castilla y León.

2 Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo durante el periodo 2015-2018 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⁻¹). 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 4 regímenes hídricos derivados de la aplicación de riego de rehidratación, de 12 horas, cuando se alcanza un nivel de estrés hídrico determinado, estimado mediante potencial hídrico de tallo a mediodía, de la siguiente manera: no riego o secano (R0), cuando $\Psi_x \approx 1,7-1,8$ MPa (R1), cuando $\Psi_x \approx 1,4-1,5$ MPa (R2), cuando $\Psi_x \approx 1,0-1,2$ MPa (R3). El riego, aplicado mediante goteros autocompensantes de caudal 4,0 L.h⁻¹, colocados cada 60 cm (pluviometría aproximada de la instalación: 3 mm/hora), a 30 cm del tronco de la cepa, se llevó a cabo a partir del envero hasta vendimia, cuando correspondió a cada nivel de potencial establecido, después de aplicar un riego de hidratación inicial de 12 horas al inicio del envero excepto en el tratamiento de secano (R0).

En la Tabla 1 aparecen reflejados los datos del riego aplicado cada año durante el periodo de riego, 2015-2017. En la Tabla 2 aparecen reflejados los datos termopluviométricos del periodo 2015-2018.

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 1^{er} 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.

Se midieron 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 estos parámetros, se calcularon otros parámetros vegetativos, productivos y cualitativos. El análisis estadístico de los 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 el número de riegos de rehidratación aplicados, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, que discriminaron siempre el tratamiento más regado, R3, del no hidratado, R0, incluso durante el año posterior a la aplicación de riego, 2018, mostrándose variables las diferencias anuales entre dichos tratamientos y los tratamientos intermedios de riego, R1 y R2 (tabla 3). El aumento medio interanual (periodo 2015-2017) del peso de madera de poda de los tratamientos R1, R2 y R3, respecto al secano (R0), fue respectivamente de 13%, 28% y 50%.

La tendencia observada en el peso de madera de poda se ha correspondido estrechamente con la del peso del sarmiento, aunque también el número de sarmientos por cepa aumentó ligeramente con el número de riegos de rehidratación, sin mostrar diferencias significativas como consecuencia del ajuste de brotes realizado mediante operación en verde en la segunda quincena de mayo. El peso del sarmiento mostró un aumento medio interanual

Tabla 1. Fecha de hidratación inicial, número de riegos posteriores aplicados, cantidad de agua aplicada (mm) y fecha de vendimia, en los tratamientos R0, R1, R2 y R3 en el periodo de riego, 2015-2017.

Trat.	Rehidratación y riegos aplicados									Agua aplicada			
	2015			2016			2017			2015	2016	2017	Media
	Hidrat.	Riegos	Vend.	Hidrat.	Riegos	Vend.	Hidrat.	Riegos	Vend.				
R0	-	0	8-oct	-	0	11-oct	-	0	26-sep	0	0	0	0
R1	7- ago	0	8-oct	19-ago	0	11-oct	5- ago	0	26-sep	36,4	36,4	36,4	36,4
R2	7- ago	2	8-oct	19-ago	1	11-oct	5- ago	2	26-sep	109,1	72,7	109,1	97,0
R3	7- ago	3	8-oct	19-ago	2	11-oct	5- ago	3	26-sep	145,4	109,1	145,4	133,3

Tabla 2. Datos medios mensuales, estacionales (abril-septiembre) y anuales (1-octubre a 30-septiembre) de Temperatura (°C) máxima (Tmax), mínima (Tmin) y media (Tm), y Precipitación (mm) del periodo 2015-2018.

	T _{max}				T _{min}				T _m				P			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
Oct	22,8	24,5	21,8	24,5	9,4	6,7	7,1	6,6	15,0	14,7	13,5	15,6	37,0	7,2	46,2	7,8
Nov	13,6	14,4	12,3	14,4	5,3	-0,3	2,4	-0,2	9,3	6,1	6,9	7,1	71,4	17,6	48,9	16,8
Dic	8,2	9,2	9,5	9,2	0,4	-0,4	0,6	-0,4	3,8	4,0	4,1	4,4	17,2	26,2	12,6	25,4
Ene	7,3	10,3	9,9	9,1	-2,4	2,6	-2,8	0,6	1,7	6,2	2,5	4,9	28,0	116,0	10,3	50,8
Feb	9,7	11,0	12,6	9,9	-0,3	1,3	2,2	-1,8	4,3	5,8	7,0	4,1	16,4	38,8	39,9	41,4
Mar	16,0	12,8	16,7	11,4	1,3	0,2	2,6	2,7	8,4	6,1	9,2	7,0	16,8	32,2	6,0	109,8
Abr	18,6	15,4	21,1	17,3	5,6	3,8	3,8	5,8	11,8	9,1	12,6	11,5	66,0	99,4	3,8	70,0
May	23,4	20,0	24,5	20,7	8,1	6,6	9,0	8,0	15,7	13,1	16,7	14,3	19,8	47,4	42,0	83,4
Jun	27,9	27,6	31,3	25,1	11,9	10,4	13,7	12,2	19,7	19,1	22,4	18,6	76,2	1,9	5,4	73,8
Jul	32,8	32,6	31,0	30,9	14,5	13,8	13,5	13,5	23,7	23,0	22,4	22,2	4,2	5,4	33,2	30,2
Ago	29,9	31,8	30,6	31,9	12,7	13,2	13,3	13,6	21,1	22,4	21,8	22,7	5,2	0,2	13,6	0,0
Sep	24,5	27,5	26,1	29,1	9,0	10,4	9,2	12,6	16,1	18,6	17,5	20,9	23,6	13,0	0,2	29,1
Abr-Sep	26,2	25,8	27,4	25,8	10,3	9,7	10,4	11,0	18,0	17,6	18,9	18,4	195	167	98	287
Año	19,6	19,8	20,6	19,5	6,3	5,7	20,6	6,1	12,6	12,4	13,1	12,8	382	405	262	539

(periodo 2015-2017) de los tratamientos R1, R2 y R3, respecto al secano (R0), de 5%, 18% y 33% respectivamente, aunque las diferencias solo resultaron estadísticamente significativas en 2017.

El número de sarmientos francos no mostró diferencias entre los tres tratamientos regados, pero sí las mostró el número de chupones, favorables a dichos tratamientos regados con respecto al tratamiento no rehidratado, R0, que resultaron significativas en 2016.

3.2 Producción de uva

El rendimiento en uva aumentó progresivamente con el número de riegos de rehidratación, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, que discriminaron siempre el tratamiento más regado, R3, del no hidratado, R0, mostrándose variables las diferencias anuales entre dichos tratamientos y los tratamientos intermedios de riego, R1 y R2, a pesar de que el segundo año las diferencias observadas no llegasen a resultar estadísticamente significativas (tabla 3). El incremento medio (periodo 2015-2017) de rendimiento en uva de los tratamientos R1, R2 y R3, respecto al secano (R0), fue respectivamente de 18%, 33% y 44%.

Las diferencias en producción fueron fundamentalmente debidas al peso de racimo, que aumentó respectivamente en los tratamientos R1, R2 y R3, con respecto al secano (R0), 12%, 20% y 28%, aunque dichas diferencias sólo llegasen a resultar estadísticamente significativas en el tercer año, en perjuicio del secano, R0. El número de racimos por cepa también contribuyó al

aumento del rendimiento, aunque en menor medida que el peso del racimo, ya que las diferencias entre tratamientos en cuanto a número de racimos por cepa no fueron estadísticamente significativas.

El incremento del peso del racimo debido al número de riegos de rehidratación estuvo más relacionado con el peso de baya que con el número de bayas, pues el tratamiento R3 mostró un aumento medio en peso de baya del 21% con respecto al secano (R0), mientras que el aumento del número de bayas del racimo fue del 15%, sin que las diferencias en dicho número resultasen estadísticamente significativas. Las diferencias estadísticamente significativas observadas en el peso de baya discriminaron el primer año, más seco, al tratamiento R3 respecto del R0, y el segundo año, más húmedo, a los tres tratamientos regados respecto del secano (R0).

El Índice de Ravaz disminuyó ligeramente, como promedio del período 2015-2017 (Tabla 3), con el aumento del número de riegos de rehidratación, debido a una reducción clara en el segundo año, que fue mucho más húmedo, aunque en las otras dos campañas se observó un ligerísimo aumento de los tratamientos regados con respecto al secano (R0), habiendo que señalar que las diferencias anuales observadas no fueron estadísticamente significativas en ningún caso.

3.3 Composición de la uva

La concentración de sólidos solubles varió poco, en conjunto, con el aumento del número de riegos de rehidratación, aunque el valor promedio del periodo

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 (t/ha) y N° de racimos por cepa; Peso de racimo (g), Peso de baya (g), N° de bayas por racimo e Índice de Ravaz de los tratamientos (Trat.): R0, R1, R2 y R3. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05 (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

	Trat.	Madera Poda	N° Sarm.	N° francos	N° chup.	Peso Sarm.	Rdto.	N° Racimos	Peso Racimo	Peso Baya	N° Bayas	Índice Ravaz
2015	R0	0,95 c	13,2 b	10,2	2,9 b	75,4	3,44 b	13,0	70 b	0,87 b	81	0,98
	R1	1,06 bc	13,9 b	10,3	3,7 ab	77,9	4,56 a	14,1	87 a	0,93 b	94	1,15
	R2	1,18 ab	13,5 ab	10,1	3,3 ab	88,1	5,16 a	15,6	89 a	0,97 b	92	1,16
	R3	1,29 a	14,8 a	10,8	4,1 a	89,2	5,28 a	15,4	92 a	1,08 a	87	1,08
	Sig.	**	*	-	*	-	**	-	*	**	-	-
2016	R0	0,73 c	12,6	10,4	2,2 b	59,7	7,68	19,9	101	0,93 b	107	2,95
	R1	0,82 bc	13,5	9,7	3,9 a	60,9	8,59	20,5	108	1,04 a	103	2,76
	R2	0,97 b	14,2	11,0	3,2 ab	68,7	9,23	21,6	111	1,07 a	104	2,51
	R3	1,16 a	14,6	10,8	3,7 a	81,9	9,62	20,9	121	1,10 a	110	2,18
	Sig.	**	-	-	**	-	-	-	-	*	-	-
2017	R0	0,46 b	11,1	9,4	1,7	41,7 b	3,20 b	16,1	53 c	0,75	71	1,98
	R1	0,53 b	11,6	9,3	2,3	46,0 b	3,71 b	16,8	57 bc	0,85	67	1,82
	R2	0,60 b	11,9	9,2	2,7	51,4 ab	4,70 ab	18,2	69 ab	0,79	88	2,09
	R3	0,75 a	11,9	9,7	2,3	63,1 a	5,71 a	19,9	74 a	0,92	80	2,01
	Sig.	**	-	-	-	**	**	-	*	-	-	-
2018	R0	1,01 c	11,4	9,6	1,8	87,5	6,91	16,3	110	1,40	79	1,87
	R1	1,14 bc	11,9	10,3	1,6	97,5	7,52	17,6	107	1,34	81	1,77
	R2	1,27 ab	12,1	10,3	1,8	107,2	7,75	19,7	104	1,37	76	1,61
	R3	1,43 a	12,4	9,7	2,7	117,6	8,38	19,9	112	1,35	82	1,54
	Sig.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Media (2015-2017)	R0	0,71	12,3	10,0	2,3	58,9	4,77	16,3	75	0,85	86	1,97
	R1	0,80	13,0	9,8	3,3	61,6	5,62	17,1	84	0,94	88	1,91
	R2	0,92	13,2	10,1	3,1	69,4	6,37	18,5	90	0,94	95	1,92
	R3	1,07	13,8	10,4	3,4	78,1	6,87	18,7	96	1,03	92	1,76

2015-2017 fue ligeramente superior en los tratamientos R1 y R0 que en R3 y R2, con diferencias anuales inferiores a 1,3 °brix entre los tratamientos más distanciados, que sólo resultaron estadísticamente significativas, durante dicho período, en 2017. Curiosamente, en 2018, año en que no se aplicó ningún riego, el tratamiento que había sido de secano (R0) mostró diferencias favorables con respecto a los tres tratamientos de rehidratación (Tabla 4).

El pH del mosto mostró una ligera tendencia a la reducción con el aumento del número de riegos de rehidratación, sobre todo a favor del tratamiento más regado, el R3, que presentó el valor más bajo todos los años. No obstante, las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas en el tercer año, el más seco, en favor de un nivel inferior para R3 y de un nivel superior para R0.

La acidez titulable aumentó progresivamente con el número de riegos de rehidratación, en correspondencia con la tendencia del pH, mostrando diferencias estadísticamente significativas todos los años que discriminaron favorablemente al R3 del resto de tratamientos y generalmente al secano (R0) de los tratamientos menos regados, R1 y R2. El incremento medio interanual de R3 con respecto al secano (R0) fue de 1 g/L.

El ácido tartárico mostró una tendencia similar, aunque con menores diferencias entre tratamientos, a la acidez titulable, creciente con el número de riegos de rehidratación. El tratamiento R3 mostró diferencias

estadísticamente significativas favorables con respecto al resto de tratamientos en 2 de los 3 años, mientras que el secano (R0) lo hizo desfavorablemente en dichos años, no habiéndose observado diferencias en el primer año de estudio, pero sí en el año posterior, 2018, en que no hubo aplicación de riego, aunque en este caso sin que las diferencias resultasen estadísticamente significativas. El ácido málico aumentó homogénea y progresivamente con el número de riegos de rehidratación, con diferencias estadísticamente significativas todos los años, que siempre discriminaron favorablemente al R3 del secano (R0) y se mostraron variables entre dichos tratamientos y los tratamientos intermedios de riego, R1 y R2. El incremento medio interanual de R3 con respecto al secano (R0) fue superior a 0,5 g/L.

El contenido de potasio en uva mostró una tendencia general al aumento a favor del tratamiento más regado, el R3, aunque no fue constante a lo largo de los años y sólo resultó estadísticamente significativa con respecto a R1 y, sobre todo, R0 en el segundo año, el más húmedo de los 4 años de estudio. La diferencia media de R3 con respecto al resto de tratamientos en el período 2015-2017 fue de 113 mg/L. Las diferencias que presentaron los tratamientos R0, R1 y R2 entre sí fueron muy escasas y variables a lo largo de los años, resultando mayor el nivel en R0 en 2015 pero claramente menor en 2016. En el año posterior a la aplicación de riego, 2018, no se observaron diferencias entre los tratamientos aplicados en las campañas anteriores.

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) e Índice de polifenoles totales (I.P.T.) de los tratamientos (Trat.): R0, R1, R2 y R3. Significación estadística (Sig.): -, no significativo; *, p<0,1; **, p<0,05 05 (letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos).

	Trat.	S.S.T.	pH	Acidez titulable	Ácido tartárico	Ácido málico	Potasio	I.P.T.
2015	R0	25,3	3,72	3,12 <i>c</i>	5,42	1,25 <i>b</i>	1735	15
	R1	25,7	3,78	3,35 <i>bc</i>	5,40	1,31 <i>b</i>	1695	16
	R2	24,5	3,82	3,72 <i>ab</i>	5,22	1,50 <i>ab</i>	1583	15
	R3	25,2	3,67	3,99 <i>a</i>	5,21	1,70 <i>a</i>	1665	16
	Sig.	-	-	**	-	**	-	-
2016	R0	24,3	3,58	4,48 <i>b</i>	6,72 <i>b</i>	1,46 <i>c</i>	1635 <i>c</i>	11
	R1	24,5	3,57	4,84 <i>b</i>	7,86 <i>a</i>	1,67 <i>bc</i>	1823 <i>b</i>	11
	R2	23,9	3,54	4,89 <i>b</i>	7,22 <i>b</i>	1,73 <i>ab</i>	1868 <i>ab</i>	11
	R3	24,2	3,52	5,41 <i>a</i>	8,28 <i>a</i>	1,95 <i>a</i>	2003 <i>a</i>	12
	Sig.	-	-	**	**	**	**	-
2017	R0	26,2 <i>a</i>	3,85 <i>a</i>	3,47 <i>c</i>	6,36 <i>c</i>	1,21 <i>b</i>	1813	13
	R1	26,4 <i>a</i>	3,74 <i>b</i>	4,12 <i>b</i>	7,14 <i>b</i>	1,24 <i>b</i>	1830	11
	R2	25,1 <i>b</i>	3,71 <i>b</i>	4,26 <i>b</i>	7,14 <i>b</i>	1,32 <i>b</i>	1810	11
	R3	25,2 <i>b</i>	3,67 <i>b</i>	4,69 <i>a</i>	7,81 <i>a</i>	1,55 <i>a</i>	1935	11
	Sig.	**	**	**	**	*	-	-
2018	R0	24,3 <i>a</i>	3,54	4,80	5,81	2,04	1423	10
	R1	23,5 <i>b</i>	3,50	4,79	6,15	2,06	1445	10
	R2	23,7 <i>b</i>	3,47	5,28	6,37	2,19	1485	10
	R3	23,5 <i>b</i>	3,47	5,04	6,40	2,09	1483	10
	Sig.	**	-	-	-	-	-	-
Media (2015-2017)	R0	25,3	3,72	3,69	6,17	1,31	1728	13
	R1	25,5	3,70	4,10	6,80	1,41	1783	13
	R2	24,5	3,69	4,29	6,53	1,52	1754	12
	R3	24,9	3,62	4,70	7,10	1,73	1868	13

La medida del índice de polifenoles totales en la uva no permitió constatar diferencias debidas a los distintos tratamientos, a pesar de las variaciones observadas en otros componentes básicos de la uva. Los condicionantes medioambientales han podido reducir las posibilidades de la rehidratación aplicada exclusivamente a partir del envero de influir en la composición fenólica de la uva. El efecto de rehidratación sucesiva mediante riego moderado podría verse enriquecido si se plantea en distintas condiciones medioambientales y con diversas frecuencias de aplicación.

4 Conclusiones

El desarrollo vegetativo aumentó de forma creciente con el número de riegos de rehidratación, tal que el incremento medio interanual del peso de madera de poda de los tratamientos R1, R2 y R3, respecto al secano (R0), fue respectivamente de 13%, 28% y 50%. Dicho incremento se ha correspondido estrechamente con el del peso del sarmiento, aunque también el número de sarmientos por cepa aumentó ligeramente con el número de riegos de rehidratación aplicados.

La producción de uva aumentó progresivamente con el número de riegos de rehidratación, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos que discriminaron siempre el tratamiento más regado, R3, del no regado, R0, mostrándose variables las diferencias anuales entre dichos tratamientos y los tratamientos de nivel intermedio de riego, R1 y R2. El incremento medio de rendimiento en uva de los tratamientos R1, R2 y R3,

respecto al secano (R0), fue respectivamente de 18%, 33% y 44%. Las diferencias en producción de uva fueron fundamentalmente debidas al peso de racimo, aunque el número de racimos por cepa también contribuyó, en menor medida.

La concentración de azúcares varió poco con el aumento del número de riegos de rehidratación, aunque el valor promedio fue ligeramente superior en los tratamientos R1 y R0 que en R3 y R2. La acidez del mosto se vio favorecida por la repetición de riegos de rehidratación, mostrando una tendencia general a favor, sobre todo, del tratamiento más regado, R3, de manera que el pH se vio reducido, a la vez que la acidez titulable, el ácido tartárico y el ácido málico aumentaron; siempre en detrimento más evidente del tratamiento de secano (R0). Asimismo, el contenido de potasio mostró una tendencia general al aumento a favor del tratamiento más regado, el R3, aunque no fue constante a lo largo de los años. La medida del índice de polifenoles totales en uva no permitió constatar diferencias debidas a la aplicación de distintos riegos de rehidratación, lo que sugiere la conveniencia de ampliar el planteamiento de frecuencia de rehidratación en distintas condiciones medioambientales.

Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible a través de la base de proyectos INIA previos y del RTA2014-00049-C05-01 y del PID2019-105039RR-C42, fondos FEDER y de la Junta de Castilla y León, así como la colaboración de personal del ITACYL.

Referencias

1. M.V. Alburquerque, 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. T. Scholasch, M. Rienth. *Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; consequences for the optimization of irrigation strategies*. *OENO One* **3**, 423-444 (2019)
3. 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. Alburquerque, 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)
4. 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)
5. J. Yuste, A. Vicente. *Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico de la vid en cv. Verdejo. Relación y respuesta como indicadores del viñedo sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda*. *La Semana Vitivinícola* **3.536**, 164-172 (2019)
6. J. Yuste, M.V. Alburquerque, J.R. Yuste. *Riego deficitario en cv. Tempranillo (Vitis vinifera L.): efectos productivos, vegetativos y cualitativos frente al secano, en el valle del Duero*. *La Semana Vitivinícola* **3.572**, 1.222-1.228 (2020)
7. 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)
8. 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)
9. J. Yuste, M.V. Alburquerque, 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)
10. V. Zufferey, J.-L. Spring, T. Verdenal, A. Dienes, S. Belcher, F. Lorenzini, C. Koestel, J. Rösti, K. Gindro, J. Spangenberg, O. Viret. *The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland*. *OENO One* **51** (1). doi:10.20870/oeno-one.2017.51.1.1314 (2017)