



PROGRAMA DE DOCTORADO EN
ENOLOGÍA, VITICULTURA Y SOSTENIBILIDAD

TESIS DOCTORAL

**EFECTOS DEL RIEGO MODERADO Y EL ACLAREO
DE RACIMOS EN EL COMPORTAMIENTO
FISIOLÓGICO, AGRONÓMICO Y CUALITATIVO DE
*Vitis vinifera L. cv. VERDEJO***

Presentada por

Alejandro Vicente Castro

para optar al grado de

Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por

Dr. Jesús Yuste Bombín

2017

A Ana

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), pues el soporte económico que me proporcionó con la beca FPI, a través del proyecto RTA2011-00100-C05-02, me ha permitido dedicarme plenamente a mi mayor pasión, la investigación. También agradezco al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL) su completa disposición, facilitando todos los medios materiales y personales posibles, de tal modo que ambos organismos han posibilitado las actividades que me han conducido a escribir estas líneas.

Quiero remarcar que son las personas quienes forman y dan vida a dichos organismos, de modo que sin ellas no habría sido posible desarrollar este trabajo. Todos los que se han visto implicados en esta tesis, directa e indirectamente, unos de modo presencial, otros sólo a través del teléfono o el email, todos ellos, han demostrado ser grandes compañeros. Agradezco a todos ellos que me hayan ayudado siempre que han podido, en ocasiones incluso más allá del ámbito de sus obligaciones.

Gracias a mi director de Tesis, el Dr. Jesús Yuste, por su afán instructor y su tesón en el trabajo, enfocado siempre a la ejecución de las actividades hacia el máximo orden posible, cuestión no baladí a la hora de realizar un trabajo de investigación. Su apoyo y ayuda, así como su accesibilidad ante cualquier consulta y sus indicaciones en multitud de cuestiones, han sido fundamentales para conseguir plasmar por escrito este documento.

Adicionalmente, debo agradecerle su acierto señalándome el lugar más adecuado para realizar las estancias investigadoras en el extranjero. En ellas he trabajado muy duro, más de lo deseado, junto al Dr. J.J. Hunter y a Neels Volschenk, aprendiendo mucho mientras observaba el mundo desde otro punto de vista.

Kobus (J.J. Hunter), I'm really grateful for your support and example, your help and your amazing braais! Neels, thanks for your explanations and your cuisine tips!

Agradezco al Dr. José Antonio Rubio su apoyo incondicional y la confianza depositada en mí desde el principio hasta el final de todo este periodo, que ahora da paso a una nueva etapa.

Gracias al Dr. Enrique Barajas por su ayuda en la resolución de dudas y aclaración de conceptos, así como por la innumerable cantidad de consejos que me han facilitado sustancialmente la toma de datos en campo y laboratorio.

Agradezco inmensamente a César Arranz las conversaciones mantenidas durante nuestro periodo como compañeros, su ayuda, sus bromas y las excursiones que hicimos por Castilla y León que tan bien me vinieron.

Agradezco al Dr. Pedro Martín la oportunidad que me dio durante mi periodo de estudiante de enología, posibilitándome descubrir el mundo de la investigación de la mano de la generosa Dra. Raquel González, y que abrió una puerta que me ha llevado a donde estoy.

Gracias a todos los que me han ayudado siendo mis manos para poder llegar a donde no podía, Dani, Jorge, Mercedes, así como el apoyo inestimable de Eusebio, Feli, Lidio, Santiago... todos mis compañeros del ITACyL, en campo, laboratorio y oficina, pues todos ellos me han ayudado en lo posible y con todo lo posible. Sin olvidar a todos los alumnos de prácticas que han colaborado en las actividades mientras me enseñaban a enseñar.

Gracias al Grupo Yllera, en especial a Eloy y su equipo humano, por los medios proporcionados y el interés demostrado para llevar a cabo las actividades de campo del mejor modo posible.

Agradezco a Chencho y su equipo de la EE.EE de Rueda, Benita, Celia, Javier, Marta, su disposición y buen hacer. Siempre nos hacían un hueco cuando llegábamos corriendo con las muestras de uva.

Gracias al equipo formado por la Dra. Josefina Vila, la Dra. Encarna Fernández y el Dr. José Manuel Rodríguez, se encargaron de la parte enológica del proyecto, fuera del ámbito de este documento, pero siempre estuvieron abiertos a preguntas y consultas.

Y finalmente, me gustaría que mi familia pudiese atisbar el enorme agradecimiento que les tengo por su apoyo y comprensión durante este proceso. De todos ellos, ha sido mi compañera de viaje, Ana, a quien más tiempo he robado, quien más intensamente ha sufrido mis actividades, ausencias y preocupaciones. Sin embargo, ha sido quien más me ha apoyado, incondicionalmente, hasta lograr llevar a buen término esta fase de mi vida.

A todos os doy las gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXXVII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XLIII
RESUMEN/ABSTRACT	XLV
RESUMEN	XLVII
ABSTRACT	XLIX
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
2. OBJETIVO.....	7
3. ESTADO HÍDRICO Y PROCESOS FISIOLÓGICOS.....	7
3.1 Agua en el suelo y estado hídrico de las plantas	7
3.2 Procesos fisiológicos.....	8
3.2.1 Potencial hídrico.....	8
3.2.1.1 Efectos de la dosis de riego.....	10
3.2.1.2 Efectos del control de rendimiento.....	11
3.2.2 Conductancia estomática.....	12
3.2.2.1 Efectos de la dosis de riego.....	14
3.2.2.2 Efectos del control de rendimiento.....	14
3.2.3 Transpiración.....	15
3.2.3.1 Efectos de la dosis de riego.....	16
3.2.3.2 Efectos del control de rendimiento.....	16
3.2.4 Fotosíntesis	17
3.2.4.1 Efectos de la dosis de riego.....	20
3.2.4.2 Efectos del control de rendimiento.....	21
3.2.5 Eficiencia en el uso del agua (WUE).....	22
4. DESARROLLO VEGETATIVO.....	24
4.1 Superficie foliar	24
4.2 Madera de poda.....	27
4.3 Efectos de la dosis de riego.....	29
4.4 Efectos del control de rendimiento	30

5. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES	31
5.1 Efectos de la dosis de riego	32
5.2 Efectos del control de rendimiento	33
6. COMPOSICIÓN DE LA UVA.....	35
6.1 Efectos de la dosis de riego	36
6.2 Efectos del control de rendimiento	37
6.3 Sólidos solubles totales	38
6.3.1 Efectos de la dosis de riego	38
6.3.2 Efectos del aclareo de racimos	39
6.4 Acidez titulable	39
6.4.1 Efectos de la dosis de riego	40
6.4.2 Efectos del aclareo de racimos	41
6.5 pH.....	42
6.5.1 Efectos de la dosis de riego	42
6.5.2 Efectos del aclareo de racimos	42
6.6 Ácido tartárico	43
6.6.1 Efectos de la dosis de riego	43
6.6.2 Efectos del aclareo de racimos	44
6.7 Ácido málico	44
6.7.1 Efectos de la dosis de riego	45
6.7.2 Efectos del aclareo de racimos	45
6.8 Potasio.....	46
6.8.1 Efectos de la dosis de riego	47
6.8.2 Efectos del aclareo de racimos	48
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL	51
1.1 Localización geográfica	51
1.2 Características del viñedo.....	51
1.3 Características climáticas.....	52
1.4 Características edáficas.....	55
1.5 Fenología del ensayo	58

2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	59
2.1 Tratamientos experimentales	59
2.1.1 Tratamientos experimentales principales	59
2.1.2 Tratamientos experimentales secundarios	60
2.2 Diseño Experimental	60
2.2.1 Contenido de agua en el suelo.....	61
2.2.2 Unidades experimentales para el estudio de la superficie foliar	62
2.2.3 Unidades experimentales para el estudio del estado hídrico y de los procesos fisiológicos.....	62
2.2.4 Unidades experimentales para el estudio agronómico	62
2.2.5 Unidades experimentales para el estudio de la materia seca.....	63
2.3 Operaciones de cultivo para establecer los tratamientos experimentales.....	63
2.4 Análisis de los datos obtenidos	63
3. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES.....	64
3.1 Caracterización de la superficie foliar.....	64
3.1.1 Superficie foliar total (LAI)	64
3.1.2 Superficie foliar externa (SA)	65
3.1.3 Índice foliar (IF).....	66
3.2 Estudio del estado hídrico y de los procesos fisiológicos	66
3.2.1 Potencial hídrico.....	68
3.2.2 Conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis neta	68
3.3 Estudio agronómico.....	69
3.3.1 Desarrollo vegetativo	69
3.3.1.1 Madera de poda	69
3.3.1.2 Vigor del sarmiento.....	69
3.3.2 Rendimiento de cosecha y sus componentes	69
3.3.2.1 Producción de uva	69
3.3.2.2 Peso del racimo	69
3.3.2.3 Peso de baya	69
3.3.2.4 Número de bayas por racimo	70
3.3.3 Índice de Ravaz	70
3.3.4 Productividad global	70
3.3.5 Composición de la uva	71

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
1. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO, EVALUACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO DE LAS PLANTAS Y PROCESOS FISIOLÓGICOS.....	75
1.1 Contenido de agua en el suelo.....	75
1.2 Evaluación del estado hídrico de las plantas	77
1.2.1 Potencial hídrico	77
1.2.1.1 Potencial hídrico en 2012	77
1.2.1.1.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2012.....	77
1.2.1.1.2 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2012	79
1.2.1.1.3 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2012.....	81
1.2.1.1.4 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2012	84
1.2.1.1.5 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2012	86
1.2.1.1.6 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2012	87
1.2.1.2 Potencial hídrico en 2013	89
1.2.1.2.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2013	89
1.2.1.2.2 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2013	91
1.2.1.2.3 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2013.....	93
1.2.1.2.4 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2013	95
1.2.1.2.5 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2013	97
1.2.1.2.6 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2013	99
1.2.1.3 Potencial hídrico en 2014	100
1.2.1.3.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2014.....	100
1.2.1.3.2 Potencial hídrico de xilema a las 9 hs en 2014	102
1.2.1.3.3 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2014	104
1.2.1.3.4 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2014.....	106
1.2.1.3.5 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2014	109
1.2.1.3.6 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2014	111
1.2.1.3.7 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2014	112
1.2.1.4 Valoración de la respuesta del potencial hídrico	113
1.2.2 Análisis de la ratio discriminante (DR) de los estimadores de potencial hídrico.....	115
1.2.3 Integral de estrés (S_ψ)	118
1.2.3.1 Integral de estrés en 2012	118
1.2.3.2 Integral de estrés en 2013	121
1.2.3.3 Integral de estrés en 2014	123
1.2.3.4 Valoración de la respuesta de la Integral de estrés.....	126
1.2.4 Actividad fisiológica.....	126
1.2.4.1 Medidas fisiológicas en 2012	127
1.2.4.1.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2012	127

1.2.4.1.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2012	129
1.2.4.1.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2012.....	132
1.2.4.1.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2012.....	134
1.2.4.1.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2012.....	135
1.2.4.1.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2012	138
1.2.4.1.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2012.....	140
1.2.4.1.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2012.....	141
1.2.4.1.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2012	142
1.2.4.1.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2012 ...	143
1.2.4.1.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2012	144
1.2.4.1.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2012.....	145
1.2.4.2 Medidas fisiológicas en 2013	145
1.2.4.2.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2013.....	146
1.2.4.2.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2013	148
1.2.4.2.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2013	150
1.2.4.2.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2013.....	152
1.2.4.2.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2013.....	154
1.2.4.2.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2013	157
1.2.4.2.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2013.....	159
1.2.4.2.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2013.....	160
1.2.4.2.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2013	161
1.2.4.2.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2013 ...	162
1.2.4.2.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2013	163
1.2.4.2.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2013.....	164
1.2.4.3 Medidas fisiológicas en 2014	165
1.2.4.3.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2014.....	165
1.2.4.3.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2014	167
1.2.4.3.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2014	170
1.2.4.3.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2014.....	172
1.2.4.3.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2014.....	174
1.2.4.3.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2014	176
1.2.4.3.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2014.....	178
1.2.4.3.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2014.....	179
1.2.4.3.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2014	181
1.2.4.3.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2014 ...	182
1.2.4.3.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2014	183
1.2.4.3.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2014.....	184
1.2.4.4 Valoración de la actividad fisiológica	185
1.2.5 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas.....	187
1.2.5.1 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2012.....	188
1.2.5.1.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2012	188

1.2.5.1.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2012.....	192
1.2.5.2 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2013	197
1.2.5.2.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2013	197
1.2.5.2.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2013.....	201
1.2.5.3 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2014	205
1.2.5.3.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2014	205
1.2.5.3.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2014.....	210
1.2.5.4 Valoración de la eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas.....	214
2. DESARROLLO VEGETATIVO	217
2.1 Índice de área foliar, superficie foliar externa e índice foliar	217
2.1.1 Índice de área foliar en 2012	217
2.1.2 Superficie foliar externa e índice foliar en 2012	219
2.1.3 Índice de área foliar en 2013	221
2.1.4 Superficie foliar externa e índice foliar en 2013	224
2.1.5 Índice de área foliar en 2014	226
2.1.6 Superficie foliar externa e índice foliar en 2014	228
2.1.7 Valoración de las características de la superficie foliar.....	230
2.2 Madera de poda y sus componentes.....	232
2.2.1 Madera de poda y sus componentes en 2012.....	232
2.2.2 Madera de poda y sus componentes en 2013.....	234
2.2.3 Madera de poda y sus componentes en 2014.....	236
2.2.4 Valoración de la madera de poda y sus componentes	238
3. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES	239
3.1 Rendimiento y sus componentes en 2012.....	239
3.2 Rendimiento y sus componentes en 2013.....	243
3.3 Rendimiento y sus componentes en 2014.....	248
3.4 Valoración de Rendimiento y sus componentes.....	253
4. PRODUCTIVIDAD GLOBAL.....	255
4.1 Productividad global en 2012.....	255
4.2 Productividad global en 2013.....	257
4.3 Productividad global en 2014.....	260
4.4 Valoración de la productividad global.....	263

5. COMPOSICIÓN DE LA UVA	265
5.1 Composición de la uva en 2012	265
5.2 Composición de la uva en 2013	270
5.3 Composición de la uva en 2014	274
5.4 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya	278
5.4.1 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2012.	278
5.4.2 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2013.	280
5.4.3 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2014.	282
5.5 Valoración de la composición de la uva.....	284
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	287
CONCLUSIONES	289
CONCLUSIONS	293
CAPÍTULO V. BIBLIOGRAFÍA	297

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Características termopluviométricas del año medio del periodo 1981-2010. Estación meteorológica territorial de Valladolid. Altitud 735 m, latitud 41°38'27" N y longitud 04°45'16" W. Tm: temperatura media (°C); Tmax: temperatura media de máximas (°C); Tmin: temperatura media de mínimas (°C); HR: humedad relativa (%); HS: número de horas de sol mensuales; P: precipitación (mm).....	52
Tabla II.2. Valores termopluviométricos del año vitícola 2012 (octubre 2011 - septiembre 2012). Tm: temperatura media (°C); Tmax: temperatura media de máximas (°C); Tmin: temperatura media de mínimas (°C); P: precipitación (mm); Pe: precipitación eficaz (mm); IT _E : Integral térmica eficaz (°C); ETo: Evapotranspiración potencial de referencia.....	53
Tabla II.3. Valores termopluviométricos del año agrícola 2013 (octubre 2012 - septiembre 2013). Tm: temperatura media (°C); Tmax: temperatura media de máximas (°C); Tmin: temperatura media de mínimas (°C); P: precipitación (mm); Pe: precipitación eficaz (mm); IT _E : Integral térmica eficaz (°C); ETo: Evapotranspiración potencial de referencia.....	53
Tabla II.4. Valores termopluviométricos del año agrícola 2014 (octubre 2013 - septiembre 2014). Tm: temperatura media (°C); Tmax: temperatura media de máximas (°C); Tmin: temperatura media de mínimas (°C); P: precipitación (mm); Pe: precipitación eficaz (mm); IT _E : Integral térmica eficaz (°C); ETo: Evapotranspiración potencial de referencia.....	54
Tabla II.5. Profundidad, color y clasificación USDA de los horizontes de la calicata de referencia.	55
Tabla II.6. Profundidad, granulometría, elementos gruesos (%), densidad aparente y clasificación textural USDA de los horizontes de la calicata de referencia.	56
Tabla II.7. Profundidad, materia orgánica (%), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH y contenido en carbonatos (%) y caliza activa (%) de los horizontes de la calicata de referencia.	56
Tabla II.8. Profundidad, contenido en fósforo (P, ppm), potasio (K, cmol+/kg), calcio (Ca, cmol+/kg), magnesio (Mg, cmol+/kg), sodio (Na, cmol+/kg), carbono total (C _{TOTAL} , %) y nitrógeno total (N _{TOTAL} , %), así como la relación carbono/nitrógeno (C/N) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC, cmol+/kg), de los horizontes presentes en la calicata de referencia.	56
Tabla II.9. Contenido volumétrico de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, agua útil, elementos gruesos (%) y capacidad de retención de agua disponible en el suelo (CRAD).....	58
Tabla II.10. Fechas en las que al menos el 50% de las plantas alcanzaron los estados fenológicos indicados, durante los años del estudio.	58
Tabla II.11. Período de riego y dosis aplicadas a los tratamientos de régimen hídrico durante el estudio.	59
Tabla II.12. Fechas y hora solar (hs) de realización de medidas de fisiología y potencial hídrico, en los años de estudio. Ψ_{aa} : potencial hídrico foliar antes del amanecer; Ψ_9 : potencial hídrico foliar a las 9 (hs); Ψ_{9x} : potencial hídrico de xilema a las 9 (hs); Ψ_{12} : potencial hídrico foliar a las 12 (hs); Ψ_{12x} : potencial hídrico de xilema a las 12 (hs); Ψ_{15} : potencial hídrico foliar a	

las 15 (hs). Medidas de fisiología tomadas a las 9 y 12 (hs), g_s : conductancia estomática; E: tasa de transpiración; A_N : fotosíntesis neta. (*): Medidas de fisiología tomadas a las 9, 12 y 15 (hs).....	67
Tabla III.1. Valores de potencial hídrico (MPa) antes del amanecer (Ψ_{aa}), potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) y potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12}) respecto a los umbrales de déficit hídrico de la vid (Van Leeuwen et al., 2009)	77
Tabla III.2. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	78
Tabla III.3. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	79
Tabla III.4. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	79
Tabla III.5. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	80
Tabla III.6. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	81
Tabla III.7. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	81
Tabla III.8. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	81
Tabla III.9. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	83
Tabla III.10. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (†): Al excluir R50 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.....	83

Tabla III.11. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	84
Tabla III.12. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	85
Tabla III.13. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (+): Al excluir el S00 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.....	86
Tabla III.14. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	86
Tabla III.15. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	87
Tabla III.16. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	87
Tabla III.17. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	89
Tabla III.18. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	90
Tabla III.19. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	90
Tabla III.20. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	91
Tabla III.21. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.);	

p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	92
Tabla III.22. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa) en 2013 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	93
Tabla III.23. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	93
Tabla III.24. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	95
Tabla III.25. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (†): Al excluir S00 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.....	95
Tabla III.26. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	96
Tabla III.27. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	97
Tabla III.28. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	97
Tabla III.29. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	98
Tabla III.30. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	98
Tabla III.31. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	98
Tabla III.32. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de	

significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	100
Tabla III.33. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	101
Tabla III.34. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	102
Tabla III.35. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	102
Tabla III.36. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	103
Tabla III.37. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x9} , MPa) en 2014 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	104
Tabla III.38. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	104
Tabla III.39. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	105
Tabla III.40. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	106
Tabla III.41. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	107
Tabla III.42. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	108

Tabla III.43. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	108
Tabla III.44. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	109
Tabla III.45. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	110
Tabla III.46. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	111
Tabla III.47. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	111
Tabla III.48. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	112
Tabla III.49. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	112
Tabla III.50. Ratio discriminante (DR) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{x12} y Ψ_{12}), en 2012, de los tratamientos S00T, R25T, R50T. Desviación estándar interna de los tratamientos (SD_w), desviación estándar entre tratamientos (SD_B) y desviación estándar subyacente (SD_U).	116
Tabla III.51. Ratio discriminante (DR) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{x12} , Ψ_{12} y Ψ_{15}), en 2013, de los tratamientos S00T, R25T, R50T. Desviación estándar interna de los tratamientos (SD_w), desviación estándar entre tratamientos (SD_B) y desviación estándar subyacente (SD_U).	116
Tabla III.52. Ratio discriminante (DR) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_{x9} , Ψ_9 , Ψ_{x12} y Ψ_{12}), en 2014, de los tratamientos S00T, R25T, R50T. Desviación estándar interna de los tratamientos (SD_w), desviación estándar entre tratamientos (SD_B) y desviación estándar subyacente (SD_U).	117
Tabla III.53. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	119

Tabla III.54. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	119
Tabla III.55. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	120
Tabla III.56. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	120
Tabla III.57. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	120
Tabla III.58. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	121
Tabla III.59. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	121
Tabla III.60. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	122
Tabla III.61. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	122
Tabla III.62. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	122
Tabla III.63. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	123

Tabla III.64. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	123
Tabla III.65. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	124
Tabla III.66. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	124
Tabla III.67. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	125
Tabla III.68. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	125
Tabla III.69. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	125
Tabla III.70. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	125
Tabla III.71. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	127
Tabla III.72. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	129
Tabla III.73. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	129
Tabla III.74. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de	

significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	129
Tabla III.75. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	131
Tabla III.76. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	131
Tabla III.77. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	132
Tabla III.78. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	133
Tabla III.79. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	133
Tabla III.80. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	134
Tabla III.81. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	135
Tabla III.82. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	135
Tabla III.83. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	136
Tabla III.84. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	137

Tabla III.85. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	138
Tabla III.86. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	138
Tabla III.87. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	139
Tabla III.88. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	139
Tabla III.89. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	140
Tabla III.90. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	140
Tabla III.91. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	141
Tabla III.92. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	141
Tabla III.93. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	141
Tabla III.94. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	142
Tabla III.95. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	142

Tabla III.96. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	142
Tabla III.97. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	143
Tabla III.98. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	146
Tabla III.99. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	147
Tabla III.100. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	147
Tabla III.101. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	148
Tabla III.102. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	150
Tabla III.103. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	150
Tabla III.104. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	150
Tabla III.105. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	152
Tabla III.106. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	152

Tabla III.107. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	152
Tabla III.108. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	154
Tabla III.109. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	154
Tabla III.110. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	155
Tabla III.111. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	156
Tabla III.112. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	157
Tabla III.113. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	157
Tabla III.114. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	158
Tabla III.115. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	159
Tabla III.116. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	159
Tabla III.117. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	159

Tabla III.118. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	160
Tabla III.119. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	160
Tabla III.120. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	161
Tabla III.121. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	161
Tabla III.122. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	161
Tabla III.123. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	162
Tabla III.124. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	162
Tabla III.125. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	165
Tabla III.126. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	166
Tabla III.127. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	167
Tabla III.128. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) ¹⁾ . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	167

Tabla III.129. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	169
Tabla III.130. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	169
Tabla III.131. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A _N , µmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	170
Tabla III.132. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A _N , µmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	171
Tabla III.133. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A _N , µmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	172
Tabla III.134. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g _S , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	172
Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	172
Tabla III.135. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g _S , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	173
Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	173
Tabla III.136. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g _S , mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	173
Tabla III.137. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	174
Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	174
Tabla III.138. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	175
Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	175
Tabla III.139. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E, mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	176
Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	176

Tabla III.140. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	176
Tabla III.141. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	177
Tabla III.142. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	178
Tabla III.143. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	178
Tabla III.144. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	179
Tabla III.145. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_S , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	179
Tabla III.146. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	180
Tabla III.147. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	180
Tabla III.148. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	180
Tabla III.149. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	181
Tabla III.150. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	181

Tabla III.151. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	182
Tabla III.152. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	217
Tabla III.153. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	219
Tabla III.154. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	219
Tabla III.155. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA , m^2/m^2) y del índice foliar (IF), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	219
Tabla III.156. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA , m^2/m^2) y del índice foliar (IF), en 2012, de los mtratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	221
Tabla III.157. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA , m^2/m^2) y del índice foliar (IF), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	221
Tabla III.158. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	222
Tabla III.159. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)..... Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	223
Tabla III.160. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2013, de los tratamientos	

Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	224
Tabla III.161. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	224
Tabla III.162. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	225
Tabla III.163. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	226
Tabla III.164. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI _{pp} , m ² /m ²), de nietos (LAI _n , m ² /m ²) y total (LAI _t , m ² /m ²), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	226
Tabla III.165. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI _{pp} , m ² /m ²), de nietos (LAI _n , m ² /m ²) y total (LAI _t , m ² /m ²), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	228
Tabla III.166. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI _{pp} , m ² /m ²), de nietos (LAI _n , m ² /m ²) y total (LAI _t , m ² /m ²), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	228
Tabla III.167. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	229
Tabla III.168. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	230
Tabla III.169. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (SA, m ² /m ²) y del índice foliar (IF), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	230
Tabla III.170. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no	

significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	232
Tabla III.171. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	233
Tabla III.172. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	234
Tabla III.173. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	234
Tabla III.174. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	235
Tabla III.175. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	236
Tabla III.176. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	236
Tabla III.177. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	237
Tabla III.178. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	238
Tabla III.179. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por	

racimo y del índice de Ravaz, en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	239
Tabla III.180. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	242
Tabla III.181. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	243
Tabla III.182. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	244
Tabla III.183. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	247
Tabla III.184. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)	248
Tabla III.185. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	249
Tabla III.186. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	252
Tabla III.187. Valor medio y desviación estándar del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por	

racimo y del índice de Ravaz, en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).....	253
Tabla III.188. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	255
Tabla III.189. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	256
Tabla III.190. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2012, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	257
Tabla III.191. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	258
Tabla III.192. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	260
Tabla III.193. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	260
Tabla III.194. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas	261
Tabla III.195. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-	

valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	262
Tabla III.196. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de hojas (g/cepa), sarmientos (g/cepa), racimos (g/cepa) y racimas (g/cepa) y de materia seca total (g/cepa), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	263
Tabla III.197. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), concentración de ácido tartárico (TH ₂ , g/L), concentración de ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2012, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	265
Tabla III.198. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), concentración de ácido tartárico (TH ₂ , g/L), concentración de ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2012, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	268
Tabla III.199. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), concentración de ácido tartárico (TH ₂ , g/L), concentración de ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2012, de los tratamientos Testigo y Adareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	269
Tabla III.200. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2013, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	270
Tabla III.201. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2013, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	273
Tabla III.202. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2013, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	273
Tabla III.203. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2014, de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A. Niveles de	

significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.....	274
Tabla III.204. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2014, de los tratamientos S00, R25 y R50. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	277
Tabla III.205. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2014, de los tratamientos Testigo y Aclareo. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.	278

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Superficie total de viñedo en España, cultivada tanto en secano como en regadío, para uva de transformación, durante el periodo 2004-2015. Elaboración propia con datos del MAGRAMA (2015)	3
Figura II.1. Climograma del año vitícola 2012 (octubre 2011 - septiembre 2012).....	53
Figura II.2. Climograma del año vitícola 2013 (octubre 2012 - septiembre 2013).....	54
Figura II.3. Climograma del año vitícola 2014 (octubre 2013 - septiembre 2014).....	54
Figura II.4. Calicata realizada en el ensayo experimental para el estudio del suelo.	57
Figura II.5. Croquis del ensayo, siendo S00 el tratamiento de secano, R25 el tratamiento regado el 25% de la ETo y R50 el tratamiento regado el 50% de la ETo. Cada parcela experimental se dividió en dos subparcelas, T de cepas testigo y A de cepas con aclareo de racimos..	61
Figura III.1. Evolución del contenido de humedad del suelo en 2012.	75
Figura III.2. Evolución del contenido de humedad del suelo en 2013.	76
Figura III.3. Evolución del contenido de humedad del suelo en 2014.	76
Figura III.4. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en 2012.	78
Figura III.5. Evolución del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9) en 2012.....	80
Figura III.6. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en 2012.....	82
Figura III.7. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en 2012.....	85
Figura III.8. Evolución diaria del potencial hídrico el 12 de septiembre de 2012.....	87
Figura III.9. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en 2013.	90
Figura III.10. Evolución del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9) en 2013.....	92
Figura III.11. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en 2013.	94
Figura III.12. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en 2013.....	96
Figura III.13. Evolución del potencial hídrico (MPa) el 12 de septiembre de 2013.	99
Figura III.14. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en 2014.....	101
Figura III.15. Evolución del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9}) en 2014.	103
Figura III.16. Evolución del potencial hídrico foliar (MPa) a las 9 hs (Ψ_9) en 2014.....	105
Figura III.17. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en 2014.	107
Figura III.18. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en 2014.....	110
Figura III.19. Evolución diaria del potencial hídrico el 10 de septiembre de 2014.....	112
Figura III.20. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012.	128
Figura III.21. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2012.....	130
Figura III.22. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 9 hs, en 2012.....	130
Figura III.23. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 9 hs, en 2012.....	132
Figura III.24. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012.....	134
Figura III.25. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2012.....	136
Figura III.26. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 12 hs, en 2012.....	137

Figura III.27. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 12 hs, en 2012.	138
Figura III.28. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 12 de septiembre de 2012.	143
Figura III.29. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 12 de septiembre de 2012....	144
Figura III.30. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_N) el 12 de septiembre de 2012.....	145
Figura III.31. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013.....	146
Figura III.32. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2013.	148
Figura III.33. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 9 hs, en 2013.	149
Figura III.34. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 9 hs, en 2013.	151
Figura III.35. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013.	153
Figura III.36. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2013.	155
Figura III.37. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 12 hs, en 2013.	156
Figura III.38. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 12 hs, en 2013.	158
Figura III.39. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 11 de septiembre de 2013.	163
Figura III.40. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 11 de septiembre de 2013....	163
Figura III.41. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_N) el 11 de septiembre de 2013.....	164
Figura III.42. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014.....	166
Figura III.43. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2014.	168
Figura III.44. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 9 hs, en 2014.	168
Figura III.45. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 9 hs, en 2014.	171
Figura III.46. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014.	173
Figura III.47. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2014.	174
Figura III.48. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD _L) a las 12 hs, en 2014.	175
Figura III.49. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 12 hs, en 2014.	177
Figura III.50. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 11 de septiembre de 2014.	182
Figura III.51. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 11 de septiembre de 2014....	183
Figura III.52. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_N) el 11 de septiembre de 2014.....	184
Figura III.53. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,90.	188
Figura III.54. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,94.....	188
Figura III.55. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,96.	189
Figura III.56. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,81.	189

Figura III.57. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,57.....	190
Figura III.58. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,71.	191
Figura III.59. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2012. P-valor<0,001; r=0,70.	191
Figura III.60. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,81.	192
Figura III.61. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,83.....	193
Figura III.62. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,93.	193
Figura III.63. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,69.	194
Figura III.64. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,48.....	195
Figura III.65. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,53.....	195
Figura III.66. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,40.	196
Figura III.67. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,62.	197
Figura III.68. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,72.	198
Figura III.69. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,90.	199
Figura III.70. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=-0,64.....	199
Figura III.71. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=-0,53.....	200
Figura III.72. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,77.	200
Figura III.73. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2013. P-valor<0,001; r=0,70.	201
Figura III.74. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,71.	201
Figura III.75. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,79.....	202
Figura III.76. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,91.	203

Figura III.77. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=-0,72.	203
Figura III.78. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=-0,47.	204
Figura III.79. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,68.	204
Figura III.80. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,63.	205
Figura III.81. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,84.	206
Figura III.82. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,67.	206
Figura III.83. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,92.	207
Figura III.84. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,75.	208
Figura III.85. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,43.	208
Figura III.86. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,62.	209
Figura III.87. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2014. P-valor<0,001; r=0,76.	210
Figura III.88. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,88.	210
Figura III.89. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,70.	211
Figura III.90. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,87.	211
Figura III.91. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_N/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,68.	212
Figura III.92. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,34.	212
Figura III.93. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,69.	213
Figura III.94. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,70.	214
Figura III.95. Valores medios de los índices de área foliar de los pámpanos principales, de los nietos y total en 2012.	218
Figura III.96. Valores medios de la superficie externa (SA, m^2/m^2) e índice foliar(IF), en 2012.	220

Figura III.97. Valores medios de los índices de área foliar de los pámpanos principales, de los nietos y total en 2013.....	223
Figura III.98. Valores medios de la superficie externa (SA, m ² /m ²) e índice foliar(IF), en 2013.	225
Figura III.99. Valores medios de los índices de área foliar de los pámpanos principales, de los nietos y total en 2014.....	227
Figura III.100. Valores medios de la superficie externa (SA, m ² /m ²) e índice foliar(IF), en 2014.	229
Figura III.101. Valores medios del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2012.	233
Figura III.102. Valores medios del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2013.	235
Figura III.103. Valores medios del peso de madera de poda (PMP, kg/cepa), del número de sarmientos por cepa y del peso de sarmiento (g), en 2014.	237
Figura III.104. Valores medios del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2012.....	241
Figura III.105. Valores medios del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2013.....	245
Figura III.106. Valores medios del rendimiento (kg/cepa), del número de racimos por cepa, del peso de racimo (g), del peso de baya (g), del número de bayas por racimo y del índice de Ravaz, en 2014.....	250
Figura III.107. Porcentaje del peso de la materia seca de hojas, sarmientos, racimos y racimas respecto al peso de la materia seca total de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A, en 2012.....	256
Figura III.108. Porcentaje del peso de la materia seca de hojas, sarmientos, racimos y racimas respecto al peso de la materia seca total de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A, en 2013.....	259
Figura III.109. Porcentaje del peso de la materia seca de hojas, sarmientos, racimos y racimas respecto al peso de la materia seca total de los tratamientos S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A, en 2014.....	261
Figura III.110. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2012.....	267
Figura III.111. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2013.....	272
Figura III.112. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (SST, °Brix), pH, acidez titulable (AT, g TH ₂ /L), ácido tartárico (TH ₂ , g/L), ácido málico (MH ₂ , g/L) y potasio (K ⁺ , ppm), en 2014.....	276

- Figura III.113. Diagramas de dispersión, en 2012, frente al peso de baya (g) de: sólidos solubles totales (SST, °Brix), p-valor<0,002; r=0,60; pH, p-valor=0,081; r=0,36; acidez titulable (AT, g TH₂/L), p-valor<0,001; r=-0,82; ácido tartárico (TH₂, g/L), p-valor<0,001; r=-0,91; ácido málico (MH₂, g/L), p-valor<0,001; r=0,85 y potasio (K⁺, ppm), p-valor<0,001; r=-0,74..... 279
- Figura III.114. Diagramas de dispersión, en 2013, frente al peso de baya (g) de: sólidos solubles totales (SST, °Brix), p-valor=0,926; r=0,02; pH, p-valor=0,306; r=-0,22; acidez titulable (AT, g TH₂/L), p-valor<0,001; r=0,679; ácido tartárico (TH₂, g/L), p-valor=0,002; r=-0,60; ácido málico (MH₂, g/L), p-valor<0,001; r=0,83 y potasio (K⁺, ppm), p-valor=0,271; r=0,20 281
- Figura III.115. Diagramas de dispersión, en 2014, frente al peso de baya (g) de: sólidos solubles totales (SST, °Brix), p-valor=0,230; r=0,25; pH, p-valor=0,806; r=-0,05; acidez titulable (AT, g TH₂/L), p-valor=0,42; r=0,174; ácido tartárico (TH₂, g/L), p-valor<0,001; r=-0,63; ácido málico (MH₂, g/L), p-valor<0,001; r=0,66 y potasio (K⁺, ppm), p-valor=0,689; r=-0,09..... 283

LISTA DE ABREVIATURAS

Ψ_{aa}	Potencial hídrico foliar medido antes del amanecer
Ψ_9	Potencial hídrico foliar medido a las 9, hora solar
Ψ_{12}	Potencial hídrico foliar medido a las 9, hora solar
Ψ_{9x}	Potencial hídrico de xilema medido a las 9, hora solar
Ψ_{12x}	Potencial hídrico de xilema medido a las 12, hora solar
Ψ_{15}	Potencial hídrico foliar medido a las 15, hora solar
A_N	Tasa de fotosíntesis neta
ABA	Ácido abscísico
AT	Acidez titulable
CC	Capacidad de campo
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CRAD	Capacidad de retención de agua disponible en el suelo
cv.	Cultivar
DR	Ratio discriminante
E	Tasa de transpiración
ET_o	Evapotranspiración de referencia
g_s	Conductancia estomática
hs	Hora solar
IF	Índice foliar
IH	Índice Heliotérmico
IRGA	<i>Infrared gas analyser</i> o analizador de gases mediante infrarrojos
ITA	Integral Térmica Activa
ITE	Integral Térmica Eficaz
K⁺	Ion potasio
LAI	<i>Leaf area index</i> o índice de área foliar
LAI_n	Índice de área foliar de nietos
LAI_{pp}	Índice de área foliar de pámpano principal
LAI_t	Índice de área foliar total
MH₂	Ácido málico
n.s.	No significativo
Pe	Precipitación efectiva
PH	Producto Heliotérmico, de Branas, Bernon y Levadoux
PM	Punto de marchitez permanente
PMP	Peso de madera de poda
r	Coeficiente de correlación
R²	Coeficiente de determinación

S_{Ψaa}	Integral de estrés calculada según el potencial hídrico foliar antes del amanecer
S_{Ψx12}	Integral de estrés calculada según el potencial hídrico de xilema a las 12 hs
SA	<i>Surface area</i> o Superficie foliar externa
SD_B	Desviación estándar entre tratamientos
SD_u	Desviación estándar subyacente
SD_w	Desviación estándar interna de los tratamientos
SST	Sólidos solubles totales
TDR	<i>Time Domain Reflectometry</i>
TH₂	Ácido tartárico
VPD	<i>Vapour pressure deficit</i> o déficit de presión de vapor
VPD_L	<i>Vapour pressure deficit</i> o déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja
WUE	<i>Water use efficiency</i> o eficiencia del uso del agua
WUE_i	Eficiencia intrínseca del uso del agua
WUE_{inst}	Eficiencia instantánea del uso del agua

RESUMEN/ABSTRACT

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es describir la respuesta fisiológica, agronómica y cualitativa de *Vitis vinifera* L. cv. Verdejo a la variación del **régimen hídrico** y el **nivel de carga** de racimos, dentro de la Denominación de Origen Rueda. Se pretende establecer pautas oportunas para orientar la gestión hídrica y de control productivo del viñedo hacia la obtención rentable de uva de calidad adecuadamente alta.

Se llevó a cabo un ensayo en un viñedo localizado en Medina del Campo (VA) durante el período 2012-2014, con un diseño al azar en *split-plot*, siendo el régimen hídrico el factor principal, **S00** (0% ETo), **R25** (25% ETo) y **R50** (50% ETo), y el nivel de carga el factor secundario, **Testigo** (0% aclareo) y **Aclareo de racimos** (-33%).

Se realizó seguimiento de la evolución del estado hídrico y la actividad fisiológica de las plantas mediante índices de potencial hídrico (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{9x} , Ψ_{12} , Ψ_{12x} y Ψ_{15}) y parámetros fisiológicos básicos (g_s , E , A_N). Adicionalmente, se evaluó la eficiencia del uso del agua (WUE_i y WUE_{inst}) de los tratamientos a media mañana y a mediodía. La respuesta agronómica se evaluó a través del desarrollo vegetativo y el rendimiento. Además, se estudió la materia seca acumulada en los distintos órganos renovables de la planta. Finalmente, se analizó la calidad de la uva mediante los siguientes parámetros analíticos: concentración de sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, concentración de ácido tartárico, concentración de ácido málico y concentración de potasio.

La aplicación de riego favoreció claramente la actividad fisiológica, el desarrollo vegetativo y el rendimiento, de modo creciente con el aumento de dosis, afectando a la composición del mosto de forma variable a través del incremento del peso de baya. El aclareo redujo lógicamente el rendimiento, aunque sin afectar sustancialmente al resto de aspectos fisiológicos ni agronómicos, y modificó la composición del mosto, incrementando tanto el pH como la concentración de azúcares y de potasio.

En definitiva, es recomendable la aplicación de riego moderado para lograr una actividad fisiológica y un desarrollo vegetativo adecuados, que permitan una producción que madure adecuadamente. Dado que las condiciones ambientales repercuten sustancialmente en los efectos del riego, la estrategia debe elegirse en función de las mismas, pues R25 fue escaso en 2012 y R50 excesivo en 2013. Por otro lado, el aclareo de racimos sería recomendable cuando la maduración se desarolla bajo condiciones adversas, para incrementar la concentración de azúcares, aunque teniendo presente el aumento derivado en el pH y la concentración de potasio.

ABSTRACT

The objective of this work is to describe the physiological, agronomic and qualitative response of *Vitis vinifera* L. cv. Verdejo to the variation of the **water regime** and the clusters **crop load**, within the Appellation of Origin Rueda. It is intended to establish timely guidelines to lead the water management and productive control of the vineyard towards the profitable production of grapes of adequately high quality.

A trial was carried out in a vineyard located in Medina del Campo (VA) during the period 2012-2014, with a random *split-plot* design, with the water regime being the main factor, **S00** (0% ETo), **R25** (25% ETo) and **R50** (50% ETo), and the crop load the secondary factor, **Control** (0% thinning) and **Cluster thinning** (-33%).

The evolution of water status and physiological activity of the plants was monitored using water potential indexes (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{9x} , Ψ_{12} , Ψ_{12x} and Ψ_{15}) and basic physiological parameters (g_s , E , A_N). Additionally, the water use efficiency (WUE_i and WUE_{inst}) of the treatments was evaluated at mid-morning and midday. The agronomic response was evaluated through the vegetative growth and the grape yield. In addition, the accumulated dry matter was studied in the different renewable organs of the plant. Finally, the quality of grapes was analysed by the following analytical parameters: total soluble solids concentration, pH, titratable acidity, tartaric acid concentration, malic acid concentration and potassium concentration.

The application of irrigation clearly favoured physiological activity, vegetative growth and yield, increasing with higher doses and affecting the composition of the must in variable way throughout the increase of berry weight. The cluster thinning logically reduced the grape yield, although without substantially affecting the other physiological or agronomic aspects, and modified the composition of the must, increasing both the pH and the concentration of sugars and potassium.

To sum up, it is recommended the application of moderate irrigation to achieve adequate physiological activity and vegetative development, allowing a production level that can ripen properly. Given that environmental conditions have a substantial impact on the effects of irrigation, the strategy should be chosen in agreement with them, since R25 was low in 2012 and R50 was excessive in 2013. On the other hand, the cluster thinning would be advisable when the maturation develops under adverse conditions, to increase the concentration of sugars, although bearing in mind the increase derived in the pH and the concentration of potassium.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El viñedo ha sido cultivado por el hombre desde hace miles de años y ha alcanzado una gran dispersión por el mundo, reflejándose en la gran cantidad de regiones vitivinícolas existentes con amplia diversidad climática.

Según publicó en 2015 la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), la superficie mundial total de cultivo de vid estimada en 2014, con independencia de su fin productivo, ascendió a 7,57 millones de hectáreas, de las cuales 3,40 millones se encontraban en Europa.

La superficie plantada en España, en 2015, según el Observatorio Español del Mercado del Vino (OeMv), fue de 950000 ha, de las cuales se cultivaban en secano el 62,8% y en regadío el 37,2%. España posee actualmente la mayor superficie mundial de cultivo de viñedo, a pesar de que, como puede apreciarse en la figura inferior, ha habido un descenso de la superficie cultivada desde 2005, hasta llegar a una aparente fase de estabilización.

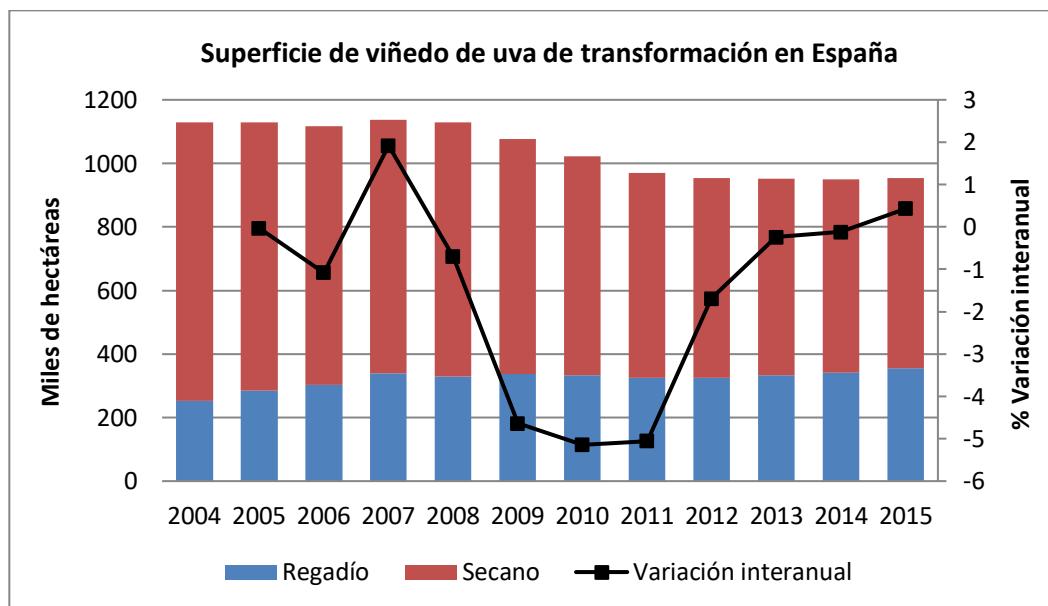


Figura I.1. Superficie total de viñedo en España, cultivada tanto en secano como en regadío, para uva de transformación, durante el periodo 2004-2015. Elaboración propia con datos del MAGRAMA (2015).

La reducción de superficie, avivada por una subvención al arranque y al fomento de la modernización del viñedo (2008-2010), se ha focalizado en el viñedo de secano, ya que a pesar de que la superficie total de viñedo se ha reducido, la superficie en regadío se ha visto incrementada.

Independientemente de las características climáticas de la zona donde es implantado, el cultivo del viñedo históricamente se ha realizado en condiciones de secano. Esto es posible debido a que la vid, a través del elevado número de variedades existentes

y su conjugación con el portainjerto adecuado, posee una elevada capacidad de adaptación a muy diversas condiciones edafoclimáticas.

El viñedo es capaz de resultar productivo en condiciones de clima árido o semiárido, con una pluviometría anual inferior a 400 mm, escasa sobre todo en la época estival. A pesar de esta aptitud, la disponibilidad de agua es frecuentemente el factor más limitante de la productividad del viñedo en climas áridos y semiáridos, pues una cantidad insuficiente de agua puede provocar significativas reducciones de rendimiento y de acumulación de azúcares en la cosecha (Santesteban y Royo, 2006).

Por ello, se presenta la necesidad de aplicar riego para moderar el estrés hídrico que sufre el cultivo durante el ciclo (Jones *et al.*, 2005; Yuste *et al.*, 2009), ya que es ampliamente conocido que el crecimiento del viñedo es muy sensible al déficit hídrico (Gómez del Campo *et al.*, 2002; Keller *et al.*, 2008) y que dicho déficit hídrico también reduce la asimilación neta de carbono y la acumulación de azúcar en la baya durante la maduración (Matthews y Anderson, 1988; McCarthy, 1997; Santesteban *et al.*, 2011; Sipiora y Gutiérrez, 1998).

Aunque es sobradamente conocido que la aplicación de riego al viñedo garantiza un incremento del rendimiento respecto a un viñedo cultivado en similares condiciones en secano (Yuste, 1995), en cuanto a la composición de la uva, como indicador de calidad de la cosecha, la bibliografía muestra disparidad de resultados en función de la variedad, la dosis y la programación del riego, el clima, la localización del viñedo y las técnicas de cultivo empleadas (Lanari *et al.*, 2014; López *et al.*, 2009; Preiner *et al.*, 2013; Tomaz *et al.*, 2015; Vilanova *et al.*, 2015).

Por tanto, el aumento de la dosis de agua aplicada mediante riego incrementa generalmente el rendimiento, pero puede tener un efecto negativo sobre la calidad de la uva, principalmente debido a la pérdida de color, al bajo contenido en azúcar y a desequilibrios en la acidez (Bravdo *et al.*, 1985; Cacho *et al.*, 1992; Cifre *et al.*, 2005; Esteban *et al.*, 1999; Esteban *et al.*, 2001; Hepner *et al.*, 1985; Matthews *et al.*, 1990).

Desde el punto de vista del ahorro de agua, asumiendo que en general el riego permite aumentar el rendimiento del viñedo (Yuste, 1995), la aplicación de riego deficitario en determinadas épocas se ha sugerido como estrategia para mejorar la calidad de la uva (McCarthy *et al.*, 2002). En este sentido, el riego deficitario controlado (RDI) ofrece la posibilidad de reducción del vigor, tratando de estabilizar la producción y promoviendo la calidad de la uva, a través del incremento de la eficiencia en el uso del agua (Baeza *et al.*, 2007; Chaves *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2007).

El riego deficitario controlado persigue el mantenimiento de las plantas bajo cierto grado de estrés hídrico en algún periodo del ciclo productivo, con el objetivo de controlar el crecimiento vegetativo y de la baya (Kriedemann y Goodwin, 2003). Generalmente este periodo se plantea a partir del cuajado, época en la cual el agua disponible en el suelo empieza a escasear en muchas zonas semiáridas.

Esta situación permite considerar la restricción del riego desde dicha época como una posible estrategia de riego deficitario, para iniciar dicho riego una vez que el crecimiento del pámpano principal haya cesado, con el objetivo de que el riego ayude a mantener una actividad fisiológica adecuada que facilite la síntesis de azúcar y su translocación a las bayas (Intrigliolo y Castel, 2010; McCarthy *et al.*, 2002).

La limitación hídrica y los condicionantes climáticos en muchas zonas de cultivo conllevan la posible necesidad de regulación del crecimiento vegetativo y, consecuentemente, de la producción de uva, con el objetivo de mantener la calidad de la misma (Yuste y Vicente, 2015).

Además de la gestión del régimen hídrico y del aporte nutricional, para modular la producción e incrementar la calidad de la uva en un viñedo establecido, otro aspecto fundamental es actuar sobre el balance existente entre el nivel de desarrollo vegetativo y el nivel de producción. La consecución del equilibrio entre ambos aspectos puede realizarse a través del manejo de diversas técnicas de cultivo, siendo las más destacables:

- Poda de invierno.
- Gestión de cubiertas vegetales o artificiales.
- Eliminación de órganos vegetativos: poda en verde o despampanado, despuntado, desnietado y deshojado.
- Eliminación de órganos reproductivos: aclareo de racimos.

Una de las técnicas que más intensamente afecta a este balance, incrementando la ratio fuente/sumidero, es el aclareo de racimos. Esta técnica implica una reducción del rendimiento de cosecha a través de la eliminación de racimos, que puede realizarse en distintos momentos del ciclo vegetativo.

El momento de su ejecución ha sido estudiado en diversas ocasiones (Keller *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 1995; Smithyman *et al.*, 1998), pero se realiza generalmente en torno a envero o en una fase más avanzada de maduración, aunque debe hacerse con suficiente antelación a la fecha estimada de vendimia para lograr que esta técnica tenga influencia en la composición de la uva (Calderon-Orellana *et al.*, 2014; Naor *et al.*, 2002).

La mayoría del viñedo nacional se encuentra amparado bajo alguna marca de calidad, destacando especialmente la superficie adscrita a Denominaciones de Origen. Dentro de esta figura de calidad, como herramienta de control para la obtención de uva con una calidad suficiente, una de las medidas más frecuentemente reguladas es el establecimiento de un nivel máximo de producción por superficie, probablemente debido a la relativa sencillez de supervisión que dicho control exige.

En el ámbito del control de rendimiento, el empleo genérico de un límite máximo estándar de producción por superficie impide el cultivo de viñedo con exceso de carga productiva, pero también puede penalizar a viñedos equilibrados de mayor potencial productivo.

En este sentido, ciertos viñedos que poseen suficiente desarrollo vegetativo para obtener una producción suficientemente madura, pudiendo con ello alcanzar un elevado potencial productivo, deben reducir el rendimiento de cosecha para mantenerse dentro de la normativa de su Denominación de Origen.

Existen abundantes publicaciones que estudian la programación y la dosificación del riego, así como el balance fuente/sumidero, pero mayoritariamente sobre variedades tintas y particularmente en variedades denominadas “internacionales” (Intrigliolo y Castel, 2011; Keller *et al.*, 2005; Palliotti y Cartechini, 2000).

Debido a la composición polifenólica de las variedades tintas, y a su importancia en la vinificación, ha habido una focalización de la investigación en torno a la búsqueda del equilibrio vegetativo-productivo más adecuado del cultivo de variedades tintas encaminadas al tipo de elaboración en tinto. Sin embargo, en variedades blancas, hasta el momento no se ha prestado tanta atención al balance fuente/sumidero como en las variedades tintas, probablemente porque la aplicación de riego en su cultivo no se ha considerado tan influyente en la calidad de la uva obtenida ni tan repercutible en el vino.

Debido a la tendencia de incremento del consumo de vino blanco, que está provocando un aumento en la superficie plantada y regada, se hace necesario el estudio tanto de la aplicación de riego y su influencia en el balance fuente/sumidero como de la influencia que pueden ejercer las diversas técnicas de cultivo, y en particular el aclareo de racimos, sobre dicho balance.

Por otro lado, la escasa información existente sobre el comportamiento de variedades autóctonas en Castilla y León, Verdejo en particular, y la necesidad de realizar estudios localizados, añaden interés a la necesidad de llevar a cabo un trabajo que trate esta temática en profundidad.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce el interés de realizar el presente trabajo de tesis doctoral sobre el cv. Verdejo ubicado en la D.O. Rueda, que es una importante zona vitivinícola de Castilla y León, y de España, en fuerte expansión y referente nacional en la elaboración de vino blanco. El Verdejo es, además, una variedad autóctona preferente dentro de dicha marca de calidad que merece ser objeto de estudio. Por todo ello, se considera oportuno e importante realizar el estudio sobre el riego y el control del rendimiento con esta variedad.

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es describir la respuesta fisiológica, agronómica y cualitativa de *Vitis vinifera* L. cv. Verdejo a la variación del régimen hídrico y el nivel de carga de racimos, dentro del marco geográfico de la Denominación de Origen Rueda, a lo largo de tres ciclos de cultivo.

A través del estudio de la influencia del régimen hídrico y de la carga de racimos, y de su interacción, se pretenden establecer las pautas oportunas para orientar el balance más adecuado entre los órganos fuente y los sumideros de la planta, de tal modo que se pueda lograr la obtención de uva de alta calidad con un adecuado nivel de productividad.

Adicionalmente, como objetivo específico, se pretende estudiar la adecuación de diversos indicadores de potencial hídrico para determinar el estado hídrico de las plantas en las condiciones del ensayo, así como su posible uso como estimadores reemplazables entre sí.

3. ESTADO HÍDRICO Y PROCESOS FISIOLÓGICOS

3.1 Agua en el suelo y estado hídrico de las plantas

El estado hídrico de las plantas depende de la cantidad de agua disponible en el suelo y de las condiciones atmosféricas que soportan. Deben mantener un equilibrio, transpirando lo necesario para mantener la actividad fotosintética y cubrir sus necesidades metabólicas, evitando al mismo tiempo deshidratarse hasta una situación irreversible, ya que generalmente no disponen de toda el agua necesaria para cubrir la demanda transpirativa que ejerce la atmósfera.

La vid, debido a su profundo sistema radicular y a sus mecanismos fisiológicos que controlan la transpiración, es una planta que puede adaptarse bien a climas con sequías estacionales, como el mediterráneo. Sin embargo, la combinación de déficit hídrico del suelo y una alta demanda evaporativa de la atmósfera, común en verano, puede ser perjudicial para el rendimiento y la calidad de la uva obtenida (Chaves *et al.*, 2010, en Rodrigues *et al.*, 2012).

El contenido de agua en el suelo se puede incrementar fácilmente a través del riego, pero si el objetivo es mantener un riego deficitario controlado del viñedo, se debe ajustar la cantidad de agua disponible en el suelo al estado hídrico deseado en la planta. Por tanto, es necesario establecer indicadores adecuados del estado hídrico de la planta y determinar los umbrales que pueden ser utilizados en la programación del riego (Rodrigues *et al.*, 2012).

Una apropiada estrategia de riego requiere de información fiable que pueda permitir al viticultor tomar decisiones objetivas, rápidas y efectivas. Las fuentes de información más frecuentemente utilizadas para la toma de decisiones son: (I) estimación del consumo de agua a través de datos climáticos, (II) medidas de contenido y/o disponibilidad de agua en el suelo, (III) medidas del estado hídrico de la planta y (IV) medidas de actividad fisiológica (Santesteban *et al.*, 2011b, en Vicente y Yuste, 2014).

3.2 Procesos fisiológicos

3.2.1 Potencial hídrico

El agua asciende por la planta a través del xilema, mediante el mecanismo de tensión-cohesión. A medida que el agua se evapora a través de los estomas (transpiración), el potencial hídrico se vuelve más negativo. Este descenso de potencial se transmite del estoma al mesófilo y de ahí al xilema. El menor potencial hídrico de xilema en la raíz, respecto al potencial hídrico del suelo, causa que el agua fluya espontáneamente del suelo a la raíz (Taiz y Zeiger, 2006).

El potencial hídrico (Ψ) corresponde, desde el punto de vista energético, al trabajo que habría que suministrar a una unidad de masa de agua "ligada" a los tejidos de una planta, para llevarla de este estado de unión a un estado de referencia o agua libre, correspondiente al del agua pura a la misma temperatura y a presión atmosférica. Como se adopta el valor cero para este potencial de referencia, todos los valores de Ψ que caracterizan "el agua ligada" son negativos, puesto que sería necesario suministrar un trabajo para llevar esta agua a $\Psi=0$ (Linares *et al.*, 2007).

Para determinar el potencial hídrico de la planta se ha difundido ampliamente entre la comunidad científica el empleo de la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965). Sin embargo, determinar el estrés hídrico de la planta a través del potencial hídrico medido en hoja es problemático, porque los valores obtenidos dependen parcialmente de la tasa de transpiración foliar en la hora de medida (Jones, 2004, en Santesteban *et al.*, 2011b).

Es aceptado que el potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) muestra el balance hídrico de la planta con el suelo (Choné *et al.*, 2001). Dicha medida se realiza en un

momento en que la planta tiene los estomas cerrados y su estado hídrico se ha equilibrado con el del suelo (Richter, 1997), debido a que se ha rehidratado durante la noche. Por ello, esta medida también es denominada potencial hídrico de base y se considera un buen indicador del estado hídrico del suelo.

Desafortunadamente, este parámetro a menudo se ha visto que es insuficientemente sensible a la variación del contenido de humedad del suelo, por lo que puede no ser conveniente su empleo como referente para establecer la estrategia de riego (Garnier y Berger, 1987, en Jones, 2004).

El potencial hídrico foliar (Ψ_f), como indica su nombre, estima el estado hídrico de la hoja. Su medida se realiza en una hoja adulta no senescente de pámpano principal totalmente expuesta a la radiación solar. Esta medida presenta el inconveniente de ser la respuesta de la hoja a una combinación de factores que modifican la demanda hídrica individual a nivel foliar y su valor está en función de las condiciones ambientales imperantes.

Por este motivo presenta variaciones a lo largo del día, debido a la posición de la hoja en el *canopy* y, por tanto, a las condiciones microclimáticas que soporta, el agua disponible en el suelo, la conductividad hidráulica y la regulación estomática, como respuesta a la variación del déficit de presión de vapor (VPD) (Choné *et al.*, 2001).

Por otro lado, diversos autores determinaron que la mayor influencia sobre el Ψ_f la ejerce la intensidad luminosa y, en menor medida, el déficit de presión de vapor y la temperatura (Smart, 1974; Smart y Barrs, 1973; Stevens *et al.*, 1995; van Zyl, 1987, en Williams y Baeza, 2007).

Un modo de reducir el impacto de las condiciones microclimáticas de la hoja en el valor obtenido es a través de la medida del potencial hídrico de tallo o xilema (Ψ_x), que se puede considerar un indicador sensible a la capacidad global de la planta para conducir el agua del suelo a la atmósfera (Choné *et al.*, 2001).

Esta medida determina el estado hídrico de la planta empleando igualmente hojas adultas no senescentes de pámpano principal, pero que previamente han sido tapadas con bolsas opacas a la luz. Las hojas son resguardadas de la luz antes de la medida durante suficiente tiempo, al menos una hora, para promover el cierre estomático en ellas. Así se bloquea el proceso de transpiración en la hoja y, por tanto, el potencial hídrico que soporte será debido únicamente al potencial hídrico de xilema del tallo correspondiente (McCutchan y Shackel, 1992, en Jones, 2004).

Dado que las condiciones atmosféricas tienen gran influencia en los valores obtenidos, debe tenerse en cuenta la hora en la que se lleva a cabo la medida de potencial hídrico. Los momentos de medida más empleados habitualmente son antes del amanecer y a mediodía solar.

Aunque Williams y Araujo (2002) encontraron una elevada correlación entre Ψ_{aa} , Ψ_{x12} y Ψ_{f12} , pudiendo llegar ser a considerados como indicadores reemplazables, la bibliografía muestra discrepancias al respecto, probablemente debido a las diferentes condiciones climáticas y edáficas, las variedades empleadas y el régimen hídrico de los diversos estudios realizados.

Williams y Trout (2005) bosquejaron el inconveniente de emplear Ψ_{aa} , debido a su menor sensibilidad para diferenciar entre los distintos tratamientos de riego respecto a Ψ_x y Ψ_f . Por el contrario, Intrigliolo y Castel (2006) encontraron que Ψ_x a mediodía no discriminaba entre los tratamientos de riego tan ajustadamente como Ψ_{aa} .

Hsiao (1973) determinó diferentes umbrales de potencial hídrico para diversos procesos fisiológicos, a partir de los cuales se ve afectada su actividad, pudiendo llegar a la inhibición. De hecho, la hoja trata de evitar niveles de potencial hídrico insuficientes para su correcta actividad, incluso perjudiciales, a través de la reducción de la conductancia estomática. A su vez, una menor conductancia estomática repercute en una disminución de la tasa de asimilación (Naor y Wample, 1994).

Debido a que los valores de potencial hídrico soportados por la planta a lo largo del ciclo vegetativo, y sus variaciones (los umbrales mantenidos), repercuten en el comportamiento fisiológico, que a su vez influye a nivel global en la planta, modificando su crecimiento y productividad (rendimiento), así como la composición final de la uva (Salón *et al.*, 2005), se considera necesario monitorizar su estado y evolución a lo largo del ciclo del cultivo de la vid.

3.2.1.1 Efectos de la dosis de riego

Multitud de investigaciones han estudiado la respuesta de la vid al régimen hídrico empleando diversos tipos de medida de potencial hídrico. Algunos, como Williams y Araujo (2002), han encontrado una buena correlación entre todas las medidas (Ψ_{aa} , Ψ_{x12} , y Ψ_{f12}), independientemente del estrés hídrico soportado por la planta. Comparando, igualmente, plantas regadas con plantas no regadas, Intrigliolo y Castel (2006) encontraron que las medidas de potencial eran buenos indicadores del estrés hídrico, indicando que los mejores para sus condiciones de estudio fueron Ψ_{aa} y Ψ_{x9} , si bien, las correlaciones entre parámetros variaron en función del año.

En sintonía con lo anterior, Centeno *et al.* (2010), estudiando diferentes aportes hídricos, hallaron una alta correlación entre el potencial hídrico matricial del suelo y el potencial hídrico foliar. Contrariamente, Mirás-Avalos *et al.* (2014) determinaron que Ψ_{aa} no era capaz de discriminar los tratamientos, mientras que Ψ_{x12} y Ψ_{f12} si fueron capaces de establecer diferencias significativas.

Empleando Ψ_{f12} , Girona *et al.* (2009) observaron diverso grado de discriminación entre las distintas dosis de riego, a lo largo del periodo de crecimiento y maduración de la uva, mientras que en las condiciones del estudio de Basile *et al.* (2011 y 2012) los diferentes tratamientos de déficit hídrico sí influyeron significativamente en Ψ_{f12} .

Adicionalmente, Williams y Baeza (2007) determinaron una fuerte correlación de los potenciales hídricos, tanto foliar como de xilema, con el déficit de presión de vapor. Esto ocurrió en plantas mantenidas bajo una estrategia de riego no deficitaria, con dosis que cubrían las necesidades evapotranspirativas. En plantas estresadas, con Ψ_{f12} menor de -1,2 MPa, contrariamente a las plantas con alta disponibilidad hídrica, la pendiente de la relación entre Ψ_{f12} y VPD fue menor, indicando que en esta situación la humedad disponible en el suelo pasa a ser el factor más influyente del estado hídrico de la planta, atenuándose la influencia de las condiciones atmosféricas imperantes.

3.2.1.2 Efectos del control de rendimiento

Según la bibliografía disponible, al comparar tratamientos de distintos niveles de carga de racimos, los valores de diversos indicadores de potencial hídrico empleados no se han visto modificados, o al menos, la influencia de los tratamientos no ha sido clara.

Por ejemplo, respecto a la medida de Ψ_{aa} , Rubio *et al.* (2004b) no vieron que el aclareo de racimos produjese diferencias remarcables entre tratamientos. Poni *et al.* (1994) estudiando, en plantas bien regadas y con restricción hídrica, dos niveles de carga y sus interacciones, indicaron una ausencia de respuesta en Ψ_{f12} , pero debe destacarse que los autores observaron que los efectos inducidos por el déficit de agua en el suelo fueron relativamente débiles. Intrigliolo y Castel (2011), estudiando igualmente la influencia del nivel de carga de racimos durante dos años, aplicados en distintos regímenes hídricos, determinaron que su efecto sobre Ψ_x no fue claro en un periodo, mientras que en el siguiente periodo solo apreciaron a lo largo de la temporada un valor ligeramente inferior (-0,1 MPa) del tratamiento con nivel medio de carga respecto al más aclareado.

3.2.2 Conductancia estomática

A lo largo del día, la planta incrementa su tasa transpirativa debido al incremento de la temperatura y al descenso de la humedad relativa. Si la demanda hídrica de la atmósfera es superior a la capacidad de recuperación hídrica de la planta, el potencial hídrico se reduce y la planta corre riesgo de deshidratación. En dicha situación, la planta mantiene un estado hídrico adecuado principalmente a través de la modulación del cierre estomático, de modo que, usualmente y hasta cierto punto, logra sostener un nivel hídrico suficiente (Jones, 2004; Sperry *et al.*, 2002).

La conductancia estomática (g_s), habitualmente medida en $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, es una medida de la capacidad de intercambio gaseoso de la hoja con la atmósfera, principalmente vapor de agua, a través de los estomas. La conductancia estomática es función del tamaño y la densidad de estomas presentes en la hoja, así como del grado de apertura que presentan. El grado de apertura estomática está bajo control biológico directo de la hoja y su regulación se lleva a cabo a través de la presión de turgencia y del potencial osmótico del par de células oclusivas que circundan el estoma (Taiz y Zeiger, 2006).

Históricamente, unas variedades se han distinguido de otras según sus características ampelográficas, debido a que las características foliares dependen del componente genético, por lo que parece lógico que se encuentren diferencias en la densidad de los estomas, como encontró Vila (2011), y variaciones de tamaño dependientes del genotipo. Respecto a posibles modificaciones debidas al ambiente, Sadras *et al.* (2012), estudiando Syrah, vieron plasticidad de las características estomáticas en función de las condiciones ambientales dominantes durante los primeros estados de desarrollo de la hoja.

Existe una gran variación de adaptación a la sequía entre variedades. Respecto al modo de gestión del consumo hídrico, en una situación de escasez hídrica, algunos cultivares son “alarmistas”, con un comportamiento netamente isohídrico, mientras que otros mantienen un elevado consumo de agua, siendo “optimistas”, acercándose a un comportamiento anisohídrico (Bota *et al.*, 2001; Chaves *et al.*, 2010; Schultz, 1995).

Aunque debe considerarse que una clasificación estricta de las variedades de vid como isohídricas o anisohídricas, teniendo en cuenta su comportamiento estomático o sus valores de potencial hídrico en forma individual, no es completamente correcta. Debe barajarse que el comportamiento varietal puede verse modificado por las condiciones climáticas, el régimen hídrico soportado y la disponibilidad hídrica de la planta, así como el hecho de que la planta haya crecido en el campo o dentro de un invernáculo (Medrano

et al., 2003; Williams y Baeza, 2007; Chalmers, 2007; Poni *et al.*, 2007; Santesteban *et al.*, 2009; Lovisolo *et al.*, 2010; Chaves *et al.*, 2010; Collins *et al.*, 2010; Rogiers *et al.*, 2011; Pou *et al.*, 2012; en Hugalde y Vila, 2014).

Prieto *et al.* (2010), estudiando en diversas variedades la sensibilidad estomática al estado hídrico del suelo y al déficit de presión de vapor, observaron diferencias distintivas entre cultivares. Una mayor sensibilidad estomática parece vincularse a una mayor conductancia hidráulica debida a diferencias intervarietales en la arquitectura hidráulica (Schultz, 2003). De modo que la variación de respuesta estomática al déficit hídrico podría deberse a la diferente capacidad varietal de prevención del embolismo xilemático (Gerzon *et al.*, 2015).

Adicionalmente, la diferencia de respuesta estomática entre cultivares podría deberse no sólo a diferencias genéticas en la arquitectura hidráulica, sino también a otras diferencias de adaptación a la sequía, como un diferente grado de síntesis de ácido abscísico (ABA) y un distinto nivel de sensibilidad al mismo (Rossdeutscher *et al.*, 2016).

Además, Holbrook *et al.* (2002) encontraron en tomate que todas las plantas respondieron al secado del suelo cerrando estomas, independientemente de la cantidad de ABA que generó el sistema radicular. Por tanto, probablemente la responsable del cierre estomático podría ser una señal química precursora que promueve, desde la raíz, el cambio de los niveles de ABA apoplástico en las hojas, a través de una sintetización de ABA *in situ*.

Independientemente de cuáles sean los mecanismos que regulan el cierre estomático, éste ocurre a partir de pequeños déficits de agua en el suelo para gran cantidad de cultivares, reduciéndose rápidamente al disminuir los valores de Ψ_x (Cifre *et al.*, 2005).

En ausencia de limitación hídrica, la conductancia estomática es función de las condiciones luminosas y térmicas del microclima de la hoja. Así, los estomas de la hoja se cierran sustancialmente cuando al caer la noche reciben insuficiente iluminación, mientras que al amanecer se produce una apertura estomática en respuesta a la intensidad luminosa (Düring y Loveys, 1982; Naor y Wample, 1994). Las temperaturas elevadas diurnas incrementan la apertura estomática (Sadras *et al.*, 2012). Por el contrario, condiciones ambientales de baja humedad relativa pueden limitar la conductancia estomática, así, Sánchez de Miguel (2007) indicó una importante reducción de la conductancia estomática cuando la planta sufrió valores por debajo del 30%.

La conductancia estomática provee a la planta la posibilidad de modificar la tasa de transpiración y la presión parcial de CO₂ en el mesófilo. Esta variación de la traspiración,

asimismo, provoca cambios en el potencial hídrico foliar (Farquhar y Sharkey, 1982). De hecho, la conductancia estomática parece mostrar buena respuesta a las variaciones de estrés hídrico, aunque de modo más variable que la del potencial hídrico foliar (Intrigliolo y Castel, 2006), el cual ha sido admitido como un buen estimador del estado hídrico de la cepa en diversas situaciones (Yuste *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta las bases del comportamiento de la conductancia estomática, observadas en diferentes condiciones hídricas, atmosféricas y varietales, resulta indispensable evaluar la respuesta estomática de las plantas sometidas a distintas condiciones de manejo hídrico del viñedo.

3.2.2.1 Efectos de la dosis de riego

En general, ha sido observada una reducción de la conductancia estomática como respuesta a la reducción del agua disponible (Cuevas *et al.*, 2006; Yuste *et al.*, 2004). De hecho, Sadras *et al.* (2012) indicaron una recuperación de los valores de conductancia estomática al iniciar el riego, en plantas que habían reducido progresivamente los valores al acusar el estrés hídrico estacional. Según Correia *et al.* (1995), que observaron un cierre estomático más intenso en plantas estresadas hídricamente que en plantas regadas, el estado hídrico imperante en la planta aparentemente modula el grado de sensibilidad que presentan los estomas al ABA.

Sin embargo, no siempre se observa claramente la influencia de la dosis de riego en los valores de conductancia estomática, tal vez debido a la influencia de otros condicionantes ambientales, como se deduce de los trabajos de Mirás-Avalos *et al.* (2014), que no lograron ver diferencias de g_s entre tratamientos de riego, y de Trigo-Córdoba *et al.* (2015), que sí observaron una menor conductancia estomática en el tratamiento de secano, respecto al regadío, aunque sólo en algunas fechas.

Aparentemente, las plantas mantenidas en una situación de estrés hídrico son propensas a una mayor economía del uso del agua al recuperar un estado hídrico benigno. Según indicaron Gómez del Campo *et al.* (2007), plantas mantenidas bajo estrés hídrico mostraron una conductancia estomática bastante constante al recuperar la disponibilidad hídrica, mientras que plantas mantenidas con un estado hídrico benévolos el riego propiciaron el incremento de la conductancia estomática rápidamente en los días posteriores a la aplicación de riego.

3.2.2.2 Efectos del control de rendimiento

Generalmente, los efectos del control de rendimiento no han producido diferencias remarcables en la conductancia estomática (Bowen *et al.*, 2011; Rubio *et al.*, 2004b),

probablemente debido a que no hubo respuesta, o ésta no fue suficientemente intensa, a la modificación del equilibrio fuente/sumidero.

Sin embargo, Sadras *et al.* (2012), combinando el incremento de temperaturas diurnas con el aclareo de racimos, mostraron que las plantas aclareadas tienen menor conductancia estomática que las no aclareadas, en un escenario de incremento de la temperatura máxima.

3.2.3 Transpiración

La transpiración es un proceso a través del cual el agua del sistema suelo-planta-atmósfera pasa de estado líquido a gaseoso. Es dependiente de las condiciones atmosféricas (gradiente de presión de vapor), el agua disponible en el suelo y la capacidad del suelo y de la planta de transportar el agua hasta los puntos de evaporación (Gardner *et al.*, 1975, en Begg y Turner, 1976).

Este proceso tiene lugar en los estomas de la hoja, donde el agua pasa de estado líquido a gaseoso. Por lo tanto, la transpiración es dependiente de dos factores principales, por un lado, el diferencial entre el déficit de presión de vapor de la atmósfera y el déficit de presión de vapor de la cámara subestomática, siendo este último prácticamente nulo debido a las condiciones de saturación de humedad que presenta, y por otro lado, la resistencia a la difusión que presenta el estoma (Taiz y Zeiger, 2006).

El déficit de presión de vapor de la atmósfera se incrementa al reducirse la humedad relativa del aire y, a su vez, la humedad relativa disminuye al incrementarse la temperatura del aire. Adicionalmente, también aumenta el déficit de presión de vapor al incrementarse la velocidad del viento en la capa límite de la hoja.

El incremento del déficit de presión de vapor provoca cambios en la transpiración que pueden causar cambios en la temperatura y en el potencial hídrico de la hoja, reduciendo sus valores, como consecuencia de la evaporación de agua tisular (Farquhar y Sharkey, 1982).

El comportamiento transpirativo de las plantas es influido más intensamente por las condiciones atmosféricas, a través de la regulación estomática en respuesta al incremento del déficit de presión de vapor, que por la limitación del agua disponible en el suelo (Dai *et al.*, 1992; Oren *et al.*, 1999; Raschke *et al.*, 1979, en Medrano *et al.*, 2002). Para evitar que el potencial hídrico foliar descienda hasta valores peligrosos, debido a una excesiva demanda atmosférica, en cuanto a la conductividad hidráulica de la planta y su estado hídrico, ésta regula el nivel de transpiración, a través de la conductancia estomática (Sperry *et al.*, 2002).

No obstante, la utilización de la medida de la tasa de transpiración (E) resulta útil en términos de referencia al estudiar diferentes situaciones de régimen hídrico del viñedo.

3.2.3.1 Efectos de la dosis de riego

La tasa transpirativa se ve favorecida por el incremento de agua disponible para la planta (Bravdo *et al.*, 1985a) y juega un importante papel en el mantenimiento de la temperatura foliar, que es más elevada en plantas que crecen bajo restricción hídrica. Smart (1974) llegó a medir un aumento de 7 °C en la temperatura foliar de plantas estresadas con respecto a plantas regadas. Por tanto, una reducción de la transpiración, debida a una baja disponibilidad hídrica, provoca una subida de la temperatura foliar. Si la hoja alcanza temperaturas elevadas, por encima del rango óptimo de actividad, la asimilación de carbono puede disminuir drásticamente (Chaves *et al.*, 2010).

En una situación de estrés hídrico sufrida por la planta, durante la fase de crecimiento activo de los tejidos, se reduce el potencial de elongación celular que también afecta al tamaño de los vasos xilemáticos, de modo que la conductividad hidráulica es minorada, siendo un mecanismo de defensa a largo plazo, al reducir el riesgo de embolismo xilemático debido a una excesiva transpiración. Esto afecta a la transpiración, reduciendo su potencial valor máximo, dado que la tasa es función del potencial hídrico, de la conductancia hidráulica y del déficit de presión de vapor (Buckley *et al.*, 2003).

3.2.3.2 Efectos del control de rendimiento

Muchos de los trabajos que tratan la respuesta del intercambio de gases a la variación del nivel de carga de cosecha en vid se desarrollaron en la última década del siglo XX, pero es escaso el número de ellos que hace referencia a la transpiración. Por tanto, se podría deducir que esta omisión fue debida a una de las siguientes razones o a la combinación de ellas. (I) La evaluación del comportamiento transpirativo no era entonces tema de interés principal, volcándose principalmente en la tasa de asimilación neta y no en la relación entre ambas tasas; (II) el estudio de la modificación de la transpiración se consideraba suficientemente cubierto a través de la medida de la conductancia estomática.

Poni *et al.* (1994), indicando una falta de influencia del aclareo de racimos en el intercambio de gases, mostró los valores de g_s y VPD, pero no los de la tasa de transpiración. Del mismo modo, Intrigliolo y Castel (2011) hablaron de la falta de influencia del tratamiento de aclareo en la actividad fisiológica y las relaciones hídricas, sin referirse en ningún momento a la transpiración. Naor *et al.* (1997), para destacar la mayor tasa transpirativa del tratamiento con mayor carga frutal respecto al de menor

número de racimos, hablaron directamente de un incremento de la transpiración a través de una mayor conductancia estomática.

Debe tenerse en cuenta que aunque normalmente ante un incremento de VPD ocurre un descenso de g_s y un incremento de E, no existe una relación física directa entre los parámetros (Monteith, 1995), debido a que aspectos intrínsecos de la planta modulan la respuesta estomática.

Mostrando todos los parámetros gaseosos, Palliotti *et al.* (2012) destacaron la clara respuesta mostrada por la actividad fisiológica al aclareo, con un descenso estadísticamente significativo de la transpiración al reducirse la cantidad de sumideros presentes. Sin embargo, Rubio *et al.* (2004a) observaron que el aclareo de racimos no provocó una clara influencia en la transpiración, dado que la tendencia de las plantas regadas dependió del año mientras que en las plantas de secano los valores fueron similares en ambos tratamientos, lo cual podría implicar que bajo fuerte estrés hídrico la carga de cosecha tuvo menor influencia que en condiciones de suficiente aporte hídrico.

3.2.4 Fotosíntesis

Según Azcón-Bieto y Talón (2003), la fotosíntesis es un proceso biológico complejo en el que pueden distinguirse dos fases bien diferenciadas, una primera de absorción y conversión de energía y otra segunda de toma y asimilación de elementos constitutivos de la materia orgánica. La energía luminosa es absorbida por biomoléculas fotosensibles y transformada en una forma de energía bioquímica estable. Los elementos constitutivos son tomados de fuentes minerales inorgánicas e incorporados en biomoléculas metabolizables.

La importancia de la fotosíntesis, cuya función es indispensable en la nutrición, así como la influencia que tiene en la capacidad productiva de la planta está fuera de debate. A través de este proceso, la planta genera glucosa, que emplea como fuente de energía y sustrato para obtener todas las sustancias necesarias para desarrollar su actividad.

Asimismo, otras sustancias pueden ser sintetizadas, en cantidad variable, en función del genotipo y como respuesta a las condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta. Se denominan metabolitos secundarios, debido a que no son esenciales para el desarrollo y actividad de la planta, siendo de utilidad para la planta en las condiciones particulares que estimulan su síntesis, mejorando su competitividad y capacidad de supervivencia. Un ejemplo son los polifenoles en vid, sustancias que incrementan la resistencia a los ataques fúngicos y protegen de la radiación ultravioleta (Lambert *et al.*, 2012; Merzlyak *et al.*, 2008).

Aunque el proceso fotosintético ha sido ampliamente estudiado y se conocen bastante bien los procesos bioquímicos que tienen lugar en él, las diversas enzimas reguladoras implicadas en el proceso están influenciadas por la temperatura, la luminosidad, el estado hídrico y nutricional de la planta, así como la concentración de CO₂ (Farquhar y Sharkey, 1982).

Solo una parte de la energía luminosa absorbida por las moléculas de la clorofila es aprovechada por la planta para realizar la fotosíntesis (Catalina, 2016). Este exceso de energía lumínica absorbida, respecto a la cantidad que puede ser utilizada en función de las condiciones ambientales limitantes, como son la baja temperatura o la reducida concentración de CO₂ provocada por el cierre estomático en condiciones de estrés hídrico severo, debe ser eliminado para evitar daños en el aparato fotosintético (Demming-Adams y Adams, 1992; Horton *et al.*, 1994; Lucinski y Jackowski, 2006, en Casierra-Posada, 2011). Este exceso de energía fotoquímica puede ser disipado como calor o puede ser reemitiido en forma de fluorescencia (Catalina, 2016).

Por tanto, un exceso de iluminación puede provocar una reducción de la actividad fotosintética, esta situación se denomina fotoinhibición (Yordanov y Veleikova, 2000, en Casierra-Posada, 2011).

Actualmente se diferencian dos tipos de fotoinhibición (Taiz y Zeiger, 2006):

- Dinámica: Se produce con un exceso moderado de luz. La fotoinhibición dinámica está provocada por la desviación de la energía luminosa absorbida hacia la disipación de calor, de ahí el descenso en la eficiencia del fotosistema. El descenso suele ser temporal, la eficiencia del fotosistema puede volver a su valor inicial. Suele producirse normalmente en el mediodía de días soleados.
- Crónica: Se produce por exposición prolongada a niveles excesivos de luz, que da lugar a daños en el sistema fotosintético. El efecto de la fotoinhibición crónica puede mantenerse durante semanas o meses.

La fotoinhibición dinámica es debida a los mecanismos de defensa frente al exceso de iluminación, de modo que su efecto dura el tiempo que se mantenga la situación de excesiva radiación solar, mientras que el efecto de la fotoinhibición crónica persistirá debido al daño provocado en el aparato fotosintético.

Por otro lado, cuando el fotosistema no dispone de cantidad suficiente de CO₂ para un adecuado funcionamiento del ciclo Calvin-Benson, en vez de producir azúcares, puede acabar generando distintas especies reactivas del oxígeno (ROS) que son muy dañinas para la estructura celular.

Un mecanismo de defensa frente a este fenómeno de fotooxidación es la fotorrespiración, debido a su función como sumidero del exceso de energía y del poder reductor existentes en una situación limitante, ya que Kozaki y Takeba (1996) demostraron, en plantas de tabaco, que la inhibición de la fotorrespiración provocaba que los efectos de la fotoinhibición se hiciesen más severos, en consonancia con lo que ya adelantó Kaiser (1987).

Además, no todo el CO₂ asimilado por la planta durante el proceso fotosintético es acumulado, pues existen pérdidas, debido al inevitable proceso de respiración de los tejidos de la planta, que es fomentado por las temperaturas elevadas. Escalona *et al.* (2012) determinaron que el proceso global de la respiración en la planta representa una pérdida significativa de la cantidad total del carbono fijado, pudiendo ser una causa de las discrepancias entre la estimación de producción de la planta en base a su actividad fotosintética y su producción final.

Por ello, debe tenerse en cuenta que al determinar la actividad fotosintética empleando la medida del diferencial de la concentración de CO₂, el valor obtenido, denominado fotosíntesis neta (A_N), se considera tal por ser el valor de asimilación fotosintética total tras la reducción debida a la fotorrespiración. Tampoco debe olvidarse que al realizar medidas de intercambio de gases con IRGA, habitualmente se emplea una pinza que tiene una cubeta fotosintética de 6 cm², o aún menor, con la que se mide la actividad fisiológica sobre una pequeña superficie foliar.

De hecho, la actividad fisiológica de las hojas que conforman el *canopy* varía en función de su ubicación, siendo la eficiencia fotosintética función de las condiciones microclimáticas particulares de cada hoja. Debido a esta actividad fisiológica heterogénea, se debe ser cuidadoso al valorar las determinaciones discretas de intercambio de gases realizadas en hojas concretas, de tal modo que puedan ser extrapoladas al conjunto de la planta. Por tanto, no carece de importancia la elección de las hojas al realizar medidas, como se ha constatado en las diferentes valoraciones encontradas en la bibliografía al pasar del nivel de hoja individual al global de la planta.

Así, Edson *et al.* (1995) indicaron en las medidas fotosintéticas de hoja una correlación adecuada con los tratamientos aplicados, mientras que las medidas de actividad fotosintética del conjunto de la planta no reflejaron diferencias entre los tratamientos experimentales. Sin embargo, Tarara *et al.* (2011) coincidieron con los resultados indicados en las medidas realizadas en hojas individuales, que reflejan diferencias entre los tratamientos de riego, y además encontraron que las medidas en hoja individual y las medidas hechas a nivel global de la planta se asociaron linealmente.

Se debe considerar que la reducción de la tasa fotosintética, a través de una depresión de la actividad en sus diferentes procesos, es debida fundamentalmente al progresivo cierre estomático que provoca el incremento del déficit hídrico (Medrano *et al.*, 2002). Aunque hay muchas evidencias de que el estrés hídrico, por sí mismo, no influye negativamente en los procesos fotosintéticos, como señalaba Kaiser (1987), influye indirectamente, al inducir el cierre estomático. Además, debe considerarse que habitualmente el estrés hídrico suele ir acompañado de otros factores limitantes como son la alta temperatura, la elevada VPD y la alta radiación solar (Björkman y Powles, 1984; Cornic *et al.*, 1989; Genty *et al.*, 1987; Valladares y Pearcy, 1997; en Flexas *et al.*, 1999).

En el estudio de la limitación fotosintética existe una polémica al tratar de discernir cuál es la proporción de la reducción debida al cierre estomático y cuál a limitaciones no estomáticas, en la que diversos autores publican que la limitación es debida fundamentalmente al cierre estomático y la insuficiente concentración de CO₂ que provoca, mientras que otros dan un peso significativo a las limitaciones no estomáticas debidas a la pérdida de eficiencia en los procesos del aparato fotosintético (Medrano *et al.*, 2002).

Por ejemplo, Flexas *et al.* (1998) señalaron que el aparato fotosintético de la vid en condiciones de cultivo es robusto frente al estrés hídrico, hasta niveles severos de sequía, indicando que la asimilación de carbono es regulada principalmente por el cierre estomático. Sin embargo, Escalona *et al.* (1999), estudiando plantas de vid en una situación de estrés hídrico de larga duración, observaron una reducción apreciable del rendimiento cuántico (*quantum yield*) y una limitación de la capacidad de regeneración de la ribulosa-1,5- bifosfato (RuBP).

Debido al papel crucial de la fotosíntesis en los procesos metabólicos de la planta y su sensibilidad a la variación en las condiciones de cultivo, así como su posible repercusión en la cantidad, la maduración y la composición del fruto, se considera fundamental estudiar su comportamiento en el contexto de cualquier trabajo de investigación en materia de riego de la vid.

3.2.4.1 Efectos de la dosis de riego

Dado que la reducción de agua disponible afecta sustancialmente a la apertura estomática de la planta y que la limitación de la fotosíntesis por procesos no estomáticos sólo se produce bajo condiciones de fuerte estrés hídrico, los valores de la tasa de asimilación neta no se verán modificados en condiciones de mínimo estrés hídrico. Así, Hunter *et al.* (2014) no encontraron diferencias consistentes entre los distintos

tratamientos de riego, probablemente debido a que las plantas de secano no sufrieron elevado estrés hídrico y mantuvieron tasas fotosintéticas relativamente elevadas. Sin embargo, mayores niveles de estrés hídrico afectan claramente a la actividad fotosintética (Yuste *et al.*, 2004).

Al alcanzar la planta una situación de elevado estrés hídrico se reduce la eficiencia de la fotosíntesis, a través de la reducción de la eficacia de los procesos fotoquímicos y el incremento de la disipación de energía luminosa (Flexas *et al.*, 1998 y 1999), que implica una disminución en la asimilación de CO₂.

Además, debe considerarse la influencia del proceso respiratorio (*dark respiration*), como factor reductor de la asimilación de carbono, aunque dicha influencia ha sido estudiada en escasos trabajos y con diversidad de resultados (Schultz y Stoll, 2010).

Mientras Escalona *et al.* (1999) indicaron que los valores de respiración a escala foliar de la vid mostraron escasa influencia del nivel hídrico y Tomás *et al.* (2012) expusieron que la respiración foliar se redujo en menor cuantía que la fotosíntesis bajo estrés hídrico, contrariamente, Zufferey *et al.* (2000) muestró que la respiración se incrementó intensamente en función de la temperatura y desplazando el punto de compensación fotosintética.

Dado que también se ha observado un incremento de la respiración dependiente de la temperatura y el VPD (Schmid, 1997, en Schultz y Stoll, 2010), probablemente el estrés hídrico severo incrementaría la tasa de respiración global (Schultz y Stoll, 2010) y, por tanto, reduciría la tasa de fotosíntesis neta.

3.2.4.2 Efectos del control de rendimiento

La teoría de que la existencia de sumideros activos de fotoasimilados estimula la actividad fotosintética fue estudiada por Setter *et al.* (1980) trabajando en plantas de soja. De tal modo que aplicaron dos tratamientos a las plantas, en unas realizaron el anillado del pecíolo en las hojas y en otras eliminaron sus vainas, evaluando a continuación la actividad fisiológica. Observaron una fuerte disminución de la tasa fotosintética en ambos tratamientos, probablemente causada por el elevado cierre estomático que apreciaron.

Aunque tal vez, los tratamientos provocaron una excesiva acumulación de azúcares en hoja, que condujo a una reducción de la actividad fotosintética, debido a que la capacidad de producción de fotosintatos puede ser modulada en las hojas cuando es mayor o menor que la capacidad de acumulación de la planta (Ho, 1988).

De hecho, Iglesias *et al.* (2002) indicaron, en consonancia con Hunter *et al.* (1994), que la falta de demanda por parte de sumideros activos de fotoasimilados produciría una acumulación de carbohidratos en los tejidos foliares, induciendo una inhibición en A_N . Esta valoración está también respaldada por el trabajo de Palliotti *et al.* (2012), que amplió el ámbito de acumulación de carbohidratos a tejidos estructurales del sarmiento.

Iacono *et al.* (1995) observaron que el aclareo de racimos redujo la tasa de asimilación sin modificar la conductancia estomática, a través de una reducción de la eficiencia en la carboxilación, la actividad de la Rubisco y la ratio de transporte de electrones (ETR). Esta reducción fotosintética, provocada por el descenso del rendimiento fotoquímico y bioquímico, la detectaron dos días después de aplicar el tratamiento de aclareo, pudiendo ser un ajuste de la actividad debido al incremento de la concentración de fotoasimilados al reducirse la demanda de los sumideros, provocada por la reducción del número de racimos.

La respuesta de la tasa fotosintética al aclareo no siempre se ha mostrado claramente, ya que Koblet *et al.* (1996) y Rubio *et al.* (2004a) no observaron efectos significativos, aunque sí remarcaron la existencia de una tendencia de las plantas no aclareadas a presentar mayores valores de fotosíntesis, en ciertas ocasiones o durante todo el ciclo. Contrariamente, Intrigliolo y Castel (2011) no apreciaron diferencias en la actividad fotosintética debidas a la modificación del nivel de carga.

3.2.5 Eficiencia en el uso del agua (WUE)

La eficiencia del uso del agua o *water use efficiency* (WUE) refleja el balance entre la ganancia de carbono y el coste asociado de pérdida de agua que conlleva (Gago *et al.*, 2014). Esta relación puede ser medida en diversos niveles, foliar, global de la planta o conjunto del cultivo; y diferentes escalas temporales, desde minutos, con medidas instantáneas empleando equipos portátiles de medida del intercambio de gases, a meses, comparando la cantidad de biomasa acumulada o el rendimiento de cosecha con el agua consumida (Flexas *et al.*, 2010; Medrano, *et al.*, 2010; Morison *et al.*, 2008; en Tomás *et al.*, 2014).

La WUE debe considerarse como un factor de gran importancia en climas semiáridos, ya que las plantas que crecen en ellos se ven sometidas a la limitación hídrica que supone la coincidencia de la época de mayor demanda hídrica atmosférica con el período de menor disponibilidad de agua en el suelo, debida a la ausencia de precipitaciones.

En vid ha sido observada una ajustada correlación curvilínea entre g_s y A_N por varios autores (Chaves *et al.*, 1987; Escalona *et al.*, 1999; Naor y Wample, 1994; en Cifre *et*

al., 2005). No obstante, esta correlación parece verse modificada en función de la hora de medida, al reducirse la tasa de fotosíntesis neta para valores similares de conductancia estomática, comparando medidas hechas a media mañana y a media tarde (Cuevas *et al.*, 2006), entrando en juego probablemente limitaciones no estomáticas de la tasa de asimilación neta.

Asiduamente, la eficiencia fisiológica de la planta a corto plazo se expresa como el cociente entre la tasa de asimilación de CO₂ y la tasa transpirativa (A/E), siendo nombrada como tasa instantánea de eficiencia en el uso del agua (WUE_{inst}), o como el cociente entre la tasa de asimilación de CO₂ y la conductancia estomática (A/g_s), siendo denominada como tasa intrínseca (WUE_i). El primer índice ha sido empleado habitualmente para determinar los efectos ambientales y el segundo para la caracterización genética (Tomás *et al.*, 2014).

La WUE_{inst} medida a mediodía podría no ser una aproximación adecuada a la eficiencia de uso del agua de la planta en conjunto, debido a que no describe el comportamiento transpirativo del conjunto del *canopy* ni su evolución diaria (Medrano *et al.*, 2012) Por ejemplo, bajo condiciones de baja iluminación y alta humedad relativa, como ocurre habitualmente por la mañana, las plantas pueden tener una elevada conductancia estomática y bajas tasas fotosintéticas, de modo que se reflejará una baja WUE_i. Asimismo, un cierre estomático a mediodía, como mecanismo de adaptación frente a un elevado VPD, puede incrementar el valor de WUE_i si la fotosíntesis mantiene sus valores (Chaves *et al.*, 2010).

Habitualmente, el valor de WUE suele incrementarse, hasta cierto nivel, al reducirse la transpiración por disminución de la conductancia estomática, inducida a su vez por la caída del valor de potencial hídrico para evitar la deshidratación y la cavitación xilemática. No obstante, Medrano *et al.* (2012) matizan que mayores valores de WUE_i, al incrementarse el estrés hídrico, debido al cierre estomático, no reflejan mayores tasas de WUE_{inst}, y argumentan que probablemente una mayor temperatura de hoja provoca un incremento de VPD que contrarresta el efecto del cierre estomático y mantiene similares tasas de transpiración.

Por otro lado, Chaves *et al.* (2010) observan que la tasa fotosintética generalmente disminuye con valores de Ψ_{pd} menores que los que reducen g_s, provocando que la tasa intrínseca de eficiencia del uso del agua (A/g_s) sea más elevada en plantas bajo riego deficitario que en plantas sin estrés hídrico.

Asimismo, hay que tener en cuenta la alta estabilidad de la fotoquímica foliar mostrada por la vid, incluso en plantas muy estresadas hídricamente, según indicaban

Flexas *et al.* (2002) y Flexas *et al.* (2004), quienes señalan que la restricción fotosintética es debida fundamentalmente a limitaciones estomáticas. Por tanto, dichos autores plantean la utilización de g_s como indicador del estrés hídrico, al considerar que es el mejor indicador de la intensidad del estrés hídrico para los rangos habituales en las estrategias de riego en vid, aunque Medrano *et al.* (2012) destacan la importancia de la intensidad lumínica como limitadora de la actividad fotosintética en las zonas más iluminadas del *canopy*.

En base a las diferencias observadas entre autores, es destacable la influencia que pueden tener las condiciones ambientales particulares en el uso que la planta hace del agua, así como lógicamente en la eficiencia que logra con dicho uso. Por lo que se considera relevante el estudio de WUE, particularmente en ensayos de régimen hídrico.

4. DESARROLLO VEGETATIVO

4.1 Superficie foliar

La superficie foliar producida por la vid es un factor determinante de su productividad, debido a que las hojas son el lugar principal de la actividad fotosintética y transpirativa de la planta (Sánchez de Miguel *et al.*, 2011), de hecho, Gómez del Campo *et al.* (2002) indican que la productividad global obtenida por la planta está directamente relacionada con la superficie foliar generada.

Para madurar un gramo de fruta adecuadamente, en términos de acumulación de sólidos solubles, son necesarios 10-12 cm² de superficie foliar (Kliewer y Antcliff, 1970; Kliewer y Ough, 1970; Kliewer y Weaver, 1971; en Hunter y Visser, 1990). Kliewer y Dokoozlian (2005), estudiando diferentes ratios en varios sistemas de conducción y variedades, indican un rango de 8-12 cm²/g fruta en sistemas de conducción simple. Si el valor es superior a este rango, es considerado un despilfarro de superficie foliar por parte de la planta, que además pueden conducir a reducir la calidad de la uva obtenida, debido a una mayor competencia de los frutos con los sumideros vegetativos y al incremento del riesgo de efectos negativos del sombreado (Bravdo, 2004).

El *canopy* de la vid es definido como la parte de la planta que comprende el conjunto de tallos, hojas y fruta (Smart y Robinson, 1991). Su arquitectura y densidad están íntimamente relacionadas con la productividad del cultivo, dado que la distribución de los órganos foliares y estructurales influye en la intercepción lumínica, y por tanto, en la asimilación de carbono (Schultz, 2015). La intensidad luminosa sobre las yemas latentes debe ser suficiente para mantener un nivel de fertilidad adecuado en las yemas mantenidas tras la poda de invierno, por tanto, lograr una iluminación suficiente es un

factor fundamental en la gestión del *canopy*, debido a su primordial influencia en la inducción floral (Rives, 2000a).

La arquitectura del dosel vegetal depende del sistema de emparrado elegido, en el cual se distribuirá la vegetación generada durante el periodo vegetativo. La cantidad de vegetación desarrollada determinará la densidad del *canopy*, que puede ser modificada a través del número de yemas mantenidas en la poda (O'Daniel *et al.*, 2012), de las cuales brotará una cantidad estimada de pámpanos, en función de la variedad, las condiciones de vigor y las reservas disponibles, cuyo exceso puede ser ajustado a través del despampanado.

La gestión de la vegetación, mediante operaciones culturales adecuadas y oportunas durante el ciclo, debe conducir a crear un *canopy* conformado por hojas bien posicionadas, de tal modo que se optimice la actividad fotosintética sin reducir la cantidad y la calidad de la producción (Hunter y Visser, 1990). Además, es fundamental la adecuada distribución del dosel vegetal debido a la influencia que éste tiene sobre el microclima y su influjo en la maduración y la sanidad (Smart, 1985). Un *canopy* denso favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas, por un lado, al incrementar la humedad relativa y reducir la radiación solar y, por otro lado, al dificultar la adecuada distribución de los tratamientos fitosanitarios en el interior del *canopy*.

El microclima del *canopy* depende básicamente de la cantidad de superficie foliar y su distribución en el espacio. El dosel vegetal modifica el mesoclima atenuando sus componentes, especialmente la radiación solar, que puede ser reducida más del 95% (Dokoozlian y Kliewer, 1995a), la velocidad del viento en el centro del *canopy*, que puede reducirse al 20% de la existente fuera, y la humedad relativa, que puede verse incrementada un 10% (Smart, 1985).

Para cuantificar la superficie foliar total de la planta y su distribución en el *canopy*, habitualmente se emplean los siguientes índices:

- El índice de área foliar (LAI) es el estimador más utilizado en la cuantificación del desarrollo foliar, que se define como el cociente entre la superficie foliar y la superficie de suelo que ocupa la planta (Carboneau, 1989; Champagnol, 1984; en Sánchez de Miguel *et al.*, 2011).
- La superficie foliar externa (SA) indica la magnitud de superficie foliar que más contribuye a la actividad fotosintética total de la planta, por lo que resulta fundamental determinar su valor (Fernández *et al.*, 1977; Smart, 1974; Smart, 1984; en Smart, 1985).

- La relación entre los índices anteriores (SA/LAI) es el índice foliar (IF), que aporta información sobre el grado de amontonamiento del dosel vegetal. Cuando no hay hojas interiores en el *canopy* el valor del índice es 1, ya que toda la superficie foliar de la planta es externa (Smart, 1985), pero a medida que se incrementa la cantidad de hojas en el interior del *canopy* el valor del índice disminuye.

El crecimiento vegetativo de la vid se produce fundamentalmente hasta envero, cuando generalmente se detiene (Hunter y Visser, 1990). Al alcanzar el *canopy* su máximo desarrollo, la superficie foliar de los pámpanos anticipados conforma entre el 22% y el 42% de la superficie total de la planta (Cartechini *et al.*, 1998; Mabrouk *et al.*, 1997; Palliotti, 1992; Williams, 1987; en Palliotti *et al.*, 2000). Los pámpanos anticipados o secundarios pueden ser indeseables en viñas vigorosas, debido a que un exceso de amontonamiento del dosel vegetal induce un microclima que favorece el crecimiento vegetativo respecto al productivo y la incidencia de enfermedades, sin embargo, en viñas con vigor moderado pueden ser los contribuyentes más importantes en el proceso de acumulación de azúcar en la fruta durante la maduración y de almidón en los órganos estructurales de la planta (Vasconcelos y Castagnoli, 2000).

Debe considerarse que la edad foliar condiciona el nivel de actividad fotosintética de la hoja. Inicialmente, la tasa fotosintética sigue una curva fuertemente ascendente hasta que la hoja alcanza la plena expansión, con 30-35 días de edad, pero a partir de los 50 días comienza un lento y progresivo declive de la actividad fotosintética. Por tanto, la tasa fotosintética máxima foliar va desplazándose a lo largo del tallo según avanza la estación, desde la zona basal a la apical (Poni *et al.*, 1994a; Knoll y Redl, 2012).

A pesar de que las hojas basales del tallo principal son fundamentales en el aporte de fotosintatos a los racimos (Hunter y Visser, 1988), cuando éstas hojas entran en senescencia, es fundamental disponer de suficiente superficie foliar capaz de cubrir las necesidades de los racimos durante la fase de maduración y la adecuada acumulación de reservas en la madera de la planta.

Por tanto, es esencial conseguir una adecuada superficie foliar de anticipados o nietos mediante el adecuado manejo del viñedo. De hecho, una fuerte reducción de la superficie foliar retrasa la fecha de envero y reduce el peso de baya y la concentración de sólidos solubles del mosto (Parker *et al.*, 2014). En este sentido, Palliotti *et al.* (2000) indican que las hojas secundarias son similares a las primarias en composición y estructura, sin embargo muestran mayores tasas fotosintéticas y transpirativas a partir del envero, con una senescencia posterior a las hojas principales.

En resumen, las hojas primarias son el origen fundamental de los fotoasimilados utilizados por la planta en la primera fase del ciclo. Posteriormente, durante la fase de maduración, las hojas secundarias se convierten en la fuente principal de la acumulación de reservas en fruto y madera.

4.2 Madera de poda

La planta manifiesta su vigor a través del desarrollo vegetativo, de modo que cuanto mayor sea el peso de madera de poda generado, mayor será la capacidad productiva de la vid. Esta debe tener un vigor suficiente, evitando a la vez los efectos perniciosos del sombreado derivados del exceso de vigor, de tal modo que los sarmientos brotados generen una superficie foliar que sea capaz de hacer madurar apropiadamente la uva producida y de conseguir acumular un nivel adecuado de reservas en la planta.

Existe una buena correlación entre la superficie foliar y el peso de madera de poda generados por la planta (Ough *et al.*, 1968, en Bravdo *et al.*, 1984; Kliewer y Dokoozlian, 2005), por tanto, el empleo del peso de madera de poda para evaluar el potencial productivo de la planta es un indicador de utilidad que resulta muy adecuado.

Aunque la relación entre la superficie foliar y la carga frutal es más apropiada en la estimación del potencial productivo y ha sido empleada satisfactoriamente para determinar el impacto en la calidad de cosecha (Kliewer y Weaver, 1971; Kliewer y Fuller, 1973; Weaver, 1963; en Bravdo *et al.*, 1984), la determinación de la superficie foliar tiene el inconveniente de ser una operación engorrosa en la viticultura comercial, por lo que puede ser sustituida por el pesado de la madera de poda (Bravdo *et al.*, 1985b). No obstante, debe destacarse que la correlación puede verse modificada por el tipo de poda realizada, así por ejemplo, la superficie foliar desarrollada por plantas sometidas a poda mínima será mayor que la que les correspondería a un peso de madera de poda obtenido a través de una poda ejecutada de modo convencional (Clingeffer, 1993; en Poni *et al.*, 2007).

De hecho, la relación entre el crecimiento reproductivo, expresado en peso de uva, y el vegetativo, expresado en peso de madera de poda, y su influencia en la calidad de la cosecha, ya fue observada por Ravaz (1906). Este índice, bautizado con su nombre, se ha empleado abundantemente en la bibliografía y se considera un buen estimador del equilibrio productivo-vegetativo de la planta. Diversos autores han empleado este índice para establecer rangos de carga de cosecha adecuados para la producción de uva. Por ejemplo, Jackson y Lombard (1993) han considerado como carga moderada de cosecha una producción de 4 a 10 kg de uva por cada kg de peso de madera de poda; Martínez

de Toda (2007) señaló una producción máxima de 4 a 9 kg de uva por cada kilogramo de madera de poda para producir uva de alta calidad, y Vasconcelos y Castagnoli (2000) subrayaron que las plantas equilibradas producen entre 5 y 7 kg de fruta por cada kg de peso de madera de poda.

Bravdo (2004) indicó que las diferencias entre valores aportados por distintas publicaciones probablemente se debieron a los diferentes climas y variedades de los estudios, y asumió un rango adecuado del índice entre 4 y 12 kg de fruta por cada kg de peso de madera de poda, aunque advirtiendo que el valor más adecuado para obtener uva de alta calidad dependerá del tipo de conducción y las técnicas de manejo aplicadas, así como de la variedad cultivada.

El equilibrio productivo-vegetativo puede ser modificado a través de la intensidad de poda aplicada, la cual determina el potencial rendimiento de cosecha, al limitar el número de yemas fértiles capaces de brotar (Rives, 2000b).

Sin embargo, aunque la intensidad de la poda también influye en el número de pámpanos brotados (O'Daniel *et al.*, 2012), su influencia en el número total de hojas desarrolladas por la planta no tiene porqué ser proporcional, pues según algunos autores dicho número puede mantenerse en una cantidad similar independientemente de la carga de poda aplicada (Wilson *et al.*, 2014), generando índices de área foliar sin diferencias entre tratamientos (O'Daniel *et al.*, 2012) o solo ligeramente diferentes (Pellegrino *et al.*, 2014).

Esta tendencia de conservación del nivel de desarrollo foliar se ve influenciada por las condiciones previas del cultivo en los ciclos anteriores, dado que el balance fuente/sumidero y las condiciones microclimáticas precedentes influyen en el desarrollo potencial del cultivo, al determinar el nivel de fertilidad de la planta y la cantidad de reservas disponibles durante las primeras fases de crecimiento vegetativo (Rives, 2000a).

La acumulación de reservas es influenciada por las condiciones interanuales y la interacción de factores, tales como la carga de poda, el régimen hídrico y las condiciones climáticas (Pellegrino *et al.*, 2014). Si el nivel de reservas es escaso, éste induce a la planta a reducir la madera de poda producida, el porcentaje de yemas brotadas, el crecimiento de los pámpanos y el número de flores por inflorescencia, de tal modo que esta tendencia tiene un efecto acumulativo que con el transcurso de los años se hace más evidente (Dayer *et al.*, 2013).

Así pues, resulta fundamental que la planta logre desarrollar un número de sarmientos adecuado con un vigor individual suficiente para conseguir una maduración

conveniente de la cosecha y almacenar niveles apropiados de reservas para garantizar un adecuado crecimiento primaveral inicial (Holzapfel *et al.*, 2010; en Dayer *et al.*, 2013).

4.3 Efectos de la dosis de riego

Debido a que la disponibilidad hídrica estimula el crecimiento de tallos, hojas y frutos en la vid, su abundancia puede dar lugar a plantas de gran desarrollo vegetativo y elevado vigor, que a menudo tienen una elevada superficie foliar amontonada en el interior del *canopy*, lo que da lugar a una pobre exposición foliar (Dokoozlian y Kliewer, 1995a) y a racimos más sombreados en comparación con plantas sometidas a estrés hídrico (Smart, 1985).

Por otro lado, el consumo de agua está directamente relacionado con el área foliar desarrollada por la planta (Gómez del Campo *et al.*, 2007), por tanto, la reducción de la superficie foliar en las plantas estresadas hídricamente es una adaptación a un entorno con escasez de agua, favoreciendo de este modo la disponibilidad hídrica para la planta a lo largo de la estación.

De hecho, el estrés hídrico reduce intensamente el desarrollo de los pámpanos (Keller, 2005), más que ningún otro órgano de la planta, e influye en la pauta de acumulación de materia seca, según Gómez del Campo *et al.* (2005), quienes observaron en plantas estresadas una mayor acumulación de cuajado a envero, mientras que en las plantas no estresadas fue mayor de envero a vendimia, si bien señalaron que este comportamiento acumulativo no debe generalizarse para todos los genotipos.

Además, el déficit hídrico disminuye la concentración de almidón en la madera de la planta (Dayer *et al.*, 2013) y provoca un menor crecimiento de la superficie foliar durante las últimas fases del crecimiento vegetativo, aunque la proporción entre tallos principales y secundarios en la distribución foliar no se ve modificada por dicho estrés (Gómez del Campo *et al.* 2002).

Se ha observado que una menor superficie foliar total provoca mayor exposición solar de los racimos y las hojas, lo que puede mejorar la composición del mosto dependiendo de las condiciones climáticas (Dokoozlian y Kliewer, 1995a). Martínez de Toda y Balda (2014) destacan una reducción del pH al incrementarse la exposición solar de los racimos, en consonancia con Smart (1985), que indica un incremento de pH y de la concentración de potasio debido al sombreo provocado por un excesivo desarrollo foliar. Sin embargo, Dokoozlian y Kliewer (1996) no encuentran diferencias en el pH o la concentración de ácido tartárico achacables al microclima luminoso.

Según Bergqvist *et al.* (2001), los efectos de la luz sobre la composición del racimo dependen en gran medida del nivel de temperatura alcanzado por la baya, que puede ser resultado del incremento de la exposición solar. Los citados autores indican que un incremento de la iluminación a temperaturas moderadas favorece la maduración, pero resulta contraproducente a temperaturas elevadas. Por tanto, parece conveniente mantener un adecuado nivel de sombreadamiento de los racimos para lograr mejorar la composición del mosto en zonas de cultivo cálidas.

4.4 Efectos del control de rendimiento

Aunque la demanda de los sumideros estimula las tasas fotosintéticas (Edson *et al.*, 1995a), una excesiva carga de cosecha puede afectar a la morfología de la planta, al reducir el desarrollo de la superficie foliar (Edson *et al.*, 1995b; Poni *et al.*, 1994b). Esto es debido a una disminución de fotosintatos disponibles para las hojas en desarrollo, al ser prioritaria la translocación de las sustancias hacia la fruta (Ho, 1988). De hecho, una fuerte demanda de los sumideros puede incluso provocar una senescencia foliar temprana, dando lugar a una reducción de la actividad fotosintética (Knoll y Redl, 2012).

Niveles de carga de cosecha elevados provocan una reducción de la concentración de almidón en la madera de la planta, que se asocia con una reducción del peso de madera de poda producida, del número de yemas brotadas y del crecimiento de los pámpanos en el ciclo siguiente (Dayer *et al.*, 2013). De hecho, Bravdo *et al.* (1984) indicaron que plantas con niveles de carga de cosecha superiores a 12 kg de uva por cada kg de madera de poda mostraban síntomas de exceso de carga, al verse reducida la madera de poda generada y la fertilidad de las yemas.

Al incrementarse la carga de cosecha se reduce el crecimiento vegetativo y consecuentemente el área foliar desarrollada (Bravdo *et al.*, 1985a). Por tanto, el descenso del rendimiento, a través del aclareo de racimos, puede favorecer un mayor peso de madera de poda (Bravdo *et al.*, 1984; Bravdo *et al.*, 1985b).

Cuando el aclareo de racimos se realiza en torno a envero o posteriormente, puede no observarse influencia significativa sobre el área foliar (Duchene *et al.*, 2003; en Nuzzo y Matthews, 2006). De hecho, Keller *et al.* (2005), estudiando el aclareo de racimos en tres variedades durante cinco años, no encontraron diferencias en el peso de madera de poda entre el tratamiento de aclareo y el de control. Asimismo, Nuzzo y Matthews (2006), estudiando la influencia de diversas cargas de cosecha ajustadas en envero, entre el doble y la cuarta parte de la carga estándar, no observaron efectos en el crecimiento vegetativo.

Una situación intermedia fue descrita por Bowen *et al.* (2011), que estudiando el aclareo de racimos en Cabernet Sauvignon y Merlot, indicaron que la madera de poda se vio favorecida por el aclareo de racimos en la primera variedad pero no en la segunda.

Así pues, la influencia del aclareo de racimos sobre el desarrollo vegetativo de la vid parece condicionada por la variedad estudiada y las condiciones edafoclimáticas particulares donde se lleva a cabo el ensayo.

5. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El rendimiento de cosecha es función de la densidad de plantación y la producción de uva lograda por cada planta, asimismo, la producción de uva obtenida por la planta depende del número de racimos que posea y del peso que alcancen dichos racimos tras madurar.

Por un lado, el número de racimos por planta depende del nivel de fertilidad de las yemas francas, del número de ellas mantenidas en la poda y de su porcentaje de brotación y, por otro lado, el peso del racimo depende del número de bayas que lo constituyen y del peso alcanzado por cada una de ellas en vendimia.

Rives (2000b) indica que un descenso brusco de la fertilidad de la planta en conjunto, provocado por una reducción del número de yemas al realizar la poda con mayor intensidad, puede inducir un cierto efecto de incremento en el peso de racimo, reduciendo la pérdida de rendimiento.

El número de bayas del racimo depende del número inicial de flores presentes en la inflorescencia y de su tasa de cuajado. Habitualmente hay un número elevado y suficiente de flores en cada racimo, pero la cantidad que logra fructificar siempre se reduce considerablemente, de tal modo que en situaciones muy desfavorables puede llegar a verse comprometido el rendimiento de cosecha. De hecho, la tasa de cuajado depende del estatus hídrico y nutricional de la planta, además de estar muy influenciada por las condiciones climáticas existentes durante la época de floración y cuajado, debido a que en dicha fase el cultivo es muy sensible a las condiciones meteorológicas adversas.

El peso medio de baya depende principalmente de la variedad, aunque es influido por la disponibilidad hídrica de la planta (como se analiza en los efectos del riego) y las técnicas de cultivo. Por tanto, una gestión adecuada del *canopy* es fundamental, ya que reducir el amontonamiento de pámpanos en la viña promueve un mejor microclima luminoso e incrementa el rendimiento (Shaulis *et al.*, 1966; Shaulis y May, 1971; Smart, 1985; en Smart, 1985), dado que el crecimiento de la baya se ve estimulado al ser expuesta a la luz solar (Dokoozlian y Kliewer, 1996). Sin embargo, una excesiva

irradiación puede ser contraproducente, pues el tamaño de la baya parece ser estimulado por un incremento a la exposición solar indirecta, siempre y cuando la temperatura del fruto no se eleve por encima del nivel óptimo de desarrollo (Bergqvist *et al.*, 2001).

Tradicionalmente ha sido aceptado de manera frecuente que un incremento de la producción de cosecha produce un descenso lineal de la calidad de la uva, sin embargo, Bravdo (2004) indica que la relación entre ambos parámetros forma una curva normal, típica en los procesos biológicos, donde un incremento de la producción es acompañado de un aumento de la calidad de la uva hasta alcanzar un rango óptimo de rendimiento, a partir del cual, la calidad se resiente al incrementarse la producción.

5.1 Efectos de la dosis de riego

Es ampliamente aceptado que el desarrollo vegetativo es más sensible al estrés hídrico que el desarrollo reproductivo (Williams *et al.*, 1994; en Keller, 2005), sin embargo, si el estrés hídrico es elevado llega a reducir el rendimiento de cosecha, particularmente si se produce déficit hídrico temprano (Williams y Matthews, 1990; en Keller, 2005).

El número de bayas por racimo puede reducirse incluso con un nivel de estrés hídrico leve, por una posible interferencia en la producción de polen, la polinización y la fertilización, que puede dar lugar a un elevado nivel de abscisión de las inflorescencias y una tasa de cuajado pobre (Callis, 1995; Smart y Coombe, 1983; en Keller, 2005). Por ejemplo, tanto Matthews y Anderson (1989) como Basile *et al.* (2012) observaron que el rendimiento se vio reducido por el déficit hídrico debido principalmente a la disminución del número de bayas por racimo.

Además, el crecimiento de la baya responde al estado hídrico de la planta, de modo que el tamaño de baya logrado por plantas sometidas a déficit hídrico es significativamente menor (des Gachons *et al.*, 2005; Matthews y Anderson, 1988), ya que el déficit hídrico generalmente conduce a una inhibición de la división celular y, especialmente, una reducción de la expansión celular (Conde *et al.*, 2007).

Por tanto, el peso final de la baya depende del número de divisiones celulares antes y después de la floración, del grado de expansión logrado por las células y de su nivel de turgencia en vendimia (Keller, 2005). Sin embargo, Ojeda *et al.* (2001) matizaron que la reducción del peso de baya causada por el estrés hídrico se debió exclusivamente a una limitación de la expansión celular y no a una inhibición de la división celular.

La reducción del volumen celular debida al estrés hídrico entre floración y envero, independientemente de su intensidad o del momento de desarrollo de la baya, es

irreversible (Ojeda *et al.*, 2001). Por tanto, reducir el estrés hídrico de la planta posteriormente, en maduración, puede no servir para compensar la reducción previa del tamaño de baya (Keller, 2005).

Aunque el déficit hídrico temprano es más inhibitorio, el déficit hídrico después de enero también reduce el rendimiento, el desarrollo de la baya y la inducción floral (Matthews y Anderson, 1989). Esta reducción de la fertilidad se refleja a través de una disminución del número de racimos y del número de bayas por cepa en ciclos siguientes (Keller, 2005; Santesteban *et al.*, 2011a).

Un déficit hídrico continuo a lo largo de la estación minora la producción al reducir la brotación de yemas fértiles que, por tanto, generan menor número de racimos, y que, a su vez, presentan menor peso de baya. Sin embargo, cuando el estrés hídrico es tardío la reducción de cosecha se debe únicamente a la reducción del peso de la baya (Girona *et al.*, 2006).

Aunque un déficit hídrico acumulado durante varios ciclos puede disminuir el rendimiento de cosecha, probablemente por una reducción de la capacidad de acumulación de reservas (Girona *et al.*, 2006), restringir el régimen hídrico no siempre conduce a una reducción del rendimiento, así por ejemplo, Bowen *et al.* (2011), al limitar la dosis de riego respecto a una aplicación de riego estándar, obtuvieron una reducción en el peso de baya de modo ligero e incongruente durante los años de estudio, debido a la influencia dominante de la climatología.

5.2 Efectos del control de rendimiento

La modificación de la carga de cosecha a través del aclareo de racimos puede influir en el crecimiento de la baya, pues las plantas con una elevada carga de cosecha pueden ver comprometida la disponibilidad de azúcar para cada baya y reducir el gradiente de potencial de absorción de agua de la uva (Fishman y Génard, 1998; en Keller, 2005).

Además, debe tenerse en cuenta que los efectos del aclareo sobre la disminución del rendimiento también pueden verse influidos por el estado fenológico de la planta y la intensidad con que dicho aclareo es ejecutado.

Poni *et al.* (1994b) al realizar el aclareo en post floración indicaron valores similares de tasas de cuajado y de tamaño de baya entre los tratamientos estudiados, independientemente del régimen hídrico mantenido, mientras que Bravdo *et al.* (1984) señalaron un incremento del peso de baya favorecido por el aclareo de racimos.

Palliotti y Cartechini (2000), tras aplicar dos niveles de aclareo de racimos, 20% y 40%, realizado justo antes de enero, informaron que el rendimiento se redujo

significativamente en función de su intensidad, sin embargo, observaron cierta compensación a través del peso de baya, mayor al intensificarse el aclareo, que llegó a impedir una reducción estadísticamente significativa del rendimiento cuando se presentaron condiciones climáticas excepcionalmente benignas.

Por el contrario, tanto Gamero *et al.* (2014) eliminando un 35 % de los racimos en envero, como Gatti *et al.* (2012) con un aclareo del 50% de los racimos en cuajado y en envero, no indicaron ningún efecto compensatorio en los tratamientos a través del incremento del peso de baya o del número de bayas por racimo.

La respuesta de la planta al aclareo de racimos podría depender del nivel de carga inicial, pues al realizarse el aclareo en plantas con exceso de carga se observa un incremento del peso de baya y del número de bayas por racimo, y como consecuencia, del peso del racimo (Bravdo *et al.*, 1984). Contrariamente, plantas con un nivel adecuado de carga sometidas a aclareo muestran un adelanto en la maduración de la fruta, sin incrementar el número de bayas por racimo (Bravdo *et al.*, 1985b). De hecho, los mencionados autores indican que la reducción del número de bayas por racimo es una reseñable característica de las plantas con exceso de carga.

Para Bravdo (2004), las plantas mostraron síntomas de exceso de carga cuando produjeron más de 12 kg de uva por kg de madera de poda, al manifestar una reducción de dicho peso de madera de poda y de la fertilidad de las yemas, respecto a las plantas aclareadas moderada o intensamente (Bravdo *et al.*, 1984).

Algunos autores han señalado que el rendimiento final alcanzado por los tratamientos aclareados puede ser mayor del esperado, al poder ser compensado de modo parcial, principalmente a través del incremento del peso de baya (Keller *et al.*, 2005; en Gatti *et al.*, 2012; Rives, 2000b), y especialmente bajo condiciones climáticas benignas (Bowen *et al.*, 2011; Palliotti y Cartechini, 2000).

Por otro lado, el aclareo de racimos podría mejorar el estado sanitario de la cosecha bajo condiciones climáticas adversas, dado que dicho aclareo puede reducir la afectación del racimo por enfermedades fúngicas, al mejorar la ventilación de la fruta y adecuar su distribución si se eliminan los racimos amontonados y peor situados. Por ejemplo, Palliotti y Cartechini (2000) indicaron que un año en el que la *Botrytis* afectó al cultivo de un modo importante, las plantas testigo sufrieron un porcentaje significativamente mayor de afección por podredumbre que las aclareadas, y que su impacto se redujo en función de la intensidad de aplicación del aclareo.

6. COMPOSICIÓN DE LA UVA

Se considera que la cosecha ha sido producida con una calidad suficiente y adecuada a las necesidades de elaboración de vino cuando los valores de los principales parámetros de composición de la uva se ajustan a los valores demandados.

La composición de la uva depende fundamentalmente de la variedad, el portainjerto y las características edafoclimáticas de la zona donde es cultivada, junto con la influencia ejercida por las técnicas de cultivo empleadas.

Debido a que la uva presenta un contenido de agua del 75-85%, ésta actúa de solvente y su tasa de acumulación influirá en la composición del mosto, al modificar la concentración de los solutos acumulados en la baya, mayoritariamente azúcares, ácidos orgánicos y potasio (Ribérau-Gayon *et al.*, 2006, en Dai *et al.*, 2010).

La acumulación de los distintos solutos se produce durante el proceso de desarrollo y maduración de la baya, por tanto, si la tasa de crecimiento de la uva es superior a la de acumulación de la sustancia, la concentración en el mosto se ve reducida debido a su dilución (Matthews y Anderson, 1988), a pesar de que la cantidad absoluta pueda haberse incrementado. Por tanto, para interpretar la dinámica de acumulación de un compuesto durante el desarrollo y la maduración de la baya, debe valorarse en función tanto de su acumulación como de su concentración en la baya (Coombe, 1992).

Durante la fase de desarrollo de la baya los solutos acumulados en mayor cuantía son el ácido tartárico y el ácido málico, y en menor concentración, minerales, aminoácidos, micronutrientes y compuestos aromáticos (Conde *et al.*, 2007).

Los azúcares no son acumulados en cantidad importante durante el desarrollo de la baya, pues su almacenamiento se produce fundamentalmente a partir del envero, principalmente como glucosa y fructosa, en tal cantidad que se convierten en los principales solutos de la uva, dado que constituyen gran parte de la materia seca de la baya en vendimia (Coombe, 1992).

Al iniciarse el envero, las paredes celulares de la baya pierden rigidez y ésta se ablanda. Al mismo tiempo, para mantener el turgor celular es acumulada agua, que a su vez reduce el potencial osmótico de la célula. Asimismo, para poder continuar con el proceso de expansión celular, el gradiente de potencial osmótico necesita ser mantenido, lográndose mediante la importación de solutos, fundamentalmente sustancias azucaradas y potasio (Mpelasoka *et al.*, 2003).

La baya aumenta su peso de este modo, acumulando azúcar proporcionalmente al aumento del peso de baya durante la primera parte de la maduración, hasta alcanzar

una fase de meseta en torno a 18-20 °Brix. El incremento de concentración de sólidos solubles que se produzca a partir de entonces se debe fundamentalmente a la pérdida de peso que sufre la baya, provocada por la dificultad que encuentra para compensar las pérdidas de agua por transpiración (Coombe, 1992; Coombe y McCarthy, 2000).

6.1 Efectos de la dosis de riego

Un incremento de la dosis de riego generalmente permite aumentar el rendimiento (Yuste, 1995), pero debe considerarse el posible efecto negativo de dicho aumento sobre la calidad de la uva (Bravdo *et al.*, 1985; Hepner *et al.*, 1985; Matthews *et al.*, 1990; Cacho *et al.*, 1992; Esteban *et al.*, 1999, 2001; en Cifre *et al.*, 2005).

Sin embargo, es factible incrementar el rendimiento de cosecha a través del riego sin provocar graves efectos en la calidad de la uva. Al respecto, Intrigliolo y Castel (2010), estudiando dosis de riego en Tempranillo, indicaron que la aplicación de riego moderado puede incrementar el rendimiento incluso un 20% sin graves efectos perjudiciales en la composición de la uva, y Basile *et al.* (2012) señalaron que los vinos de Chardonnay elaborados con los tratamientos más regados obtuvieron mayor calificación global que los vinos de tratamientos con mayor restricción hídrica.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la dosis de riego aplicada puede tener una influencia variable en la calidad de la uva, dado que Intrigliolo y Castel (2010) mostraron menores diferencias en la composición de la uva entre los distintos tratamientos que entre los distintos años de estudio. Además, debe considerarse que la respuesta al riego deficitario puede variar sustancialmente entre distintos cultivares, por tanto el riego debe adecuarse a cada variedad (Basile *et al.*, 2012) y acomodarse a las técnicas de cultivo y las condiciones edafoclimáticas.

El estrés hídrico moderado puede influir positivamente en la composición de la baya, de un modo directo, logrando un desarrollo de baya adecuado y una dinámica de acumulación de los solutos apropiada, o indirectamente, a través de la modificación del microclima de la planta (Chaves *et al.*, 2010).

Por ejemplo, el déficit hídrico post-envero puede reducir la proporción de pulpa en la baya (Niculcea *et al.*, 2013; Roby y Matthews, 2004), por el contrario, la ausencia de déficit puede acrecentar el nivel de sombreadamiento debido a un mayor desarrollo vegetativo, que generalmente reduce la concentración de ácido tartárico y sólidos solubles, pero incrementa el pH, la concentración de ácido málico y de potasio (Rojas-Lara y Morrison, 1989; en Conde *et al.*, 2007).

Según algunos autores, mantener un elevado estrés hídrico puede acelerar la maduración de la uva (Freeman y Kliewer, 1983), contrariamente, según otros autores, un excesivo estrés hídrico puede retrasar el inicio del envero y prolongar la maduración (Hardie y Considine, 1976).

En cualquier caso, un excesivo estrés hídrico puede perjudicar la composición de la baya e incluso provocar una reducción de la tasa de acumulación de materia seca en el racimo, debida a la menor cantidad de azúcares disponibles al priorizar la planta los recursos hacia el desarrollo radicular (Gómez del Campo *et al.*, 2005).

6.2 Efectos del control de rendimiento

El aclareo de racimos, independientemente de la época de realización, provoca una reducción de la carga de cosecha que puede acelerar la maduración de la uva sin afectar el nivel de fertilidad de las yemas ni modificar sustancialmente el peso de la baya (Bravdo *et al.*, 1985b; Nuzzo y Matthews, 2006; Palliotti y Cartechini, 2000; Vicente y Yuste, 2015). Este efecto puede ser especialmente notable los años de condiciones climáticas más desfavorables durante la maduración, por tanto, esta técnica ayuda a alcanzar el nivel de maduración necesario precisamente cuando es más conveniente adelantar la fecha de vendimia.

Ough y Nagaoka (1984) señalaron que un aclareo de racimos temprano, al finalizar el cuajado, tiene efectos mínimos en la fecha de maduración y la composición del mosto, así como, en la composición del vino y su aroma. En el mismo sentido, Wilson *et al.* (2014) tampoco apreciaron diferencias substanciales en la composición de la baya realizando el aclareo de racimo en la misma época.

Sin embargo, el nivel de carga mantenido aparenta afectar la composición de la uva, aunque de modo diverso. Así, Palliotti y Cartechini (2000) registraron en un ensayo de varios niveles de aclareo de racimos (0%, 20% y 40%) en tres variedades, el incremento lineal del contenido de sólidos solubles totales con el aumento de intensidad del aclareo en la mayoría de años, mientras que, a pesar de haber mostrado una tendencia general en el pH y la acidez titulable, de incremento y de reducción, respectivamente, estas fueron más variables. Asimismo, la concentración de potasio se incrementó de modo significativo con el aumento de la intensidad de aclareo en una de las variedades estudiadas, mientras que, en las otras dos variedades, lo hizo solamente en el nivel de mayor aclareo o no reflejó un efecto claro.

6.3 Sólidos solubles totales

Los azúcares acumulados en la baya pueden provenir directamente de las hojas tras su síntesis, o haber sido movilizados de las reservas de carbohidratos de la planta desde su almacenamiento en órganos sumideros reversibles como las raíces, los sarmientos y el tronco (Mansfield y Howell, 1981, en Hunter y Visser, 1988). Esta capacidad le permite a la planta mantener una tasa de acumulación de azúcares en la baya adecuada, incluso durante una maduración bajo condiciones ambientales desfavorables, aunque a expensas de reducir las reservas disponibles para la brotación en el siguiente ciclo.

La acumulación de azúcares en la baya puede verse influida por las condiciones microclimáticas en las que se desarrolla, especialmente por la temperatura. Al respecto, Kliewer (1977) indicó que la maduración con elevadas temperaturas diurnas y nocturnas (37/32 °C) provoca inhibición de la acumulación de azúcares e impide alcanzar un nivel suficiente de sólidos solubles en la baya. Sin embargo, cuando las temperaturas nocturnas descienden a 15 °C, la acumulación de azúcar no se ve influida por la temperatura diurna (Buttrose *et al.*, 1971).

En cuanto a la influencia que provoca la radiación solar en la concentración de azúcares, su impacto no es claro, pues mientras Kliewer (1977) indica que el grado de sombreadamiento no afecta a la acumulación de azúcares, otros autores, citados por Jackson y Lombard (1993), indican lo contrario.

6.3.1 Efectos de la dosis de riego

El estrés hídrico puede influir directamente en la concentración de sólidos solubles de la baya a través de la modificación del metabolismo del azúcar, o indirectamente, al reducir el volumen de agua que contiene la baya (Esteban *et al.*, 1999; Keller *et al.*, 2006; Kobashi *et al.*, 2000; van Leeuwen y Seguin, 1994; en Dai *et al.*, 2010).

Aunque el turgor celular parece influir en el proceso de acumulación de azúcar en la baya (Wyse *et al.*, 1986, en Ho, 1988), la respuesta mostrada al riego dependerá de la época y el estado hídrico de la planta. De hecho, la aplicación de riego para mitigar el estrés hídrico no tiene un claro efecto directo en la concentración de azúcares, dado que en ocasiones puede reducir los sólidos solubles totales en la baya (Freeman y Kliewer, 1983), no modificar su concentración (Bowen *et al.*, 2011; López *et al.*, 2007) o incluso incrementarla (des Gachons *et al.*, 2005; Intrigliolo y Castel, 2010).

Normalmente, la aplicación de dosis de riego elevadas reducirá la concentración de azúcar en la baya, pero una aplicación de riego moderado, especialmente en años secos,

puede fomentar que la concentración de sólidos solubles se incremente (Bourbals *et al.*, 1984; Morris y Cawthon, 1982; en Jackson y Lombard, 1993) e incluso muestre valores de concentración superiores al secano (Esteban *et al.*, 1999).

En otros casos, dependiendo de las condiciones anuales de cultivo, la acumulación de azúcares en la uva puede mostrar tasas de concentración similares, independientemente del régimen hídrico soportado (Pellegrino *et al.*, 2014), llegando el tratamiento de secano incluso a alcanzar una concentración de sólidos solubles totales por baya significativamente superior en los tratamientos regados (de Souza *et al.*, 2005).

En cualquier caso, Matthews y Anderson (1988) apreciaron que el déficit hídrico en maduración dificultó la acumulación de sólidos solubles y modificó la concentración de otros solutos de un modo que no fue solamente atribuible a la reducción del crecimiento. Asimismo, Conde *et al.* (2007) indicaron que el déficit hídrico posterior al envero a menudo provocó la reducción de la concentración de azúcar. De hecho, la acumulación de sólidos solubles totales durante el día es menor en plantas sometidas a estrés hídrico que en plantas sin estrés, principalmente a partir del mediodía, coincidiendo con la dinámica que muestra la actividad fotosintética (Wang *et al.*, 2003).

6.3.2 Efectos del aclareo de racimos

La reducción de carga de cosecha usualmente modifica la acumulación de azúcares, así en unas ocasiones incrementa su concentración final, como indicaron Palliotti y Cartechini (2000) y, en otras, puede incluso adelantar la fecha de vendimia al incrementar la tasa de acumulación de azúcares (Vicente y Yuste, 2015), al reducirse la cantidad de sumideros que deben ser abastecidos por la planta. De hecho, la acumulación de azúcares y el agostamiento de los tallos pueden verse retrasados en plantas con altos niveles de carga (Edson *et al.*, 1995b).

Por tanto, el aclareo de racimos puede facilitar la acumulación de sólidos solubles totales (Jackson y Lombard, 1993), adelantando la fecha de vendimia (Bravdo *et al.*, 1985a) o sin influir en dicha fecha (Gamero *et al.*, 2014; Iacono *et al.*, 1995; Palliotti y Cartechini, 2000), aunque el efecto de esta operación puede verse atenuado sensiblemente por las condiciones climáticas anuales (Bowen *et al.*, 2011; Vicente y Yuste, 2015).

6.4 Acidez titulable

La presencia de niveles adecuados de ácidos orgánicos en la uva es un factor clave para determinar el potencial cualitativo del mosto y su capacidad para producir un buen vino con suficiente estabilidad química y microbiológica (Conde *et al.*, 2007).

Los ácidos cuantitativamente importantes de la uva son el tartárico, fundamentalmente, y el málico (Hale, 1962), de hecho, representan generalmente entre el 68% y el 92% de todos los ácidos orgánicos de la baya (Kliewer, 1966), por tanto, cuando se determina la acidez titulable se está midiendo mayormente la concentración de estos dos ácidos.

Durante la fase de desarrollo de la baya, el valor de la acidez titulable se incrementa hasta alcanzar el envero, a partir del cual, se produce un descenso vertiginoso en la primera parte de la maduración y, posteriormente, más pausado hasta vendimia, momento en el que la reducción de la acidez titulable está en torno al 75% del valor máximo que tuvo en envero (Matthews y Anderson, 1988).

La caída de la acidez titulable al avanzar la maduración se produce principalmente por la dilución de los ácidos al acumularse agua en la baya. Sin embargo, hay otra perdida debida a cierto consumo de ácido málico, que es empleado como sustrato energético por las células para el acúmulo de azúcar. Adicionalmente, el incremento de la temperatura ambiental incrementa dicho consumo, al provocar el aumento de la tasa respiratoria de la baya, lo cual indicaría porqué la acidez titulable en climas cálidos puede caer hasta valores excesivamente bajos, dando lugar a vinos planos (Jackson y Lombard, 1993).

El ácido tartárico (TH_2) es un ácido significativamente más fuerte que el málico (MH_2), por tanto, la reducción de ácido málico en el mosto puede provocar que se incremente el ratio entre estos dos ácidos, de tal manera que valores similares de acidez titulable den lugar a una reducción del pH (Boulton, 1980; Gawel *et al.*, 2000; en Martínez de Toda y Balda, 2014).

Adicionalmente, el proceso de maduración provoca un incremento de la concentración de potasio, aspecto que resulta problemático porque se salifica con el ácido tartárico formando bitartrato potásico, que al precipitar, por ser muy insoluble, provoca una reducción de la acidez titulable, de la relación TH_2/MH_2 y un incremento del pH (Conde *et al.*, 2007).

6.4.1 Efectos de la dosis de riego

El desarrollo vegetativo se ve favorecido por el aumento del aporte hídrico, consecuentemente, la mayor superficie foliar generada incrementa la capacidad para sintetizar ácidos. Dicho incremento del desarrollo vegetativo, a su vez, provoca mayor sombreadimiento del *canopy*, lo que favorece que el racimo mantenga mejor el nivel de acidez durante la maduración, pero si el sombreadimiento del *canopy* es elevado, puede provocar una reducción de los valores de acidez titulable (Jackson y Lombard, 1993).

Por otro lado, la aplicación de riego puede provocar que los ácidos se acumulen con menor concentración debido al mayor tamaño de baya, aunque generalmente los tratamientos regados logran mayores valores de acidez titulable que el secano (Esteban *et al.*, 1999; des Gachons *et al.*, 2005; López *et al.*, 2007).

El estrés hídrico puede dificultar la formación de ácidos o fomentar su descomposición (Conde *et al.*, 2007). Por tanto, las plantas de secano suelen mostrar menor acidez titulable que las regadas, debido fundamentalmente a una concentración de ácido málico mucho menor (Intrigliolo y Castel, 2010). De hecho, la reducción de la acidez titulable en dicha situación es debida principalmente al mayor descenso de concentración de ácido málico que de ácido tartárico (Esteban *et al.*, 1999).

El estrés hídrico sufrido en pre-envero afecta muy negativamente a la composición de la baya, al reducir los valores de acidez titulable en la uva (Girona *et al.*, 2009), pero puede ocurrir lo contrario, que una situación de fuerte estrés hídrico mantenida durante toda la estación provoque valores de acidez titulable más elevados en los tratamientos sometidos a mayor restricción hídrica (Yuste *et al.*, 2013). Por tanto, la influencia de la dosis de riego en el incremento del valor de acidez titulable puede ser variable en función de la variedad y las condiciones ambientales del año (Bowen *et al.*, 2011).

6.4.2 Efectos del aclareo de racimos

Una elevada carga de cosecha suele conllevar mayor nivel de acidez titulable en la uva (Jackson y Lombard, 1993), sin embargo, esto suele estar acompañado de una menor concentración de azúcar, lo que en conjunto indica que la fruta tiene un nivel de madurez escaso e inapropiado.

Dado que un exceso de carga dificulta que se alcance un nivel adecuado de sólidos solubles en la fecha pretendida de vendimia, puede ser conveniente realizar un aclareo de racimos, aunque pueda provocar una reducción de la acidez titulable (Palliotti y Cartechini, 2000), independientemente de la dosis de riego que haya recibido la planta (Gamero *et al.*, 2014). Llevar a cabo esta técnica también puede ser deseable, debido a que al provocar un incremento de la tasa de acumulación de azúcar, el tiempo necesario para alcanzar la maduración deseada es menor y se podría limitar parcialmente la pérdida de acidez titulable (Nuzzo y Matthews, 2006).

Sin embargo, la intensidad con la que se aplica el aclareo de racimos puede influir en la respuesta de la acidez titulable. Al respecto, Reščić *et al.* (2015), aplicando una reducción del 40-50% de los racimos, señalaron una reducción estadísticamente significativa de la acidez titulable en todos los años de estudio, mientras que una reducción menor del número de racimos (20-30%) mostró una disminución de la acidez

titulable variable, con valores similares al tratamiento testigo o al tratamiento más intensamente aclareado en función del año de estudio.

6.5 pH

La medida de pH indica el grado de disociación que presentan los ácidos presentes en el mosto. En el ámbito enológico esta medida es de suma importancia, debido a que el grado de disociación influye de modo significativo en la estabilidad tartárica, microbiana y proteica del vino, así como en la sensación ácida durante la cata, por tanto, esta determinación puede ser considerada la medida de acidez más importante en mosto y vino (Boulton, 1980).

Una cosecha con elevados valores de pH a menudo provoca que el mosto y el vino sean inestables, al ser más susceptibles a la oxidación y la actividad microbiológica indeseada, dado que valores por encima de 3,6 reducen la efectividad del SO₂ (Jackson y Lombard, 1993). Además, respecto a las características organolépticas, un valor elevado de pH tampoco es deseable pues aporta al vino un gusto plano (Somers, 1977; en Mpelasoka *et al.*, 2003).

6.5.1 Efectos de la dosis de riego

El efecto que provoca el riego sobre el pH no es claro, pues en ocasiones el pH se ve incrementado por el riego (Freeman y Kliewer, 1983), en función de la dosis aplicada (Bowen *et al.*, 2011), mientras que en otras circunstancias el riego deficitario puede reducir el pH respecto al tratamiento de secano (López *et al.*, 2007) o no modificarlo (Matthews y Anderson, 1988).

Adicionalmente, un mayor desarrollo vegetativo provocado por el incremento de la dosis de riego puede influir indirectamente en los valores de pH de un modo variable al incrementar el sombreado del racimo y de la superficie foliar activa (Dokoozlian y Kliewer, 1996; Jackson y Lombard, 1993; Martínez de Toda y Balda, 2014; Smart, 1985).

Las diferencias de pH obtenidas por los citados autores indican la influencia de las condiciones particulares de cada ensayo en la acumulación de los solutos implicados en su valor, dado que el valor de pH puede ser afectado por el grado de dilución y disociación de los ácidos acumulados en la baya, el ratio TH₂/MH₂ y la concentración de potasio.

6.5.2 Efectos del aclareo de racimos

Es ampliamente aceptado que un bajo rendimiento de cosecha va acompañado de un valor alto de pH (Champagnol, 1984; Galet, 1983; Looney, 1981; Morris y Cawthon,

1981; Sinton *et al.*, 1978; Winkler, 1954; en Jackson y Lombard, 1993), por tanto, realizar aclareo de racimos puede ocasionar un aumento del pH (Palliotti y Cartechini, 2000; Reščić *et al.*, 2015). Sin embargo, en ciertas ocasiones no se ha observado una modificación del pH a causa del aclareo de racimos (Gamero *et al.*, 2014).

El incremento de pH derivado de la reducción del número de racimos podría estar provocado por una mayor acumulación de potasio en la baya (Hepner y Bravdo, 1985), debido a que la planta acumule la misma cantidad de potasio en un menor número de sumideros.

6.6 Ácido tartárico

El ácido tartárico es el principal ácido en la uva y el vino, y por tanto, contribuye de un modo significativo al gusto, la sensación en boca y la capacidad de envejecimiento del vino (Hale, 1962; Pasteur, 1860; en de Bolt *et al.*, 2006).

Debido a que el ácido tartárico da un sabor fresco y estimulante al vino, una concentración optima de ácido tartárico en mosto es altamente deseable (Rühl, 2000, en Martínez de Toda y Balda, 2014).

El ácido tartárico es acumulado principalmente durante los primeros estados de desarrollo de la baya (Conde *et al.*, 2007), alcanzando la concentración un máximo antes de comenzar la maduración. A partir de entonces, la concentración se ve reducida por dilución, a consecuencia del incremento del tamaño de baya durante la maduración (Hale, 1977).

6.6.1 Efectos de la dosis de riego

La acumulación de ácido tartárico se produce fundamentalmente durante la primera fase de desarrollo de la baya, cuando no es habitual que el estrés hídrico sea tan restrictivo como para reducir su síntesis, pero sí podría ser lo suficientemente intenso como para reducir el tamaño de baya y por tanto incrementar su concentración. Por tanto, la concentración de ácido tartárico podría ser superior en secano que en regadío, pero, sin embargo, podría producirse una reducción de la síntesis de ácido tartárico debida al estrés hídrico, dado que la cantidad de ácido tartárico por baya es mayor al incrementarse el aporte hídrico (Esteban *et al.*, 1999; de Souza *et al.*, 2005).

La concentración de ácido tartárico en el mosto desciende al avanzar la maduración, principalmente por un efecto de dilución provocado por el aumento de tamaño de la baya, pues la cantidad de ácido tartárico por baya se mantiene constante, independientemente del régimen hídrico aplicado. Sin embargo, un mayor valor de acidez por baya al incrementarse la dosis hídrica probablemente se debe a que el déficit hídrico

durante el periodo herbáceo de la baya haya reducido la síntesis y acumulación de ácido tartárico en la baya (Girona *et al.*, 2009; Intrigliolo y Castel 2010; Salon *et al.* 2005).

Por otro lado, un incremento de la dosis de riego también puede provocar indirectamente una reducción del nivel de ácido tartárico en la baya, pues Smart (1985) indicó que plantas con un gran desarrollo vegetativo y un excesivo sombreadamiento del canopy pueden producir bayas con menor concentración final de ácido tartárico.

6.6.2 Efectos del aclareo de racimos

Dado que la acumulación de ácido tartárico se produce durante el inicio de la fase de desarrollo del fruto, el aclareo de racimos en enero probablemente no mostrará diferencias en la concentración de ácido tartárico entre tratamientos (Gamero *et al.*, 2014), sin embargo, el aclareo temprano realizado en floración o cuajado podría influir más probablemente en la concentración de ácido tartárico.

En cualquier caso, diversos autores, al realizar el aclareo de racimos en fechas tempranas no indican diferencias entre tratamientos ni tendencias definidas (Bravdo *et al.*, 1984; Bravdo *et al.*, 1985a; Bravdo *et al.*, 1985b).

6.7 Ácido málico

El ácido málico es acumulado en la baya durante el final de la fase I de desarrollo de la baya (Conde *et al.*, 2007), por tanto, su concentración alcanza un máximo antes del comienzo de la maduración y se reduce a partir de enero debido a un efecto de dilución, provocado por el crecimiento de la baya, y a un consumo metabólico durante la maduración de la baya (Coombe, 2001) que se ve acelerado por la alta temperatura (Buttrose *et al.*, 1971; Hale, 1977).

La influencia de la temperatura en la concentración de ácido málico se produce por dos vías, pues la alta temperatura favorece la degradación de ácido málico, mientras que la baja temperatura favorece su síntesis (Lakso y Kliewer, 1978). Por tanto, los valores de concentración de ácido málico habitualmente son menores en las zonas de cultivo cálidas y más elevados en las regiones frías (Jackson y Lombard, 1993).

La reducción de la concentración de ácido málico se puede paliar parcialmente al incrementar el sombreado del racimo, ya que al recibir menor radiación solar se reducirá la temperatura máxima soportada por la uva (Smart, 1985).

Por otro lado, Conde *et al.* (2007) indicaron que un elevado nivel de potasio podría reducir la degradación de ácido málico en la baya al dificultar su transporte celular, desde el lugar de almacenamiento en la vacuola hasta el citoplasma, donde se metaboliza.

6.7.1 Efectos de la dosis de riego

La concentración de ácido málico es fuertemente dependiente del estado hídrico de la planta (Matthews y Anderson, 1988) y se ve reducida en función del déficit hídrico soportado (des Gachons *et al.*, 2005).

El estrés hídrico durante el desarrollo de la baya provoca una menor síntesis de ácido málico (Girona *et al.* 2009, Intrigliolo y Castel 2010, Salon *et al.* 2005), por tanto, la aplicación de riego deficitario en dicha fase permite iniciar el envero con mayor concentración de ácido málico que en condiciones de secano y mantener valores superiores durante la maduración (López *et al.*, 2007).

Del mismo modo, tanto Conde *et al.* (2007) como Matthews y Anderson (1988), indican que la concentración final de ácido málico se ve reducida especialmente cuando el déficit hídrico ocurre durante el desarrollo herbáceo de la baya. En particular, Matthews y Anderson (1988) señalan diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento con déficit hídrico pre-envero y el tratamiento con déficit hídrico en maduración.

Aunque habitualmente las plantas regadas inician el envero con concentraciones de ácido málico claramente mayores que las plantas mantenidas en secano (Intrigliolo y Castel, 2010; López *et al.*, 2007), en otras ocasiones, la concentración es similar entre diversos tratamientos (de Souza *et al.*, 2005) o ligeramente superior y variable en función del año de estudio (Esteban *et al.*, 1999).

6.7.2 Efectos del aclareo de racimos

Debido a que la acumulación de ácido málico en la baya ocurre mayoritariamente durante la última parte del desarrollo de la baya, la influencia que pueda tener el aclareo de racimos en la acumulación de ácido málico será mayor cuando se realiza en una fase temprana del ciclo.

De hecho, un aclareo de racimos en cuajado puede mostrar una tendencia al incremento de la concentración de ácido málico en los tratamientos con menor carga de cosecha (Bravdo *et al.*, 1984), incluso con diferencias significativas entre tratamientos (Bravdo *et al.*, 1985a; Bravdo *et al.*, 1985b), mientras que la realización del aclareo de racimos en envero no provocó ninguna modificación en la concentración de ácido málico (Gamero *et al.*, 2014).

6.8 Potasio

Una alta concentración de potasio en el mosto reduce la cantidad de ácidos libres, y por tanto, incrementa el valor de pH y reduce la concentración de ácido tartárico por precipitación de bitartrato potásico, dando lugar a una reducción de la acidez titulable y de la relación TH_2/MH_2 , que a su vez elevará el pH (Mpelasoka *et al.*, 2003). Por añadidura, el valor de pH de partida será inicialmente alto, debido a que el mosto con elevada concentración de potasio también suele presentar mayor concentración de ácido málico (Hepner y Bravdo, 1985; Jackson y Lombard, 1993).

Aunque el pH del mosto es prácticamente independiente de la concentración de potasio, para valores similares de acidez titulable, una acumulación de potasio y sodio conlleva una elevación del pH (Boulton, 1980), por tanto, se suele asociar un valor elevado de pH con una acumulación elevada de potasio en el mosto (Mpelasoka *et al.*, 2003).

Dado el papel que juega el potasio en la pérdida de acidez titulable y la importancia del nivel de potasio en la uva para la calidad del vino, entender su dinámica de acumulación es de extrema importancia (Conde *et al.*, 2007).

La abundancia de este catión en los tejidos de la planta y su elevada movilidad puede ser debida a que sea un contribuyente significativo del componente osmótico (Mpelasoka *et al.*, 2003). Por tanto, el potasio controlaría las relaciones hídricas de la planta para mantener el turgor y crecimiento de la baya durante la fase de desarrollo, y después del envero, tendría una importante labor secundaria en la acumulación de azúcares (Conde *et al.*, 2007).

De hecho, el contenido de potasio aumenta al desarrollarse la baya (Peynaud y Ribéreau-Gayon, 1971; en Hale, 1977), mostrando un fuerte incremento en envero que posteriormente se modera, ya que se reduce la tasa de acumulación al avanzar la maduración, aunque los valores siguen incrementando hasta vendimia (Esteban *et al.*, 1999).

El intenso incremento inicial de concentración después de envero se debería a una masiva descarga de potasio en la baya provocada por la planta, al redistribuir el catión desde otros órganos hacia las bayas (Blouin y Cruège, 2003; en Conde *et al.*, 2007; Downton, 1977; Smart *et al.*, 1985b, Williams y Biscay, 1991; en Mpelasoka *et al.*, 2003).

La capacidad de la planta para acumular potasio en la baya dependerá de una combinación de múltiples factores, tales como la variedad cultivada, el portainjerto empleado, las características del suelo, el microclima de la planta y las prácticas culturales

realizadas, que tendrán efectos en la capacidad de asimilación del sistema radicular y su translocación a los órganos de almacenamiento, así como en el nivel de reservas disponibles y su distribución, en función del número de bayas y su tasa de crecimiento (Mpelasoka *et al.*, 2003).

En cualquier caso, el potasio se encuentra en cantidad abundante en la baya, de hecho es el principal catión mineral presente en el mosto (Mpelasoka *et al.*, 2003) y constituye alrededor del 70% de todos los cationes minerales de la uva madura (Hale, 1977). Sin embargo, este soluto no se distribuye uniformemente en los tejidos de la baya, pues su concentración es mayor en la piel (Coombe, 1992), debido a ello, la concentración de potasio en mosto se verá incrementada al emplear técnicas de vinificación que prolonguen el tiempo de contacto con las pieles.

Por tanto, el impacto negativo de una alta concentración de potasio en la uva puede verse agravado al prolongarse el tiempo de contacto de los hollejos con el mosto, como es el caso de la elaboración de vino tinto. Sin embargo, tampoco debe obviarse esta cuestión en la elaboración de vino blanco, pues el empleo de técnicas como la maceración prefermentativa o el uso de enzimas pectolíticas favorecen el aumento de la concentración de potasio en el mosto.

6.8.1 Efectos de la dosis de riego

La concentración de potasio en la baya habitualmente es incrementada por el riego (Freeman y Kliewer, 1983; Hepner y Bravdo, 1985; López *et al.*, 2007). Del mismo modo, Matthews y Anderson (1988) indicaron que la concentración de potasio fue proporcional a la dosis de riego aplicada, sin embargo, al comparar el contenido de potasio por baya, el tratamiento sometido a estrés hídrico pre-envero inició la maduración con mayor contenido, pero a lo largo de la maduración, se produjo mayor acumulación de potasio por parte del tratamiento de control, regado durante toda la temporada, provocando que los valores entre tratamientos finalmente se igualasen en vendimia.

Por otro lado, un mayor desarrollo vegetativo debido a la aplicación de riego puede favorecer la acumulación de potasio, pues ha sido observado un fenómeno de acumulación de potasio en la planta y la baya al incrementarse el sombreado del *canopy*, tanto si es provocado por la superficie foliar (Dokoozlian y Kliewer, 1995a; Dokoozlian y Kliewer, 1996) como si es inducido artificialmente (Roja-Lara y Morrison, 1989; en Mpelasoka *et al.*, 2003).

Considerando que habitualmente el contenido de azúcar en la baya se ha visto reducido por el sombreado, el incremento de la concentración de potasio podría ser un mecanismo de ajuste del potencial osmótico, para mantener el turgor y el gradiente

de potencial hídrico en condiciones de baja acumulación de azúcares, con el objetivo de evitar o minimizar la reducción del crecimiento de la baya (Mpelasoka *et al.*, 2003).

6.8.2 Efectos del aclareo de racimos

La acumulación de potasio muestra una respuesta variable en función de las condiciones particulares de cada ensayo, pues aunque aparentemente el contenido de potasio se incrementa al reducirse la carga de cosecha (Hepner y Bravdo, 1985), en unos casos el aclareo de racimos incrementó la concentración de potasio (Bravdo *et al.*, 1985b) y en otros no tuvo efecto en la concentración de potasio (Freeman y Kliewer, 1983).

Del mismo modo, al aplicar el aclareo de racimos en envero, Uriarte *et al.* (2016) indicaron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, independientemente del régimen hídrico soportado, mientras que Vicente y Yuste (2015) estudiando plantas de secano, señalaron una mayor acumulación de potasio en el tratamiento sometido a aclareo con diferencias estadísticamente significativas.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

El estudio se llevó a cabo durante los años 2012, 2013 y 2014.

1.1 Localización geográfica

El ensayo experimental se encuentra situado en el término municipal de Medina del Campo (Valladolid), en un viñedo comercial propiedad del Grupo Yllera S.L., dentro de la Denominación de Origen Rueda. Las coordenadas geográficas son 41°21'2" Norte y 4°56'16" Oeste (Coordenadas UTM: Huso 30T, X=337.885 Y=4.579.491).

1.2 Características del viñedo

Las principales características del viñedo experimental son las siguientes:

- Variedad: Verdejo, clon CL-101.
- Portainjerto: 110 Richter.
- Año de plantación: 2006 (planta-injerto).
- Densidad de plantación: 2,6 x 1,25 m (3077 plantas/ hectárea).
- Orientación de las filas: Nornoroeste-Sureste.
- Sistema de conducción y tipo de poda: Espaldera en Cordón Royat bilateral, con tronco vertical hasta 60 cm del suelo, con cuatro pulgares por brazo. La poda de invierno es corta, con dos yemas francas por pulgar.

El *canopy* es guiado empleando un alambre fijo, 30 cm por encima del alambre de formación, y dos pares de alambres móviles que son utilizados para guiar la disposición de los pámpanos, de tal modo que la vegetación al ascender conforma aproximadamente un paralelepípedo de sección rectangular.

Se ha ejecutado una rigurosa poda en verde, para mantener el mismo número de brotes por planta, priorizando los pámpanos fértiles en los pulgares.

Los brotes se han mantenido homogéneamente distribuidos, adecuándolos a la forma de conducción en espaldera vertical.

Las técnicas de cultivo aplicadas en el ensayo a lo largo de los tres años de estudio, como abonado, tratamientos fitosanitarios, mantenimiento del suelo, etc., se han realizado por igual en todos los tratamientos experimentales, en consonancia con el resto del viñedo de la finca donde está enclavado el ensayo.

1.3 Características climáticas

La clasificación climática general se ha realizado a partir de una serie de datos meteorológicos de 30 años (1981-2010), procedentes del observatorio del Instituto Meteorológico de Valladolid.

Tabla II.1. Características termopluviométricas del año medio del periodo 1981-2010. Estación meteorológica territorial de Valladolid. Altitud 735 m, latitud 41°38'27" N y longitud 04°45'16" W. **Tm:** temperatura media (°C); **Tmax:** temperatura media de máximas (°C); **Tmin:** temperatura media de mínimas (°C); **HR:** humedad relativa (%); **HS:** número de horas de sol mensuales; **P:** precipitación (mm).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tm	4,2	5,9	9,0	10,7	14,5	19,3	22,3	22,1	18,5	13,2	7,9	5,0	12,7
Tmax	8,2	11,2	15,2	16,9	21,0	27,0	30,7	30,1	25,6	18,9	12,4	8,6	18,8
Tmin	0,2	0,7	2,8	4,6	7,9	11,6	14,0	14,1	11,3	7,6	3,5	1,3	6,6
HR	83	72	62	62	60	52	45	48	56	70	79	84	64
HS	101	147	215	232	272	322	363	334	254	182	117	89	2624
P	40	27	22	46	49	29	13	16	31	55	52	53	433

Empleando la serie de datos climáticos anterior se han determinado los siguientes índices y constantes vitícolas:

- Periodo activo (T^a media > 10 °C): 214 días, del 3 de abril al 2 de noviembre
- Periodo libre de heladas: 166 días, del 7 de mayo al 19 de octubre
- Integral Térmica Activa (ITA): 3764 °C
- Integral Térmica Eficaz (ITE): 1550 °C
- Temperatura media del periodo activo: 17,23 °C
- Precipitación media anual: 433 mm
- Precipitación media durante el periodo activo: 238 mm
- Integral de horas de sol en periodo activo: 1943
- Producto Heliotérmico de Branas, Bernon y Levadoux (PH): 3,01
- Índice Heliotérmico de Huglin (IH): 2172
- Sist. Clasificación Climática Multicriterio Geovitícola (Tonietto y Carbonneau, 2004): Índice heliotérmico moderado (HI-1), temperaturas nocturnas muy frescas (CI+2) y déficit hídrico moderadamente seco (DI+1).

Los datos climáticos del ensayo experimental correspondientes a cada año vitícola del periodo de estudio se reflejan en las tablas II.2, II.3 y II.4. Los datos han sido calculados como promedio de los valores recogidos por las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red Inforiego y ubicadas en Rueda y Medina del Campo, a una altitud de 700 m y 724 m respectivamente.

Tabla II.2. Valores termopluviométricos del año vitícola 2012 (octubre 2011 - septiembre 2012). **Tm:** temperatura media ($^{\circ}\text{C}$); **T_{máx}:** temperatura media de máximas ($^{\circ}\text{C}$); **T_{min}:** temperatura media de mínimas ($^{\circ}\text{C}$); **P:** precipitación (mm); **Pe:** precipitación eficaz (mm); **IT_E:** Integral térmica eficaz ($^{\circ}\text{C}$); **ET_O:** Evapotranspiración potencial de referencia.

	Oct 11	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
	Sep 12																
Tm	13,1	8,2	3,7	2,1	2,4	8,8	8,2	16,3	20,0	21,3	22,5	17,9	12,3	7,5	5,1	12,0	
T_{máx}	22,5	12,8	9,2	7,0	10,1	17,1	13,2	23,6	27,6	30,0	30,9	25,7	19,0	12,4	9,4	19,2	
T_{min}	4,4	4,3	-0,8	-2,1	-4,9	0,1	3,8	8,7	11,4	12,0	13,4	10,4	6,4	3,0	1,0	5,1	
P	0	1	29	15	1	11	40	11	5	7	2	21	71	43	15	140	
Pe	0,0	0,0	3,1	0,7	0,0	1,8	15,3	0,2	0,9	2,2	0,0	7,9	36,8	13,3	1,2	32	
IT_E	96	24	0	0	0	25	9	172	299	351	386	238	96	25	2	1600	
ET_O	75	34	23	19	43	87	80	155	179	197	182	121	63	33	24	1196	

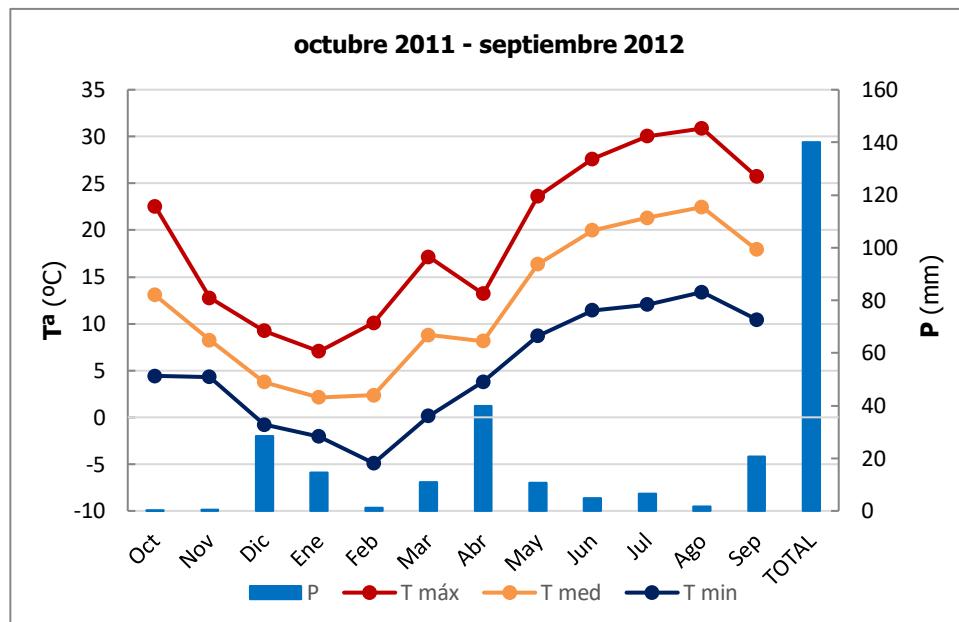


Figura II.1. Climograma del año vitícola 2012 (octubre 2011 - septiembre 2012).

Tabla II.3. Valores termopluviométricos del año agrícola 2013 (octubre 2012 - septiembre 2013). **Tm:** temperatura media ($^{\circ}\text{C}$); **T_{máx}:** temperatura media de máximas ($^{\circ}\text{C}$); **T_{min}:** temperatura media de mínimas ($^{\circ}\text{C}$); **P:** precipitación (mm); **Pe:** precipitación eficaz (mm); **IT_E:** Integral térmica eficaz ($^{\circ}\text{C}$); **ET_O:** Evapotranspiración potencial de referencia.

	Oct 12	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
	Sep 13																
Tm	12,3	7,5	5,1	4,5	4,2	7,3	9,5	11,7	17,2	23,6	21,7	18,2	13,4	6,5	2,6	11,9	
T_{máx}	19,0	12,4	9,4	9,3	9,7	12,1	15,5	18,1	25,0	32,1	30,6	26,7	19,6	11,9	8,1	18,3	
T_{min}	6,4	3,0	1,0	0,5	-0,8	2,8	3,5	5,1	9,1	14,6	12,7	10,4	8,2	1,7	-2,1	5,7	
P	71	43	15	39	28	98	33	18	10	19	4	42	53	8	44	418	
Pe	36,8	13,3	1,2	11,6	8,2	42,8	8,7	4,9	8,3	4,9	1,0	22,0	25,5	0,7	14,7	205	
IT_E	96	12	2	0	0	4	42	66	215	421	363	246	118	33	0	1466	
ET_O	63	33	24	28	40	63	96	112	166	202	183	116	65	39	25	1125	

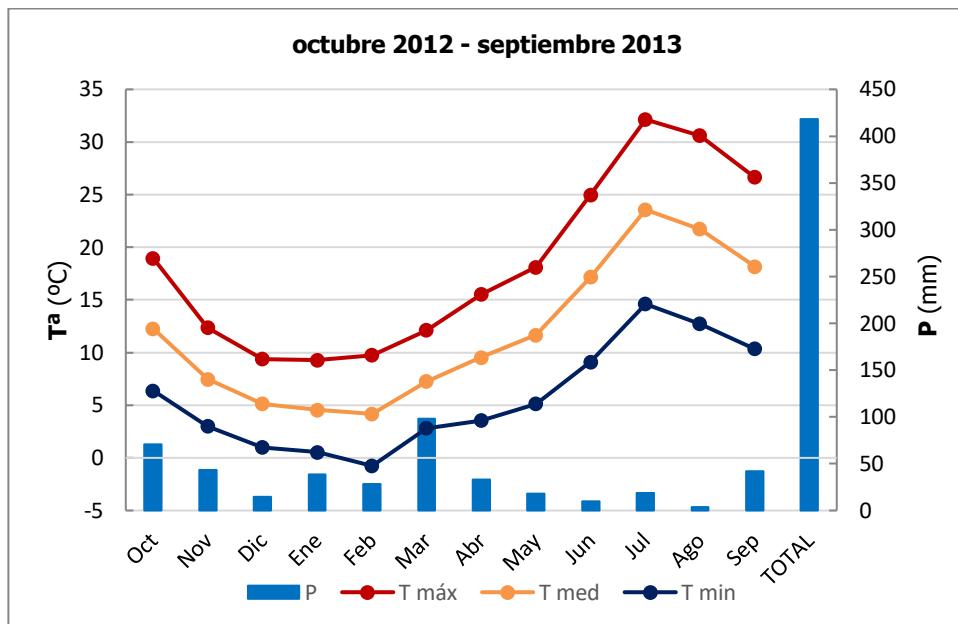


Figura II.2. Climograma del año vitícola 2013 (octubre 2012 - septiembre 2013).

Tabla II.4. Valores termopluviométricos del año agrícola 2014 (octubre 2013 - septiembre 2014). **Tm:** temperatura media ($^{\circ}\text{C}$); **Tmáx:** temperatura media de máximas ($^{\circ}\text{C}$); **Tmin:** temperatura media de mínimas ($^{\circ}\text{C}$); **P:** precipitación (mm); **Pe:** precipitación eficaz (mm); **IT_E:** Integral térmica eficaz ($^{\circ}\text{C}$); **ET₀:** Evapotranspiración potencial de referencia.

Oct 13 Sep 14	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tm	13,4	6,5	2,6	6,1	5,5	8,8	13,2	14,6	19,0	21,1	21,3	18,6	15,7	9,6	3,7	12,6
Tmáx	19,6	11,9	8,1	10,2	10,0	15,8	20,3	22,1	26,6	28,7	29,1	25,8	23,2	13,8	8,2	19,0
Tmin	8,2	1,7	-2,1	1,8	1,2	2,0	6,5	7,1	10,7	13,2	13,3	12,3	9,7	5,7	0,1	6,3
P	53	8	44	52	47	22	19	17	13	6	0	50	14	47	16	329
Pe	25,5	0,7	14,7	20,6	13,8	9,0	3,9	6,2	3,5	1,7	0,0	22,1	4,1	14,7	3,3	144
IT_E	118	21	0	0	1	12	104	145	270	346	350	251	177	27	0	1618
ET₀	65	39	25	32	44	84	115	162	184	197	176	119	86	34	17	1242

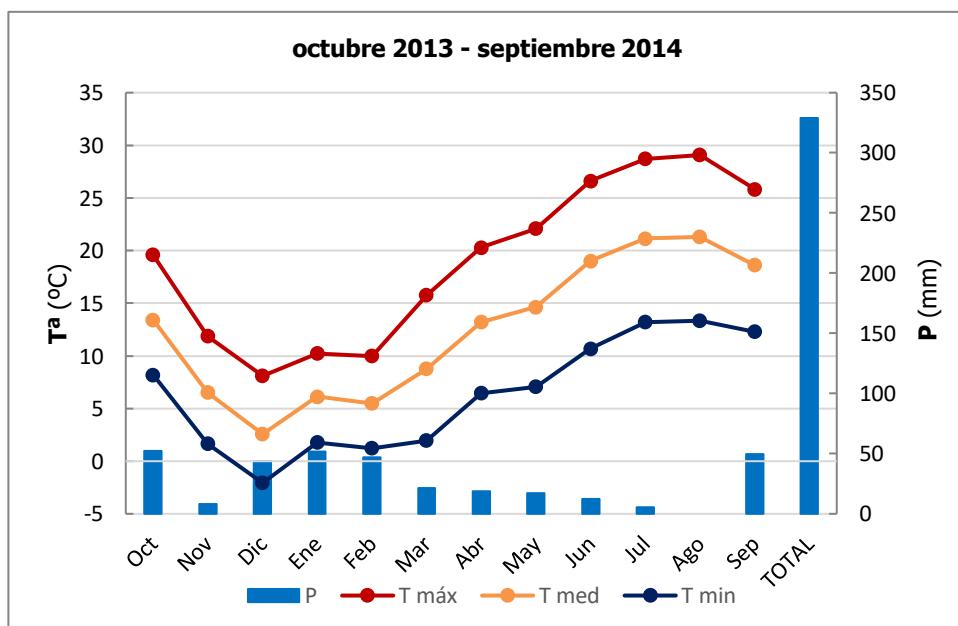


Figura II.3. Climograma del año vitícola 2014 (octubre 2013 - septiembre 2014).

Algunos valores facilitados por la Red Inforiego son elaborados, como en los casos de la evapotranspiración de referencia (ET₀) y de la precipitación efectiva (Pe). La primera es calculada siguiendo el método de Penman-Monteith modificado por Doorenbos y Pruitt (1986); la segunda es determinada empleando el método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (Mishra y Singh, 2003).

1.4 Características edáficas

Se realizaron varias calicatas en diversos puntos del ensayo con el objetivo de caracterizar el suelo y facilitar la toma de muestras con las que determinar su estado físico, químico y nutricional.

Tabla II.5. Profundidad, color y clasificación USDA de los horizontes de la calicata de referencia.

Profundidad	Color (Munsell)	Clasificación USDA (2006)	
		Haploxeralf cálcico	
		Horizonte genético	Horizonte diagnóstico
0-20 cm	10YR3/4	Ap	Óchrico
20-45 cm	10YR3/4	A12	Óchrico
45-75 cm	5YR5/7	Bt	Argílico
75-125 cm	7.5YR4/5	Bk	Cálcico
125-145 cm	5YR7.5/7	C	No diagnóstico
145-180 cm	10YR5/2	2Ck	Cálcico

Se observó en campo que no había diferencias sustanciales entre calicatas y que se podía considerar el suelo similar en toda la superficie del ensayo, variando entre calicatas ligeramente la potencia de los horizontes, como es lógico. Las muestras de suelo tomadas en cada calicata mostraron alta homogeneidad en la textura y la composición entre calicatas. Por ello, para la descripción del perfil tipo del ensayo y la composición del suelo se ha mostrado la imagen de una calicata representativa, a modo de referencia, en la figura II.4, así como los datos de composición medios por horizonte, a partir de las muestras tomadas en campo. Se debe destacar que los dos horizontes más profundos presentaban gran similitud, diferenciándose fundamentalmente en el mayor porcentaje de elementos gruesos que presentaba el horizonte más profundo, de modo que, a efectos prácticos, se tomó una muestra única para análisis.

Tabla II.6. Profundidad, granulometría, elementos gruesos (%), densidad aparente y clasificación textural USDA de los horizontes de la calicata de referencia.

Profundidad	Arena	Limo	Arcilla	Elementos gruesos	Densidad aparente	Clasificación textural
0-20 cm	58%	25%	18%	3%	1,60	Franco-Arenosa
20-45 cm	60%	24%	17%	5%	1,59	Franco-Arenosa
45-75 cm	56%	21%	23%	3%	1,50	Franco-Arcillo-Arenosa
75-125 cm	71%	9%	21%	18%	1,47	Franco-Arcillo-Arenosa
125-145 cm				3%		
145-180 cm	81%	9%	10%	40%	1,75	Arenosa

Tabla II.7. Profundidad, materia orgánica (%), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH y contenido en carbonatos (%) y caliza activa (%) de los horizontes de la calicata de referencia.

Profundidad	Materia orgánica	Conductividad eléctrica	pH (1:2,5)	Carbonatos	Caliza activa
0-20 cm	0,923%	178,00	7,83	<3%	—
20-45 cm	0,563%	64,50	7,63	<3%	—
45-75 cm	0,320%	53,50	7,64	<3%	—
75-125 cm	0,190%	69,25	8,25	33%	11%
125-145 cm					
145-180 cm	0,110%	60,00	8,40	36%	4%

Tabla II.8. Profundidad, contenido en fósforo (**P**, ppm), potasio (**K**, cmol+/kg), calcio (**Ca**, cmol+/kg), magnesio (**Mg**, cmol+/kg), sodio (**Na**, cmol+/kg), carbono total (**C_{TOTAL}**, %) y nitrógeno total (**N_{TOTAL}**, %), así como la relación carbono/nitrógeno (**C/N**) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (**CIC**, cmol+/kg), de los horizontes presentes en la calicata de referencia.

Profund.	P	K	Ca	Mg	Na	C _{TOTAL}	N _{TOTAL}	C/N	CIC
0-20 cm	28,83	0,55	10,60	2,31	1,19	0,558	0,190	2,93	14,10
20-45 cm	25,78	0,32	8,57	1,87	0,70	0,350	0,146	2,39	11,15
45-75 cm	7,39	0,36	12,50	2,05	1,32	0,200	0,031	6,50	15,87
75-125 cm	5,61	0,39	22,91	1,66	1,72	0,250	0,019	13,33	26,29
125-145 cm									
145-180 cm	9,69	0,33	21,64	1,10	1,48	0,200	0,008	26,67	24,21

Los valores de pH han sido altos, aunque no tanto como para considerarse problemáticos para la absorción de nutrientes. El contenido en materia orgánica ha sido muy bajo en todos los horizontes, incluso en los más superficiales. La concentración de calcio en el horizonte superficial ha reflejado un nivel medio, reduciéndose en el siguiente horizonte, para a continuación, tender a incrementarse en función de la profundidad, debido a una fuerte lixiviación hacia los horizontes más profundos, que han presentado un elevado contenido. El contenido de potasio y magnesio de los horizontes subsuperficiales del suelo ha sido bajo, así como la relación entre ellos (K/Mg), de modo que podrían presentarse deficiencias de potasio.

A su vez, los bajos niveles de magnesio han provocado valores elevados en la relación Ca/Mg, en los horizontes donde se han registrado valores altos de calcio, de modo que las plantas podrían presentar carencias de magnesio, al dificultarse su absorción por antagonismo con el calcio (Gómez Miguel, 1994).

Los valores de fósforo son medios hasta los 45 cm y muy bajos a partir de ahí, probablemente debido a que su origen es antrópico. Los niveles de nitrógeno son muy bajos en todos los perfiles, asimismo la relación C/N presenta valores muy bajos en los horizontes superiores, por tanto, el potencial de mineralización de la materia orgánica se ve reducido.

En cualquier caso, no se han observado síntomas de clorosis o carencias nutricionales en las plantas.



Figura II.4. Calicata realizada en el ensayo experimental para el estudio del suelo.

La capacidad de retención de agua del suelo fue calculada mediante el método de la placa de presión (o membrana de Richards). Al aplicar una presión determinada sobre una muestra de suelo húmedo, dicha muestra libera agua hasta alcanzar el equilibrio con la fuerza de retención del suelo. Para ello, muestras de tierra fina obtenidas de cada horizonte se hidrataron, por duplicado, hasta saturación durante un día.

Cada muestra duplicada de tierra se introdujo en una olla de presión y fue sometida a dos presiones características. En una olla de presión se aplicó pF 2,4 (0,33 bar) y en la otra 4,2 (15 bar). Las unidades pF se emplean como simplificación de las unidades de

presión empleadas tradicionalmente (g/cm^2), siendo sus unidades el valor de los logaritmos decimales de la presión ejercida en un punto de interés determinado.

Estas presiones se consideran equivalentes a la fuerza de retención de agua del suelo a capacidad de campo (CC) y en el punto de marchitez permanente (PM), respectivamente. A las 24 horas, las muestras se sacaron de las ollas y se pesaron, dando por diferencia la capacidad de retención de agua disponible en el suelo (CRAD).

Tabla II.9. Contenido volumétrico de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, agua útil, elementos gruesos (%) y capacidad de retención de agua disponible en el suelo (CRAD).

Profund.	Da (g/cm^3)	Humedad (% peso seco)		Agua útil (%v/v)	Elem. Gruesos (%)	CRAD de cada horizonte (mm)	CRAD hasta 1 m (mm/m)	CRAD total (mm/1,8m)
		CC ($\Psi_m=0,33$ bar)	PM ($\Psi_m=15$ bar)					
0-20 cm	1,60	15,57	7,51	12,91	3%	25,04		
20-45 cm	1,59	16,62	6,83	15,55	5%	36,94	127,2	
45-75 cm	1,50	19,72	10,35	14,05	3%	40,89		
75-125 cm	1,47	18,15	10,08	11,86	18%	48,61	—	196,9
125-145 cm	1,75	13,66	7,24	11,24	3%	21,80		
145-180 cm	1,75	13,66	7,24	11,24	40%	23,60		

1.5 Fenología del ensayo

Para el seguimiento de la fenología se empleó la escala de Baillod y Baggioini (1993), estimándose alcanzado cada estado al superar dicha fase el 50% de las plantas.

Tabla II.10. Fechas en las que al menos el 50% de las plantas alcanzaron los estados fenológicos indicados, durante los años del estudio.

Año	Desborre	Floración	Envero	Maduración Trat. Testigo	Maduración Trat. Aclareo
2012	21 de abril	17 de junio	21 de agosto	27 de septiembre	21 de septiembre
2013	16 de abril	3 de julio	26 de agosto	10 de octubre	10 de octubre
2014	6 de abril	8 de junio	13 de agosto	15 de septiembre	15 de septiembre

2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo durante los años 2012, 2013 y 2014, manteniendo cada tratamiento experimental la misma ubicación a lo largo de todo el período de estudio.

2.1 Tratamientos experimentales

El ensayo experimental se diseñó siguiendo el modelo *split-plot* con un factor principal, el régimen hídrico, en bloques al azar, y uno secundario, el nivel de carga de uva, establecido a través del aclareo de racimos.

2.1.1 Tratamientos experimentales principales

El factor principal de estudio consistió en la dosis de riego, aplicada semanalmente al viñedo aproximadamente a partir de la parada vegetativa de los pámpanos principales, determinada visualmente, hasta la fecha de vendimia.

Los tratamientos de riego fueron:

- **S00:** Tratamiento de secano, como testigo, 0% de la ET₀.
- **R25:** Tratamiento de riego semanal, regado el 25% de la ET₀.
- **R50:** Tratamiento de riego semanal, regado el 50% de ET₀.

La evapotranspiración de referencia (ET₀) fue determinada a partir de los valores diarios medidos durante la semana anterior, mediante la Red Inforiego, para el cálculo de la dosis de riego semanal. La ET₀ total semanal, empleada para calcular la dosis a aplicar, fue la suma de los valores diarios de cada semana anterior a la que se aplicó el riego.

El riego se aplicó siempre durante la noche, para reducir en lo posible las pérdidas por evaporación, considerándose una eficiencia en la aplicación del 95%.

Se fijó la aplicación del riego semanal en la noche del lunes al martes, realizándose las correspondientes medidas de potencial hídrico y fisiología prioritariamente el miércoles, o si la climatología fue adversa, el jueves. De este modo se proporcionó a los tratamientos regados un periodo de rehidratación adecuado para poder reflejar en las medidas la influencia de la dosis de riego recibida.

Tabla II.11. Período de riego y dosis aplicadas a los tratamientos de régimen hídrico durante el estudio.

	2012		2013		2014	
	período	mm	período	mm	período	mm
S00 (0%ET ₀)	-	-	-	-	-	-
R25 (25%ET ₀)	9 jul - 8 oct	125	15 jul - 23 sep	104	14 jul - 22 sep	108
R50 (50%ET ₀)	9 jul - 8 oct	250	15 jul - 23 sep	208	14 jul - 22 sep	216

2.1.2 Tratamientos experimentales secundarios

Dentro de cada unidad experimental primaria se establecieron, en filas completas, dos tratamientos con distinto nivel de carga frutal. Estos dos niveles de carga fueron planteados a través de la reducción del número de racimos en cada cepa de control del tratamiento de aclareo, realizada en torno a envero. La carga del tratamiento testigo se respetó íntegramente, de forma que mantuvo todo su potencial productivo. La reducción del número de racimos en el tratamiento de aclareo se aproximó a una tercera parte respecto a la carga que presentaba el tratamiento testigo.

Por tanto, los tratamientos de nivel de carga fueron:

- **T**: Testigo, mantenimiento intacto del número de racimos.
- **A**: Aclareo, reducción de un tercio del número de racimos.

Cada tratamiento de riego contaba con dos niveles de carga, por lo que finalmente los tratamientos experimentales existentes son:

- **S00T**: Secano, sin reducción de carga de racimos.
- **S00A**: Secano, con reducción de carga de racimos.
- **R25T**: Regado el 25% de la ET₀, sin reducción de carga de racimos.
- **R25A**: Regado el 25% de la ET₀, con reducción de carga de racimos.
- **R50T**: Regado el 50% de la ET₀, sin reducción de carga de racimos.
- **R50A**: Regado el 50% de la ET₀, con reducción de carga de racimos.

2.2 Diseño Experimental

El ensayo experimental se diseñó siguiendo el modelo *split-plot* con una distribución aleatoria en bloques del factor principal, con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental principal consta de seis filas de viñedo con diez cepas cada una. Se consideró elemento borde de la unidad experimental a cada una de las dos filas laterales y, dentro de cada fila de control, la primera y la última cepa de cada tratamiento, para eliminar la posible influencia entre cepas contiguas de distintos tratamientos.

En cada unidad experimental principal se aplicó, en *split-plot*, el factor secundario, manteniendo intacta la carga de racimos en la mitad de las filas, consideradas Testigo, y realizando el aclareo de racimos en la otra mitad de las filas, consideradas de Aclareo.

Por lo tanto, el número de cepas de control en cada unidad experimental, diferenciando los dos factores combinados, fue de 16 plantas.

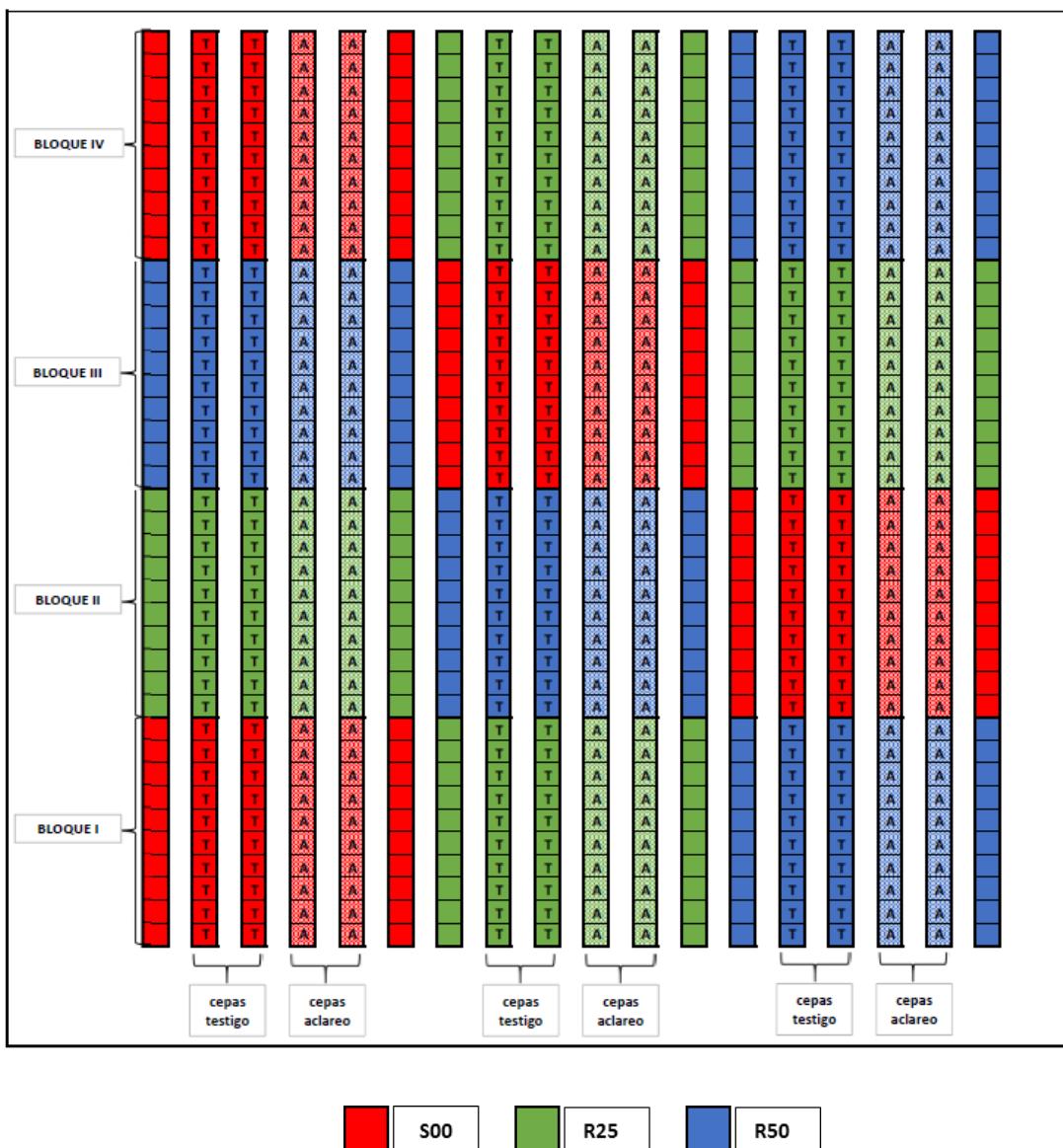


Figura II.5. Croquis del ensayo, siendo **S00** el tratamiento de secano, **R25** el tratamiento regado el 25% de la ET₀ y **R50** el tratamiento regado el 50% de la ET₀. Cada parcela experimental se dividió en dos subparcelas, **T** de cepas testigo y **A** de cepas con aclareo de racimos.

2.2.1 Contenido de agua en el suelo

El contenido de agua en el suelo se midió empleando la técnica *time domain reflectometry* (TDR), que relaciona una constante dieléctrica del suelo con un porcentaje de humedad (%v/v) en el suelo. Para ello, se instalaron sondas metálicas enterradas hasta 60 cm de profundidad en cada parcela experimental y se midieron con periodicidad quincenal durante el periodo activo de la vid y mensual durante la parada vegetativa.

2.2.2 Unidades experimentales para el estudio de la superficie foliar

El estudio de la superficie foliar se llevó a cabo mediante la determinación de la superficie foliar total, diferenciando la superficie foliar de pámpano principal y de nietos, así como la superficie foliar externa. Para medir estos parámetros se eligieron dos cepas control y cuatro pámpanos representativos en cada una por parcela experimental, abarcando los seis tratamientos experimentales, con cuatro repeticiones de cada tratamiento. Las distintas medidas se realizaron todos los años de estudio en plena fase de maduración, cuando la superficie foliar había sido plenamente desarrollada, sin apreciarse crecimiento en los ápices de nietos y aún no se apreciaban síntomas de senectud foliar.

2.2.3 Unidades experimentales para el estudio del estado hídrico y de los procesos fisiológicos

Las medidas se realizaron sobre hojas adultas no senescentes de pámpano principal. Las hojas se tomaron de la parte exterior del *canopy*, entorno a la zona de racimos, cuando esto no fue posible, se emplearon hojas adecuadas de rango inmediatamente superior. Dichas medidas, en cada caso, se realizaron empleando una hoja de cada planta de control, habiendo elegido para todo el periodo dos plantas de control por repetición y tres repeticiones de cada tratamiento experimental.

Los parámetros medidos fueron:

- Potencial hídrico (MPa)
- Conductancia estomática ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Transpiración ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

2.2.4 Unidades experimentales para el estudio agronómico

El comportamiento agronómico se determinó a través de la evaluación del desarrollo vegetativo, el rendimiento y sus diversos componentes y la composición del mosto en vendimia.

Los valores medios de cada parámetro en cada parcela experimental se hallaron a través de las medidas realizadas individualmente en las 16 plantas de control, según el diseño experimental presentado en el punto 2.2.

2.2.5 Unidades experimentales para el estudio de la materia seca

La estimación de la materia seca acumulada por las plantas, en las diferentes partes aéreas de renovación anual, se estableció aplicando al peso fresco de cada órgano el porcentaje de materia seca correspondiente.

Para determinar dicho porcentaje de materia seca se tomaron muestras de los diferentes órganos de la siguiente manera:

- Racimos: 2 tomados al azar de cada repetición.
- Racimas: una cantidad suficiente, similar a dos racimos, de cada repetición.
- Sarmientos: 2 tomados al azar de cada repetición.
- Hojas: 180, siendo 60 hojas de tamaño grande, 60 de tamaño mediano y 60 de tamaño pequeño; recogidas del conjunto de la superficie foliar de todo el ensayo.

2.3 Operaciones de cultivo para establecer los tratamientos experimentales

Para lograr una carga homogéneamente distribuida de pámpanos en todas las plantas del ensayo, se realizó durante el reposo vegetativo una poda en seco rigurosa respetando dos yemas francas en cada pulgar, sobre 4 pulgares distribuidos de modo homogéneo a lo largo de cada brazo de la planta.

A partir de la brotación, en torno a la fase de hoja extendida, se realizó un despampanado discriminante para mantener dos pámpanos fértiles en cada pulgar y optimizar la distribución de la vegetación.

Los tratamientos de riego se empezaron a aplicar a partir de la parada vegetativa de los pámpanos principales. Este momento, determinado visualmente, se produjo en torno al estado fenológico de baya “tamaño guisante”, a primeros de julio.

En torno a envero, se realizó un conteo individual de racimos en las cepas de control del tratamiento Testigo. Una vez calculado el nivel medio de carga de racimos, se realizó una reducción del número de racimos en las plantas control del tratamiento de Aclareo, tratando de mantener en cada cepa una carga de racimos un tercio inferior a la carga media de las plantas control del tratamiento Testigo.

2.4 Análisis de los datos obtenidos

El análisis estadístico de los tratamientos experimentales y las diversas correlaciones establecidas entre parámetros se han realizado mediante el programa informático STATISTICA 12.0.

Los datos fueron analizados usando un modelo general lineal, en el que se mantuvieron fijos los efectos del bloque experimental, estudiándose como factores el régimen hídrico (tres niveles) y el control de rendimiento (dos niveles), así como sus interacciones.

Los niveles de significación estadística han correspondido a: no significativo (n.s.), p-valor<5% (*), p-valor<1% (**) y p-valor <0,001 (***). Cuando surgieron diferencias estadísticamente significativas en dicho modelo, los grupos se discriminaron empleando el test de Duncan de separación de medias.

3. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES

3.1 Caracterización de la superficie foliar

Las características del *canopy* se determinaron a través del índice de área foliar /leaf area index (LAI), de la superficie foliar externa o *surface area* (SA) y la relación entre ellos, denominada Índice foliar (IF).

3.1.1 Superficie foliar total (LAI)

Para determinar el LAI se empleó una metodología no destructiva, siguiendo el método empleado por (Sánchez de Miguel *et al.*, 2011) modificado del método descrito por Carbonneau (1976a).

Según este método, para determinar la superficie foliar de un pámpano, solo es necesario medir la superficie foliar de una de cada tres hojas fotosintéticamente activas (con longitud de nervio principal igual o superior a 5 cm) a través de la correlación entre la longitud del nervio principal y su superficie. Posteriormente, la superficie obtenida de dicha medida se multiplica por tres para obtener la superficie foliar total del pámpano (Carbonneau, 1976b).

Para establecer la correlación entre ambos parámetros, superficie y longitud, previamente se tomó una muestra aleatoria de hojas, suficientemente amplia, recogidas del conjunto de la superficie del ensayo. El muestreo fue realizado a principios de julio, antes del comienzo del riego, sin distinguir hojas de nietos de hojas del pámpano principal, tomándose 20 hojas de cada tamaño y de cada tratamiento de riego.

El cálculo de la recta de regresión se llevó a cabo midiendo la superficie foliar de cada hoja y la longitud de su nervio principal. La recta de regresión obtenida fue:

$$A = 23,543L - 99,071$$

$$R^2 = 0,9317$$

A=área foliar (cm^2), L=longitud del nervio principal (cm)

Se determinó el índice de área foliar (LAI) midiendo en campo la longitud del nervio principal de una de cada tres hojas en los pámpanos seleccionados y aplicando la recta de regresión.

Las medidas se realizaron en dos plantas de cada parcela experimental. En cada planta se marcaron cuatro pámpanos sobre los que se realizaron las medidas de superficie foliar según la metodología descrita. Se calculó el valor promedio de las plantas de cada repetición, para obtener la superficie foliar del pámpano medio. Dicho valor de superficie foliar de pámpano medio se multiplicó por el número de pámpanos existentes en la planta para hallar la superficie foliar media de planta.

La superficie foliar media de planta dividida entre el marco de plantación representa el índice LAI, índice adimensional.

3.1.2 Superficie foliar externa (SA)

Para determinar la cantidad de superficie foliar que puede recibir radiación solar directa se calcula la superficie foliar externa de la cepa. En un viñedo en espaldera con la vegetación adecuadamente colocada, se asume que el *canopy* tiene forma de paralelepípedo. Por tanto, la superficie foliar externa se calcula midiendo sus dimensiones.

La cara inferior del *canopy* es capaz de absorber radiación por reflexión del suelo, pero algunos autores como Shaulis *et al.* (1966), en Smart (1985), consideran que su contribución es pequeña y que puede despreciarse. La expresión del índice representativo es en m^2 de superficie foliar externa por m^2 de suelo, siendo, por tanto, un índice adimensional.

En las mismas plantas empleadas para determinar el LAI se midió la SA, tomando valores de la anchura de vegetación en tres puntos distribuidos a lo largo del cordón, así como la altura total de vegetación en cada uno de ellos.

La determinación de las dimensiones del paralelepípedo se hizo mediante la medida de la anchura de vegetación en tres puntos de altura:

- Zona de racimos.
- Zona media del *canopy*.
- Zona superior del *canopy*.

Para el cálculo del índice SA se empleó la siguiente fórmula (acorde con el marco de plantación: 2,6 x 1,25 m):

$$SA = \frac{(Anchura\ media \times 1,25) + (Altura\ media \times 1,25) \times 2}{1,25 \times 2,6}$$

3.1.3 Índice foliar (IF)

El índice foliar es el cociente entre la superficie foliar externa y la superficie foliar total. Sirve como indicador de la aglomeración foliar la vegetación, disminuyendo su valor al incrementarse el nivel de amontonamiento de las hojas.

3.2 Estudio del estado hídrico y de los procesos fisiológicos

La influencia de los tratamientos experimentales sobre el comportamiento hídrico y fisiológico de las plantas fue estudiada en diversas fases a lo largo del ciclo vegetativo.

Se emplearon hojas adultas de pámpano principal, no senescentes y sanas, posicionadas en la parte externa de la vegetación, garantizando así la realización de las medidas sobre hojas con plena capacidad fotosintética, en cada momento del ciclo y tratamiento.

El estado hídrico de las plantas control se ha estimado a través de diversas medidas de potencial hídrico en varios momentos del día. Conjuntamente, en determinadas ocasiones, la actividad fisiológica de dichas plantas ha sido evaluada a través de los parámetros de intercambio gaseoso.

- Medidas de potencial hídrico con cámara de presión:
 - Potencial hídrico foliar antes del amanecer (Ψ_{aa}).
 - Potencial hídrico foliar a las 9, hora solar (Ψ_9).
 - Potencial hídrico de xilema a las 9, hora solar (Ψ_{9x}).
 - Potencial hídrico foliar a las 12, hora solar (Ψ_{12}).
 - Potencial hídrico de xilema a las 12, hora solar (Ψ_{12x}).
 - Potencial hídrico foliar a las 15, hora solar (Ψ_{15}).
- Medidas de fotosíntesis neta, conductancia estomática y transpiración:
 - A las 9, hora solar.
 - A las 12, hora solar.
 - A las 15, hora solar.

La hora solar de medida se refiere al momento medio de la medida realizada, que se ejecutó de tal modo que en ningún caso la amplitud temporal de la misma superó los 60 minutos de duración para el conjunto de los tratamientos experimentales.

Las medidas realizadas a lo largo de los años de estudio, así como los días y la hora solar de su ejecución, se indican en la tabla inferior. Estas medidas se llevaron a cabo en días totalmente despejados, para que la radiación solar no fuese un factor limitante de la actividad fotosintética de la planta.

Tabla II.12. Fechas y hora solar (hs) de realización de medidas de fisiología y potencial hídrico, en los años de estudio. Ψ_{aa} : potencial hídrico foliar antes del amanecer; Ψ_9 : potencial hídrico foliar a las 9 (hs); Ψ_{9x} : potencial hídrico de xilema a las 9 (hs); Ψ_{12} : potencial hídrico foliar a las 12 (hs); Ψ_{12x} : potencial hídrico de xilema a las 12 (hs); Ψ_{15} : potencial hídrico foliar a las 15 (hs). Medidas de fisiología tomadas a las 9 y 12 (hs), g_s : conductancia estomática; E : tasa de transpiración; A_N : fotosíntesis neta. (*): Medidas de fisiología tomadas a las 9, 12 y 15 (hs).

2012						
Ψ_{aa}	Ψ_9	Ψ_{9x}	Ψ_{12}	Ψ_{12x}	Ψ_{15}	g_s, E, A_N
-	-	-	14-jun	14-jun	-	-
-	-	-	28-jun	28-jun	-	-
18-jul	18-jul	-	18-jul	18-jul	-	18-jul
-	-	-	1-ago	1-ago	-	-
16-ago	16-ago	-	16-ago	16-ago	-	16-ago
-	30-ago	-	30-ago	30-ago	-	-
12-sep	12-sep	-	12-sep	12-sep	12-sep	12-sep (*)
-	-	-	4-oct	4-oct	-	-
2013						
Ψ_{aa}	Ψ_9	Ψ_{9x}	Ψ_{12}	Ψ_{12x}	Ψ_{15}	g_s, E, A_N
-	-	-	-	3-jun	-	-
-	-	-	26-jun	26-jun	-	-
17-jul	17-jul	-	17-jul	17-jul	-	17-jul
-	-	-	-	31-jul	-	-
13-ago	13-ago	-	13-ago	13-ago	-	13-ago
-	28-ago	-	-	28-ago	-	28-ago
11-sep	11-sep	-	11-sep	11-sep	11-sep	11-sep (*)
-	26-sep	-	-	26-sep	-	26-sep
	9-oct	-	-	-	-	-
2014						
Ψ_{aa}	Ψ_9	Ψ_{9x}	Ψ_{12}	Ψ_{12x}	Ψ_{15}	g_s, E, A_N
-	-	-	11-jun	11-jun	-	-
-	-	-	30-jun	30-jun	-	-
16-jul	16-jul	16-jul	16-jul	16-jul	-	16-jul
-	-	-	30-jul	30-jul	-	-
13-ago	13-ago	13-ago	13-ago	13-ago	-	13-ago
-	27-ago	27-ago	27-ago	27-ago	-	27-ago
10-sep	10-sep	10-sep	10-sep	10-sep	10-sep	10-sep (*)
-	-	-	25-sep	25-sep	-	-

3.2.1 Potencial hídrico

Para la determinación del potencial hídrico de la planta, a través de su medida en hoja, se empleó una cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965) marca SoilMoisture Corp. El flujo de gas se calibró para alcanzar la presión de 1 MPa a los 30 segundos de la apertura de la válvula de alimentación.

Las hojas empleadas en la medida fueron embolsadas justo antes de ser separadas del tallo, siendo introducidas en la cámara segundos después y así proceder a su medida. En ningún caso el tiempo transcurrido desde que una hoja fue arrancada hasta que finalizó su medida superó el minuto.

Se efectuaron los tipos de medida de potencial hídrico siguientes:

- Potencial hídrico foliar medido antes del amanecer (Ψ_{aa}).
- Potencial hídrico foliar medido a las 9, hora solar (Ψ_9).
- Potencial hídrico de xilema medido a las 9, hora solar (Ψ_{x9}).
- Potencial hídrico foliar medido a las 12, hora solar (Ψ_{12}).
- Potencial hídrico de xilema medido a las 12, hora solar (Ψ_{x12}).
- Potencial hídrico foliar medido a las 15, hora solar (Ψ_{15}).

La medida de potencial de base se realizó de madrugada en completa oscuridad, completándose antes del amanecer, de modo que la planta dispuso de toda la noche para alcanzar el equilibrio hídrico con el suelo.

La medida de potencial hídrico de xilema se llevó a cabo cubriendo las hojas mediante bolsas opacas, recubiertas de una película de aluminio para evitar el aumento de temperatura en el interior de la misma, una hora antes del momento de medida.

3.2.2 Conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis neta

La conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), la transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) se midieron a las horas indicadas. Para ello se utilizó un analizador de intercambio de gases mediante infrarrojos (IRGA), modelo LI-6400 (LI-COR), empleando una pinza de medida con ventana de 6 cm^2 , para realizar las medidas bajo radiación solar directa.

Este aparato calcula, entre otros, los tres parámetros para un instante dado, midiendo el intercambio de CO_2 y H_2O de la hoja con la atmósfera.

El proceso de medida es realizado por el IRGA a través de una pareja de detectores infrarrojos para calcular la diferencia entre la concentración de CO_2 y H_2O del aire que

entra en la cámara de la pinza de medida (cubeta fotosintética) cerrada sobre la hoja y la concentración de CO₂ y H₂O del aire que sale de ella.

3.3 Estudio agronómico

El estudio del comportamiento agronómico se llevó a cabo a lo largo del ciclo anual de cultivo y abarcó los siguientes aspectos: rendimiento productivo, desarrollo vegetativo, productividad global y composición de uva. Estos aspectos se determinaron a través de medidas en las cepas de control de todas las parcelas experimentales.

3.3.1 Desarrollo vegetativo

3.3.1.1 Madera de poda

Durante la parada vegetativa del cultivo, después de la caída de la hoja, se realizó la poda de invierno. Antes de proceder a podar cada planta de control se contó el número de sarmientos que presentaba. La madera obtenida individualmente por cepa se pesó mediante una báscula portátil. Posteriormente se calculó el peso medio de madera de poda de cada repetición de los tratamientos experimentales.

3.3.1.2 Vigor del sarmiento

El peso del sarmiento se obtuvo indirectamente, mediante el cociente entre el peso de madera de poda y el número de sarmientos de cada planta de control.

3.3.2 Rendimiento de cosecha y sus componentes

3.3.2.1 Producción de uva

La producción de uva se determinó mediante el pesado de los racimos vendimiados, simultáneamente contados, en cada una de las cepas de control del ensayo, empleando una báscula portátil. Los valores individuales de cada cepa se promediaron para obtener el peso medio por cepa de cada repetición de los tratamientos experimentales.

3.3.2.2 Peso del racimo

A partir del conteo de racimos realizado al vendimiar cada planta de control y de la producción de uva por cepa, mediante el cociente entre ambos parámetros, se ha determinado el peso medio del racimo.

3.3.2.3 Peso de baya

El peso medio de baya se determinó indirectamente, a través de muestreos aleatorios de bayas en cada parcela experimental, dividiendo el peso de la muestra entre

el número de bayas de la misma (que siempre fue de 100 o 150). Estas muestras, recogidas semanal o quincenalmente a lo largo de la maduración, sirvieron para conocer la evolución y para evaluar la composición del mosto en el momento de la vendimia. Las bayas fueron tomadas de racimos situados en todas las ubicaciones y de todas las posiciones dentro del racimo.

3.3.2.4 Número de bayas por racimo

El cociente entre el peso medio del racimo y el peso medio de baya permitió determinar el número medio de bayas por racimo.

3.3.3 Índice de Ravaz

La evaluación del equilibrio vegetativo-productivo de la cepa se hizo a través del índice de Ravaz. Este índice se halla mediante el cociente entre la producción de uva y la madera de poda de cada cepa, que corresponden al rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) y el peso de madera de poda ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

3.3.4 Productividad global

La evaluación de la productividad global del viñedo y su distribución en las partes renovables se llevó a cabo determinando la cantidad y el reparto de la materia seca generada en hojas, sarmientos y racimos.

Para determinar la materia seca en cada órgano se midió el peso fresco del mismo y posteriormente se estimó su porcentaje de materia seca.

El peso fresco de racimos y de madera de poda se obtuvo en la vendimia y en la poda en seco, respectivamente. El peso fresco de racimas se determinó en fecha posterior a vendimia, antes de que comenzasen a perder peso por pasificación. Para obtener el peso fresco de hojas se ha utilizado el LAI, al cual se ha aplicado el valor del peso específico foliar (g/cm^2).

Para determinar el porcentaje de materia seca de cada órgano, las muestras correspondientes se desecaron en estufa a 105°C hasta alcanzar peso constante. Las muestras utilizadas para secado fueron:

- Hojas: Toda la muestra de hojas empleada previamente para establecer la correlación entre la superficie foliar de la hoja y la longitud del nervio principal.
- Racimos: Dos racimos al azar de cada parcela experimental.
- Racimas: Una muestra en cantidad suficiente, similar a dos racimos medianos, de cada parcela experimental, recogida tras la vendimia.
- Sarmientos: Dos sarmientos completos de cada repetición, recogidos en la poda.

Finalmente, el cálculo de la materia seca producida en cada órgano se hizo aplicando el coeficiente o porcentaje de materia seca obtenido al peso fresco total del órgano correspondiente.

3.3.5 Composición de la uva

Con el fin de determinar su evolución y evaluar la composición final de la uva, se tomaron periódicamente muestras de 100-150 bayas íntegras de racimos de todas las partes del *canopy* y de todas las posiciones del racimo de cada parcela elemental durante la fase final de maduración hasta la vendimia. Las bayas se trituraron y centrifugaron. El mosto límpido se empleó para realizar las siguientes determinaciones analíticas:

- Sólidos solubles totales (SST, °Brix), se midió por refractometría mediante un refractómetro digital Atago WM-7.
- pH, se midió empleando un pH-metro CRISON micropH 2001.
- Acidez titulable (AT, g TH₂/L), se determinó por valoración ácido-base, añadiendo NaOH 0,1N hasta pH=7. Para ello se empleó un valorador automático Metrohm 702 SM Titrino.
- Ácido tartárico (TH₂, g/L), se determinó mediante un método de análisis enzimático en un autoanalizador Boehringer Mannheim.
- Ácido málico (MH₂, g/L), se midió mediante un método de análisis enzimático en un autoanalizador Boehringer Mannheim.
- Potasio (K⁺, ppm), se determinó según el método aprobado por la OIV mediante fotometría de llama, midiendo en mosto diluido (1:250).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO, EVALUACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO DE LAS PLANTAS Y PROCESOS FISIOLÓGICOS

1.1 Contenido de agua en el suelo

Se llevó a cabo un seguimiento del contenido de agua en el suelo mediante sondas TDR, con periodicidad quincenal durante el periodo activo de la vid en los tres años de estudio.

La utilidad de este parámetro se vio limitada a la profundidad de las sondas instaladas (60 cm), no posibilitando la determinación del contenido de humedad del suelo a mayor profundidad, pero concediendo una estimación oportuna de la parte del suelo donde se gestiona la mayoría del agua a través del riego.

En cada año de estudio, el análisis estadístico del **régimen hídrico** mostró, lógicamente, diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos regados y el secano en todas las fechas del periodo de riego, pero no distinguió las dosis de riego aportadas.

El análisis del **control de rendimiento** no mostró ninguna tendencia definida entre tratamientos.

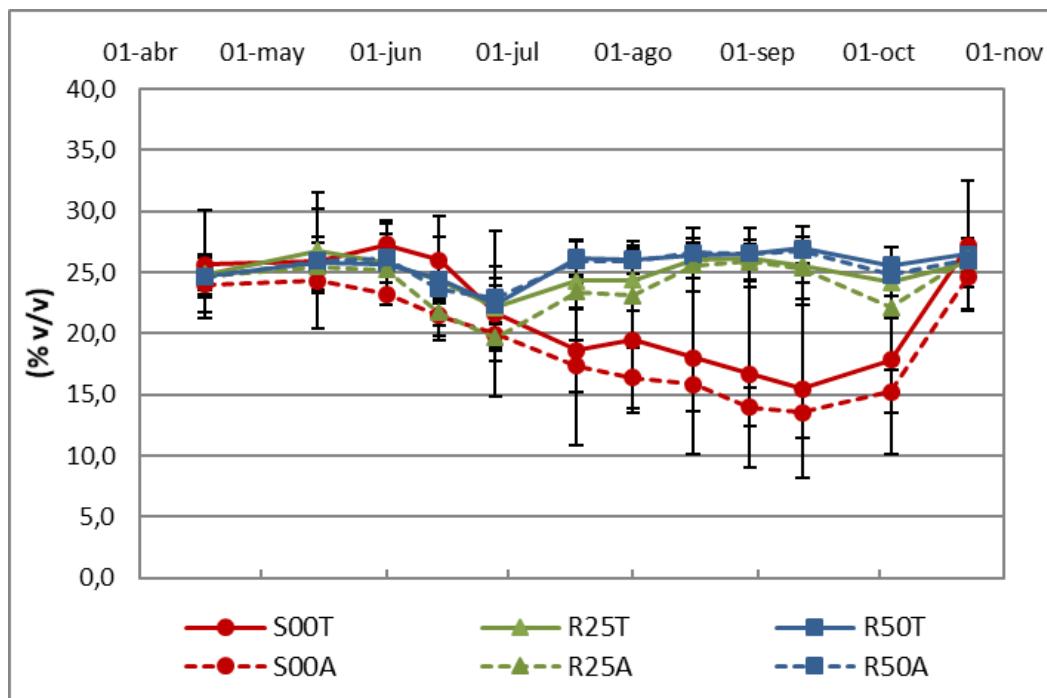


Figura III.1. Evolución del contenido de humedad del suelo en 2012.

En **2012** no se observaron diferencias claras en el contenido de humedad entre R25 y R50. La aplicación del riego mantuvo el contenido de humedad del suelo en un nivel relativamente constante a lo largo del ciclo, en torno al 25% (v/v); bastante por encima del 15% en que llegó a situarse el secano.

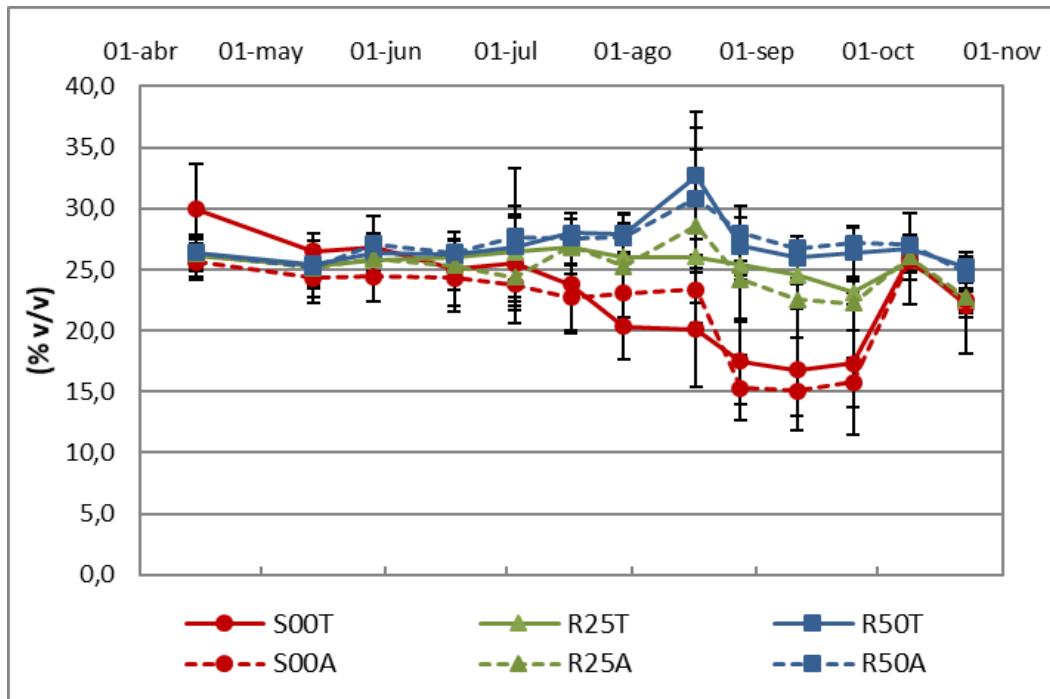


Figura III.2. Evolución del contenido de humedad del suelo en **2013**.

En **2013**, el nivel de humedad en suelo fue algo mayor en R50 que en R25, llegando aquel a alcanzar más del 30% en agosto. El contenido de humedad de R25 se mantuvo estable, con la citada tendencia de valores inferiores a R50, y claramente superiores a S00, durante el periodo de riego.

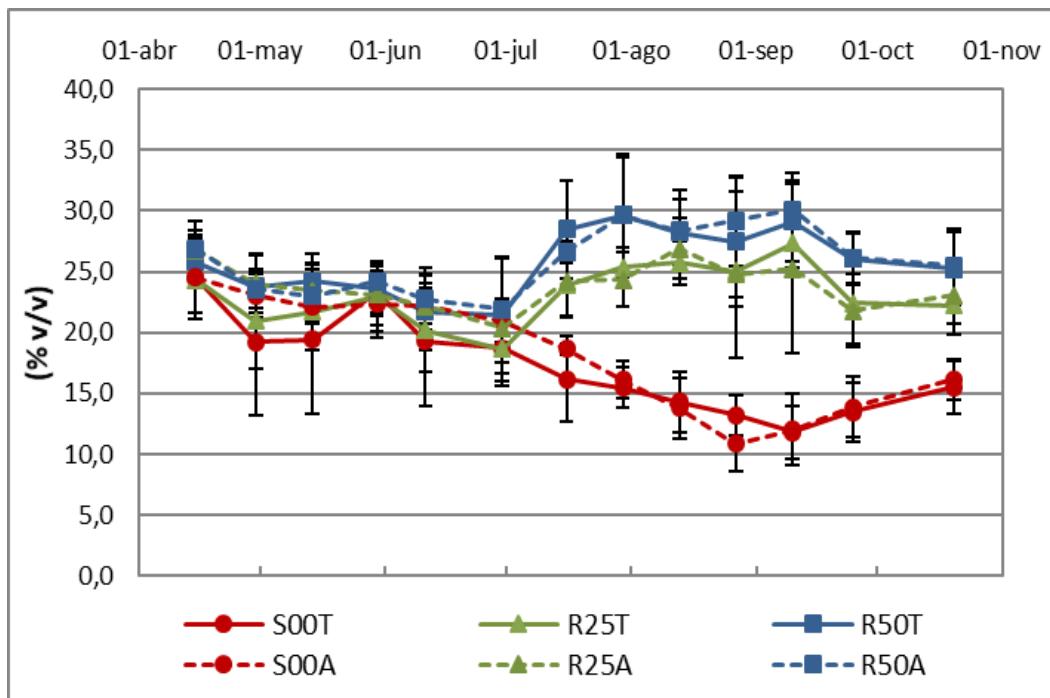


Figura III.3. Evolución del contenido de humedad del suelo en **2014**.

En **2014**, se observó una tendencia de incremento del contenido de agua en el suelo en los tratamientos regados, respecto al contenido inicial del ciclo, con valores superiores de R50, cercanos al 30%, que de R25, en torno al 25%, durante el periodo

de riego. Ambos tratamientos regados mostraron valores muy por encima de S00, que llegó a situarse entre el 10% y el 15% durante la maduración.

1.2 Evaluación del estado hídrico de las plantas

1.2.1 Potencial hídrico

Las medidas de potencial hídrico se nombran empleando la hora solar a la que fueron realizadas. Para diferenciar las medidas de potencial hídrico de xilema respecto de las medidas de potencial hídrico foliar, en las primeras se añade el subíndice “x” junto a la hora de medida.

Para interpretar el estado hídrico de las plantas en función de los valores de potencial hídrico medidos se ha empleado la siguiente tabla:

Tabla III.1. Valores de potencial hídrico (MPa) antes del amanecer (Ψ_{aa}), potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) y potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12}) respecto a los umbrales de déficit hídrico de la vid (Van Leeuwen et al., 2009).

Déficit hídrico	Ψ_{aa}	Ψ_{x12}	Ψ_{12}
Ausencia	> -0,2	> -0,6	> -0,9
Leve	de -0,2 a -0,3	de -0,6 a -0,9	de -0,9 a -1,1
De leve a moderado	de -0,3 a -0,5	de -0,9 a -1,1	de -1,1 a -1,3
De moderado a severo	de -0,5 a -0,8	de -1,1 a -1,4	de -1,3 a -1,4
Severo	< -0,8	< -1,4	< -1,4

Al evaluar el estado hídrico a través de la medida de potencial hídrico debe considerarse que los valores indican umbrales medios que pueden variar entre parcelas dependiendo de la distribución radicular, el vigor y el rendimiento de las plantas (Van Leeuwen *et al.*, 2009).

1.2.1.1 Potencial hídrico en 2012

1.2.1.1.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2012

Para el estudio del régimen hídrico, el Ψ_{aa} fue medido con periodicidad mensual en tres momentos del ciclo, coincidiendo con los estados de baya “tamaño guisante”, envero y final de maduración.

La medida se realizó en plantas sometidas a aclareo de racimos solamente en la última fecha, en la cual, el estudio de ambos factores, régimen hídrico y nivel de carga, no mostró interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.2. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2012		12-sep
S00T	-1,05	± 0,26	
S00A	-0,93	± 0,23	
R25T	-0,23	± 0,10	
R25A	-0,21	± 0,08	
R50T	-0,09	± 0,04	
R50A	-0,10	± 0,05	
Media	-0,44	± 0,43	
RH x CR	n.s.		

Los valores de Ψ_{aa} respondieron positivamente al aporte hídrico, de acuerdo con la dosis recibida, con valores mucho más elevados en R50 y R25 que en S00. De hecho, los tratamientos regados soportaron un déficit hídrico muy moderado durante el periodo, que en la última medida mejoró hasta llegar a la ausencia de estrés hídrico en R50, mientras que el secano soportó valores de estrés hídrico moderadamente severo que se redujeron hasta una situación final de fuerte estrés hídrico.

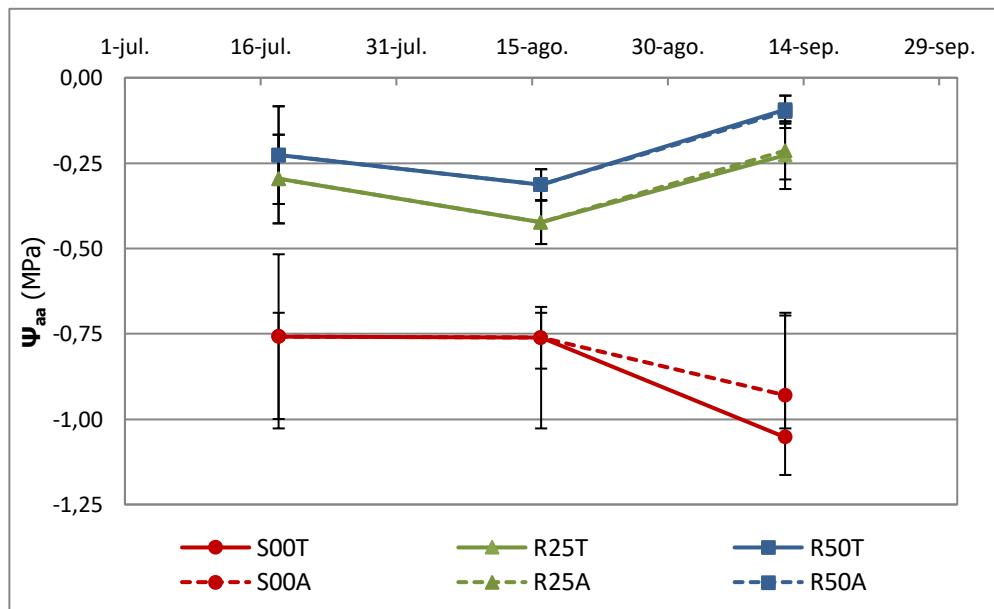


Figura III.4. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en **2012**.

Respecto al **régimen hídrico**, el Ψ_{aa} mostró diferencias estadísticamente significativas en todos los días de medida, discriminando a S00 de R25 y R50 en la primera y la última fecha, mientras que segregó los tres niveles de régimen hídrico en la fecha intermedia, el 17 de agosto.

Tabla III.3. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	17-ago	12-sep
S00	-0,76 b ± 0,24	-0,76 c ± 0,09	-0,99 b ± 0,24
R25	-0,30 a ± 0,13	-0,42 b ± 0,06	-0,22 a ± 0,09
R50	-0,23 a ± 0,14	-0,31 a ± 0,05	-0,10 a ± 0,04
Media	-0,44 ± 0,13	-0,50 ± 0,21	-0,44 ± 0,43
RH	***	***	***

El **control de rendimiento** no influyó en los valores de Ψ_{aa} en R50 y R25, pero en S00 el aclareo de racimos mostró valores superiores respecto al testigo en fase de maduración, aunque con una elevada desviación estándar que dificulta valorar la importancia de su influencia.

Tabla III.4. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2012	12-sep
Testigo	-0,46 ± 0,46
Aclareo	-0,41 ± 0,40
Media	-0,44 ± 0,43
CR	n.s.

1.2.1.1.2 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2012

El Ψ_9 fue medido a las 9 hs con periodicidad quincenal, desde el estado fenológico de baya “tamaño guisante” hasta la fase final de maduración, de modo que hubo una fecha de medida previa al aclareo de racimos, ejecutado el 1 de agosto, y el resto de medidas se realizó en el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Los valores de Ψ_9 , en las fechas en las que convergen los factores estudiados, no han mostrado interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.5. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00T	-1,44 ± 0,16	-1,71 ± 0,07	-1,67 ± 0,08
S00A	-1,61 ± 0,11	-1,69 ± 0,12	-1,64 ± 0,12
R25T	-1,22 ± 0,21	-1,15 ± 0,21	-1,26 ± 0,16
R25A	-1,20 ± 0,21	-1,12 ± 0,26	-1,13 ± 0,24
R50T	-0,90 ± 0,24	-0,71 ± 0,12	-0,87 ± 0,13
R50A	-0,81 ± 0,12	-0,73 ± 0,07	-0,82 ± 0,12
Media	-1,20 ± 0,33	-1,18 ± 0,43	-1,23 ± 0,37
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Como puede observarse en la figura III.5, los tratamientos comenzaron el periodo de medidas con un nivel moderado de estrés hídrico en la primera medida. Posteriormente, el déficit hídrico del secano se agravó hasta un nivel severo que se estabilizó en torno a -1,65 MPa, mientras que en los tratamientos regados el estado hídrico, se mantuvo estable en el caso de R25 y llegó a mejorar hasta la ausencia de déficit hídrico en el caso de R50.

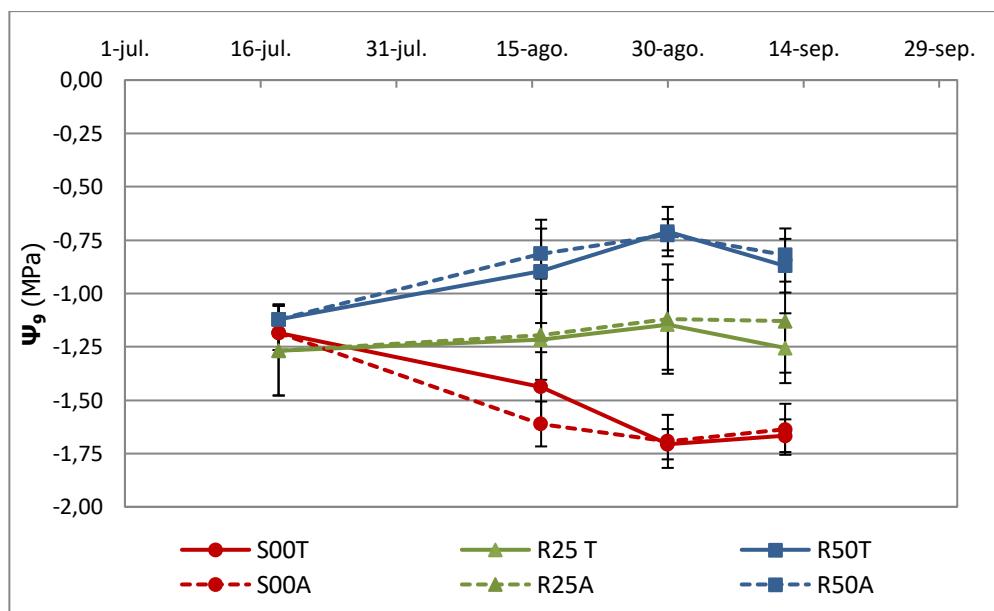


Figura III.5. Evolución del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9) en **2012**.

Los valores de Ψ_9 , excepto en la primera fecha, el 18 de julio, han discriminado en todo el periodo de medidas los tres niveles de **régimen hídrico**, con diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.6. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-sept
S00	-1,19 ± 0,08	-1,53 c ± 0,16	-1,70 c ± 0,10	-1,65 c ± 0,10
R25	-1,27 ± 0,21	-1,21 b ± 0,20	-1,13 b ± 0,22	-1,19 b ± 0,21
R50	-1,12 ± 0,07	-0,86 a ± 0,19	-0,72 a ± 0,09	-0,85 a ± 0,12
Media	-1,19 ± 0,14	-1,20 ± 0,33	-1,18 ± 0,43	-1,23 ± 0,37
RH	n.s.	**	**	**

Por el contrario, en cuanto al **control de rendimiento**, los valores de Ψ_9 no han mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna fecha.

Tabla III.7. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2012	16-agosto	30-agosto	13-sept
Testigo	-1,18 ± 0,30	-1,19 ± 0,44	-1,26 ± 0,36
Aclareo	-1,21 ± 0,36	-1,18 ± 0,44	-1,20 ± 0,38
Media	-1,20 ± 0,33	-1,18 ± 0,43	-1,23 ± 0,37
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.1.1.3 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2012

El potencial hídrico de xilema fue medido a las 12 hs con periodicidad quincenal desde floración hasta vendimia, abarcando el periodo de riego completo, así como el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 1 de agosto, englobando, por tanto, el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Tabla III.8. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-sept	04-oct
S00T	-1,58 ± 0,12	-1,62 ± 0,19	-1,62 ± 0,42	-1,49 ± 0,19
S00A	-1,48 ± 0,22	-1,46 ± 0,21	-1,71 ± 0,18	-1,50 ± 0,28
R25T	-1,27 ± 0,13	-1,02 ± 0,14	-1,40 ± 0,28	-0,96 ± 0,19
R25A	-1,12 ± 0,20	-0,87 ± 0,23	-1,29 ± 0,20	-0,80 ± 0,23
R50T	-0,94 ± 0,16	-0,61 ± 0,08	-0,95 ± 0,09	-0,57 ± 0,07
R50A	-0,82 ± 0,06	-0,63 ± 0,08	-0,89 ± 0,12	-0,54 ± 0,12
Media	-1,20 ± 0,31	-1,04 ± 0,42	-1,31 ± 0,38	-0,98 ± 0,44
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Así, en la primera fase, de mediados de junio a primeros de agosto, las medidas de Ψ_{x12} se llevaron a cabo únicamente en los tratamientos de régimen hídrico y, posteriormente, a partir de la realización del aclareo de racimos, se efectuaron en los tratamientos de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Durante la primera fase de medidas, el estado hídrico empeoró progresivamente desde una situación de ausencia de estrés hídrico en la primera medida hasta un déficit hídrico moderado en todos los tratamientos, el 18 de julio, cuando los valores de Ψ_{x12} todavía no reflejaron la aplicación del riego, iniciado una semana antes. La siguiente medida ya mostró la influencia del aporte hídrico, al limitar el descenso del valor de potencial hídrico de R25 y mejorar ligeramente el de R50.

En la segunda fase de medidas, a partir de agosto, los valores de Ψ_{x12} fueron reduciéndose al avanzar el ciclo, indicando el distinto estrés hídrico soportado por los tratamientos. De hecho, mientras S00 sufrió un déficit hídrico severo, R50 mantuvo un déficit hídrico leve y R25, en una situación intermedia, soportó un déficit hídrico moderado.

Por otro lado, los factores estudiados no han mostrado interacción estadísticamente significativa a lo largo de dicho periodo, aunque, como se puede observar en la figura III.6, el valor de Ψ_{x12} mostró cierta tendencia a ser mayor en las plantas sometidas a aclareo de racimos que en las plantas testigo en S00 y R25, que no se observó en R50.

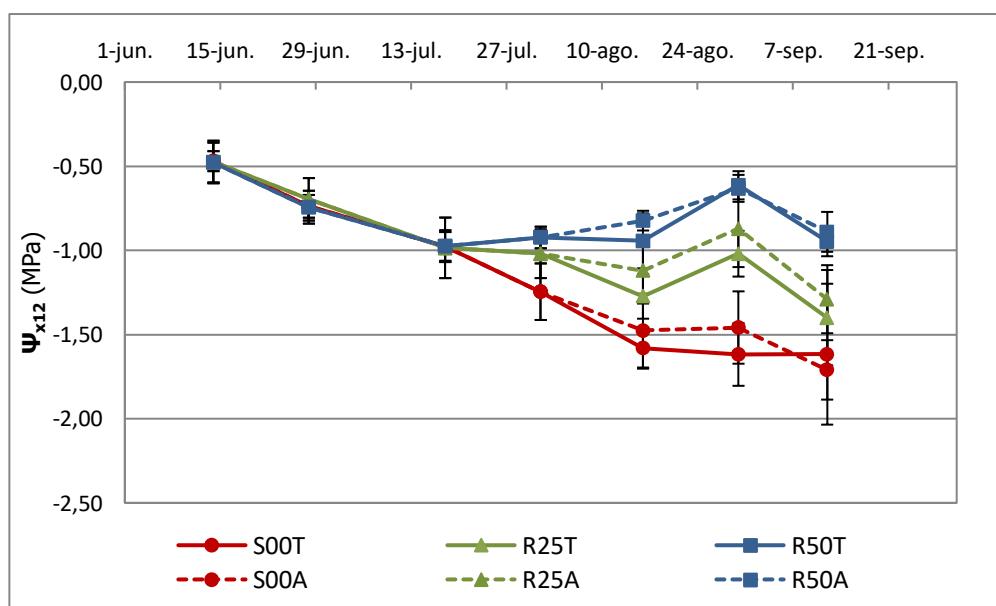


Figura III.6. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** mostró valores similares de Ψ_{x12} en los diversos tratamientos durante la primera fase de medidas, aunque a partir del 1 de agosto surgieron diferencias estadísticamente significativas, tanto entre los tratamientos regados

y el secano como entre las distintas dosis de riego, con valores favorables al incremento de aporte hídrico.

Del mismo modo, la dosis de riego modificó sustancialmente el Ψ_{x12} durante la segunda mitad del periodo de medidas, con diferencias notables entre los tres tratamientos, cuando la disponibilidad de agua en el suelo es menor y, por tanto, la planta respondería en gran medida a la dosis de riego aportada.

Tabla III.9. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	14-jun	28-jun	18-jul	01-agosto
S00	-0,49 ± 0,06	-0,75 ± 0,08	-0,96 ± 0,10	-1,25 c ± 0,13
R25	-0,45 ± 0,11	-0,70 ± 0,16	-0,93 ± 0,15	-1,05 b ± 0,19
R50	-0,46 ± 0,10	-0,72 ± 0,08	-0,95 ± 0,08	-0,92 a ± 0,06
Media	-0,47 ± 0,09	-0,72 ± 0,11	-0,95 ± 0,11	-1,07 ± 0,19
RH	n.s.	n.s.	n.s.	***
2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre	04-octubre
S00	-1,53 c ± 0,18	-1,54 c ± 0,21	-1,66 c ± 0,31	-1,50 c ± 0,23
R25	-1,20 b ± 0,18	-0,95 b ± 0,19	-1,35 b ± 0,24	-0,88 b ± 0,22
R50	-0,88 a ± 0,13	-0,62 a ± 0,08	-0,92 a ± 0,10	-0,56 a ± 0,09
Media	-1,20 ± 0,31	-1,04 ± 0,42	-1,31 ± 0,38	-0,98 ± 0,44
RH	**	**	**	**

En cuanto al **control de rendimiento**, el Ψ_{x12} mostró la tendencia de valores escasamente superiores en el tratamiento de aclareo de racimos con respecto al tratamiento testigo, lo cual no ha supuesto diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, excepto el 16 de agosto. Adicionalmente, el 30 de agosto aparecieron diferencias estadísticamente significativas al excluir el tratamiento de régimen hídrico más regado del análisis estadístico.

Tabla III.10. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (†): Al excluir R50 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre	04-octubre
Testigo	-1,27 ± 0,30	-1,08 ± 0,45	-1,32 ± 0,40	-1,01 ± 0,42
Aclareo	-1,14 ± 0,32	-0,99 ± 0,40	-1,30 ± 0,38	-0,95 ± 0,46
Media	-1,20 ± 0,31	-1,04 ± 0,42	-1,31 ± 0,38	-0,98 ± 0,44
CR	*	n.s. (†)	n.s.	n.s.

1.2.1.1.4 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2012

El Ψ_{12} fue medido a las 12 hs con periodicidad quincenal desde floración hasta vendimia, englobándose el periodo de riego completo. Cuatro fechas de medida fueron previas al aclareo de racimos, que fue ejecutado el 1 de agosto, y el resto de medidas durante el periodo de coincidencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

En las fechas en las que confluyen ambos factores estudiados, los valores de Ψ_{12} no han mostrado interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.11. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2012, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-ago	30-ago	12-sep	04-oct
S00T	-1,50 ± 0,11	-1,70 ± 0,19	-1,65 ± 0,06	-1,38 ± 0,16
S00A	-1,48 ± 0,11	-1,65 ± 0,12	-1,70 ± 0,05	-1,43 ± 0,16
R25T	-1,27 ± 0,08	-1,26 ± 0,16	-1,41 ± 0,14	-1,03 ± 0,15
R25A	-1,24 ± 0,19	-1,11 ± 0,22	-1,38 ± 0,21	-0,80 ± 0,12
R50T	-1,00 ± 0,11	-0,89 ± 0,18	-1,12 ± 0,13	-0,65 ± 0,07
R50A	-0,97 ± 0,14	-0,97 ± 0,14	-1,01 ± 0,12	-0,66 ± 0,16
Media	-1,24 ± 0,24	-1,26 ± 0,35	-1,38 ± 0,28	-0,99 ± 0,35
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

En la figura III.7 se pueden apreciar los valores de Ψ_{12} a lo largo de la estación, que presentan mayor oscilación que los valores de Ψ_9 y Ψ_{x12} , lo cual podría deberse a una mayor sensibilidad del Ψ_{12} a las condiciones atmosféricas que la de los otros indicadores de potencial hídrico citados.

Los valores de Ψ_{12} reflejan, desde una situación inicial de ausencia de déficit hídrico, un descenso progresivo hasta una situación de severo estrés hídrico en la medida realizada el 1 de agosto, que el riego logró moderar únicamente en R50. Posteriormente, hasta el final del periodo de medidas, el Ψ_{12} reflejó la demanda evapotranspirativa diaria en cada tratamiento de acuerdo con la dosis de riego recibida. Este aporte logró mantener a R50 con un déficit hídrico muy leve y a R25 con un estrés hídrico moderado.

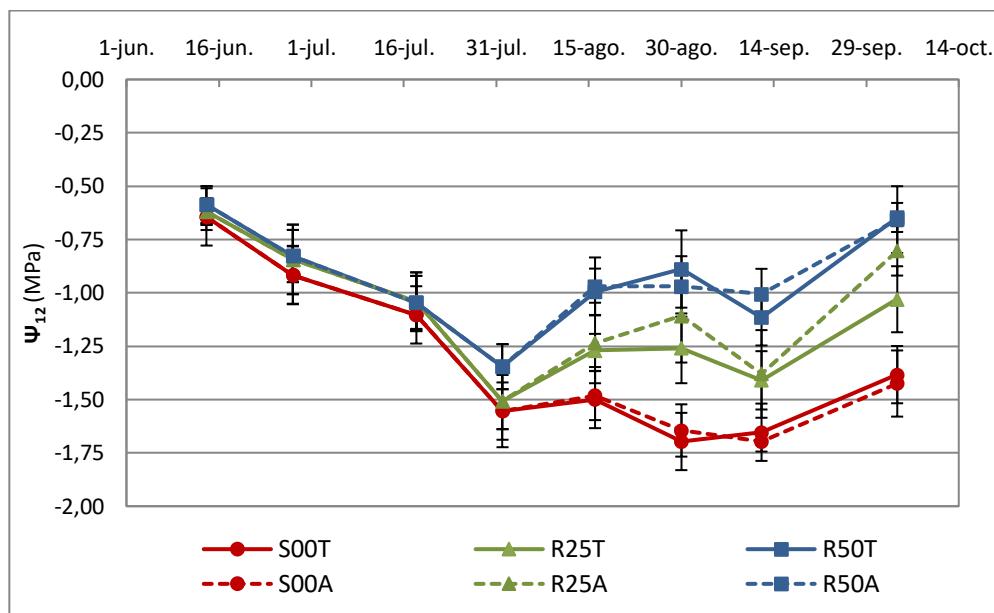


Figura III.7. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en 2012.

Respecto al **régimen hídrico**, los valores de Ψ_{12} muestran diferencias estadísticamente significativas a partir del 1 de agosto, con valores superiores de R50 que de R25 y S00. Los valores de Ψ_{12} presentan igualmente, en las siguientes fechas de medida, diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, separando los tres niveles de régimen hídrico con valores favorables al incremento de aporte hídrico.

Tabla III.12. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2012, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	14-jun	28-jun	18-jul	01-agosto
S00	-0,64 ± 0,06	-0,92 ± 0,14	-1,10 ± 0,07	-1,55 b ± 0,17
R25	-0,62 ± 0,06	-0,84 ± 0,16	-1,04 ± 0,14	-1,51 b ± 0,13
R50	-0,59 ± 0,09	-0,83 ± 0,12	-1,05 ± 0,13	-1,35 a ± 0,11
Media	-0,62 ± 0,07	-0,86 ± 0,14	-1,06 ± 0,11	-1,47 ± 0,16
RH	n.s.	n.s.	n.s.	**
2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre	04-octubre
S00	-1,49 c ± 0,11	-1,67 c ± 0,15	-1,68 c ± 0,06	-1,40 c ± 0,15
R25	-1,25 b ± 0,14	-1,18 b ± 0,20	-1,40 b ± 0,17	-0,92 b ± 0,18
R50	-0,98 a ± 0,12	-0,93 a ± 0,16	-1,06 a ± 0,13	-0,65 a ± 0,12
Media	-1,24 ± 0,24	-1,26 ± 0,35	-1,38 ± 0,28	-0,99 ± 0,35
RH	**	***	***	***

Por el contrario, los valores de Ψ_9 no han mostrado en general diferencias estadísticamente significativas entre los dos niveles de **control de rendimiento**, a pesar de la tendencia de valores escasamente superiores en el aclareo de racimos que en el testigo. No obstante, cuando se excluyó el régimen hídrico de secano del análisis

estadístico, aparecieron diferencias estadísticamente significativas favorables al tratamiento de aclareo el 4 de octubre.

Tabla III.13. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (†): Al excluir el S00 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre	04-octubre
Testigo	-1,26 ± 0,23	-1,28 ± 0,38	-1,39 ± 0,25	-1,02 ± 0,33
Aclareo	-1,23 ± 0,26	-1,24 ± 0,34	-1,36 ± 0,32	-0,96 ± 0,37
Media	-1,24 ± 0,24	-1,26 ± 0,35	-1,38 ± 0,28	-0,99 ± 0,35
CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s. (†)

1.2.1.1.5 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2012

El Ψ_{15} fue medido a las 15 hs en la fase de final de maduración, el 12 de septiembre. Así, junto con Ψ_{aa} , Ψ_9 y Ψ_{12} , se empleó para observar la evolución del valor de potencial hídrico a lo largo del día.

Los valores de Ψ_{15} reflejaron una situación de estrés hídrico severo en S00 y R25, mientras que el déficit hídrico fue moderado en R50. Estos valores no han mostrado interacción estadísticamente significativa al combinar los factores de régimen hídrico y de control de rendimiento. Se aprecia, no obstante, principalmente en los tratamientos regados, una tendencia de mayores valores de potencial hídrico en las plantas sometidas a aclareo de racimos que en las plantas testigo.

Tabla III.14. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	12-septiembre
S00T	-1,74 ± 0,05
S00A	-1,70 ± 0,15
R25T	-1,67 ± 0,11
R25A	-1,51 ± 0,11
R50T	-1,38 ± 0,11
R50A	-1,23 ± 0,17
Media	-1,54 ± 0,22
RH x CR	n.s.

Los valores de Ψ_{15} del **régimen hídrico** han mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, favorables al aumento de dosis de riego.

Tabla III.15. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2012	12-sep
S00	-1,72	c \pm 0,11
R25	-1,59	b \pm 0,13
R50	-1,31	a \pm 0,16
Media	-1,54	\pm 0,22
RH		**

Respecto al **control de rendimiento**, los valores de Ψ_{15} mostraron diferencias estadísticamente significativas favorables al aclareo de racimos, es decir, valores menos negativos de potencial hídrico.

Tabla III.16. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

	2012	12-sep
Testigo	-1,60	\pm 0,18
Aclareo	-1,48	\pm 0,24
Media	-1,54	\pm 0,22
CR		**

1.2.1.1.6 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2012

Los valores de Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{12} y Ψ_{15} , medidos el 12 de septiembre, se emplearon para observar la evolución del valor de potencial hídrico de los tratamientos estudiados a lo largo del día, que puede observarse en la figura III.8.

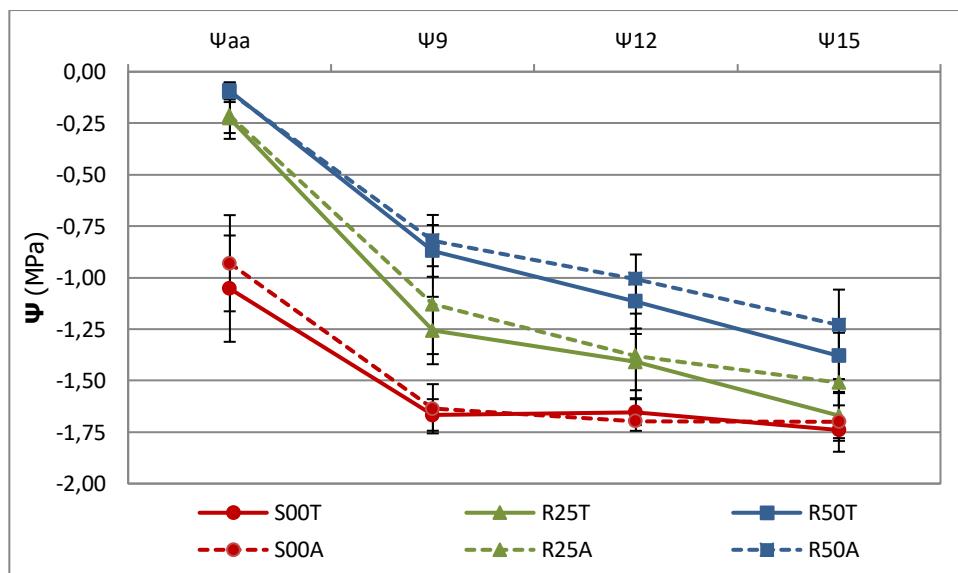


Figura III.8. Evolución diaria del potencial hídrico el 12 de septiembre de **2012**.

La evolución del Ψ mostró un descenso general a lo largo del día, siendo mayor en los tratamientos regados que en secano, ya que este tratamiento presentó valores muy bajos desde por la mañana.

El valor de Ψ del **régimen hídrico** descendió más progresivamente en R50 y R25 que en S00, pues el descenso en S00 se produjo abruptamente durante la mañana, con un valor de Ψ_9 próximo al mínimo diario, que ya apenas se redujo en las medidas posteriores de Ψ_{12} y Ψ_{15} .

En R50, el descenso del valor de potencial entre la medida de Ψ_{aa} y Ψ_9 fue más importante que en S00. De hecho, al mostrar un valor de Ψ_{aa} superior y, por tanto, partir de un estado hídrico menos estresante, su valor de potencial hídrico todavía se pudo reducir en las medidas de Ψ_{12} y Ψ_{15} .

El comportamiento de R25 fue similar al de R50, aunque sufrió un mayor descenso del valor de potencial hídrico, de hecho, R25 comenzó el día en una situación hídrica confortable, partiendo de un valor de Ψ_{aa} menor que el de R50, pero mucho más próximo a éste que al valor de Ψ_{aa} de S00, y acabó en la última medida del día con un valor de Ψ_{15} semejante al de S00, mientras que el valor de Ψ_{15} de R50 se mantuvo más elevado.

Por otro lado, respecto al **control de rendimiento**, la aplicación del aclareo de racimos pareció favoreció levemente el valor de potencial en las medidas diurnas de R25 y R50, mientras que no afectó a los valores de S00, que partían de un valor del aclareo de racimos ligeramente mayor al testigo en la medida de Ψ_{aa} .

1.2.1.2 Potencial hídrico en 2013

1.2.1.2.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2013

Para el estudio del régimen hídrico, el Ψ_{aa} fue medido con periodicidad mensual en tres momentos del ciclo, coincidiendo con los estados de cuajado, “racimo cerrado” y mitad de maduración.

El control de rendimiento se llevó a cabo el 14 de agosto, por tanto, la medida en plantas sometidas a aclareo de racimos sólo se realizó en la última fecha, en la cual, el estudio de ambos factores, régimen hídrico y nivel de carga, no mostró interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.17. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2013	12-sep
S00T	-0,76	± 0,15
S00A	-0,74	± 0,14
R25T	-0,46	± 0,09
R25A	-0,34	± 0,14
R50T	-0,26	± 0,07
R50A	-0,17	± 0,05
Media	-0,45	± 0,25
RH x CR		n.s.

Los valores de Ψ_{aa} han mostrado durante el periodo de medidas un deterioro progresivo del estado hídrico en general, que en el caso de S00 pasó de un déficit hídrico leve a un déficit hídrico moderadamente severo.

A mediados de agosto, todos los tratamientos presentaron un déficit hídrico moderado, aunque los tratamientos regados mantuvieron un estado hídrico superior al secano. Un mes más tarde, los valores de Ψ_{aa} reflejaron claramente las distintas dosis de riego recibidas.

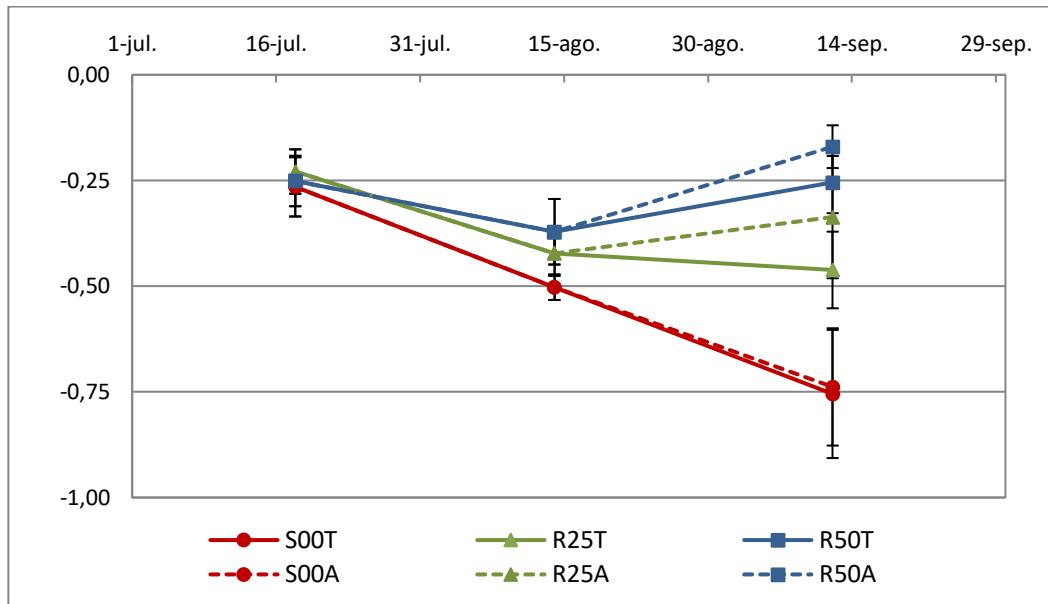


Figura III.9. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en 2013.

Respecto al **régimen hídrico**, el Ψ_{aa} mostró diferencias estadísticamente significativas en los dos últimos días de medida, discriminando S00 respecto a R25 y R50 el 14 de agosto y segregando los tres niveles de régimen hídrico el 12 de septiembre.

Tabla III.18. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	18-jul	14-agosto	12-sep
S00	-0,27 ± 0,07	-0,50 b ± 0,03	-0,75 c ± 0,14
R25	-0,23 ± 0,05	-0,42 a ± 0,05	-0,40 b ± 0,13
R50	-0,25 ± 0,06	-0,37 a ± 0,08	-0,21 a ± 0,07
Media	-0,25 ± 0,06	-0,43 ± 0,08	-0,45 ± 0,25
RH	n.s.	***	*

El **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas, debidas a los valores de R50 y R25, en los que el aclareo de racimos mantuvo valores superiores al testigo, ya que el nivel de aclareo de racimos apenas redujo el valor respecto al testigo en S00.

Tabla III.19. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2013, de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2013	12-sep
Testigo	-0,49 ± 0,24
Aclareo	-0,42 ± 0,27
Media	-0,45 ± 0,25
CR	*

1.2.1.2.2 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2013

El Ψ_9 fue medido a las 9 hs con periodicidad quincenal, desde el estado fenológico de cuajado hasta el final de maduración, de modo que hubo dos fechas de medida previas al aclareo de racimos, ejecutado el 14 de agosto, y el resto se realizó en el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

El estudio de los valores de Ψ_9 en las fechas en las que convergen los factores estudiados no ha mostrado interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.20. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto	11-sep	26-sep	09-oct
S00T	-1,39 ± 0,06	-1,47 ± 0,14	-1,61 ± 0,10	-0,59 ± 0,04
S00A	-1,39 ± 0,15	-1,53 ± 0,18	-1,70 ± 0,06	-0,64 ± 0,14
R25T	-1,08 ± 0,26	-1,29 ± 0,17	-1,45 ± 0,20	-0,57 ± 0,08
R25A	-1,02 ± 0,29	-1,14 ± 0,29	-1,46 ± 0,21	-0,54 ± 0,05
R50T	-0,90 ± 0,22	-1,07 ± 0,08	-1,37 ± 0,21	-0,57 ± 0,05
R50A	-0,80 ± 0,07	-0,98 ± 0,07	-1,33 ± 0,09	-0,57 ± 0,04
Media	-1,10 ± 0,29	-1,25 ± 0,26	-1,48 ± 0,20	-0,58 ± 0,08
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Como puede observarse en la figura III.10, el Ψ_9 ha mostrado una tendencia descendente similar en los distintos niveles de régimen hídrico al avanzar la estación, si bien, la ausencia inicial de estrés hídrico empeoró finalmente hasta un nivel de estrés severo en S00, mientras R50 mantuvo un nivel de estrés moderado y R25 quedó en posición intermedia.

Las diferencias entre los valores de potencial hídrico se acentuaron en la mitad del periodo de medidas, cuando la evapotranspiración fue más intensa. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron en la última medida debido a las cuantiosas precipitaciones ocurridas al final de la maduración, las cuales provocaron que los tratamientos alcanzaran un estado hídrico similar al mostrado inicialmente.

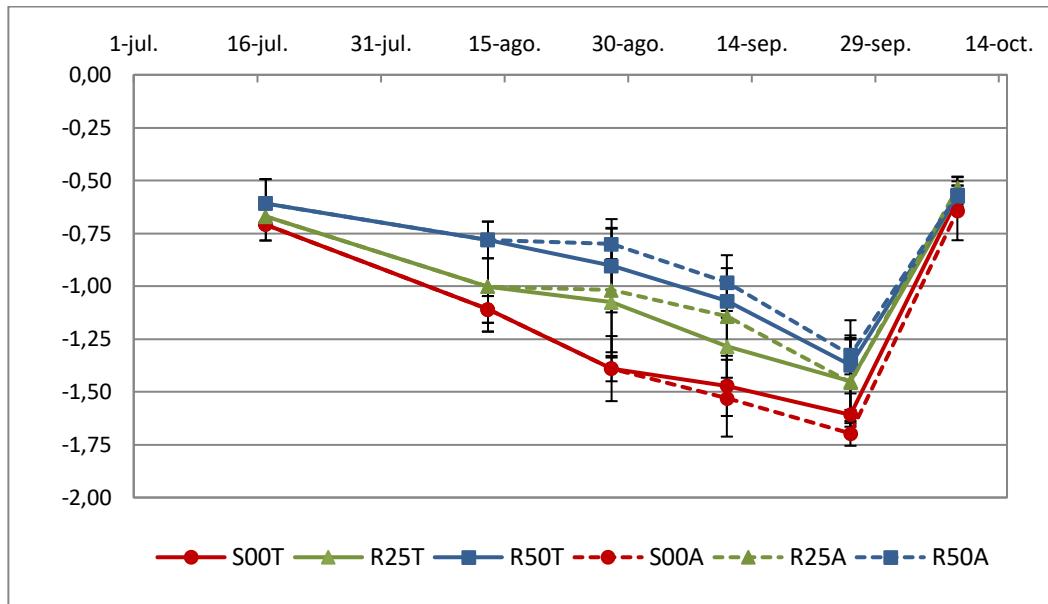


Figura III.10. Evolución del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9) en 2013.

Al analizar los niveles de **régimen hídrico**, la tendencia de valores de potencial hídrico superiores en los tratamientos regados, de acuerdo con la mayor dosis de riego recibida, ha mostrado diferencias estadísticamente significativas el 13 de agosto, separando el secano de los tratamientos regados, y quedando muy cerca del nivel mínimo de significación en las siguientes dos fechas de medida.

Tabla III.21. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2013, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto
S00	-0,71 ± 0,08	-1,11 b ± 0,06	-1,39 ± 0,11
R25	-0,67 ± 0,05	-1,00 b ± 0,21	-1,05 ± 0,27
R50	-0,61 ± 0,11	-0,78 a ± 0,09	-0,85 ± 0,17
Media	-0,66 ± 0,09	-0,96 ± 0,19	-1,10 ± 0,29
RH	n.s.	***	n.s.
2013	11-sep	26-sep	09-oct
S00	-1,50 ± 0,16	-1,65 ± 0,01	-0,61 ± 0,10
R25	-1,21 ± 0,24	-1,45 ± 0,04	-0,55 ± 0,07
R50	-1,03 ± 0,08	-1,35 ± 0,02	-0,57 ± 0,04
Media	-1,25 ± 0,26	-1,48 ± 0,04	-0,58 ± 0,08
RH	n.s.	n.s.	n.s.

Asimismo, respecto al **control de rendimiento**, no se han observado diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha, a pesar de la tendencia del tratamiento de aclareo, de valores más elevados que el testigo en R25 y R50, en los días con mayor demanda evapotranspirativa. Contrariamente, se ha observado la tendencia inversa en S00 en las medidas realizadas en septiembre, con valores ligeramente superiores en el tratamiento testigo.

Tabla III.22. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa) en **2013** de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre	09-octubre
Testigo	-1,12 ± 0,28	-1,28 ± 0,21	-1,48 ± 0,19	-0,58 ± 0,06
Aclareo	-1,07 ± 0,31	-1,22 ± 0,30	-1,49 ± 0,20	-0,58 ± 0,10
Media	-1,10 ± 0,29	-1,25 ± 0,26	-1,48 ± 0,20	-0,58 ± 0,08
CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.1.2.3 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2013

El potencial hídrico de xilema fue medido a las 12 hs, cada tres semanas desde la fase de botones florales separados hasta cuajado y, posteriormente, con periodicidad quincenal hasta final de maduración. De este modo se englobó el periodo de riego completo, así como el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 14 de agosto, en el que confluyeron ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Así, en la primera fase, de principios de junio a mediados de agosto, las medidas de Ψ_{x12} se llevaron a cabo únicamente en los tratamientos de régimen hídrico y, posteriormente, a partir de la realización del aclarado de racimos se determinaron en los tratamientos de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Tabla III.23. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00T	-1,26 ± 0,14	-1,49 ± 0,11	-1,66 ± 0,13
S00A	-1,26 ± 0,15	-1,52 ± 0,15	-1,69 ± 0,11
R25T	-1,04 ± 0,18	-1,11 ± 0,25	-1,49 ± 0,25
R25A	-0,89 ± 0,23	-1,03 ± 0,33	-1,34 ± 0,36
R50T	-0,80 ± 0,15	-0,90 ± 0,17	-1,30 ± 0,25
R50A	-0,70 ± 0,04	-0,80 ± 0,11	-1,25 ± 0,18
Media	-0,99 ± 0,26	-1,14 ± 0,34	-1,45 ± 0,28
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Como se puede observar en la figura III.11, durante la primera fase de medidas, los valores de Ψ_{x12} se mantuvieron estables y sin reflejar déficit hídrico hasta mediados de julio. La aplicación del riego comenzó a partir de entonces, logrando mantener los valores de R50 en una situación de leve estrés hídrico que se agravó paulatinamente al avanzar el periodo. Sin embargo, no se observó la influencia del riego en los valores de

R25, con respecto al secano, hasta finales de agosto, cuando dicho tratamiento logró mantener los valores en un nivel moderado de estrés hídrico.

En la segunda fase de medidas, a partir de mediados de agosto, los valores de Ψ_{x12} siguieron reduciéndose de acuerdo con la dosis de riego que recibían los tratamientos, descendiendo de modo constante los valores de S00 y de modo más amortiguado los valores de ambos tratamientos regados, con similar tendencia, aunque R50 mantuvo un estado hídrico superior a R25. De hecho, este último llegó a sufrir un nivel de estrés hídrico moderadamente severo, aunque lejos del déficit hídrico muy severo soportado por S00.

Por otro lado, el nivel de estrés hídrico tendió a ser más reducido en los tratamientos sometidos a aclareo que en los tratamientos testigo de R25 y R50, lo que, sin embargo, no se observó en el secano.

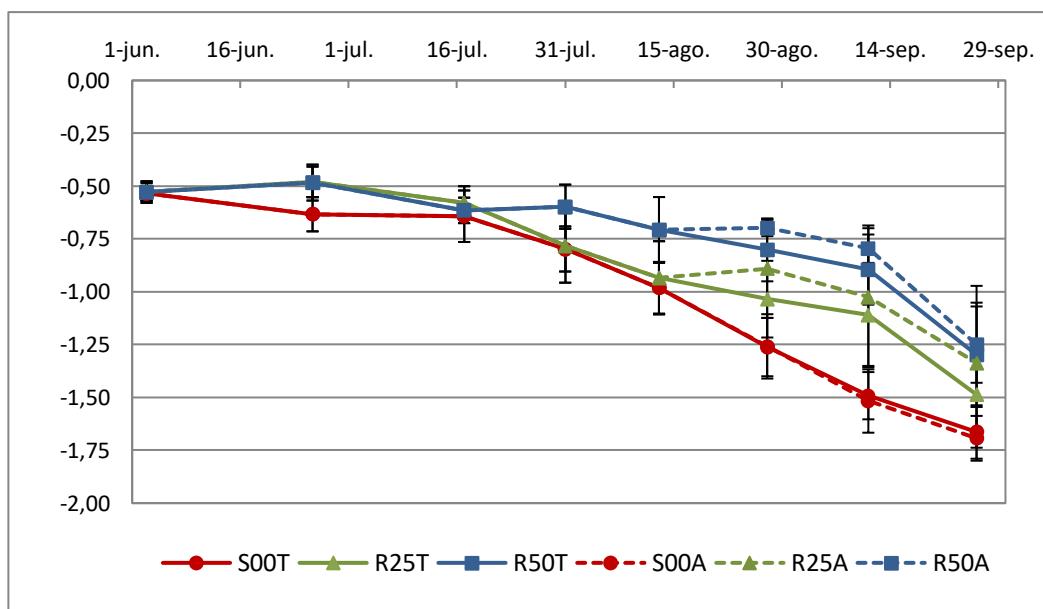


Figura III.11. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en 2013.

El análisis de los efectos del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas hasta que transcurrieron dos semanas desde el comienzo del riego, logrando separar R50 de R25 y S00 en esa fecha de medida y en la siguiente. Posteriormente, se diferenciaron los tres niveles de régimen hídrico en las medidas realizadas el 28 de agosto y el 11 de septiembre. El 26 de septiembre, la misma tendencia observada entre las distintas dosis de riego aportó un valor muy cercano al nivel mínimo de significación estadística.

Tabla III.24. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	03-jun	26-jun	17-jul	31-jul
S00	-0,53 ± 0,04	-0,63 ± 0,08	-0,64 ± 0,12	-0,80 b ± 0,11
R25	-0,53 ± 0,04	-0,48 ± 0,07	-0,58 ± 0,08	-0,78 b ± 0,17
R50	-0,53 ± 0,05	-0,48 ± 0,09	-0,62 ± 0,06	-0,60 a ± 0,10
Media	-0,53 ± 0,04	-0,53 ± 0,10	-0,61 ± 0,09	-0,73 ± 0,16
RH	n.s.	n.s.	n.s.	*
2013	13-agosto	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00	-0,98 b ± 0,12	-1,26 c ± 0,14	-1,50 c ± 0,13	-1,68 ± 0,11
R25	-0,93 b ± 0,17	-0,96 b ± 0,21	-1,07 b ± 0,28	-1,41 ± 0,31
R50	-0,71 a ± 0,16	-0,75 a ± 0,12	-0,85 a ± 0,14	-1,27 ± 0,21
Media	-0,87 ± 0,19	-0,99 ± 0,26	-1,14 ± 0,34	-1,45 ± 0,28
RH	**	*	*	n.s.

En cuanto al **control de rendimiento**, se observó una tendencia de valores de Ψ_{x12} ligeramente superiores en el aclareo de racimos que en el testigo en R25 y R50, aunque no en S00. De hecho, al excluir el secano del análisis estadístico, esta tendencia mostró diferencias estadísticamente significativas favorables al aclareo el 28 de agosto.

Tabla III.25. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . (†): Al excluir S00 del análisis estadístico surgieron diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
Testigo	-1,03 ± 0,24	-1,17 ± 0,31	-1,48 ± 0,25
Aclareo	-0,95 ± 0,28	-1,11 ± 0,37	-1,43 ± 0,30
Media	-0,99 ± 0,26	-1,14 ± 0,34	-1,45 ± 0,28
CR	n.s. (†)	n.s.	n.s.

1.2.1.2.4 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2013

El Ψ_{12} fue medido a las 12 hs con periodicidad mensual, tras un intervalo inicial de tres semanas entre medidas, desde una semana antes de floración hasta la mitad de maduración. Así, se abarcó el periodo de riego completo, con tres fechas de medida previas al aclareo de racimos, ejecutado el 14 de agosto, y una fecha de medida en el periodo de coincidencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Los valores de Ψ_{12} en las fechas en las que confluyen los factores estudiados no han mostrado interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.26. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2013		11-sep
S00T	-1,52	± 0,16	
S00A	-1,57	± 0,16	
R25T	-1,30	± 0,22	
R25A	-1,10	± 0,24	
R50T	-1,05	± 0,19	
R50A	-0,96	± 0,26	
Media	-1,25	± 0,30	
RH x CR	n.s.		

En la figura III.12 se puede apreciar el descenso progresivo de los valores de Ψ_{12} que reflejan el leve estrés hídrico de todos los tratamientos a mediados de julio. A partir de entonces, la aplicación del riego redujo el estrés hídrico de los tratamientos regados, manteniendo a R25 con un déficit hídrico moderado y a R50 con un déficit hídrico leve, evitando que sufriesen el estrés hídrico severo alcanzado finalmente por S00.

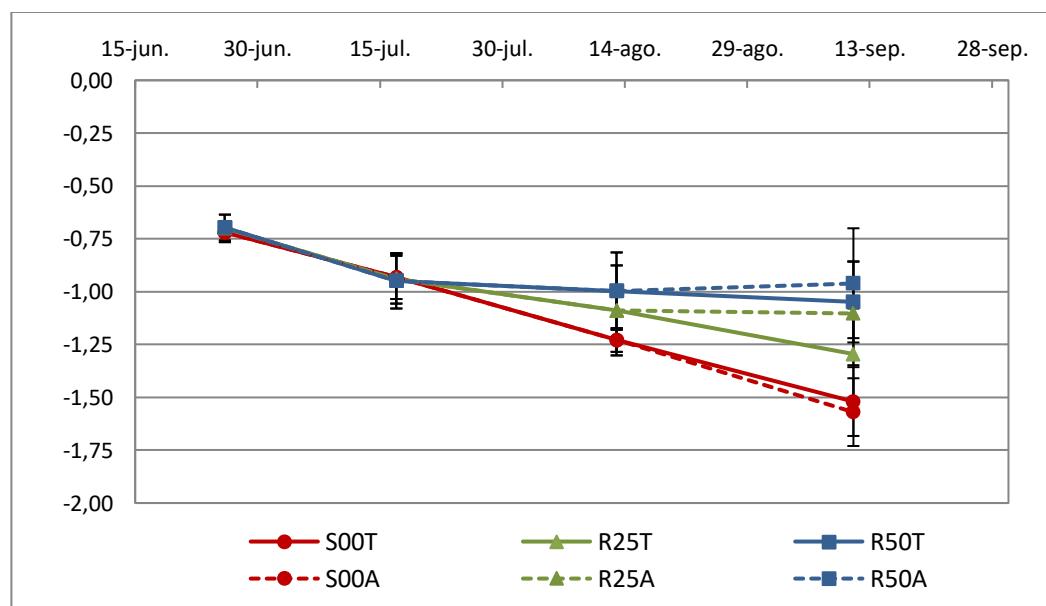


Figura III.12. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en **2013**.

Respecto al **régimen hídrico**, los valores de Ψ_{12} han mostrado diferencias estadísticamente significativas el 13 de agosto, separando R50 de S00, mientras que R25 ha mantenido una posición intermedia. En la última fecha de medida, los valores de Ψ_{12} indicaron la misma tendencia, aunque los tratamientos no llegaron a mostrar diferencias estadísticamente significativas, debido al incremento de la desviación estándar.

Tabla III.27. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	26-jun	17-jul	13-agosto	11-sept
S00	-0,72 ± 0,05	-0,93 ± 0,10	-1,23 b ± 0,06	-1,55 ± 0,16
R25	-0,70 ± 0,03	-0,94 ± 0,12	-1,09 ab ± 0,21	-1,20 ± 0,24
R50	-0,70 ± 0,06	-0,95 ± 0,13	-1,00 a ± 0,18	-1,00 ± 0,22
Media	-0,71 ± 0,04	-0,94 ± 0,11	-1,11 ± 0,19	-1,25 ± 0,30
RH	n.s.	n.s.	*	n.s.

Los valores de Ψ_{12} no han mostrado diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de **control de rendimiento**, a pesar de la tendencia mostrada a favor del aclareo de racimos, particularmente en R25.

Tabla III.28. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2013	11-sept
Testigo	-1,29 ± 0,27
Aclareo	-1,21 ± 0,34
Media	-1,25 ± 0,30
CR	n.s.

1.2.1.2.5 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2013

El Ψ_{15} fue medido a las 15 hs en torno a mitad de maduración, el 11 de septiembre. Los valores de Ψ_{15} no han mostrado interacción estadísticamente significativa al estudiar conjuntamente los factores de régimen hídrico y de control de rendimiento. Sin embargo, se apreció una tendencia a mostrar, en cada régimen hídrico, mayor valor de potencial hídrico en las plantas sometidas a aclareo de racimos que en las plantas testigo.

Los valores de Ψ_{15} han mostrado que todos los tratamientos han sufrido un déficit hídrico severo a esa hora del día, aunque el estrés fue menor en los tratamientos regados, en consonancia con la dosis de riego recibida.

Tabla III.29. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	11-sep	
S00T	-1,73	± 0,09
S00A	-1,69	± 0,07
R25T	-1,59	± 0,17
R25A	-1,48	± 0,19
R50T	-1,41	± 0,13
R50A	-1,37	± 0,09
Media	-1,55	± 0,18
RH x CR	n.s.	

A pesar de esta tendencia, el estudio del **régimen hídrico** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Tabla III.30. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	11-sep	
S00	-1,71	± 0,08
R25	-1,54	± 0,18
R50	-1,39	± 0,11
Media	-1,55	± 0,18
RH	n.s.	

Respecto al **control de rendimiento**, a pesar de haber mostrado el aclareo de racimos un valor de Ψ_{15} superior al testigo, debido mayormente a los valores de R25, no fue suficiente para que surgieran diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.31. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2013	11-sep	
Testigo	-1,58	± 0,18
Aclareo	-1,51	± 0,18
Media	-1,55	± 0,18
CR	n.s.	

1.2.1.2.6 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2013

Los valores de Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{12} y Ψ_{15} , medidos el 11 de septiembre, se emplearon para estudiar la evolución del valor de potencial hídrico de los factores estudiados a lo largo del día, que puede verse en la figura III.13.

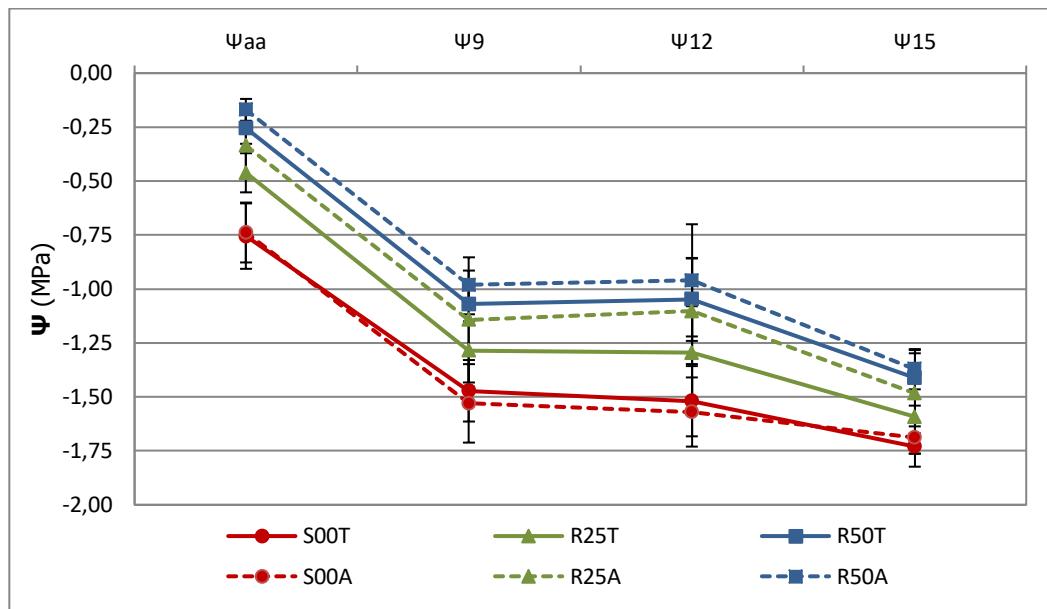


Figura III.13. Evolución del potencial hídrico (MPa) el 12 de septiembre de 2013.

Se ha observado una tendencia de descenso de los valores de potencial hídrico similar en los distintos **regímenes hídricos** a lo largo de las medidas realizadas durante el día. El mayor descenso en los valores se produjo entre el Ψ_{aa} y el Ψ_9 , mientras que se mantuvo relativamente estable entre las medidas de Ψ_9 y Ψ_{12} , por lo que el resto del descenso se acumuló entre el Ψ_{12} y el Ψ_{15} . La reducción global de potencial hídrico a lo largo del día se produjo paralelamente en las plantas regadas y en las plantas mantenidas en secano, mostrando un nivel de estrés hídrico en consonancia con la dosis de riego recibida.

Por otro lado, el **control de rendimiento** aparentemente no modificó los valores de potencial hídrico en S00, sin embargo, se observó una tendencia en R25 y R50 a mantener valores superiores con respecto a las plantas testigo, en todas las medidas realizadas a lo largo del día, mostrando una evolución paralela entre tratamientos en todos los casos.

1.2.1.3 Potencial hídrico en 2014

1.2.1.3.1 Potencial hídrico antes del amanecer en 2014

El Ψ_{aa} fue medido en tres momentos del ciclo con periodicidad mensual, coincidiendo con los estados de baya “tamaño guisante”, envero y final de maduración.

Las medidas en plantas sometidas a aclareo de racimos se llevaron a cabo en las dos últimas fechas, tras la ejecución del control de rendimiento, el 30 de julio.

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.32. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto	10-septiembre
S00T	-0,68 ± 0,12	-0,79 ± 0,26
S00A	-0,70 ± 0,05	-0,68 ± 0,06
R25T	-0,51 ± 0,07	-0,41 ± 0,13
R25A	-0,48 ± 0,09	-0,35 ± 0,06
R50T	-0,40 ± 0,09	-0,34 ± 0,13
R50A	-0,39 ± 0,03	-0,28 ± 0,05
Media	-0,53 ± 0,15	-0,48 ± 0,23
RH x CR	n.s.	n.s.

Los valores de Ψ_{aa} indican que el tratamiento S00 presentó un nivel de estrés hídrico moderado a mediados de julio, que empeoró hasta ser moderadamente severo al final de maduración, mientras que R25 mantuvo un nivel de déficit hídrico moderado y R50 un déficit hídrico leve durante todo el periodo.

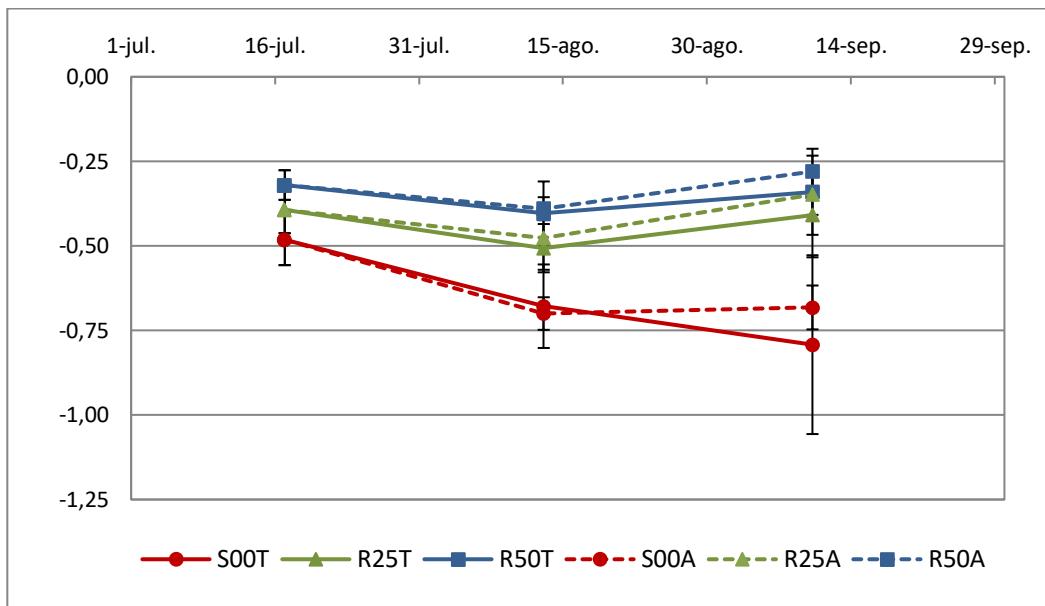


Figura III.14. Evolución del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa}) en 2014.

Respecto al **régimen hídrico**, los valores de Ψ_{aa} reflejaron positiva y claramente el aporte hídrico recibido, aunque sin clara distinción de la dosis recibida, con valores notablemente más elevados en R50 y R25 que en S00.

El análisis de Ψ_{aa} mostró diferencias estadísticamente significativas entre el secano y los tratamientos regados todos los días de medida, llegando a distinguir los tres niveles de régimen hídrico en la medida realizada el 13 de agosto.

Tabla III.33. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	17-jul	13-agosto	10-sept
S00	-0,48 b ± 0,08	-0,69 c ± 0,09	-0,74 b ± 0,19
R25	-0,39 a ± 0,07	-0,49 b ± 0,08	-0,38 a ± 0,10
R50	-0,32 a ± 0,04	-0,40 a ± 0,07	-0,31 a ± 0,10
Media	-0,40 ± 0,09	-0,53 ± 0,15	-0,48 ± 0,23
RH	**	*	*

El aporte hídrico logró que las plantas regadas recuperaran al final de la maduración el mismo estado hídrico que tenían al comienzo del periodo de medidas.

El **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque en la última fecha de medida, al final de maduración, el aclareo de racimos mostró valores superiores respecto al testigo en todos los regímenes hídricos.

Tabla III.34. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico antes del amanecer (Ψ_{aa} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2014	13-agosto	10-septiembre
Testigo	-0,53 ± 0,15	-0,51 ± 0,27	
Aclareo	-0,52 ± 0,15	-0,44 ± 0,19	
Media	-0,53 ± 0,15	-0,48 ± 0,23	
CR	n.s.	n.s.	

1.2.1.3.2 Potencial hídrico de xilema a las 9 hs en 2014

El Ψ_{x9} fue medido a las 9 hs, realizándose la primera medida en el estado fenológico de baya “tamaño guisante”. A partir de un mes más tarde, en enero, las medidas se repitieron quincenalmente hasta el final de maduración. De este modo se englobaron el periodo completo de riego y el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 30 de julio, abarcando el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Así, las medidas de Ψ_{x9} se llevaron a cabo únicamente en los tratamientos de régimen hídrico en la primera fecha y, posteriormente, se efectuaron en los tratamientos de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Tabla III.35. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	-1,13 ± 0,14	-1,33 ± 0,20	-1,33 ± 0,29	
S00A	-1,16 ± 0,16	-1,38 ± 0,16	-1,30 ± 0,18	
R25T	-0,93 ± 0,24	-1,12 ± 0,28	-1,02 ± 0,21	
R25A	-0,85 ± 0,32	-1,03 ± 0,41	-0,93 ± 0,38	
R50T	-0,76 ± 0,20	-0,87 ± 0,25	-0,90 ± 0,25	
R50A	-0,66 ± 0,07	-0,73 ± 0,14	-0,80 ± 0,12	
Media	-0,91 ± 0,26	-1,08 ± 0,33	-1,05 ± 0,31	
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	

Los factores estudiados no han mostrado interacción estadísticamente significativa a lo largo del periodo de medidas, si bien, como se puede observar en la figura III.15, los valores de Ψ_{x9} mostraron una tendencia, en R25 y R50, a ser mayores en las plantas sometidas a aclareo de racimos que en las plantas testigo, algo que no se observó en S00.

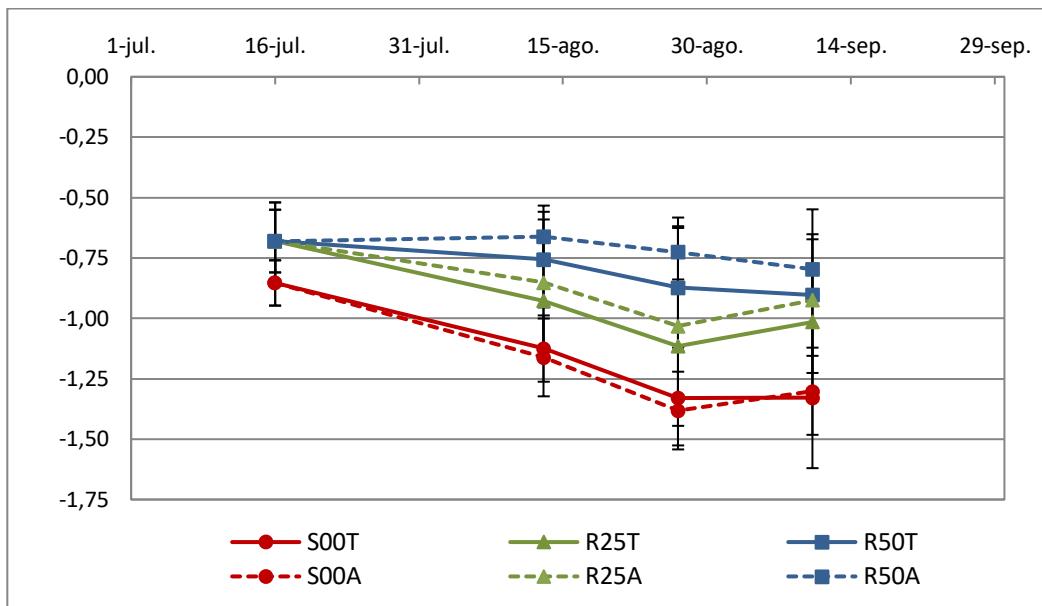


Figura III.15. Evolución del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9}) en 2014.

En la primera fecha de medida, el Ψ_{x9} mostró valores similares en ambos tratamientos regados, que fueron superiores al secano. Posteriormente, los valores de Ψ_{x9} de todos los tratamientos se fueron reduciendo hasta finales de agosto, aunque con una intensidad acorde con el régimen hídrico de cada tratamiento. En la última medida, el Ψ_{x9} de R50 mantuvo la tendencia anterior de descenso moderado, mientras que el Ψ_{x9} de R25 se incrementó y el de S00 se mostró constante, con valores muy inferiores a los tratamientos regados.

El análisis de los efectos del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha, sin bien, los valores estuvieron muy cercanos al nivel mínimo de significación en las tres primeras fechas de medida.

Tabla III.36. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a las 9 hs (Ψ_{x9} , MPa), en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul	13-agosto	27-agosto	10-sept
S00	-0,85 ± 0,09	-1,14 ± 0,14	-1,36 ± 0,17	-1,32 ± 0,23
R25	-0,68 ± 0,16	-0,89 ± 0,27	-1,07 ± 0,34	-0,97 ± 0,29
R50	-0,68 ± 0,13	-0,71 ± 0,15	-0,80 ± 0,21	-0,85 ± 0,20
Media	-0,74 ± 0,15	-0,91 ± 0,26	-1,08 ± 0,33	-1,05 ± 0,31
RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

En cuanto al **control de rendimiento**, el Ψ_{x9} mostró una tendencia de valores escasamente superiores en el tratamiento de aclareo de racimos que en el tratamiento testigo, debida a los valores de los tratamientos regados, lo cual no ha supuesto diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha de medida.

Tabla III.37. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{xg} , MPa) en **2014** de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	-0,94 ± 0,24	-1,11 ± 0,30	-1,08 ± 0,30
Aclareo	-0,89 ± 0,29	-1,05 ± 0,37	-1,01 ± 0,32
Media	-0,91 ± 0,26	-1,08 ± 0,33	-1,05 ± 0,31
CR	n.s.	n.s.	n.s.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas al analizar los factores estudiados probablemente ha sido debida a la elevada desviación estándar de las medidas.

1.2.1.3.3 Potencial hídrico foliar a las 9 hs en 2014

El Ψ_9 fue medido a las 9 hs, llevándose a cabo la primera medida cuando las plantas se encontraban en el estado fenológico de baya “tamaño guisante”. A partir de un mes más tarde, en enero, las medidas se repitieron quincenalmente hasta el final de maduración.

De este modo se englobó el periodo de riego, así como el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 30 de julio, abarcando, por tanto, el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Los factores estudiados no han mostrado interacción estadísticamente significativa durante dicho periodo.

Tabla III.38. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	-1,41 ± 0,12	-1,53 ± 0,14	-1,50 ± 0,13
S00A	-1,43 ± 0,12	-1,57 ± 0,12	-1,55 ± 0,06
R25T	-1,09 ± 0,22	-1,30 ± 0,29	-1,24 ± 0,18
R25A	-1,01 ± 0,33	-1,18 ± 0,38	-1,02 ± 0,35
R50T	-0,96 ± 0,26	-1,12 ± 0,23	-1,08 ± 0,22
R50A	-0,88 ± 0,09	-0,98 ± 0,22	-1,00 ± 0,10
Media	-1,13 ± 0,29	-1,28 ± 0,32	-1,23 ± 0,29
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Como puede observarse en la figura III.16, los valores de Ψ_9 del tratamiento de secano descendieron paulatinamente desde un déficit hídrico moderado al inicio del periodo de medidas hasta un déficit hídrico severo estabilizado al final del mismo. Sin

embargo, el Ψ_9 de los tratamientos regados se mantuvo relativamente estable, indicando un déficit hídrico moderado durante el todo el periodo, con el valor más bajo al final del mes de agosto.

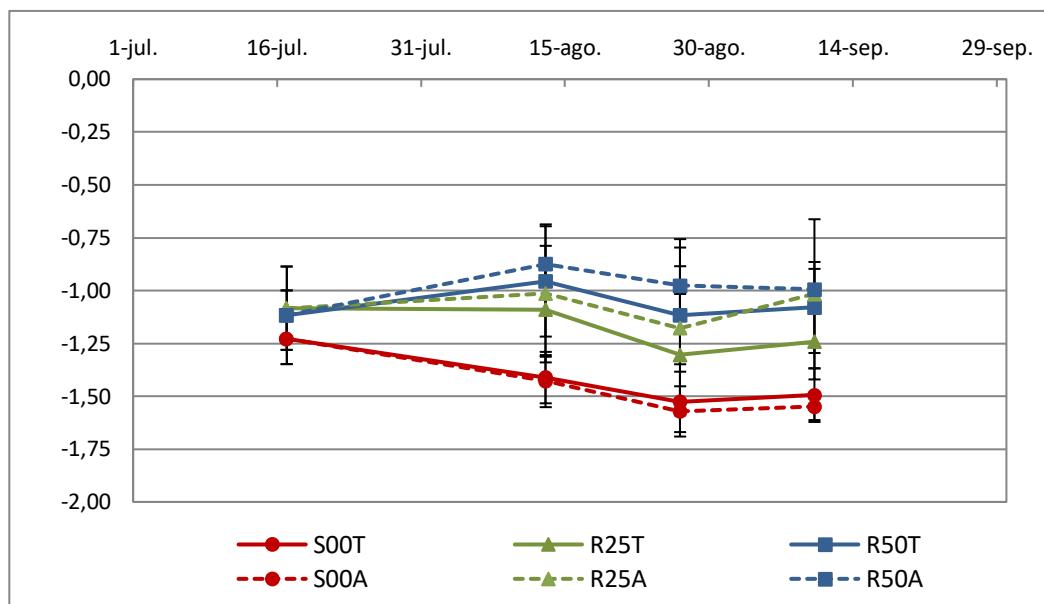


Figura III.16. Evolución del potencial hídrico foliar (MPa) a las 9 hs (Ψ_9) en 2014.

En la primera fecha de medida, los tratamientos regados apenas reflejaron el aporte hídrico recibido, sin embargo, en las siguientes fechas de medida, los valores de Ψ_9 se mostraron más elevados en los tratamientos regados, especialmente en R50, de acuerdo con la mayor dosis de riego recibida.

Por otro lado, las oscilaciones de los valores de potencial de los tratamientos regados reflejaron las condiciones atmosféricas diarias de las fechas de medida, particularmente en R25.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas únicamente el 10 de septiembre, distinguiendo al tratamiento de secano de los tratamientos regados. No obstante, los valores medios de potencial se escalonaron de forma proporcional al aporte hídrico recibido a partir de mediados de agosto.

Tabla III.39. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	17-jul	13-agosto	27-agosto	10-sept
S00	-1,23 ± 0,12	-1,42 ± 0,12	-1,55 ± 0,13	-1,52 b ± 0,10
R25	-1,08 ± 0,20	-1,05 ± 0,27	-1,24 ± 0,33	-1,13 a ± 0,29
R50	-1,12 ± 0,12	-0,92 ± 0,19	-1,05 ± 0,23	-1,04 a ± 0,17
Media	-1,14 ± 0,15	-1,13 ± 0,29	-1,28 ± 0,32	-1,23 ± 0,29
RH	n.s.	n.s.	n.s.	*

Respecto al **control de rendimiento**, aunque el valor del tratamiento de aclareo de racimos tendió a ser superior que el valor del tratamiento testigo en todas las fechas de medida, debido particularmente a los tratamientos regados, no han mostrado diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha.

Tabla III.40. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 9 hs (Ψ_9 , MPa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	-1,15 ± 0,28	-1,32 ± 0,28	-1,27 ± 0,24
Aclareo	-1,11 ± 0,31	-1,24 ± 0,35	-1,19 ± 0,33
Media	-1,13 ± 0,29	-1,28 ± 0,32	-1,23 ± 0,29
CR	n.s.	n.s.	n.s.

El hecho de que la medida de Ψ_9 no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, salvo en una fecha al estudiar el régimen hídrico, probablemente ha sido debida a la elevada desviación estándar de las medidas, principalmente en los tratamientos R25 y R50.

1.2.1.3.4 Potencial hídrico de xilema a las 12 hs en 2014

El Ψ_{x12} fue medido a las 12 hs, realizándose la primera medida en floración. Veinte días más tarde comenzó un seguimiento con periodicidad quincenal hasta después de vendimia. De este modo se englobó el periodo de riego completo, así como el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 30 de julio, abarcando, por tanto, el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Así, en la primera fase de medidas, hasta enero, se llevaron a cabo las medidas de Ψ_{x12} únicamente en los tratamientos de régimen hídrico. A partir de la realización del aclareo de racimos las medidas se efectuaron en los tratamientos de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento. Su estudio no ha mostrado interacción estadísticamente significativa a lo largo de dicho periodo.

Tabla III.41. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto	27-agosto	10-sept	25-sept
S00T	-1,18 ± 0,16	-1,45 ± 0,15	-1,47 ± 0,25	-1,34 ± 0,20
S00A	-1,22 ± 0,10	-1,49 ± 0,13	-1,43 ± 0,16	-1,43 ± 0,16
R25T	-0,97 ± 0,22	-1,25 ± 0,27	-1,23 ± 0,21	-1,13 ± 0,26
R25A	-0,83 ± 0,28	-1,11 ± 0,36	-1,07 ± 0,38	-1,05 ± 0,34
R50T	-0,77 ± 0,17	-1,09 ± 0,22	-0,99 ± 0,25	-0,95 ± 0,23
R50A	-0,67 ± 0,10	-0,95 ± 0,08	-0,96 ± 0,08	-0,76 ± 0,07
Media	-0,94 ± 0,27	-1,22 ± 0,29	-1,19 ± 0,30	-1,11 ± 0,31
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

En la figura III.17 se puede apreciar que, inicialmente, los tratamientos soportaban un déficit hídrico leve, reflejando un descenso progresivo del Ψ_{x12} al comenzar el riego, a mediados de julio, de tal modo que los valores de los tratamientos regados, a pesar de ser ligeramente superiores a los del secano, no reflejaron la distinta dosis recibida en esa fecha ni en la siguiente.

En la segunda fase de medidas, a partir de mediados de agosto, el tratamiento R50 mantuvo un déficit hídrico leve, mientras que el tratamiento R25 soportó un estrés hídrico moderado y el tratamiento S00 sufrió un estrés hídrico moderadamente severo.

También se observó la tendencia de valores superiores en las plantas sometidas a aclareo de racimos que en las plantas testigo de los tratamientos regados, algo que no se percibió en el tratamiento de secano.

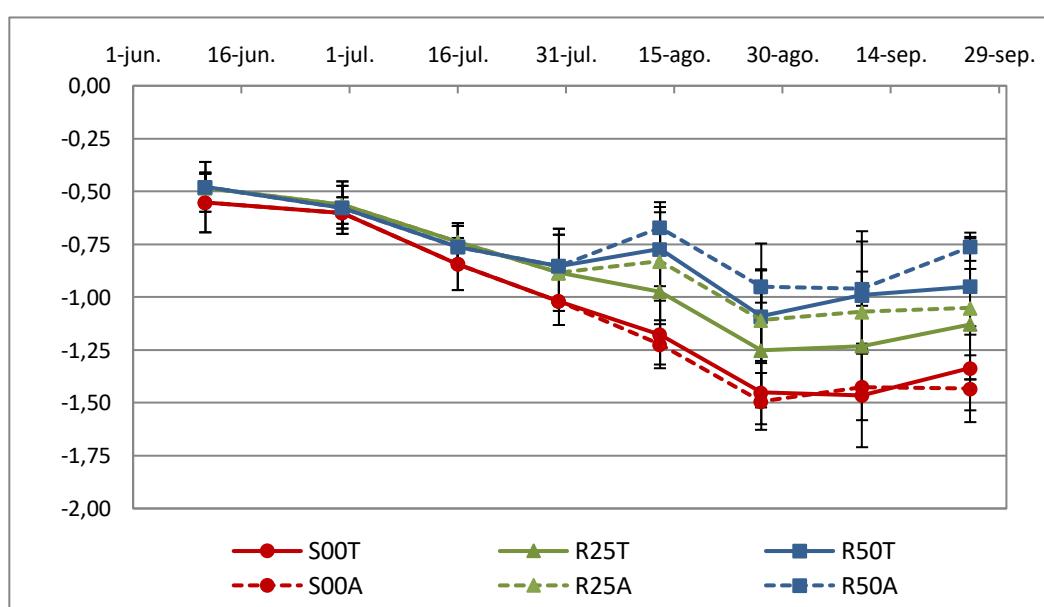


Figura III.17. Evolución del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12}) en **2014**.

A pesar de la tendencia de valores de Ψ_{x12} superiores al incrementarse el aporte hídrico, el análisis de los efectos del **régimen hídrico** sólo mostró diferencias estadísticamente significativas en la medida realizada el 10 de septiembre, separando los tratamientos regados del secano, si bien, las medidas realizadas con posterioridad al aclareo de racimos, ejecutado el 30 de julio, estuvieron cerca de alcanzar el nivel mínimo de significación estadística.

Tabla III.42. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	11-jun	30-jun	16-jul	30-jul
S00	-0,55 ± 0,14	-0,60 ± 0,07	-0,84 ± 0,12	-1,02 ± 0,11
R25	-0,48 ± 0,07	-0,56 ± 0,09	-0,74 ± 0,09	-0,89 ± 0,18
R50	-0,48 ± 0,12	-0,58 ± 0,12	-0,76 ± 0,10	-0,85 ± 0,18
Media	-0,50 ± 0,11	-0,58 ± 0,09	-0,78 ± 0,11	-0,92 ± 0,17
RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre	25-septiembre
S00	-1,20 ± 0,13	-1,47 ± 0,14	-1,45 b ± 0,20	-1,39 ± 0,18
R25	-0,90 ± 0,25	-1,18 ± 0,31	-1,15 a ± 0,31	-1,09 ± 0,29
R50	-0,72 ± 0,15	-1,02 ± 0,17	-0,98 a ± 0,18	-0,86 ± 0,19
Media	-0,94 ± 0,27	-1,22 ± 0,29	-1,19 ± 0,30	-1,11 ± 0,31
RH	n.s.	n.s.	*	*

En cuanto al **control de rendimiento**, el Ψ_{x12} presentó la tendencia de valores más elevados en el aclareo de racimos que en el testigo, fundamentalmente en R25 y R50, pero en ningún caso ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de control de rendimiento.

Tabla III.43. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico de xilema a mediodía (Ψ_{x12} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)).

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre	25-septiembre
Testigo	-0,97 ± 0,25	-1,26 ± 0,26	-1,23 ± 0,30	-1,14 ± 0,27
Aclareo	-0,91 ± 0,29	-1,18 ± 0,32	-1,15 ± 0,31	-1,08 ± 0,35
Media	-0,94 ± 0,27	-1,22 ± 0,29	-1,19 ± 0,30	-1,11 ± 0,31
CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

El incremento notable de la desviación estándar de las medidas de Ψ_{x12} de todos los tratamientos y en particular de R25 ha dificultado que surgieran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de régimen hídrico.

1.2.1.3.5 Potencial hídrico foliar a las 12 hs en 2014

El Ψ_{12} fue medido a las 12 hs. La primera medida se realizó en floración. Veinte días más tarde comenzó un seguimiento, con frecuencia quincenal, hasta después de vendimia. De este modo se englobó el periodo de riego completo, así como el periodo posterior al control de rendimiento, ejecutado el 30 de julio, abarcando, por tanto, el periodo de confluencia de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento.

Durante el periodo en el que confluyeron ambos factores estudiados, los valores de Ψ_{12} no han mostrado interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.44. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2014, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre	25-septiembre
S00T	-1,44 ± 0,09	-1,56 ± 0,06	-1,66 ± 0,06	-1,50 ± 0,10
S00A	-1,43 ± 0,11	-1,57 ± 0,11	-1,67 ± 0,10	-1,62 ± 0,06
R25T	-1,19 ± 0,24	-1,35 ± 0,26	-1,47 ± 0,21	-1,29 ± 0,26
R25A	-1,04 ± 0,31	-1,24 ± 0,26	-1,43 ± 0,29	-1,22 ± 0,25
R50T	-1,10 ± 0,20	-1,22 ± 0,21	-1,48 ± 0,14	-1,15 ± 0,21
R50A	-1,05 ± 0,37	-1,22 ± 0,05	-1,29 ± 0,07	-1,05 ± 0,13
Media	-1,21 ± 0,28	-1,36 ± 0,23	-1,50 ± 0,20	-1,30 ± 0,26
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

En la figura III.18 se puede apreciar el descenso progresivo de los valores de Ψ_{12} hasta una situación de déficit hídrico moderado a mediados de julio, cuando comenzó el riego. Los valores de Ψ_{12} no reflejaron el aporte hídrico recibido en esta primera medida tras el comienzo del riego. A partir de entonces, el estado hídrico del tratamiento S00 se deterioró progresivamente hasta alcanzar un déficit hídrico severo, mientras que los tratamientos regados mantuvieron un déficit hídrico moderadamente severo, atenuado por la mayor dosis de riego aplicada en el tratamiento R50 que, sin embargo, no le permitió mantener un nivel hídrico claramente superior al tratamiento R25.

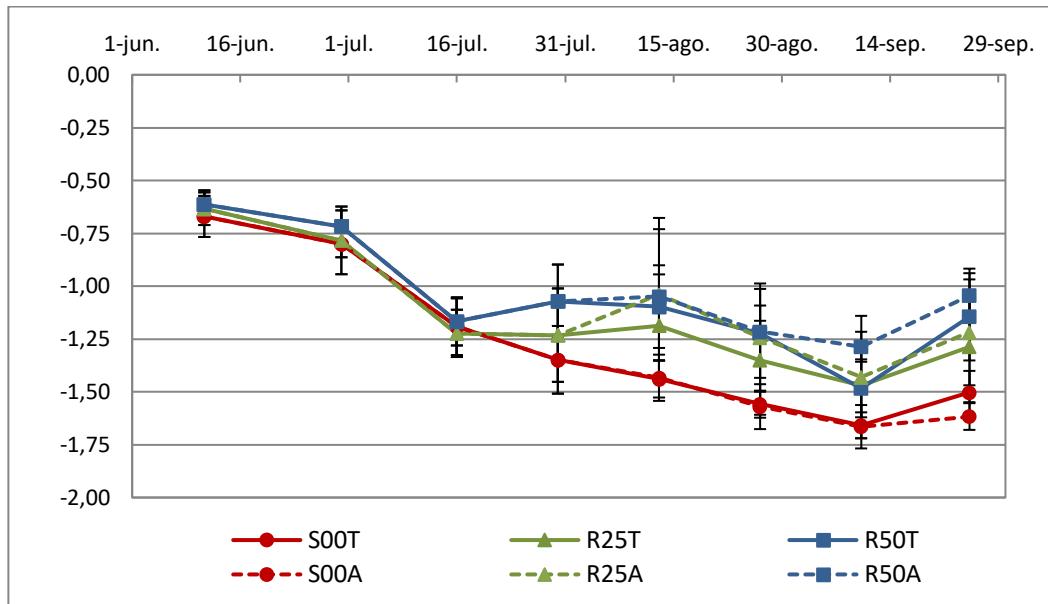


Figura III.18. Evolución del potencial hídrico foliar a mediodía (Ψ_{12}) en 2014.

Tabla III.45. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	11-jun	30-jun	16-jul	30-jul
S00	-0,67 ± 0,10	-0,80 ± 0,06	-1,19 ± 0,13	-1,35 ± 0,16
R25	-0,63 ± 0,08	-0,78 ± 0,16	-1,22 ± 0,11	-1,23 ± 0,22
R50	-0,61 ± 0,07	-0,72 ± 0,08	-1,17 ± 0,11	-1,07 ± 0,17
Media	-0,64 ± 0,08	-0,77 ± 0,11	-1,19 ± 0,12	-1,22 ± 0,21
RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2014	13-agosto	27-agosto	10-sept	25-sept
S00	-1,44 ± 0,09	-1,56 ± 0,08	-1,66 ± 0,08	-1,56 c ± 0,10
R25	-1,11 ± 0,28	-1,30 ± 0,25	-1,45 ± 0,24	-1,25 b ± 0,25
R50	-1,07 ± 0,28	-1,22 ± 0,15	-1,39 ± 0,15	-1,10 a ± 0,17
Media	-1,21 ± 0,28	-1,36 ± 0,23	-1,50 ± 0,20	-1,30 ± 0,26
RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

A pesar de la tendencia de Ψ_{12} de valores medios superiores en los tratamientos regados que en el secano durante el periodo de riego, el análisis del **régimen hídrico** sólo indicó valores cercanos al nivel mínimo de significación estadística el 30 de julio y el 27 de agosto. Si bien, mostró diferencias estadísticamente significativas el 25 de septiembre, que separaron los tres niveles de riego.

El análisis de los valores de Ψ_{12} no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de **control de rendimiento**. Sin embargo, se aprecia una tendencia moderada de valores más reducidos en el aclareo de racimos que en el testigo, debida a los tratamientos regados.

Tabla III.46. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 12 hs (Ψ_{12} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre	25-septiembre
Testigo	-1,24 ± 0,23	-1,38 ± 0,23	-1,54 ± 0,17	-1,31 ± 0,24
Aclareo	-1,17 ± 0,33	-1,34 ± 0,23	-1,46 ± 0,23	-1,29 ± 0,29
Media	-1,21 ± 0,28	-1,36 ± 0,23	-1,50 ± 0,20	-1,30 ± 0,26
CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas al estudiar este índice de potencial hídrico probablemente ha sido debida a la elevada desviación estándar observada, particularmente en los tratamientos regados.

1.2.1.3.6 Potencial hídrico foliar a las 15 hs en 2014

El Ψ_{15} fue medido a las 15 hs al final de maduración, el 12 de septiembre. Se ha empleado junto con Ψ_{aa} , Ψ_9 y Ψ_{12} para observar la evolución del valor de potencial hídrico a lo largo del día.

Los valores de Ψ_{15} no han mostrado interacción estadísticamente significativa al estudiar los factores de régimen hídrico y de control de rendimiento.

Tabla III.47. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	10-septiembre
S00T	-1,55 ± 0,09
S00A	-1,56 ± 0,10
R25T	-1,48 ± 0,12
R25A	-1,48 ± 0,17
R50T	-1,48 ± 0,11
R50A	-1,47 ± 0,07
Media	-1,50 ± 0,11
RH x CR	n.s.

Todos los tratamientos mostraron valores de Ψ_{15} muy bajos, indicando que todos los tratamientos sufrían un déficit hídrico severo similar a esa hora del día en ese momento del ciclo.

Se observó que los valores fueron ligeramente más elevados en los tratamientos regados que en secano, pero al estudiar el **régimen hídrico** los tratamientos no han mostrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.48. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	10-sep	
S00	-1,56	± 0,09
R25	-1,48	± 0,14
R50	-1,47	± 0,09
Media	-1,50	± 0,11
RH	n.s.	

Respecto al **control de rendimiento**, los valores de Ψ_{15} se mostraron parejos entre el tratamiento testigo y el tratamiento de aclareo de racimos.

Tabla III.49. Valor medio y desviación estándar del potencial hídrico foliar a las 15 hs (Ψ_{15} , MPa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2014	10-sep	
Testigo	-1,50	± 0,11
Aclareo	-1,50	± 0,12
Media	-1,50	± 0,11
CR	n.s.	

1.2.1.3.7 Evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del día en 2014

Los valores de Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{12} y Ψ_{15} , medidos el 10 de septiembre, se emplearon para observar la evolución del valor de potencial hídrico de los factores estudiados a lo largo del día, que puede observarse en la figura III.19.

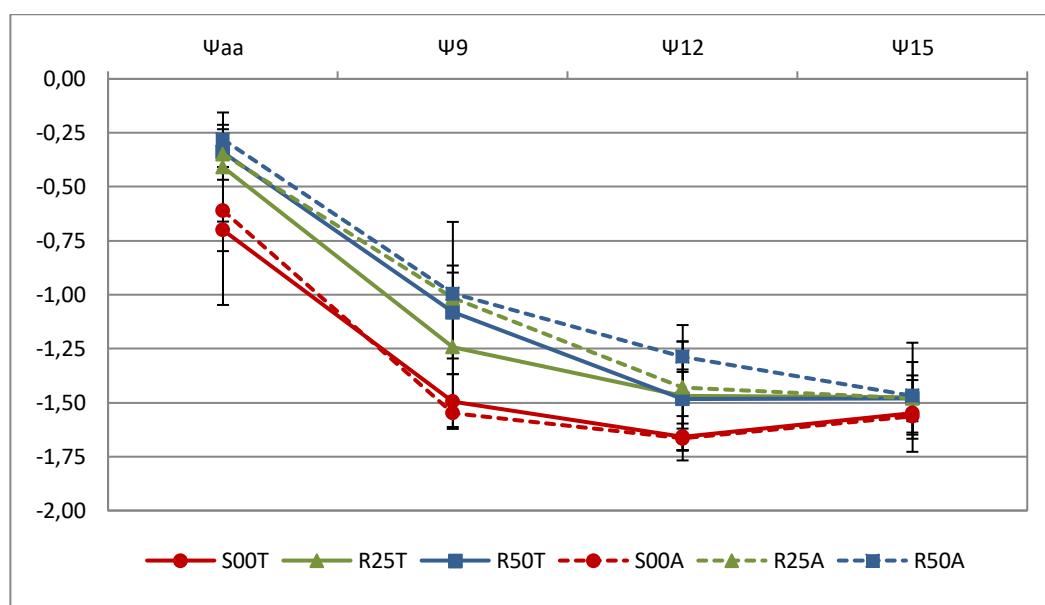


Figura III.19. Evolución diaria del potencial hídrico el 10 de septiembre de 2014.

El estudio del **régimen hídrico** mostró una tendencia de descenso parejo entre las medidas de potencial hídrico a lo largo del día. Sin embargo, debido a que el valor de Ψ_{aa} de los tratamientos regados se mostró más elevado que el de secano, el descenso total fue mayor en los primeros, pues todos los tratamientos mostraron un valor de Ψ_{15} muy similar.

El mayor descenso de potencial hídrico se produjo entre el Ψ_{aa} y el Ψ_9 en todos los tratamientos. Posteriormente, el descenso entre las medidas de Ψ_9 y Ψ_{12} fue menos acusado. Finalmente, los valores de potencial se mantuvieron estables entre el Ψ_{12} y el Ψ_{15} en los tratamientos regados, mientras que en el secano se recuperaron ligeramente, de tal modo que todos los valores de potencial fueron muy similares en la medida de la tarde.

Por otro lado, respecto al **control de rendimiento**, la aplicación del aclareo de racimos pareció amortiguar ligeramente el descenso de los valores de potencial hídrico de los tratamientos regados, ya que en la medida de Ψ_9 permitió que R25A mostrara valores similares a los de R50T y R50A y, en la medida de Ψ_{12} logró que R50A tuviese mayor valor de potencial que R50T.

1.2.1.4 Valoración de la respuesta del potencial hídrico

En 2012, todos los índices de potencial hídrico han discriminado muy bien el riego del secano y han diferenciado adecuadamente el régimen hídrico, a pesar de la elevada desviación estándar que presentaron los valores de los tratamientos de secano.

El control de rendimiento no ha mostrado una modificación en el comportamiento del potencial hídrico tan evidente como el régimen hídrico, a pesar de la tendencia de valores más elevados en el aclareo de racimos que en el testigo, que ha sido más evidente en las medidas realizadas a partir de mediodía y particularmente en R25, llegando a mostrar diferencias estadísticamente significativas en algunas fechas.

En 2013, los distintos índices de potencial hídrico han segregado los tratamientos de régimen hídrico con menor efectividad que el año anterior, siendo las medidas previas al mediodía las más discriminantes. En esta anualidad la mayor desviación estándar se ha observado en los tratamientos regados, particularmente en R25.

Respecto al control de rendimiento, ha habido una tendencia de valores de potencial más elevados en los tratamientos de aclareo que en testigo, que ha sido más clara en los tratamientos regados. No obstante, al igual que para el régimen hídrico, las fechas con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos se redujeron respecto al año anterior.

En 2014, solamente el Ψ_{aa} discriminó adecuadamente el riego del secano, como en los otros años de estudio. El resto de indicadores de potencial hídrico muestran la tendencia de valores más elevados en los tratamientos con mayor aporte hídrico, con diferencias estadísticamente significativas en pocas fechas, debido a la elevada desviación estándar de los tratamientos, principalmente R25.

En el control de rendimiento se ha observado una tendencia de valores de potencial más elevados en los tratamientos sometidos al aclareo de racimos que en los que mantuvieron la carga íntegra, que ha sido más clara en los tratamientos regados, aunque sin mostrar diferencias estadísticamente significativas en ningún caso.

La tendencia observada, al estudiar el control de rendimiento, de valores de potencial superiores en las plantas sometidas a aclareo que en las testigo también fue observada por Santesteban *et al.* (2011).

En la evolución diaria del potencial hídrico de 2012 destacó el comportamiento de R25, pues, aunque dispuso de suficiente aporte hídrico para rehidratarse de un modo similar a R50 durante la noche, la dosis recibida fue insuficiente para mantener la actividad transpirativa en un modo similar, por lo que su comportamiento se modificó asemejando finalmente su condición a la de S00. En esta situación, el Ψ_{aa} no se muestra como un indicador suficientemente adecuado para la gestión del riego (Améglio *et al.*, 1999, en Van Leeuwen *et al.*, 2009).

Contrariamente al año anterior, la evolución diaria del potencial hídrico en 2013 indica que la dosis de riego recibida por R25 le permitió mantener un estado hídrico tal que los valores de potencial hídrico se mantuvieron en una posición intermedia entre los valores del tratamiento que no recibió ningún riego y el que recibió un aporte hídrico con doble dosis.

En 2014, la evolución diaria del potencial hídrico muestra un comportamiento similar en R50 y R25, pues en ambos casos, los valores de Ψ_{aa} disminuyeron progresivamente hasta un estado hídrico ligeramente superior al de S00 en la medida de Ψ_{15} , si bien, los valores de R25 fueron algo más reducidos que los de R50 en las medidas de potencial hídrico previas.

1.2.2 Análisis de la ratio discriminante (DR) de los estimadores de potencial hídrico

Es necesario conocer la capacidad de los distintos índices de potencial hídrico empleados para distinguir el estado hídrico de las plantas, por esta razón, se ha estudiado el poder de discriminación de los indicadores mediante el cálculo de la ratio discriminante (Browning *et al.*, 2004; Cole y Pagay, 2015; Levy *et al.*, 1999; Santesteban *et al.*, 2011).

Para ello se ha tomado el mayor número de fechas en las que se realizaron medidas de potencial hídrico con todos los índices, que coincidieron con las fechas en las que se midió el Ψ_{aa} .

Por tanto, la ratio discriminante ha sido calculada para cada indicador de potencial hídrico en tres fechas de cada año, empleando los valores de los tratamientos testigo del régimen hídrico.

Este índice se calcula como cociente de la desviación estándar subyacente (SD_U) y la desviación estándar interna de los tratamientos (SD_W):

$$DR = \frac{SD_U}{SD_W}$$

A su vez, se realiza el cálculo de la desviación estándar subyacente para corregir la desviación estándar entre tratamientos (SD_B), siendo k el número de repeticiones de la medida en cada tratamiento:

$$SD_U = \sqrt{SD_B^2 - \frac{SD_W^2}{k}}$$

En 2012, las condiciones climáticas provocaron elevados valores de SD_U , principalmente en los índices medidos antes de mediodía, si bien, particularmente en el caso del Ψ_{x12} , una SD_W elevada, debida principalmente a las medidas de S00T y S00A, impidió que el valor de DR fuese superior.

Los mayores valores de la ratio de discriminación de todos los años de estudio se han observado este año, debido a la elevada SD_B mostrada en todos los indicadores de potencial hídrico.

Aun cuando todos los índices de potencial hídrico han mostrado una capacidad de discriminación suficiente, el indicador más adecuado para diferenciar los tratamientos sería el Ψ_{aa} , seguido del Ψ_9 y el Ψ_{12} , quedando en último lugar el Ψ_{x12} .

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que bajo las condiciones meteorológicas de 2012, el Ψ_{aa} podría no ser un indicador adecuado para determinar el estado hídrico de R25 (Améglio *et al.*, 1999, en Van Leeuwen *et al.*, 2009).

Tabla III.50. Ratio discriminante (**DR**) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{x12} y Ψ_{12}), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **R25T**, **R50T**. Desviación estándar interna de los tratamientos (**SD_w**), desviación estándar entre tratamientos (**SD_B**) y desviación estándar subyacente (**SD_U**).

2012	SD_w	SD_B	SD_U	DR
Ψ_{aa}	0,092	0,294	0,291	3,151
Ψ_9	0,149	0,250	0,242	1,624
Ψ_{x12}	0,174	0,222	0,210	1,206
Ψ_{12}	0,111	0,180	0,174	1,570

En 2013, los valores de la DR de todos los indicadores fueron mucho más bajos que los obtenidos el año anterior, pero superiores a los de 2014.

Los valores de la DR se vieron beneficiados en las medidas previas al mediodía por los reducidos valores de **SD_w** que presentaron.

El Ψ_{aa} mostró la mayor idoneidad en la capacidad de discriminación, seguido del Ψ_9 . A continuación, el Ψ_{x12} reflejó menor capacidad discriminante, que al contrario que el año anterior, fue superior a la del Ψ_{12} .

Tabla III.51. Ratio discriminante (**DR**) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_9 , Ψ_{x12} , Ψ_{12} y Ψ_{15}), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **R25T**, **R50T**. Desviación estándar interna de los tratamientos (**SD_w**), desviación estándar entre tratamientos (**SD_B**) y desviación estándar subyacente (**SD_U**).

2013	SD_w	SD_B	SD_U	DR
Ψ_{aa}	0,069	0,117	0,114	1,649
Ψ_9	0,095	0,149	0,143	1,503
Ψ_{x12}	0,137	0,167	0,158	1,146
Ψ_{12}	0,151	0,138	0,124	0,824

En 2014, los valores de DR fueron menores que los otros años de estudio, fundamentalmente debido a la elevada **SD_w** que lastró los valores de todos los índices.

A pesar de ello, el Ψ_{aa} ha seguido siendo el indicador de potencial hídrico más adecuado para diferenciar los tratamientos, seguido a distancia del Ψ_{x12} , y en último lugar el Ψ_9 y el Ψ_{12} , con similar capacidad de discriminación.

Tabla III.52. Ratio discriminante (**DR**) de las medidas de potencial hídrico foliar y de xilema (Ψ_{aa} , Ψ_{x9} , Ψ_9 , Ψ_{x12} y Ψ_{12}), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **R25T**, **R50T**. Desviación estándar interna de los tratamientos (**SD_w**), desviación estándar entre tratamientos (**SD_B**) y desviación estándar subyacente (**SD_U**).

2014	SD_w	SD_B	SD_U	DR
Ψ_{aa}	0,110	0,155	0,148	1,338
Ψ_{x9}	0,190	0,109	0,076	0,399
Ψ_9	0,173	0,124	0,102	0,586
Ψ_{x12}	0,175	0,165	0,148	0,845
Ψ_{12}	0,144	0,104	0,086	0,596

Según los valores de la DR, el índice más adecuado para discernir los tratamientos de este estudio sería la medida de Ψ_{aa} , puesto que presentó la mayor capacidad discriminante todos los años, contrariamente a lo observado por Williams y Trout (2005), que consideraron que los indicadores podían ser intercambiables y señalaron al Ψ_{aa} como peor indicador.

A pesar de la idoneidad de su uso, la medida de Ψ_{aa} tiene como objeción el periodo del día en el que debe realizarse, que en muchos casos dificulta o no permite su ejecución debido a limitaciones logísticas, por tanto, debe tenerse en cuenta que el uso de otro indicador diurno, suficientemente discriminante, puede ser recomendable.

En 2012 y 2013, los años de climatología más opuesta, el Ψ_9 mostró una elevada capacidad de discriminación del estado hídrico, sin embargo, 2014, con una climatología intermedia, no lo refrendó como el mejor índice diurno debido a la elevada desviación estándar que presentaron las medidas.

El Ψ_{x12} , a pesar de no haber mostrado valores de la DR tan elevados como el Ψ_9 en 2012 y 2013, mantuvo un valor más elevado que el Ψ_9 en 2014. De hecho, éste estimador ha mostrado la menor variación interanual de la DR, comportándose como el estimador más estable de todos los indicadores empleados, siendo considerado más estable que otros (Van Leeuwen *et al.*, 2008).

Por tanto, el Ψ_{x12} se podría considerar como el indicador de potencial hídrico más adecuado para valorar el estado hídrico de las plantas en las condiciones ambientales del estudio llevado a cabo, coincidiendo con lo indicado por Choné *et al.* (2001).

1.2.3 Integral de estrés (S_{Ψ})

La Integral de estrés es un indicador empleado para determinar el estrés hídrico acumulado por las plantas a lo largo de un periodo. Este parámetro fue definido por Myers (1988), basándose en los valores de Ψ_{aa} durante el periodo de estudio. Se expresa en MPa·día y se calcula mediante la fórmula:

$$S_{\Psi} = \left| \sum_{i=0}^{i=t} (\bar{\Psi}_{i,i+1} - c)n \right|$$

$\bar{\Psi}_{i,i+1}$: potencial hídrico foliar antes del amanecer medio del intervalo.

c: valor máximo del potencial hídrico foliar antes del amanecer medido en todos los tratamientos durante el periodo de estudio considerado.

n: número de días del intervalo entre medidas.

En el presente trabajo, el intervalo de medidas es de un mes, con tres medidas que abarcaron la última fase de crecimiento herbáceo de la baya y gran parte de la fase de maduración.

Debido a que, por un lado, el amplio intervalo entre medidas podría ser excesivo para poder asumir que las plantas mantuvieron el mismo nivel de potencial hídrico durante el mismo y, por otro lado, el periodo de medidas no cubrió todo el periodo de riego, se amplió el estudio incluyendo el uso del Ψ_{x12} para el cálculo de la integral de estrés, puesto que esta medida de potencial fue la que se llevó a cabo con más frecuencia y durante un periodo más amplio en todos los años de estudio. Por tanto, se ha estudiado el estrés hídrico acumulado mediante la $S_{\Psi_{aa}}$ y la $S_{\Psi_{x12}}$.

1.2.3.1 Integral de estrés en 2012

Las condiciones climáticas provocaron un elevado nivel de estrés hídrico en los tratamientos de secano, que se acumuló a lo largo del ciclo, y que, lógicamente, resultó atenuado en los tratamientos regados en un grado creciente de acuerdo con la dosis recibida.

Las diferencias de los valores de $S_{\Psi_{aa}}$ observados entre el tratamiento de secano y los tratamientos regados se vieron reducidas en los valores de $S_{\Psi_{x12}}$, mostrados en las tablas III.53 y III.54, respectivamente.

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en ningún caso.

Tabla III.53. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
S00T	22,8 ± 1,7	19,7 ± 2,5	42,5 ± 4,1
S00A	22,5 ± 1,1	18,3 ± 2,4	40,8 ± 2,5
R25T	12,0 ± 0,4	6,3 ± 1,8	18,3 ± 1,7
R25A	12,0 ± 0,7	6,2 ± 0,6	18,1 ± 1,2
R50T	9,4 ± 1,5	3,5 ± 0,8	12,9 ± 2,2
R50A	9,4 ± 1,6	3,6 ± 0,9	13,0 ± 2,5
Media	14,7 ± 6,0	9,6 ± 7,1	24,3 ± 13,0
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.54. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2012 de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
S00T	49,6 ± 4,4	51,2 ± 6,3	100,8 ± 10,4
S00A	48,4 ± 3,0	50,5 ± 5,8	98,8 ± 8,6
R25T	41,2 ± 7,7	35,1 ± 8,2	76,3 ± 9,6
R25A	38,0 ± 10,7	29,6 ± 8,4	67,6 ± 18,8
R50T	36,2 ± 4,8	18,6 ± 0,7	54,8 ± 5,5
R50A	33,2 ± 2,0	17,1 ± 2,1	50,3 ± 0,2
Media	41,1 ± 8,1	33,7 ± 14,9	74,8 ± 22,0
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

La $S_{\psi_{aa}}$ acumulada por S00 durante el periodo de pre-envero fue superior a la acumulada en post-envero, sin embargo, la $S_{\psi_{x12}}$ acumulada por S00 durante el periodo de pre-envero fue ligeramente inferior a la acumulada en post-envero.

La aplicación del riego redujo la $S_{\psi_{aa}}$ de R25 a la mitad en pre-envero y a la tercera parte en post-envero, con respecto al secano, pero la influencia de las distintas dosis aplicadas se mostró principalmente en post-envero, cuando la $S_{\psi_{aa}}$ de R50 fue 5 veces inferior a la de S00.

El aporte hídrico también redujo notablemente la $S_{\psi_{x12}}$ acumulada por R25 y, sobre todo, por R50, aunque en menor grado que en la $S_{\psi_{aa}}$.

El análisis del **régimen hídrico** de la $S_{\psi_{aa}}$ señaló diferencias estadísticamente significativas, que separaron los tres tratamientos de régimen hídrico en los periodos estudiados. La $S_{\psi_{x12}}$ mostró la misma tendencia, a pesar de no lograr diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el periodo pre-envero.

Tabla III.55. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en **2012** de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
S00	22,7 a ± 1,3	19,0 a ± 2,3	41,7 a ± 3,2
R25	12,0 b ± 0,5	6,2 b ± 1,2	18,2 b ± 1,3
R50	9,4 c ± 1,4	3,6 c ± 0,8	13,0 c ± 2,1
Media	14,7 ± 6,0	9,6 ± 7,1	24,3 ± 13,0
RH	**	**	**

Tabla III.56. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en **2012** de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
S00	49,0 ± 3,5	50,8 a ± 5,4	99,8 a ± 8,6
R25	39,6 ± 8,5	32,4 b ± 8,0	72,0 b ± 14,2
R50	34,7 ± 3,7	17,9 c ± 1,6	52,5 c ± 4,3
Media	41,1 ± 8,1	33,7 ± 14,9	74,8 ± 22,0
RH	n.s.	**	**

El estudio del **control de rendimiento** no presentó diferencias estadísticamente significativas en la $S_{\psi_{aa}}$ ni en la $S_{\psi_{x12}}$. No obstante, reflejó una tendencia de incremento de los valores del tratamiento testigo respecto al tratamiento de aclareo de racimos, que fue claramente mayor en la $S_{\psi_{x12}}$ que en la $S_{\psi_{aa}}$.

Tabla III.57. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en **2012** de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
Testigo	14,7 ± 6,2	9,9 ± 7,7	24,6 ± 13,9
Aclareo	14,6 ± 6,1	9,4 ± 6,9	24,0 ± 13,0
Media	14,7 ± 6,0	9,6 ± 7,1	24,3 ± 13,0
CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.58. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en **2012** de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
Testigo	42,3 ± 7,7	35,0 ± 15,0	77,3 ± 21,3
Aclareo	39,9 ± 8,8	32,4 ± 15,5	72,3 ± 23,7
Media	41,1 ± 8,1	33,7 ± 14,9	74,8 ± 22,0
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.3.2 Integral de estrés en 2013

En 2013, unas condiciones climáticas más benévolas que el año anterior provocaron un estrés hídrico mucho menor en todos los tratamientos, particularmente en el de secano, que mostró una integral de estrés que fue casi la mitad que la de 2012.

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la $S_{\psi_{aa}}$. Sin embargo, los valores de la $S_{\psi_{x12}}$ indican una interacción entre el régimen hídrico y el control de rendimiento en los tratamientos regados durante el periodo de pre-envero.

Los tratamientos se mostraron favorecidos por el incremento de aporte hídrico, sobretodo, aunque los tratamientos regados adicionalmente señalaron una influencia moderada de la carga de cosecha, favorable al aclareo de racimos. De hecho, S00T y S00A acumularon mayor estrés hídrico, agrupándose conjuntamente ambos niveles de carga, seguidos por los tratamientos regados, que se separaron escalonadamente de modo decreciente con el aumento de la dosis de riego y la aplicación del aclareo de racimos. Por lo que el tratamiento regado con mayor estrés hídrico en preenvero fue R25T, seguido de R25A y R50T, siendo R50A el tratamiento que señaló menor estrés.

Tabla III.59. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en **2013** de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
S00T	12,2 ± 2,2	8,2 ± 1,5	20,5 ± 3,7
S00A	12,1 ± 1,8	8,1 ± 1,1	20,2 ± 2,9
R25T	8,2 ± 0,8	5,0 ± 0,7	13,1 ± 1,5
R25A	7,4 ± 1,5	3,9 ± 1,5	11,3 ± 3,0
R50T	5,6 ± 1,7	2,6 ± 1,0	8,3 ± 2,7
R50A	5,1 ± 1,5	1,9 ± 0,7	7,0 ± 2,1
Media	8,5 ± 3,2	5,0 ± 2,7	13,4 ± 5,9
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.60. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
S00T	29,3 a ± 1,8	32,8 ± 2,9	62,1 ± 4,6
S00A	29,3 a ± 1,7	33,3 ± 2,2	62,6 ± 3,7
R25T	21,4 b ± 6,8	24,0 ± 6,9	45,4 ± 13,6
R25A	20,5 c ± 6,6	20,5 ± 9,4	41,0 ± 14,8
R50T	18,6 d ± 1,2	19,5 ± 1,9	38,0 ± 0,7
R50A	17,7 e ± 1,1	15,7 ± 1,2	33,5 ± 2,3
Media	22,8 ± 5,9	24,3 ± 8,1	47,1 ± 13,8
RH x CR	*	n.s.	n.s.

La $S_{\psi_{aa}}$ mostró mayor acumulación de estrés hídrico en pre-envero que en post-envero, mientras que la $S_{\psi_{x12}}$ indicó mayor incremento del estrés hídrico durante la fase de maduración.

Tabla III.61. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
S00	12,2 a ± 1,8	8,2 a ± 1,2	20,4 a ± 3,0
R25	7,8 b ± 1,2	4,4 b ± 1,2	12,2 b ± 2,3
R50	5,4 c ± 1,4	2,3 c ± 0,9	7,7 c ± 2,3
Media	8,5 ± 3,2	5,0 ± 2,7	13,4 ± 5,9
RH	*	**	*

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas que, en el caso de la $S_{\psi_{aa}}$, separaron los tres niveles de riego en todos los períodos estudiados, mientras que sólo mostró diferencias estadísticamente significativas en el periodo de post-envero en la $S_{\psi_{x12}}$, en consonancia con la tendencia a una mayor acumulación de estrés inversamente proporcional al agua de riego recibida.

Tabla III.62. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2013 de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
S00	29,3 ± 1,5	33,1 a ± 2,3	62,4 ± 3,8
R25	21,0 ± 6,0	22,3 b ± 7,6	43,2 ± 13,0
R50	18,2 ± 1,2	17,6 c ± 2,5	35,8 ± 2,9
Media	22,8 ± 5,9	24,3 ± 8,1	47,1 ± 13,8
RH	n.s.	*	n.s.

El análisis estadístico del **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas en la $S_{\psi_{aa}}$, a pesar de la tendencia de incremento de los valores del tratamiento testigo con respecto al tratamiento de aclareo de racimos en ambos periodos. Esta misma tendencia también se observó en la $S_{\psi_{x12}}$, que llegó a reflejar diferencias estadísticamente significativas en el periodo de pre-envero, con valor más alto en el tratamiento testigo que en el tratamiento de aclareo de racimos.

Tabla III.63. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en **2013** de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
Testigo	8,7 ± 3,2	5,3 ± 2,6	14,0 ± 5,8
Aclareo	8,2 ± 3,4	4,6 ± 2,9	12,9 ± 6,3
Media	8,5 ± 3,2	5,0 ± 2,7	13,4 ± 5,9
CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.64. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en **2013** de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
Testigo	23,1 ± 6,0	25,4 ± 7,0	48,5 ± 12,9
Aclareo	22,5 ± 6,3	23,2 ± 9,3	45,7 ± 15,2
Media	22,8 ± 5,9	24,3 ± 8,1	47,1 ± 13,8
CR	**	n.s.	n.s.

1.2.3.3 Integral de estrés en 2014

En 2014, el nivel de estrés hídrico acumulado por los tratamientos, especialmente el régimen hídrico de secano, fue ligeramente mayor que el año anterior. Además, la acumulación de estrés hídrico fue menor durante el periodo de crecimiento vegetativo que durante la maduración de la baya en ambas integrales de estrés.

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa.

Tabla III.65. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\psi_{aa}}$ Total
S00T	9,5 ± 2,1	12,9 ± 5,4	22,3 ± 7,5
S00A	9,5 ± 2,1	11,6 ± 0,6	21,1 ± 1,8
R25T	5,6 ± 1,9	6,0 ± 1,5	11,6 ± 3,0
R25A	5,6 ± 1,9	5,2 ± 1,3	10,8 ± 3,1
R50T	3,3 ± 0,7	3,7 ± 1,9	7,1 ± 2,3
R50A	3,3 ± 0,7	2,9 ± 1,1	6,2 ± 1,7
Media	6,1 ± 3,0	7,1 ± 4,5	13,2 ± 7,2
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.66. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\psi_{x12}}$ Total
S00T	26,4 ± 3,5	43,1 ± 7,4	69,4 ± 10,9
S00A	26,7 ± 2,8	44,1 ± 2,0	70,8 ± 4,8
R25T	20,2 ± 7,0	33,9 ± 9,2	54,1 ± 16,1
R25A	19,2 ± 7,2	28,0 ± 16,3	47,1 ± 22,9
R50T	18,9 ± 6,7	25,4 ± 6,7	44,2 ± 13,4
R50A	18,1 ± 5,9	20,9 ± 1,1	39,0 ± 5,0
Media	21,6 ± 6,1	32,5 ± 11,6	54,1 ± 17,0
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

El análisis del **régimen hídrico** de la $S_{\psi_{aa}}$ mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tres niveles de riego en el periodo previo al envero, mientras que, en la fase de maduración, las diferencias segregaron el secano de los tratamientos regados de manera que la $S_{\psi_{aa}}$ total también mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos de régimen hídrico. Sin embargo, en la $S_{\psi_{x12}}$ no surgieron diferencias estadísticamente significativas, a pesar de haberse observado la misma tendencia que en $S_{\psi_{aa}}$, con una integral de estrés disminuida en razón al agua de riego aportada.

Tabla III.67. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\Psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\Psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\Psi_{aa}}$ Total
S00	9,5 a ± 1,8	12,2 a ± 3,5	21,7 a ± 4,9
R25	5,6 b ± 1,7	5,6 b ± 1,3	11,2 b ± 2,8
R50	3,3 c ± 0,6	3,3 b ± 1,4	6,6 c ± 1,9
Media	6,1 ± 3,0	7,1 ± 4,5	13,2 ± 7,2
RH	***	*	*

Tabla III.68. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\Psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\Psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\Psi_{x12}}$ Total
S00	26,5 ± 2,9	43,6 ± 4,9	70,1 ± 7,5
R25	19,7 ± 6,4	30,9 ± 12,3	50,6 ± 18,1
R50	18,5 ± 5,7	23,1 ± 5,0	41,6 ± 9,5
Media	21,6 ± 6,1	32,5 ± 11,6	54,1 ± 17,0
RH	n.s.	n.s.	n.s.

El **control de rendimiento** mostró, tanto en la $S_{\Psi_{aa}}$ como en la $S_{\Psi_{x12}}$, una tendencia de leve incremento de los valores del testigo respecto al aclareo de racimos en el periodo de post-envero, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.69. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico foliar antes del amanecer ($S_{\Psi_{aa}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\Psi_{aa}}$ Pre-envero	$S_{\Psi_{aa}}$ Post-envero	$S_{\Psi_{aa}}$ Total
Testigo	6,1 ± 3,0	7,5 ± 5,1	13,7 ± 8,0
Aclareo	6,1 ± 3,0	6,6 ± 4,0	12,7 ± 6,9
Media	6,1 ± 3,0	7,1 ± 4,5	13,2 ± 7,2
CR	n.s.	n.s.	n.s.

Tabla III.70. Integral de estrés calculada empleando el potencial hídrico de xilema a las 12 hs ($S_{\Psi_{x12}}$, MPa·día) en 2014 de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	$S_{\Psi_{x12}}$ Pre-envero	$S_{\Psi_{x12}}$ Post-envero	$S_{\Psi_{x12}}$ Total
Testigo	21,8 ± 6,2	34,1 ± 10,2	55,9 ± 16,1
Aclareo	21,3 ± 6,4	31,0 ± 13,2	52,3 ± 18,6
Media	21,6 ± 6,1	32,5 ± 11,6	54,1 ± 17,0
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.3.4 Valoración de la respuesta de la Integral de estrés

La Integral de estrés ha permitido apreciar adecuadamente el nivel de estrés hídrico sufrido por los tratamientos en los periodos estudiados, indistintamente del índice de potencial hídrico empleado para su cálculo.

En 2012 y 2013, la $S_{\psi_{aa}}$ acumuló valores más altos durante el periodo de pre-envero que posteriormente, en maduración. Por el contrario, la $S_{\psi_{x12}}$ mostró mayor acumulación en post-envero. En 2014, tanto la $S_{\psi_{aa}}$ como la $S_{\psi_{x12}}$ acumularon mayores valores durante la maduración que antes de envero.

Dado que la $S_{\psi_{x12}}$ mostró una dinámica de acumulación de estrés hídrico similar en los tres años de estudio, su uso podría ser más adecuado que el de la $S_{\psi_{aa}}$ para comparar el estrés hídrico interanual. Sin embargo, al estudiar el **régimen hídrico**, la $S_{\psi_{aa}}$ ha mostrado mayor capacidad de discriminación entre tratamientos que la $S_{\psi_{x12}}$ todos los años de estudio.

Por otro lado, el estudio del **control de rendimiento** ha mostrado, de un modo más claro en la $S_{\psi_{x12}}$ que en la $S_{\psi_{aa}}$, una tendencia de valores superiores del tratamiento testigo respecto al aclareo, particularmente en los dos primeros años del estudio, que llegó a mostrar diferencias estadísticamente significativas en el periodo de pre-envero en 2013.

En este mismo periodo, la $S_{\psi_{x12}}$ ha mostrado interacción entre los factores, de modo que la acumulación de estrés hídrico en los tratamientos regados se vio reducida por el aclareo de racimos. Este comportamiento se había perfilado como tendencia en las todas las medidas de potencial hídrico, aunque sin llegar a mostrar diferencias estadísticamente significativas.

Por todo ello, podría ser recomendable el empleo de la $S_{\psi_{x12}}$ para determinar el estrés hídrico acumulado en las condiciones en las que el ensayo ha sido llevado a cabo.

1.2.4 Actividad fisiológica

Las medidas de intercambio gaseoso se realizaron manteniendo un lapso de 1 día desde la finalización de la aplicación del riego semanal, tratando de regularizar la respuesta de la actividad fisiológica de las plantas, dependiente del agua disponible, a la dosis de riego aportada a cada tratamiento.

En todas las fechas de medida de la actividad fisiológica, en cada hora de medida, se realizaron simultáneamente medidas de potencial hídrico.

El intercambio gaseoso se midió a las 9 hs, por considerarse el momento del día con mayor actividad fisiológica en climas semiáridos (Intrigliolo y Castel, 2006), y a las 12 hs, hora habitual de medida de la actividad fisiológica (Medrano *et al.*, 2015), en la que las condiciones atmosféricas suelen inducir una depresión temporal de la actividad fisiológica, liderada por un cierre estomático parcial o total para evitar alcanzar tasas de transpiración perjudicialmente elevadas (Taiz y Zeiger, 2006).

Cuando se alcanzó aproximadamente la mitad del periodo de maduración, el ciclo de medidas diarias se amplió con una medida de intercambio gaseoso a las 15 hs, dado que este momento del día puede ser considerado el de menor actividad fisiológica en climas semiáridos, según indican Intrigliolo y Castel (2006).

1.2.4.1 Medidas fisiológicas en 2012

La primera medida se realizó en el estado de baya “tamaño guisante”, dejando un intervalo mensual hasta la siguiente medida, en enero. Las medidas durante la maduración siguieron una periodicidad quincenal.

En cada fecha se realizaron medidas a las 9 hs y a las 12 hs. El 12 de septiembre dichas medidas se complementaron con otra adicional llevada a cabo a las 15 hs.

1.2.4.1.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2012

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.71. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (**gs**, mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto		30-agosto		12-sept	
S00T	44,88	± 25,57	35,92	± 14,56	36,93	± 44,31
S00A	42,98	± 36,52	43,66	± 24,20	39,86	± 41,42
R25T	208,17	± 32,10	149,05	± 48,14	144,88	± 94,95
R25A	170,62	± 86,27	122,67	± 10,07	151,70	± 58,74
R50T	249,67	± 42,63	233,33	± 44,48	321,33	± 58,84
R50A	314,33	± 53,55	229,83	± 54,64	261,17	± 78,67
Media	171,77	± 111,89	135,74	± 86,84	159,31	± 122,57
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

En la figura III.20 se puede observar que los valores de conductancia estomática respondieron intensamente a la dosis de riego recibida, puesto que los valores del tratamiento R50 prácticamente doblaron los del tratamiento R25, mientras que los del tratamiento S00 fueron muy reducidos durante todo el periodo.

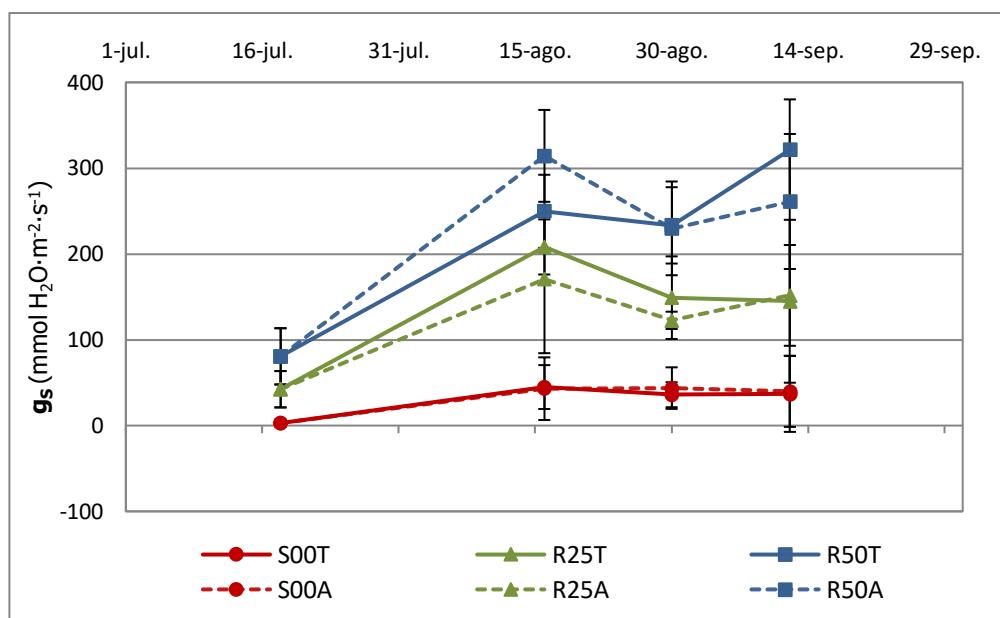


Figura III.20. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas de medida, distinguiendo los tres tratamientos de riego.

Además de la dosis de riego, el grado de severidad de las condiciones atmosféricas reinantes mostró influencia en los valores de conductancia estomática. De hecho, las condiciones existentes el 18 de julio llegaron a limitar en gran medida los valores de conductancia estomática de todos los tratamientos, particularmente en las plantas de secano, que llegaron a mostrar valores próximos a cero. En esta fecha, la aplicación del riego apenas limitó la intensa reducción de la conductancia estomática, aunque R50 presentó el doble de conductancia que R25.

El 16 de agosto la conductancia estomática mostró los valores máximos del periodo en todos los tratamientos. A partir de entonces, el tratamiento S00 mantuvo valores similares de conductancia estomática durante el resto del periodo, sin mostrarse influenciado por las condiciones atmosféricas, que, sin embargo, sí provocaron en R25 la reducción de la conductancia estomática en las siguientes fechas, mientras que en R50 sólo influyeron parcialmente el 30 de agosto.

Tabla III.72. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00	2,85 c ± 3,91	43,93 c ± 30,07	39,79 c ± 19,47	38,40 c ± 40,92
R25	42,33 b ± 21,19	189,39 b ± 65,08	135,86 b ± 35,91	148,29 b ± 75,36
R50	80,68 a ± 32,79	282,00 a ± 57,19	231,58 a ± 47,54	291,25 a ± 73,31
Media	41,96 ± 39,01	171,77 ± 111,89	135,74 ± 86,84	159,31 ± 122,57
RH	**	**	***	***

El **control de rendimiento** no manifestó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. De hecho, el secano no mostró influencia del control de rendimiento y los valores de los tratamientos regados no reflejaron una tendencia clara.

Tabla III.73. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
Testigo	167,57 ± 96,45	139,43 ± 90,84	167,72 ± 137,10
Aclareo	175,98 ± 128,19	132,05 ± 85,11	150,91 ± 109,47
Media	171,77 ± 111,89	135,74 ± 86,84	159,31 ± 122,57
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2012

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.74. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00T	0,90 ± 0,47	0,82 ± 0,33	0,79 ± 0,92
S00A	1,05 ± 0,82	1,01 ± 0,53	0,76 ± 0,73
R25T	3,33 ± 0,68	2,76 ± 0,73	2,26 ± 1,50
R25A	3,04 ± 0,83	2,48 ± 0,19	2,51 ± 0,56
R50T	3,90 ± 0,46	3,82 ± 0,48	4,03 ± 0,87
R50A	4,73 ± 0,29	3,67 ± 0,51	3,51 ± 0,70
Media	2,83 ± 1,54	2,43 ± 1,27	2,31 ± 1,52
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

El comportamiento de la conductancia estomática se vio reflejado en la tasa de transpiración, que mostró valores acordes a la dosis de riego recibida por cada tratamiento. Del mismo modo que en la conductancia estomática, destacó la fuerte reducción de la actividad transpirativa el 18 de julio.

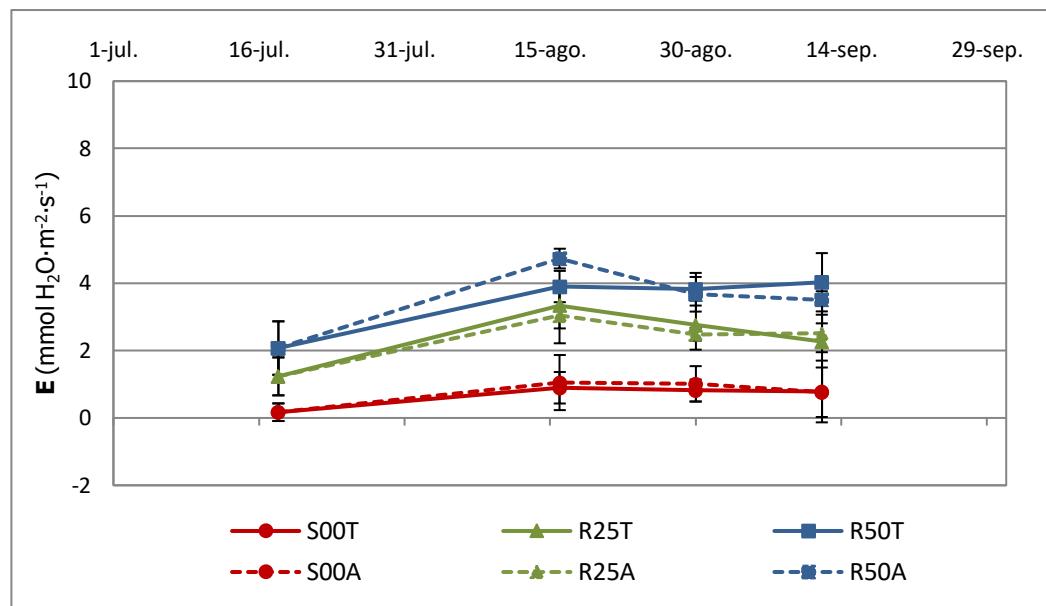


Figura III.21. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2012.

El comportamiento transpirativo mostró una tendencia similar a la observada en la conductancia estomática durante todo el periodo. En la primera fecha de medida, cuando los valores del VPD_L fueron más elevados, la E se vio muy reducida, debido al fuerte descenso de la g_s , mientras que, en la última fecha de medida, cuando el VPD_L se redujo, la E se incrementó por una recuperación parcial de la g_s , que fue superior en los tratamientos regados que en el secano.

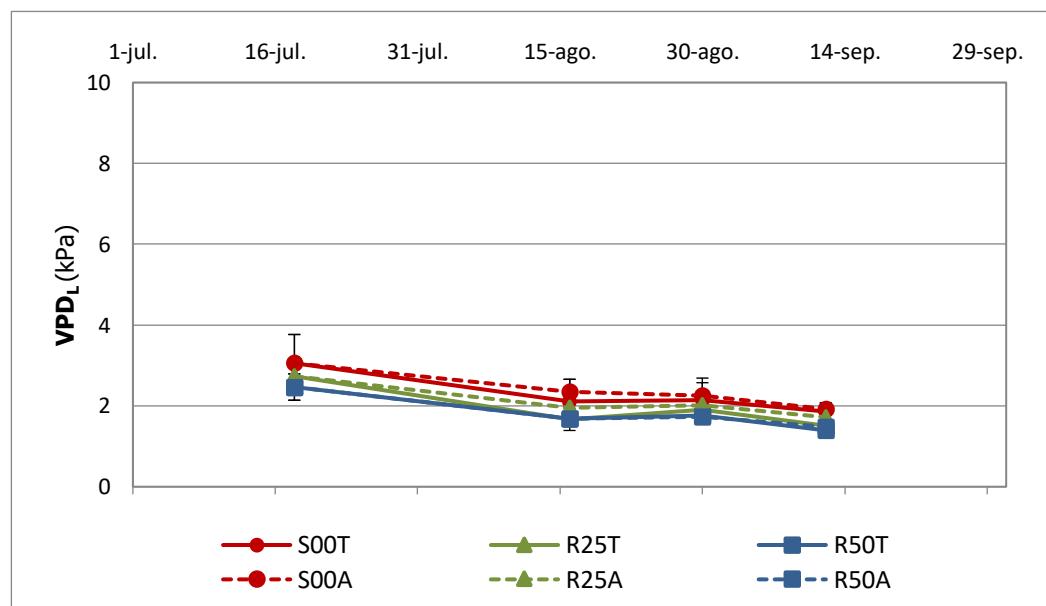


Figura III.22. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 9 hs, en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas de medida, separando los tres tratamientos de riego. Aunque, las dos medidas de agosto revelaron un nivel de significación muy superior a la medida inicial y la final del periodo.

Tabla III.75. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-sept
S00	0,17 c ± 0,26	0,97 c ± 0,64	0,91 c ± 0,43	0,77 c ± 0,79
R25	1,23 b ± 0,56	3,19 b ± 0,74	2,62 b ± 0,53	2,39 b ± 1,09
R50	2,08 a ± 0,79	4,32 a ± 0,57	3,75 a ± 0,48	3,77 a ± 0,80
Media	1,16 ± 0,97	2,83 ± 1,54	2,43 ± 1,27	2,31 ± 1,52
RH	*	***	***	*

El **control de rendimiento** no manifestó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. De hecho, el secano no mostró influencia del control de rendimiento y los valores de los tratamientos regados no reflejaron una tendencia clara.

Tabla III.76. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2012	16-agosto	30-agosto	12-sept
Testigo	2,71 ± 1,44	2,47 ± 1,38	2,36 ± 1,73
Aclareo	2,94 ± 1,68	2,39 ± 1,19	2,26 ± 1,33
Media	2,83 ± 1,54	2,43 ± 1,27	2,31 ± 1,52
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2012

En las fechas en las que confluieron el régimen hídrico y el control de rendimiento, el estudio de ambos factores no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de fotosíntesis neta.

Tabla III.77. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-sept
S00T	7,14 ± 3,33	6,58 ± 2,12	4,99 ± 3,13
S00A	6,19 ± 3,93	7,27 ± 3,08	6,57 ± 4,56
R25T	17,62 ± 1,54	15,93 ± 2,95	14,42 ± 2,74
R25A	15,60 ± 3,37	13,83 ± 1,18	13,69 ± 3,22
R50T	18,72 ± 2,62	18,92 ± 1,59	18,53 ± 1,14
R50A	20,92 ± 0,76	18,42 ± 2,90	17,83 ± 3,37
Media	14,36 ± 6,32	13,49 ± 5,48	12,67 ± 6,03
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

La fotosíntesis neta se vio muy favorecida por el aporte hídrico, sin embargo, la mayor dosis aplicada a R50 no se correspondió con una tasa dos veces superior a la de R25, sino que dicha tasa sólo fue moderadamente mayor que la de R25.

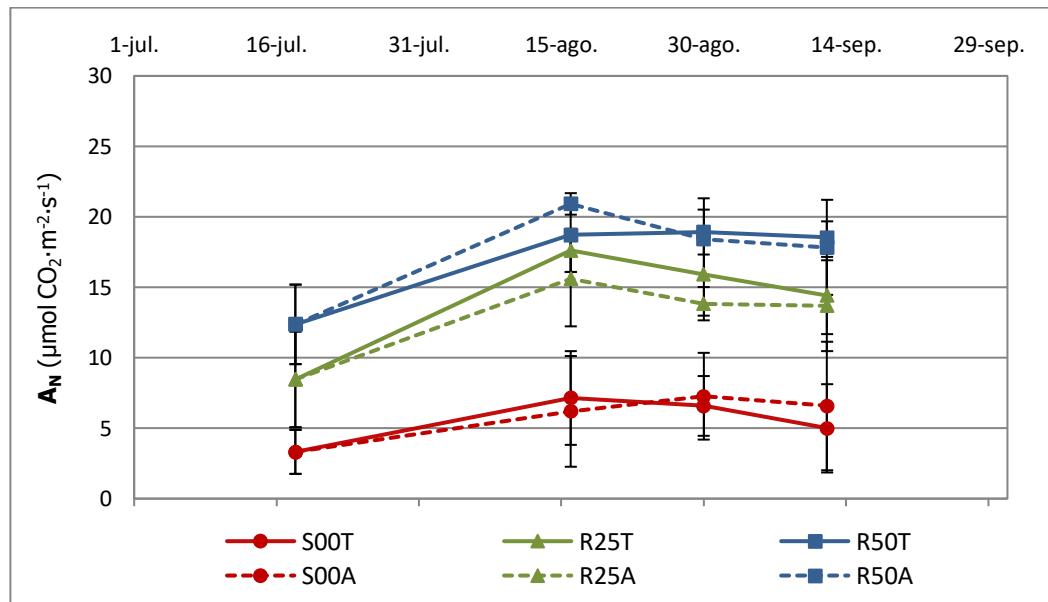


Figura III.23. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las **9 hs**, en **2012**.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas de medida, separando los tres tratamientos de riego. Si bien, en la fecha con las condiciones atmosféricas más desfavorables del ciclo, el 18 de julio, el mayor aporte hídrico a R50 le permitió mantener una asimilación neta en torno al 50%

superior que la mostrada por R25, mientras que el resto de días, bajo condiciones más benignas, la diferencia se redujo sustancialmente, manteniéndose entre el 20% y el 30%.

Tabla III.78. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00	3,32 c ± 1,56	6,67 c ± 3,51	6,92 c ± 2,55	5,78 c ± 3,82
R25	8,46 b ± 3,40	16,61 b ± 2,71	14,88 b ± 2,41	14,05 b ± 2,88
R50	12,37 a ± 2,82	19,82 a ± 2,17	18,67 a ± 2,25	18,18 a ± 2,43
Media	8,05 ± 4,58	14,36 ± 6,32	13,49 ± 5,48	12,67 ± 6,03
RH	*	***	***	***

El **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a pesar de los mayores valores medios del tratamiento testigo que del aclareo, observados en R25 en las dos primeras fechas de medida. De hecho, los tratamientos R50 y S00 no muestran ninguna tendencia clara respecto al control de rendimiento, mientras que en R25, el tratamiento testigo, con mayor carga de cosecha, aparentemente favoreció la actividad fotosintética durante la primera parte de la fase de maduración.

Tabla III.79. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
Testigo	14,49 ± 5,90	13,81 ± 5,82	12,65 ± 6,29
Aclareo	14,24 ± 6,88	13,17 ± 5,28	12,70 ± 5,95
Media	14,36 ± 6,32	13,49 ± 5,48	12,67 ± 6,03
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2012

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no indicó interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.80. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00T	9,35 ± 14,75	45,98 ± 16,25	14,44 ± 16,61
S00A	22,62 ± 19,21	33,67 ± 24,31	9,24 ± 12,51
R25T	92,18 ± 17,72	143,17 ± 42,72	67,20 ± 26,37
R25A	132,92 ± 76,11	146,67 ± 53,17	101,02 ± 66,02
R50T	147,18 ± 59,04	207,17 ± 29,36	161,83 ± 41,00
R50A	118,83 ± 54,08	211,00 ± 24,04	169,40 ± 77,15
Media	87,18 ± 69,12	131,28 ± 77,55	87,19 ± 77,71
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Del mismo modo que se observó en las medidas realizadas a media mañana, los valores de conductancia estomática durante el mediodía solar dependieron fundamentalmente del aporte hídrico aplicado a los tratamientos, aunque a esta hora mostraron mayor cierre estomático que en la medida matutina.

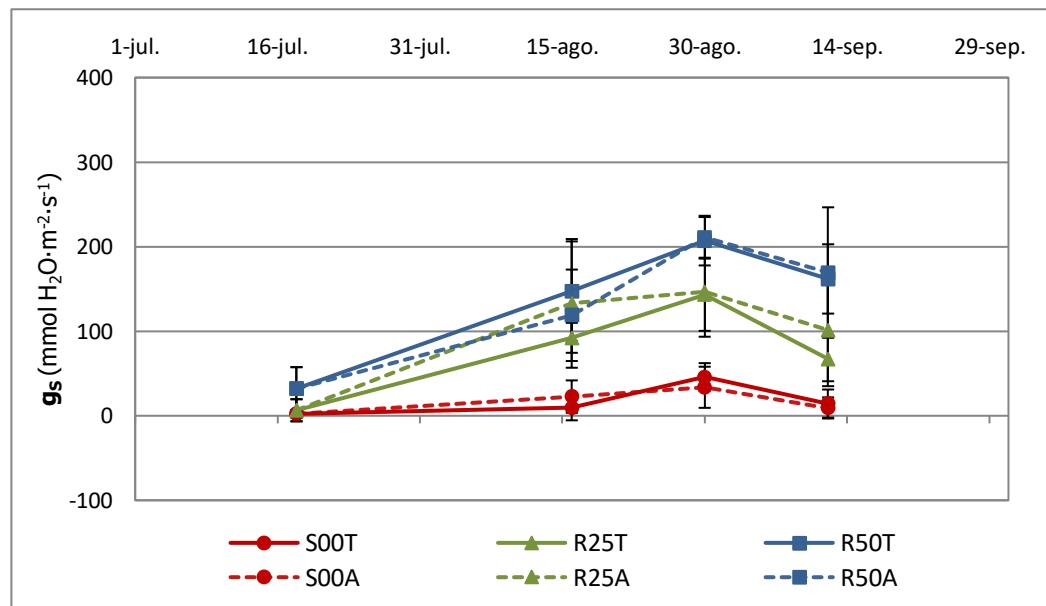


Figura III.24. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012.

La medida de la conductancia estomática a las 12 hs señaló que el 18 de julio presentó las condiciones atmosféricas más limitantes de la actividad fisiológica. En esta fecha se observó una intensa reducción de la conductancia estomática en todos los tratamientos del mismo modo que ocurrió en la medida de media mañana, pero con

mayor intensidad. La fecha que permitió la máxima apertura estomática durante el mediodía fue el 30 de agosto, dos semanas más tarde que la fecha en la que se había observado la máxima actividad a media mañana.

El análisis del **régimen hídrico** no ha permitido diferenciar estadísticamente los distintos tratamientos el 18 de julio, debido a la escasa apertura estomática de todos los tratamientos, si bien, R50 presentó un valor medio bastante superior al de R25 y S00. El 16 de agosto se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos regados y el secano. En las dos siguientes fechas de medida surgieron diferencias estadísticamente significativas que separaron los tres regímenes hídricos.

Tabla III.81. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (**gs**, mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-sept
S00	2,25 ± 4,36	15,98 b ± 17,74	39,83 c ± 20,74	11,84 c ± 14,28
R25	6,49 ± 13,06	112,55 a ± 56,82	144,92 b ± 46,02	84,11 b ± 51,08
R50	32,11 ± 25,38	133,01 a ± 55,97	209,08 a ± 25,66	165,62 a ± 59,03
Media	13,62 ± 21,00	87,18 ± 69,12	131,28 ± 77,55	87,19 ± 77,71
RH	n.s.	*	***	**

El análisis del **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, ni ha sugerido una tendencia clara entre el testigo y el aclareo de racimos, a pesar de que el tratamiento de aclareo, en R25, mostró mayor valor de conductancia estomática que el testigo en dos fechas, enverno y final de maduración.

Tabla III.82. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (**gs**, mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2012	16-agosto	30-agosto	12-sept
Testigo	82,91 ± 67,67	132,11 ± 74,28	81,16 ± 68,68
Aclareo	91,46 ± 72,23	130,44 ± 82,85	93,22 ± 87,39
Media	87,18 ± 69,12	131,28 ± 77,55	87,19 ± 77,71
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2012

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.83. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	16-agosto		30-agosto		12-sept	
S00T	0,26	± 0,41	1,29	± 0,35	0,05	± 0,62
S00A	0,61	± 0,53	0,93	± 0,63	0,14	± 0,18
R25T	2,01	± 0,39	3,30	± 0,76	0,99	± 0,39
R25A	2,93	± 1,68	3,27	± 0,87	1,33	± 0,78
R50T	2,73	± 1,00	4,17	± 0,48	1,97	± 0,46
R50A	2,27	± 0,90	4,30	± 0,35	2,06	± 0,73
Media	1,80	± 1,35	2,87	± 1,45	1,09	± 0,96
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

Del mismo modo que la conductancia estomática, la tasa de transpiración ha mostrado valores acordes a la dosis hídrica aplicada en cada tratamiento. Igualmente, destacó la influencia de las condiciones atmosféricas en los valores de los tratamientos, ya que redujeron fuertemente la actividad transpirativa el 18 de julio y, sin embargo, el 30 de agosto permitieron los valores más elevados del periodo de medidas.

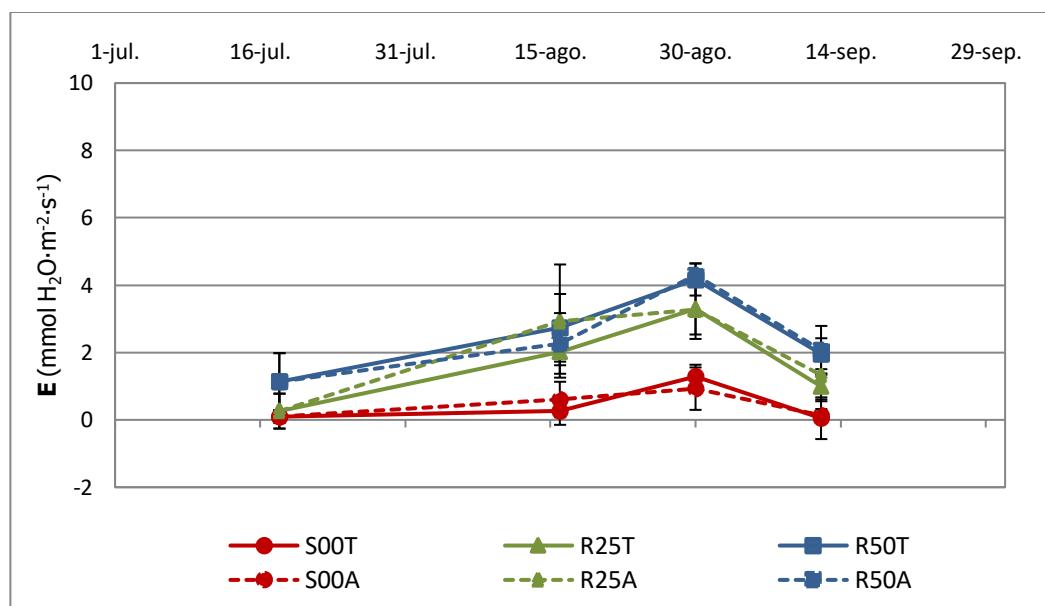


Figura III.25. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las **12 hs**, en **2012**.

Al igual que la medida de las 9hs, la medida de las 12hs mostró cómo el comportamiento transpirativo seguía una tendencia similar a la conductancia estomática. En la primera fecha de medida, las exigentes condiciones atmosféricas, mostradas a través del elevado valor del VPD_L registrado, provocaron un descenso de la g_s en todos los tratamientos, pero su descenso en las siguientes fechas se vio acompañado por un incremento de la E a través del aumento de los valores de la g_s en todos los tratamientos. Contrariamente, en la última fecha de medida, el desplome del valor del VPD_L no fue

acompañado por el incremento de la g_s en los tratamientos, sino que mostraron un descenso generalizado independientemente del régimen hídrico mantenido.

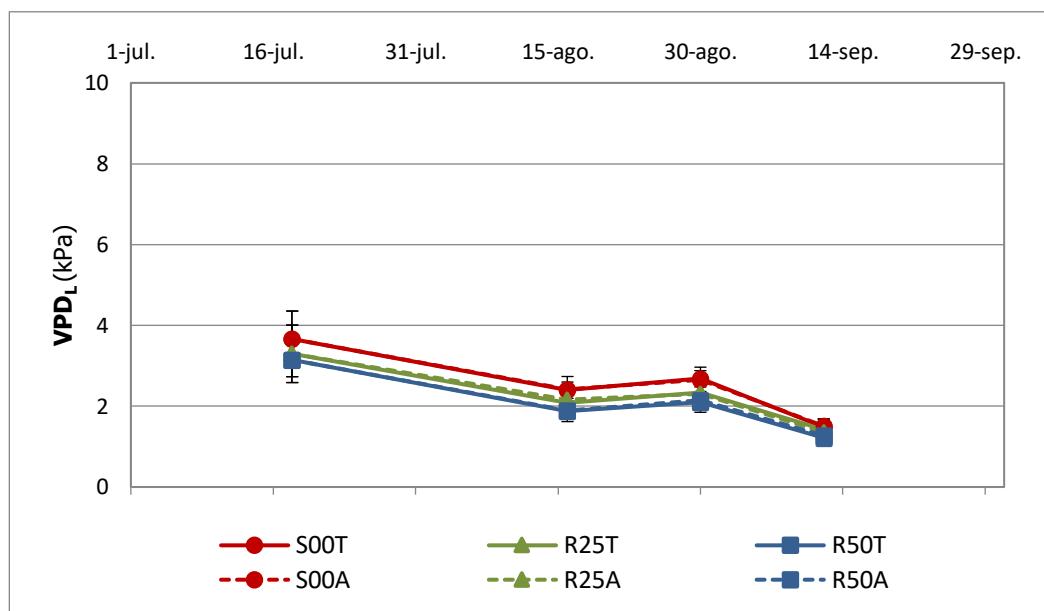


Figura III.26. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 12 hs, en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** no ha podido separar los tratamientos en la medida del 18 de julio, a pesar de la diferencia de magnitud entre los valores medios de cada tratamiento, favorable a R50. A mediados de agosto ha mostrado diferencias estadísticamente significativas, separando el secano de los tratamientos de regadío. En las dos últimas fechas, el análisis ha revelado claras diferencias estadísticamente significativas, discriminando los tres tratamientos de régimen hídrico.

Tabla III.84. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2012, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	18-jul		16-agosto		30-agosto		12-sept	
S00	0,10	± 0,19	0,43	b ± 0,48	1,11	c ± 0,52	0,10	c ± 0,44
R25	0,26	± 0,52	2,47	a ± 1,26	3,28	b ± 0,78	1,16	b ± 0,61
R50	1,13	± 0,85	2,50	a ± 0,94	4,23	a ± 0,40	2,01	a ± 0,58
Media	0,50	± 0,73	1,80	± 1,35	2,87	± 1,45	1,09	± 0,96
RH	n.s.		*		***		**	

El **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna fecha, a pesar de los mayores valores del tratamiento de aclareo respecto al testigo, en R25, observados el 16 de agosto.

Tabla III.85. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
Testigo	1,67 ± 1,24	2,92 ± 1,35	1,00 ± 0,93
Aclareo	1,94 ± 1,47	2,83 ± 1,58	1,18 ± 1,00
Media	1,80 ± 1,35	2,87 ± 1,45	1,09 ± 0,96
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa de los valores de la fotosíntesis neta.

Tabla III.86. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2012	16-agosto	30-agosto	12-septiembre
S00T	6,89 ± 1,86	8,44 ± 1,68	3,04 ± 2,94
S00A	8,78 ± 1,98	6,21 ± 3,79	4,18 ± 2,40
R25T	13,80 ± 1,49	15,55 ± 1,87	10,54 ± 3,10
R25A	14,08 ± 2,66	14,60 ± 2,79	7,40 ± 3,71
R50T	17,43 ± 2,17	18,38 ± 1,85	12,48 ± 2,56
R50A	15,15 ± 3,53	17,57 ± 1,48	10,47 ± 2,22
Media	12,69 ± 4,32	13,46 ± 5,12	8,02 ± 4,41
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

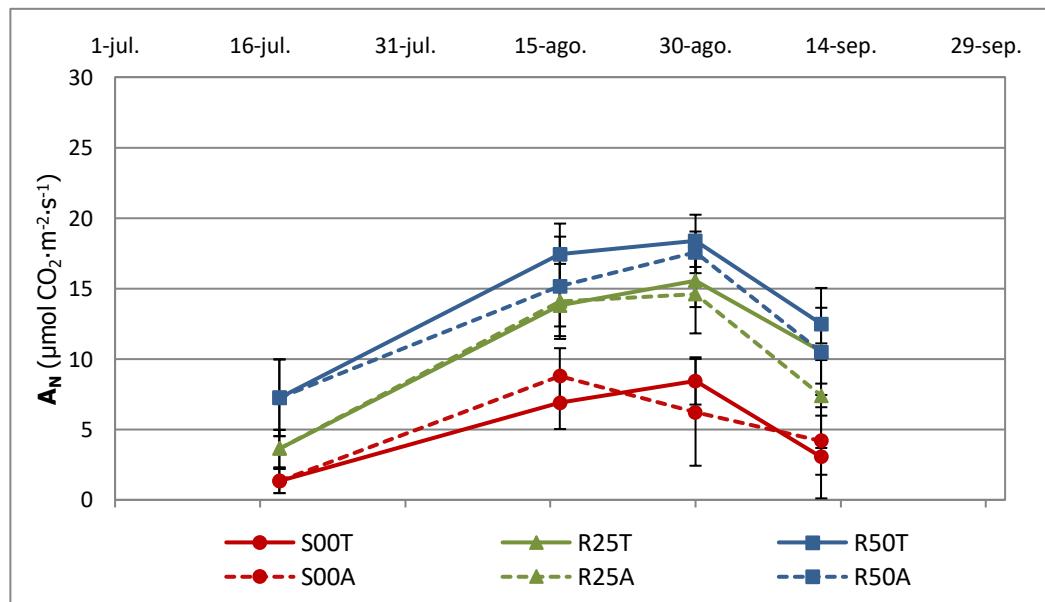


Figura III.27. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las **12 hs**, en **2012**.

En esta hora de medida, la fotosíntesis neta se vio muy favorecida por el aporte hídrico, sin embargo, la doble dosis de riego de R50 respecto a la de R25 no se vio reflejada en una tasa dos veces superior, excepto el 18 de julio, bajo las condiciones atmosféricas más desfavorables del periodo de medidas. Asimismo, las medidas de agosto mostraron la mayor asimilación neta de carbono del periodo, dado que el 12 de septiembre los valores volvieron a verse reducidos por las condiciones atmosféricas.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas de medida, separando los tres tratamientos de riego en todos los casos, aunque con un nivel de significación superior en las tres primeras fechas de medida.

Tabla III.87. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	18-jul	16-agosto	30-agosto	12-sept
S00	1,34 c ± 0,86	7,83 c ± 2,08	7,33 c ± 3,03	3,61 c ± 2,62
R25	3,63 b ± 1,34	13,94 b ± 2,06	15,08 b ± 2,32	8,97 b ± 3,65
R50	7,25 a ± 2,72	16,29 a ± 3,04	17,98 a ± 1,65	11,48 a ± 2,51
Media	4,07 ± 3,03	12,69 ± 4,32	13,46 ± 5,12	8,02 ± 4,41
RH	**	**	**	*

El **control de rendimiento** no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a pesar de la tendencia del tratamiento testigo a mostrar valores más elevados que el aclareo de racimos, sobre todo durante la fase de maduración. El tratamiento S00 no ha indicado ninguna tendencia clara respecto al control de rendimiento, mientras que los tratamientos regados, mayormente R50, han aparentado mostrar valores superiores del tratamiento testigo con respecto al aclareo de racimos.

Tabla III.88. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2012	16-agosto	30-agosto	12-sept
Testigo	12,71 ± 4,83	14,12 ± 4,63	8,69 ± 4,98
Aclareo	12,67 ± 3,89	12,79 ± 5,62	7,35 ± 3,77
Media	12,69 ± 4,32	13,46 ± 5,12	8,02 ± 4,41
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.1.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la conductancia estomática.

Tabla III.89. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (gs , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	12-sep	
S00T	14,44	± 16,61
S00A	9,24	± 12,51
R25T	67,20	± 26,37
R25A	101,02	± 66,02
R50T	161,83	± 41,00
R50A	169,40	± 77,15
Media	87,19	± 77,71
RH x CR	n.s.	

El análisis del **régimen hídrico** señaló diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos de régimen hídrico, con valores crecientes derivados de la cantidad de agua aportada a cada tratamiento.

Tabla III.90. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (gs , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2012, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	12-sep	
S00	11,84	c ± 14,28
R25	84,11	b ± 51,08
R50	165,62	a ± 59,03
Media	87,19	± 77,71
RH	**	

El análisis del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas favorables al aclareo de racimos, debidas a los resultados observados en los tratamientos regados, fundamentalmente en R25, ya que el secano no reflejó la misma tendencia que los tratamientos regados por causa del nivel de carga.

Tabla III.91. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (**gs**, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2012	12-sep
Testigo	81,16	± 68,68
Aclareo	93,22	± 87,39
Media	87,19	± 77,71
CR		*

1.2.4.1.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.92. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (**E**, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2012	12-sep
S00T	0,06	± 0,09
S00A	0,25	± 0,35
R25T	0,95	± 0,87
R25A	1,47	± 0,96
R50T	2,72	± 0,66
R50A	3,37	± 0,63
Media	1,47	± 1,38
RH x CR		n.s.

Los valores de la tasa de transpiración fueron acordes a la dosis hídrica aplicada a cada tratamiento. El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos de régimen hídrico.

Tabla III.93. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (**E**, $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2012	12-sep
S00	0,15	c ± 0,26
R25	1,21	b ± 0,92
R50	3,04	a ± 0,70
Media	1,47	± 1,38
RH		**

El análisis del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas favorables al aclareo de racimos, debidas fundamentalmente a los resultados observados en los tratamientos regados.

Tabla III.94. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (**E**, mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)�.

	2012	12-sep
Testigo	1,24	± 1,28
Aclareo	1,70	± 1,47
Media	1,47	± 1,38
CR		*

1.2.4.1.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la fotosíntesis neta.

Tabla III.95. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (**A_N**, µmol·CO₂·m⁻²·s⁻¹) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)�. Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2012	12-sep
S00T	3,27	± 2,00
S00A	5,32	± 4,18
R25T	9,75	± 3,69
R25A	9,90	± 5,64
R50T	15,73	± 3,23
R50A	14,56	± 4,84
Media	9,75	± 5,92
RH x CR		n.s.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, segregando los tres tratamientos de régimen hídrico, con valores crecientes derivados del aporte hídrico recibido por cada tratamiento.

Tabla III.96. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (**A_N**, µmol·CO₂·m⁻²·s⁻¹) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)�. Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2012	12-sep
S00	4,30	c ± 3,30
R25	9,82	b ± 4,54
R50	15,15	a ± 3,97
Media	9,75	± 5,92
RH		*

Por el contrario, el estudio del **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Tabla III.97. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2012	12-sep
Testigo	9,59	± 5,97
Aclareo	9,92	± 6,04
Media	9,75	± 5,92
CR		n.s.

1.2.4.1.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2012

Los valores de conductancia estomática de los tratamientos estudiados, medidos durante el 12 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

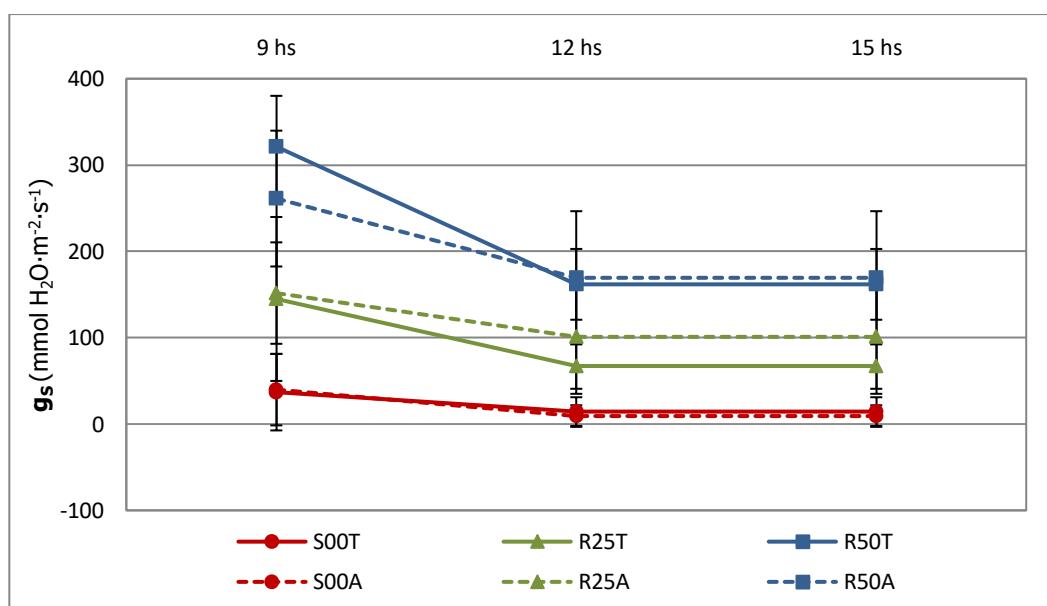


Figura III.28. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 12 de septiembre de **2012**.

El estudio del **régimen hídrico** ha mostrado en todos los tratamientos una tendencia de descenso de los valores entre las 9 hs y las 12 hs, que ha sido mayor en los tratamientos regados y creciente con la dosis recibida. Entre las 12 hs y las 15 hs, los valores de todos los tratamientos se mantuvieron prácticamente estables.

Por otro lado, el **control de rendimiento** ha mostrado que la aplicación del aclareo de racimos redujo aparentemente la conductancia estomática en R50 a las 9 hs, pero no mostró ningún efecto a partir de mediodía, mientras que, contrariamente, en R25 provocó el incremento de la conductancia estomática en las medidas de las 12 hs y

a las 15 hs con respecto a las 9 hs. Por último, el tratamiento de secano no se vió influido por el nivel de carga a lo largo del día.

1.2.4.1.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2012

Los valores de la tasa de transpiración de los tratamientos estudiados, medidos durante el 12 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

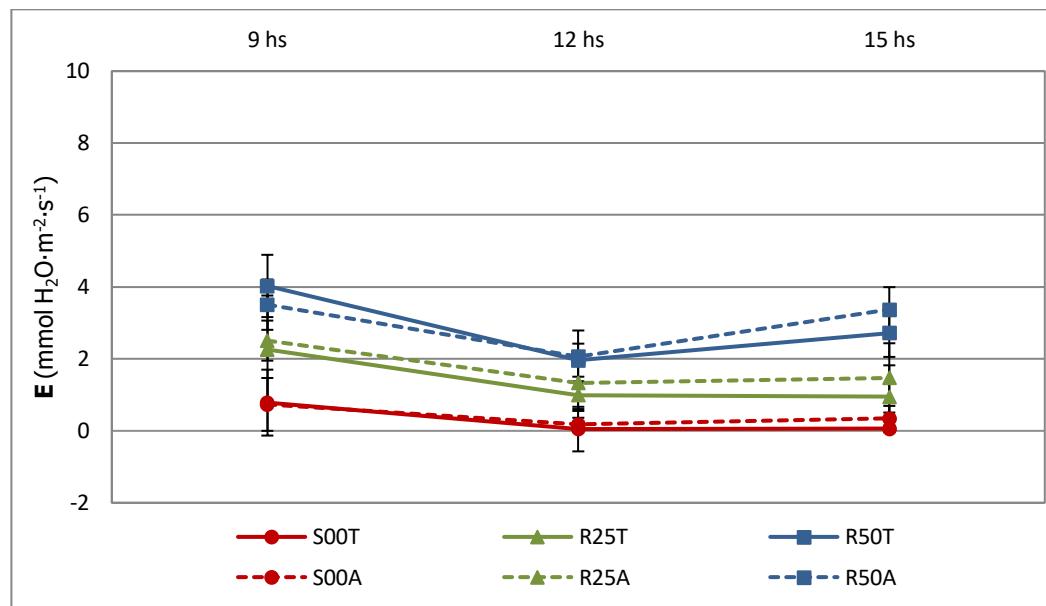


Figura III.29. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 12 de septiembre de 2012.

Al estudiar el **régimen hídrico** se ha observado en todos los tratamientos una tendencia de descenso de sus valores entre las 9 hs y las 12 hs, de mayor intensidad en los tratamientos regados que en el secano y ligeramente acentuada por el incremento de la dosis de riego. Este comportamiento varió entre las 12 hs y las 15 hs, pues los valores de R25 y S00 se mantuvieron prácticamente estables y, contrariamente, el tratamiento más regado recuperó parcialmente el nivel que había mostrado a media mañana.

La aplicación del **control de rendimiento** redujo aparentemente la tasa de transpiración a las 9 hs en R50, pero la incrementó ligeramente en R25 y prácticamente no la modificó en S00. A las 12 hs, solamente se vio favorecido el tratamiento de aclareo en R25, pero a las 15 hs, los valores medios de los tratamientos de aclareo fueron ligeramente superiores a los tratamientos testigo en los tres regímenes hídricos.

1.2.4.1.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2012

Los valores de la fotosíntesis neta de los tratamientos estudiados, medidos durante el 12 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

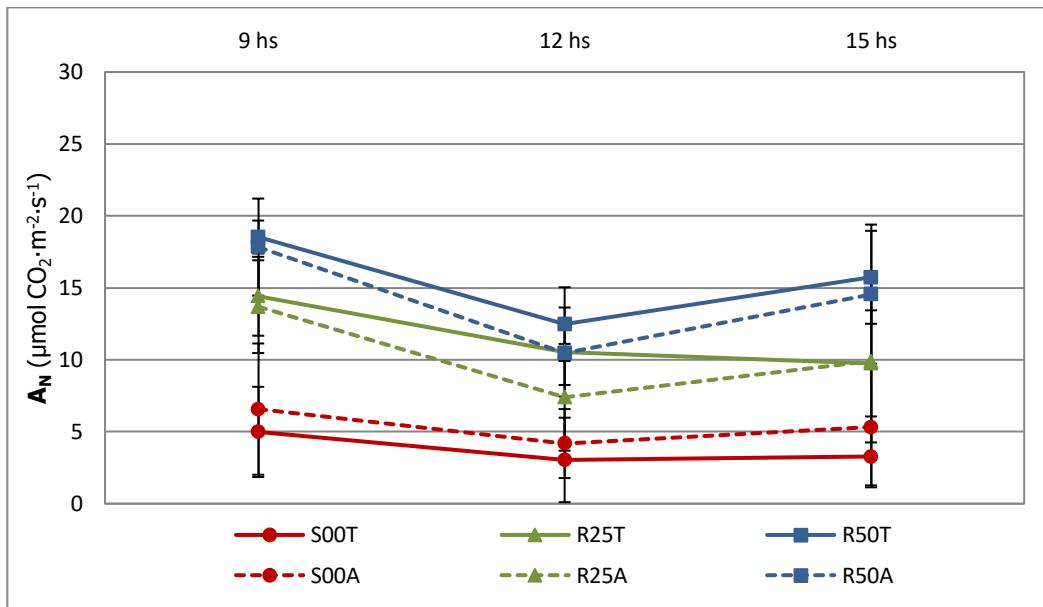


Figura III.30. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_N) el 12 de septiembre de 2012.

El **régimen hídrico** influyó en la evolución diaria de la fotosíntesis neta, dado que los valores de los tratamientos a las 9 hs descendieron en la medida de mediodía más pronunciadamente cuanto mayor fue el aporte hídrico recibido. Sin embargo, la mayor dosis de riego permitió una notoria recuperación de la fotosíntesis neta a las 15 hs con respecto a las 12 hs, algo que no ocurrió en los tratamientos R25 ni S00.

El **control de rendimiento** ha aparecido provocar efectos dispares en función del régimen hídrico, ya que en S00 el aclareo de racimos ha favorecido la actividad fotosintética a lo largo del día, mientras que, contrariamente, en los tratamientos regados pareció deprimirla, aunque en dichos tratamientos regados permitió la recuperación de la tasa a las 15 hs con respecto a las 12 hs.

1.2.4.2 Medidas fisiológicas en 2013

La primera medida de intercambio gaseoso del periodo se realizó en el estado de cuajado. Un mes más tarde, en el estado fenológico de “racimo cerrado”, se realizó la siguiente medida. A partir de entonces, las medidas se llevaron a cabo cada dos semanas, primero coincidiendo con el estado fenológico de envero, después cuando había transcurrido aproximadamente un tercio del tiempo de maduración y, finalmente, cuando faltaban dos semanas para la vendimia.

En cada fecha se realizaron medidas a las 9 hs y a las 12 hs. El 11 de septiembre, dichas medidas se complementaron con otra medida adicional llevada a cabo a las 15 hs.

1.2.4.2.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2013

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.98. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto		11-sept		26-sept	
S00T	82,7	± 11,8	39,5	± 19,9	30,1	± 24,4
S00A	82,1	± 15,1	42,4	± 8,7	30,9	± 20,0
R25T	130,3	± 31,1	66,9	± 32,5	54,6	± 29,5
R25A	143,6	± 58,9	80,3	± 17,8	69,4	± 30,1
R50T	168,2	± 23,0	105,4	± 26,5	68,0	± 22,9
R50A	169,8	± 22,7	104,6	± 20,0	91,4	± 19,7
Media	129,5	± 46,5	73,2	± 33,7	57,4	± 31,9
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

En la figura III.31 se puede apreciar que los valores de conductancia estomática fueron muy elevados en todos los tratamientos al inicio del periodo de medidas, debido a una elevada disponibilidad hídrica. Un mes más tarde, los valores registrados habían descendido sensiblemente, reduciéndose en casi dos veces y media la conductancia estomática de R50, casi tres veces en R25 y más de cuatro veces en S00.

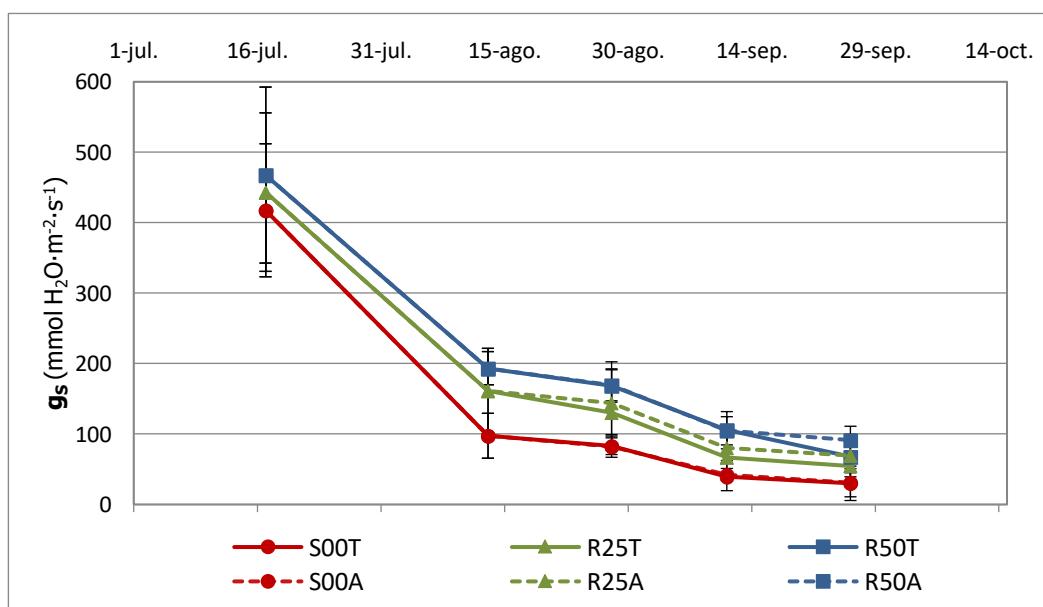


Figura III.31. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013.

A partir de esta fecha, los valores de g_s de todos los tratamientos han mostrado un descenso sostenido, continuado hasta el final del periodo, si bien, los tratamientos regados siempre mantuvieron valores superiores al secano y acordes a la dosis hídrica recibida por cada tratamiento.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, excepto en la fecha inicial y en la final del periodo de medidas. El 13 de agosto las diferencias estadísticamente significativas separaron el secano de los tratamientos regados y en las dos siguientes fechas de medida las diferencias estadísticamente significativas segregaron los tres regímenes hídricos.

Tabla III.99. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-sept	26-sept
S00	417,6 ± 94,4	97,6 b ± 31,8	82,4 c ± 12,9	41,0 c ± 14,7	30,5 ± 21,3
R25	443,4 ± 112,5	160,9 a ± 60,8	137,0 b ± 45,4	73,6 b ± 25,9	62,0 ± 29,5
R50	467,6 ± 124,9	193,5 a ± 23,6	169,0 a ± 21,8	105,0 a ± 22,4	79,7 ± 23,8
Media	442,9 ± 112,0	150,6 ± 57,1	129,5 ± 46,5	73,2 ± 33,7	57,4 ± 31,9
RH	n.s.	***	*	*	n.s.

El **control de rendimiento** no manifestó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna fecha de medida. De hecho, el control de rendimiento aparentemente no influyó en S00, sin embargo, pareció favorecer el incremento de la conductancia estomática de los tratamientos regados en diverso grado, pues el aclareo de racimos incrementó en R25 los valores de g_s en todas las fechas, mientras que en R50 sólo mostró este comportamiento en la medida realizada el 26 de septiembre.

Tabla III.100. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo y Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2013	28-agosto	11-sept	26-sept
Testigo	127,1 ± 42,1	70,6 ± 37,5	50,9 ± 29,1
Aclareo	131,9 ± 51,7	75,7 ± 30,4	63,9 ± 34,1
Media	129,5 ± 46,5	73,2 ± 33,7	57,4 ± 31,9
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.2.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2013

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluieron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.101. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2013, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto		11-septiembre		26-septiembre	
S00T	2,19	± 0,37	0,80	± 0,39	1,10	± 0,83
S00A	2,24	± 0,29	0,87	± 0,25	1,26	± 0,84
R25T	3,10	± 0,60	1,29	± 0,60	2,02	± 1,07
R25A	3,44	± 0,88	1,53	± 0,32	2,55	± 0,85
R50T	3,71	± 0,41	1,87	± 0,48	2,39	± 0,75
R50A	3,86	± 0,43	1,87	± 0,26	3,29	± 0,53
Media	3,09	± 0,83	1,37	± 0,57	2,10	± 1,08
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

Del mismo modo que la conductancia estomática, la tasa de transpiración se mostró mucho más elevada en la primera fecha de medida que durante el resto del periodo, si bien, en este caso la diferencia entre valores fue sensiblemente inferior.

Se apreció en todos los tratamientos una depresión de los valores en la medida del 11 de septiembre, con una posterior recuperación el 26 de septiembre, que no se apreció en los valores de conductancia estomática.

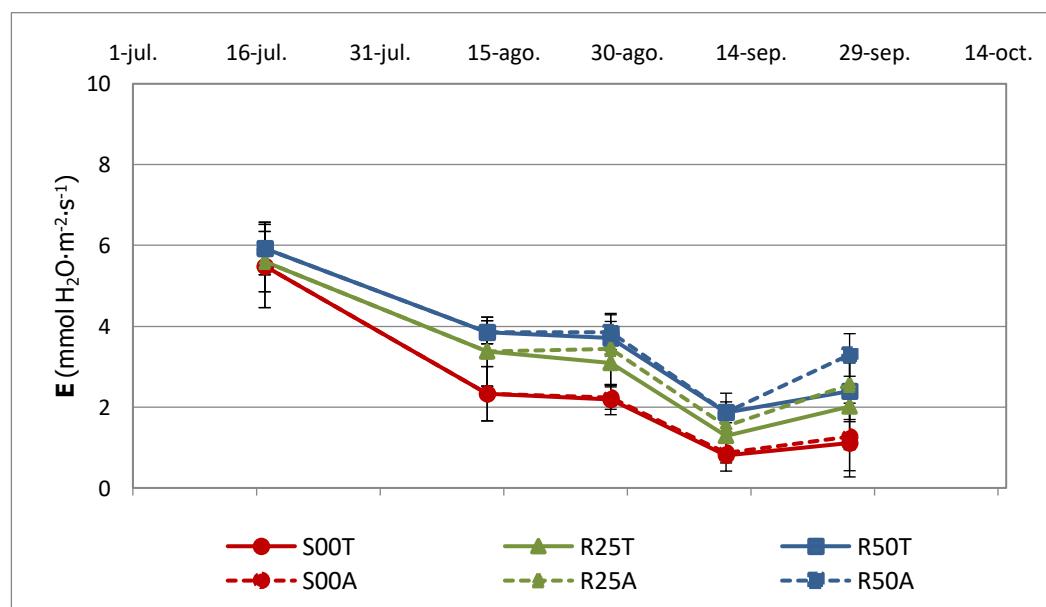


Figura III.32. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2013.

La aplicación del control de rendimiento pareció favorecer la actividad transpirativa en los tratamientos regados, en diverso grado, ya que en R25 mostró un incremento moderado de la tasa de transpiración en las distintas fechas, pero en R50 favoreció la tasa de transpiración únicamente el 26 de septiembre, si bien de un modo más sustancial.

Esta variación de los valores de la tasa de transpiración fue debida al reducido ajuste que mostró la conductancia estomática a las distintas condiciones atmosféricas en las fechas de medida (figuras III.31 y III.33), ya que la demanda atmosférica fue mucho más reducida el 11 de septiembre que el 26 de septiembre.

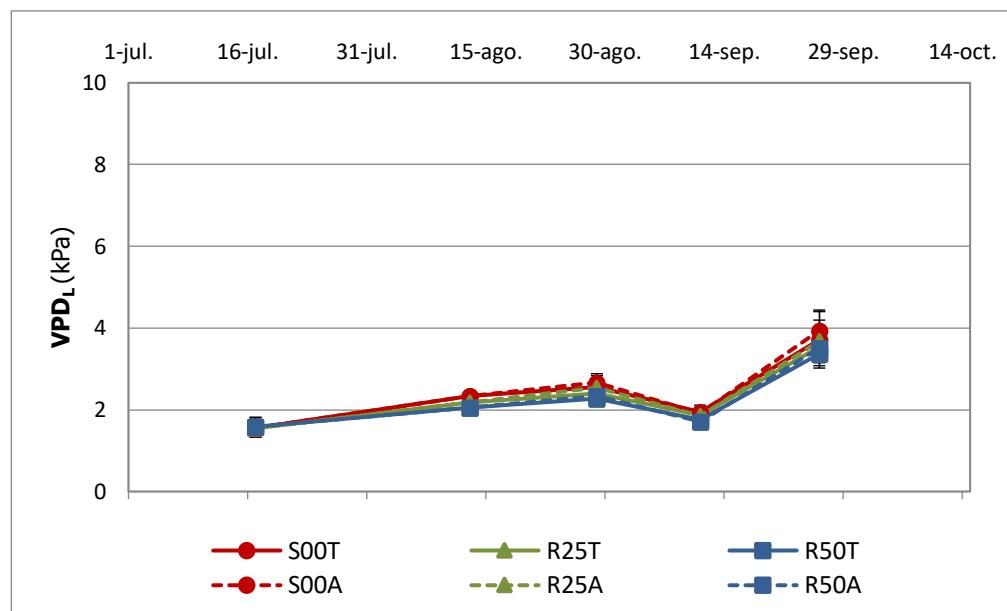


Figura III.33. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 9 hs, en 2013.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas el 17 de julio, lógicamente, dado que los valores de los tratamientos fueron muy similares. Un mes más tarde, surgieron diferencias estadísticamente significativas que separaron el secano de los tratamientos regados. Posteriormente, las medidas del 28 de agosto y del 11 de septiembre mostraron diferencias estadísticamente significativas que segregaron los tres régimenes hídricos. Sin embargo, dichas diferencias estadísticamente significativas no pudieron ser refrendadas en la última medida debido al incremento de la desviación estándar.

Tabla III.102. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00	5,49 ± 1,03	2,33 b ± 0,67	2,21 c ± 0,32	0,84 c ± 0,31	1,18 ± 0,80
R25	5,60 ± 0,75	3,37 a ± 0,85	3,27 b ± 0,74	1,41 b ± 0,48	2,28 ± 0,96
R50	5,93 ± 0,65	3,85 a ± 0,29	3,78 a ± 0,41	1,87 a ± 0,37	2,84 ± 0,78
Media	5,67 ± 0,81	3,19 ± 0,90	3,09 ± 0,83	1,37 ± 0,57	2,10 ± 1,08
RH	n.s.	***	*	*	n.s.

El **control de rendimiento** ha mostrado una tendencia a favor del aclareo de racimos que llegó a provocar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la última fecha de medida. Esta tendencia se debió mayormente al efecto en los tratamientos de regadío, puesto que el secano no se mostró influenciado por el aclareo de racimos.

Tabla III.103. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
Testigo	3,00 ± 0,78	1,32 ± 0,65	1,84 ± 1,01
Aclareo	3,18 ± 0,90	1,42 ± 0,50	2,37 ± 1,12
Media	3,09 ± 0,83	1,37 ± 0,57	2,10 ± 1,08
CR	n.s.	n.s.	*

1.2.4.2.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2013

En las fechas en las que confluyeron el régimen hídrico y el control de rendimiento, el estudio de ambos factores no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de fotosíntesis neta.

Tabla III.104. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00T	10,19 ± 4,56	11,51 ± 3,11	10,32 ± 5,33
S00A	12,46 ± 2,84	12,02 ± 1,65	8,88 ± 4,60
R25T	17,78 ± 4,94	16,17 ± 4,21	14,28 ± 4,92
R25A	17,40 ± 3,76	17,18 ± 1,82	15,95 ± 3,10
R50T	17,72 ± 2,02	20,90 ± 1,51	18,03 ± 4,30
R50A	19,93 ± 2,46	20,30 ± 2,56	21,77 ± 2,29
Media	15,91 ± 4,80	16,35 ± 4,43	14,87 ± 5,93
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

En general, la fotosíntesis neta se vio muy favorecida por el aporte hídrico, de hecho, el 17 de julio todos los tratamientos mostraron valores muy elevados y similares, independientemente de la dosis hídrica recibida, debido a la adecuada disponibilidad hídrica.

A partir de entonces, la acumulación de estrés hídrico a lo largo del periodo estival provocó el descenso continuado de la tasa de asimilación neta de carbono en todos los tratamientos, pero especialmente en S00. El descenso de los valores de A_n fue menor cuanto mayor fue el aporte hídrico recibido, ya que el tratamiento R25 mostró un descenso moderado y el tratamiento R50 mantuvo valores casi constantes durante toda la estación.

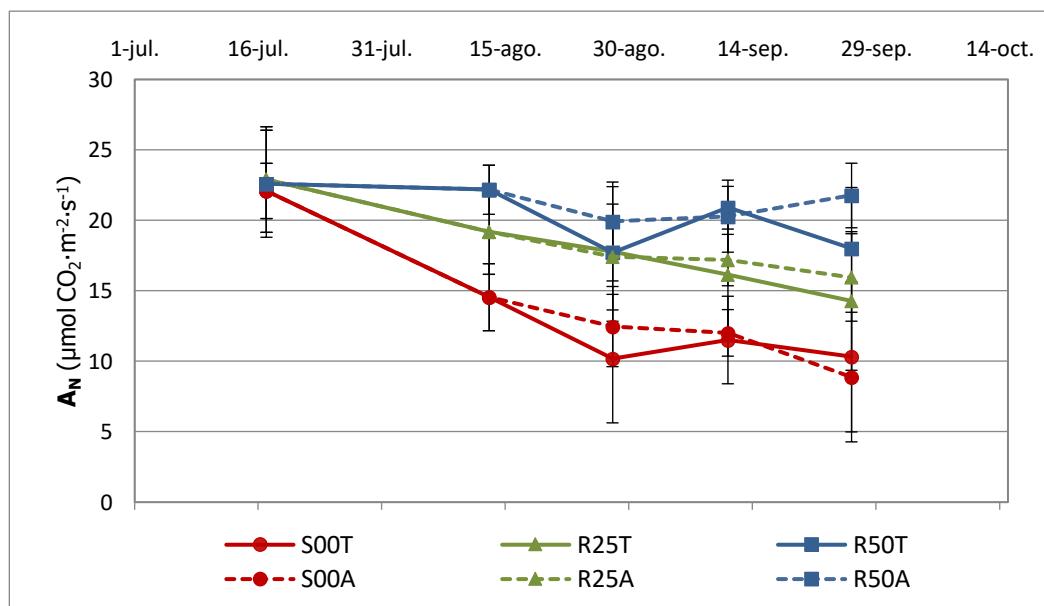


Figura III.34. Evolución de la fotosíntesis neta (A_n) a las 9 hs, en 2013.

En la primera fecha de medida, el análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, dada la similitud de valores. El resto de fechas se apreciaron diferencias estadísticamente significativas, que diferenciaron los tres tratamientos hídricos, excepto el 28 de agosto, debido a que la elevada desviación estándar no permitió que las diferencias fuesen estadísticamente significativas.

Tabla III.105. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00	22,09 ± 1,96	14,55 c ± 2,38	11,33 ± 3,81	11,76 c ± 2,39	9,60 c ± 4,81
R25	22,90 ± 3,75	19,18 b ± 3,01	17,59 ± 4,19	16,68 b ± 3,14	15,12 b ± 4,02
R50	22,60 ± 3,80	22,18 a ± 1,74	18,83 ± 2,44	20,60 a ± 2,03	19,90 a ± 3,82
Media	22,53 ± 3,15	18,63 ± 3,96	15,91 ± 4,80	16,35 ± 4,43	14,87 ± 5,93
RH	n.s.	***	n.s.	**	*

El **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos debido a la elevada desviación estándar. Sin embargo, el aclareo de racimos ha aparentado favorecer ligeramente la fotosíntesis neta en todos los niveles hídricos, aunque de modo desigual en las distintas fechas de medida.

Tabla III.106. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
Testigo	15,23 ± 5,29	16,19 ± 4,93	14,21 ± 5,61
Aclareo	16,60 ± 4,30	16,50 ± 4,01	15,53 ± 6,32
Media	15,91 ± 4,80	16,35 ± 4,43	14,87 ± 5,93
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.2.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2013

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no indicó interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.107. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00T	45,6 ± 8,0	42,4 ± 23,4	21,2 ± 12,4
S00A	47,4 ± 13,7	53,6 ± 20,6	23,5 ± 13,0
R25T	83,2 ± 20,8	79,3 ± 37,2	38,4 ± 20,8
R25A	84,5 ± 32,3	79,4 ± 31,2	46,3 ± 25,1
R50T	114,7 ± 30,7	102,7 ± 21,3	53,5 ± 25,1
R50A	123,8 ± 11,3	127,0 ± 23,9	63,9 ± 13,4
Media	83,2 ± 36,3	80,7 ± 38,1	41,1 ± 23,6
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Los valores de conductancia estomática obtenidos en la medida de mediodía del 17 de julio fueron elevados en todos los tratamientos debido a la abundante disponibilidad hídrica, sin embargo, dichos valores fueron mucho más reducidos a esta hora que los obtenidos a media mañana, lo cual indica la fuerte influencia que las condiciones atmosféricas tuvieron en el cierre estomático.

En el resto de fechas de medida, los valores fueron mucho más contenidos y se vieron favorecidos por el riego de un modo proporcional a la dosis recibida. Estos valores se mantuvieron estables, en general, en cada tratamiento el resto del periodo excepto en la última fecha de medida, cuando dichos valores de cada tratamiento descendieron claramente, apreciándose que el descenso se produjo de un modo más acusado cuanto mayor aporte hídrico habían recibido.

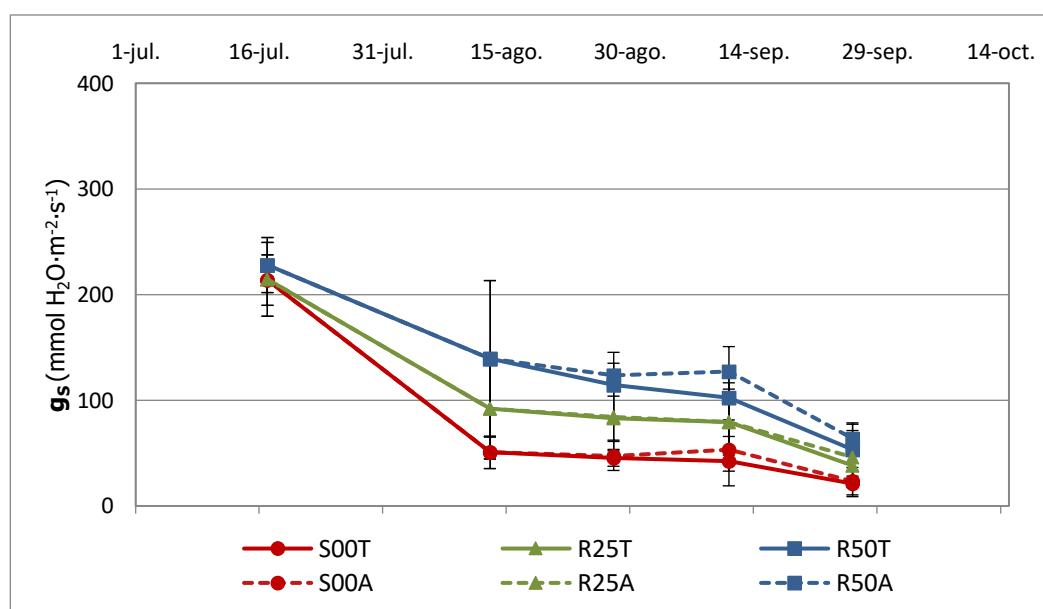


Figura III.35. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013.

El análisis del **régimen hídrico** no permitió diferenciar los distintos tratamientos el 17 de julio, debido a la elevada apertura estomática mostrada por todos los tratamientos. Un mes más tarde, surgieron diferencias estadísticamente significativas que separaron a S00 de R50, mientras que R25 mantuvo una posición intermedia.

El 28 de agosto, las diferencias estadísticamente significativas permitieron separar claramente los tres regímenes hídricos. Sin embargo, esta tendencia de incremento de la conductancia estomática al aumentar la dosis de riego aportó un nivel muy cercano al nivel mínimo de significación estadística el 11 de septiembre, de modo que las diferencias no llegaron a resultar estadísticamente significativas.

En la última fecha de medidas, el descenso de la g_s en todos los tratamientos impidió obtener diferencias estadísticamente significativas a pesar de que los valores

medidos fueron favorables a los tratamientos regados y de acuerdo con el aporte hídrico recibido por cada uno.

Tabla III.108. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (gs , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00	213,8 ± 23,9	50,7 b ± 15,3	46,5 c ± 10,7	48,0 ± 21,8	22,4 ± 12,2
R25	214,5 ± 34,9	92,0 ab ± 47,5	83,8 b ± 25,9	79,4 ± 32,7	42,3 ± 22,4
R50	228,0 ± 26,1	139,3 a ± 74,0	119,3 a ± 22,6	114,8 ± 25,0	58,7 ± 20,0
Media	218,8 ± 28,2	94,0 ± 61,6	83,2 ± 36,3	80,7 ± 38,1	41,1 ± 23,6
RH	n.s.	**	**	n.s.	n.s.

El análisis del **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a pesar de la tendencia a mostrar mayores valores de conductancia estomática del tratamiento de aclareo de racimos que del tratamiento testigo, mayormente en el tratamiento S00 y fundamentalmente en el R50, lo que llevó a un valor cercano al nivel mínimo de significación estadística el 11 de septiembre.

Tabla III.109. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (gs , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
Testigo	81,1 ± 35,6	74,8 ± 36,8	37,7 ± 23,3
Aclareo	85,2 ± 37,9	86,7 ± 39,4	44,6 ± 24,1
Media	83,2 ± 36,3	80,7 ± 38,1	41,1 ± 23,6
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.2.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2013

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluieron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

La tasa de transpiración mostró el 17 de julio los valores más elevados del periodo. El tratamiento S00 mantuvo a mediodía un valor similar al de media mañana, mientras que los tratamientos regados incrementaron ligeramente la tasa transpirativa a mediodía.

En las siguientes fechas, los valores de la tasa de transpiración se redujeron, pero los tratamientos regados mostraron valores superiores, acordes con la dosis hídrica recibida. La tasa de transpiración a las 12 hs se vio reducida en los tratamientos S00 y

R25, en cada fecha, respecto a los valores de las 9 hs, mientras que el tratamiento R50 mantuvo valores similares.

Tabla III.110. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
S00T	1,79 ± 0,23	1,08 ± 0,54	1,03 ± 0,52
S00A	1,88 ± 0,45	1,45 ± 0,59	1,23 ± 0,69
R25T	3,03 ± 0,76	1,80 ± 0,71	1,81 ± 0,82
R25A	3,08 ± 0,75	1,88 ± 0,61	2,23 ± 1,01
R50T	3,79 ± 0,90	2,31 ± 0,63	2,44 ± 0,99
R50A	3,98 ± 0,35	2,84 ± 0,68	3,04 ± 0,58
Media	2,93 ± 1,03	1,89 ± 0,82	1,96 ± 1,01
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Por otro lado, el aclareo de racimos aparentó favorecer la tasa de transpiración en todos los regímenes hídricos, pero con mayor intensidad en R50, a medida que avanzó el periodo estival.

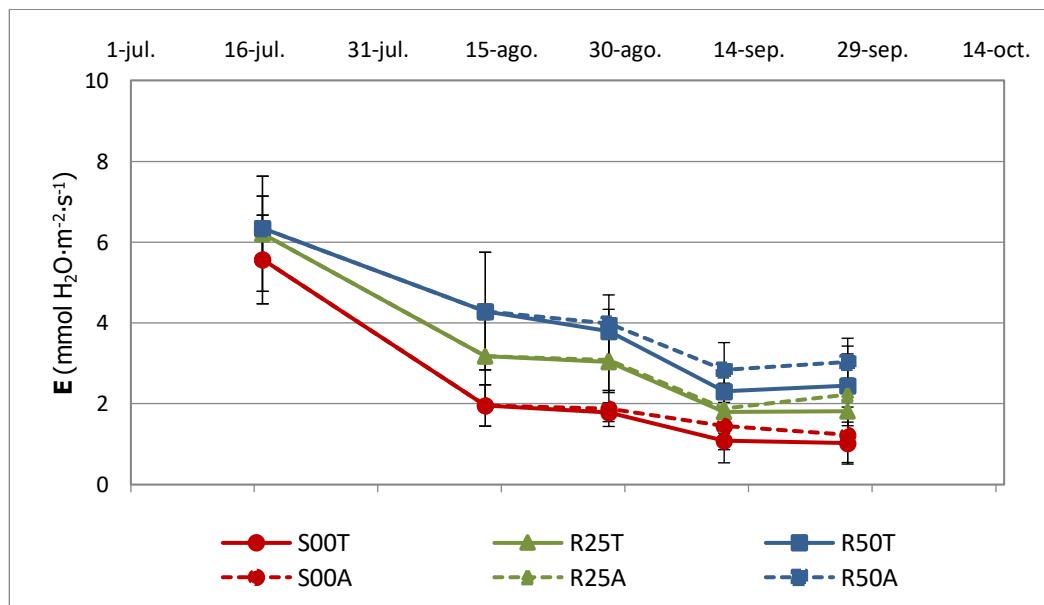


Figura III.36. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las **12 hs**, en **2013**.

Sin embargo, el 26 de septiembre no se apreció en la medida de las 12 hs el incremento de la tasa de transpiración que se observó en la medida de las 9 hs. Esto fue debido a que la demanda atmosférica a esta hora, como muestra la figura III.37, fue excesivamente alta y las plantas se protegieron reduciendo la conductancia estomática.

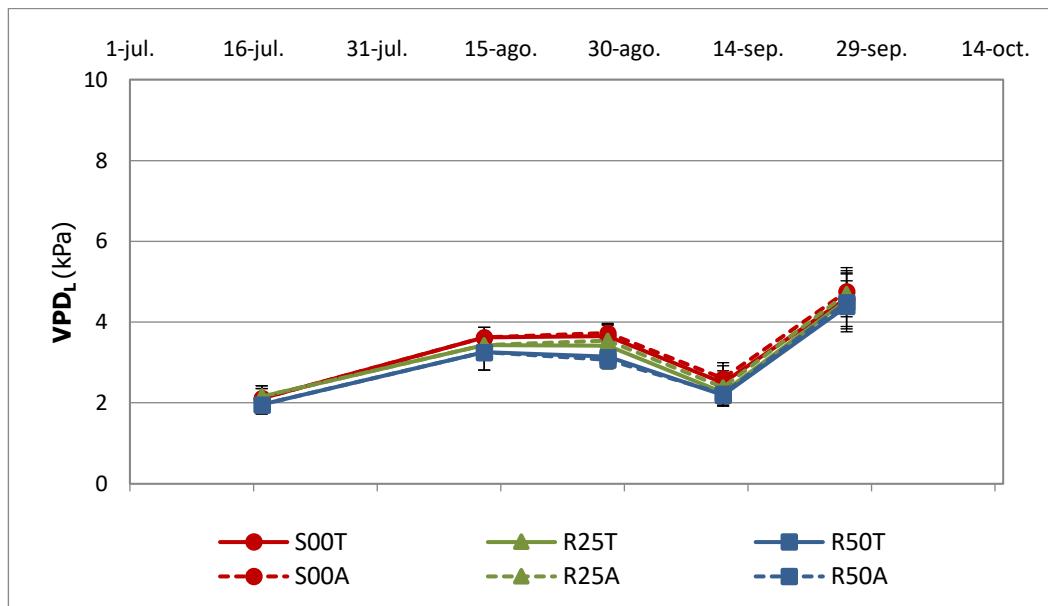


Figura III.37. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 12 hs, en 2013.

Lógicamente, el análisis del **régimen hídrico** no ha segregado los tratamientos el 17 de julio. Sin embargo, a mediados de agosto ha mostrado diferencias estadísticamente significativas, separando el secano de los tratamientos de regadío. El 28 de agosto, valores similares a los mostrados en la fecha anterior, pero con menor desviación estándar, aportaron diferencias estadísticamente significativas que lograron separar los tres regímenes hídricos, mientras que, en las dos últimas fechas de medida, el análisis aportó diferencias que no fueron estadísticamente significativas.

Tabla III.111. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-sept	26-sept
S00	5,57 ± 1,10	1,96 b ± 0,51	1,84 c ± 0,34	1,27 ± 0,57	1,13 ± 0,59
R25	6,21 ± 1,43	3,18 a ± 1,28	3,06 b ± 0,72	1,84 ± 0,63	2,02 ± 0,90
R50	6,34 ± 0,80	4,29 a ± 1,46	3,89 a ± 0,66	2,57 ± 0,68	2,74 ± 0,83
Media	6,04 ± 1,14	3,14 ± 1,47	2,93 ± 1,03	1,89 ± 0,82	1,96 ± 1,01
RH	n.s.	**	**	n.s.	n.s.

El **control de rendimiento** ha mostrado una tendencia de valores superiores en el aclareo de racimos, debida fundamentalmente a lo observado en R50, que dio lugar a diferencias estadísticamente significativas el 11 de septiembre y que se habrían repetido el 26 de septiembre, pero la desviación estándar impidió por muy poco alcanzar el nivel mínimo de significación en la última fecha.

Tabla III.112. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	28-agosto	11-sept	26-sept
Testigo	2,87 ± 1,07	1,73 ± 0,79	1,76 ± 0,96
Aclareo	2,98 ± 1,02	2,06 ± 0,84	2,17 ± 1,06
Media	2,93 ± 1,03	1,89 ± 0,82	1,96 ± 1,01
CR	n.s.	*	n.s.

1.2.4.2.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa de los valores de fotosíntesis neta.

Tabla III.113. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	28-agosto	11-sept	26-sept
S00T	10,06 ± 2,04	8,84 ± 2,89	6,76 ± 3,24
S00A	8,93 ± 1,46	10,53 ± 2,80	7,64 ± 2,52
R25T	14,90 ± 2,22	16,70 ± 4,36	11,88 ± 2,06
R25A	13,45 ± 3,02	17,05 ± 1,24	12,09 ± 4,52
R50T	18,55 ± 2,31	17,70 ± 2,16	12,65 ± 2,99
R50A	18,85 ± 1,70	19,55 ± 0,92	14,80 ± 2,02
Media	14,12 ± 4,35	15,06 ± 4,69	10,97 ± 4,01
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

A esta hora de medida, la fotosíntesis neta se vio más favorecida por el aporte hídrico que a media mañana, pues se observó mayor diferencia entre los valores de los tratamientos de régimen hídrico a mediodía.

De hecho, un mes después de la medida inicial, que había mostrado valores elevados en todos los tratamientos, los valores mostraron un descenso sustancial, que fue amortiguado de acuerdo con el aporte hídrico recibido.

A partir del 13 de agosto, los valores de fotosíntesis neta de cada tratamiento se mantuvieron relativamente estables hasta la medida del 26 de septiembre, cuando las severas condiciones atmosféricas provocaron un brusco descenso de los valores, que fue más acentuado en los tratamientos regados.

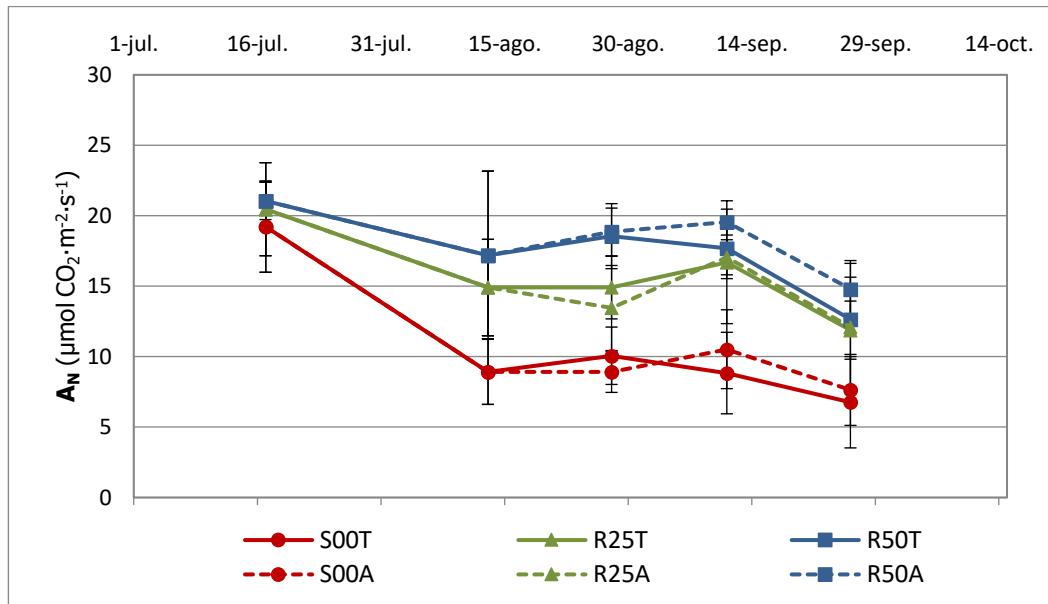


Figura III.38. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 12 hs, en 2013.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró, lógicamente, diferencias estadísticamente significativas en la primera fecha de medida. En el resto de fechas de medida, la elevada desviación estándar dificultó que se mostraran diferencias estadísticamente significativas, pero estas lograron surgir, separando el tratamiento de secano de los tratamientos regados el 13 de agosto y el 11 de septiembre y llegando a segregar los tres regímenes hídricos el 28 de agosto. Sin embargo, el 26 de septiembre las diferencias no lograron por muy poco alcanzar el nivel mínimo de significación, a pesar de mostrar la misma tendencia que en las medidas anteriores.

Tabla III.114. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2013, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	17-jul	13-agosto	28-agosto	11-sept	26-sept
S00	19,23 ± 3,24	8,94 b ± 2,33	9,49 c ± 1,79	9,68 b ± 2,85	7,20 ± 2,80
R25	20,46 ± 3,30	14,90 a ± 3,42	14,18 b ± 2,64	16,88 a ± 3,06	11,99 ± 3,35
R50	21,05 ± 1,32	17,20 a ± 5,97	18,70 a ± 1,94	18,63 a ± 1,86	13,73 ± 2,68
Media	20,25 ± 2,76	13,68 ± 5,36	14,12 ± 4,35	15,06 ± 4,69	10,97 ± 4,01
RH	n.s.	**	***	*	n.s.

El **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguna fecha de medida, reflejando una tendencia que varió a lo largo del periodo.

En enero, el aclareo de racimos aparentemente redujo la actividad fotosintética de S00 y de R25, pero no afectó a R50. Contrariamente, en las medidas realizadas durante la maduración, la reducción de carga de cosecha pareció incrementar la fotosíntesis neta en S00 y R50 mientras que en R25 dicha tasa no se vio influenciada.

Tabla III.115. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	28-agosto	11-septiembre	26-septiembre
Testigo	14,50 ± 4,13	14,41 ± 5,11	10,43 ± 3,77
Aclareo	13,74 ± 4,65	15,71 ± 4,28	11,51 ± 4,28
Media	14,12 ± 4,35	15,06 ± 4,69	10,97 ± 4,01
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.2.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.116. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	11-septiembre	
S00T	39,47	± 12,10
S00A	25,72	± 9,47
R25T	64,18	± 35,56
R25A	73,27	± 41,51
R50T	124,35	± 51,82
R50A	139,17	± 24,38
Media	77,69	± 51,95
RH x CR	n.s.	

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos, de hecho, el valor de conductancia estomática de S00 fue menos de la mitad que el de R25 y cuatro veces inferior al de R50.

Tabla III.117. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	11-septiembre	
S00	32,59	c ± 12,61
R25	68,73	b ± 37,15
R50	131,76	a ± 39,38
Media	77,69	± 51,95
RH	**	

El análisis del **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas, aunque mostró una ligera tendencia favorable al aclareo de racimos, debida al efecto observado en los tratamientos regados.

Tabla III.118. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)�.

2013	11-sep
Testigo	76,00 ± 50,50
Aclareo	79,38 ± 54,76
Media	77,69 ± 51,95
CR	n.s.

1.2.4.2.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.119. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)�. Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	11-sep
S00T	1,77 ± 0,57
S00A	1,27 ± 0,49
R25T	2,66 ± 1,27
R25A	3,04 ± 1,32
R50T	4,56 ± 1,58
R50A	5,12 ± 0,78
Media	3,07 ± 1,73
RH x CR	n.s.

Los valores de la tasa de transpiración de cada tratamiento fueron acordes a la dosis hídrica recibida, de hecho, el valor de la tasa de transpiración de R25 fue casi el doble que el de S00 y el valor de la tasa de R50 fue más de tres veces superior. Así, el análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos de régimen hídrico.

Tabla III.120. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	11-sep		
S00	1,52	c	± 0,57
R25	2,85	b	± 1,25
R50	4,84	a	± 1,22
Media	3,07		± 1,73
RH		*	

El análisis del **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, pero mostró una ligera tendencia de incremento de la tasa de transpiración en los tratamientos sometidos al aclareo de racimos.

Tabla III.121. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2013	11-sep		
Testigo	3,00	± 1,66	
Aclareo	3,14	± 1,84	
Media	3,07	± 1,73	
CR		n.s.	

1.2.4.2.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de fotosíntesis neta.

Tabla III.122. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	11-sep		
S00T	8,34	± 2,68	
S00A	7,32	± 1,11	
R25T	12,90	± 2,53	
R25A	13,20	± 5,44	
R50T	18,05	± 2,46	
R50A	20,77	± 2,57	
Media	13,43	± 5,65	
RH x CR		n.s.	

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, segregando los tres tratamientos, dado que los valores de fotosíntesis mostraron claramente la influencia del aporte hídrico. La acumulación neta de carbono de R50 fue prácticamente dos veces y media la de S00, mientras que el tratamiento R25 mostró un valor casi el doble que el de S00.

Tabla III.123. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2013			11-sep		
S00	7,83	c	±	2,03		
R25	13,05	b	±	4,05		
R50	19,41	a	±	2,79		
Media	13,43		±	5,65		
RH				**		

Por el contrario, el análisis del **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas, aunque mostró una ligera tendencia, debida al efecto en R50, de incremento de la tasa de fotosíntesis en los tratamientos sometidos al aclareo de racimos.

Tabla III.124. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

	2013			11-sep		
Testigo	13,10	±	4,74			
Aclareo	13,76	±	6,57			
Media	13,43	±	5,65			
CR			n.s.			

1.2.4.2.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2013

Los valores de conductancia estomática de los tratamientos estudiados, medidos durante el 11 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

El estudio del **régimen hídrico** ha mostrado que los valores de conductancia estomática se mantuvieron bastante estables a lo largo de la jornada tanto en S00 como en R25, mientras que R50 mostró un incremento de los valores en la medida de las 15 hs. No obstante, en la medida de las 12 hs, el tratamiento aclareado de R50 ya mostró

valores superiores al testigo, mientras que éste seguía manteniendo los mismos valores que a media mañana.

La ejecución del **control de rendimiento** únicamente favoreció a R50 en las medidas de las 12 hs y las 15 hs, sin haber mostrado ninguna influencia en el resto de tratamientos.

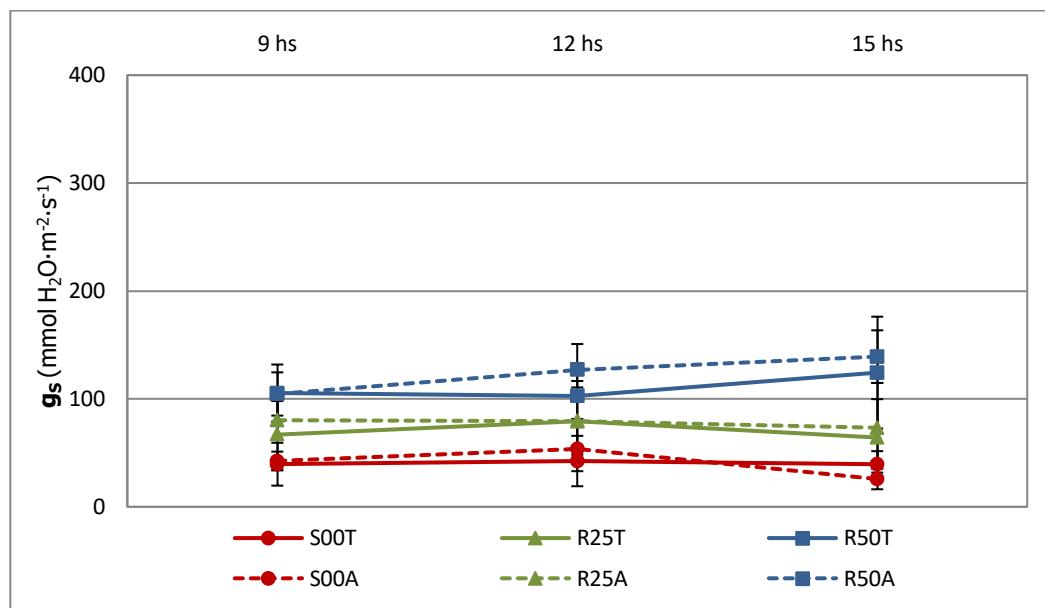


Figura III.39. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 11 de septiembre de 2013.

1.2.4.2.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2013

Los valores de la tasa de transpiración de los tratamientos estudiados, medidos durante el 11 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

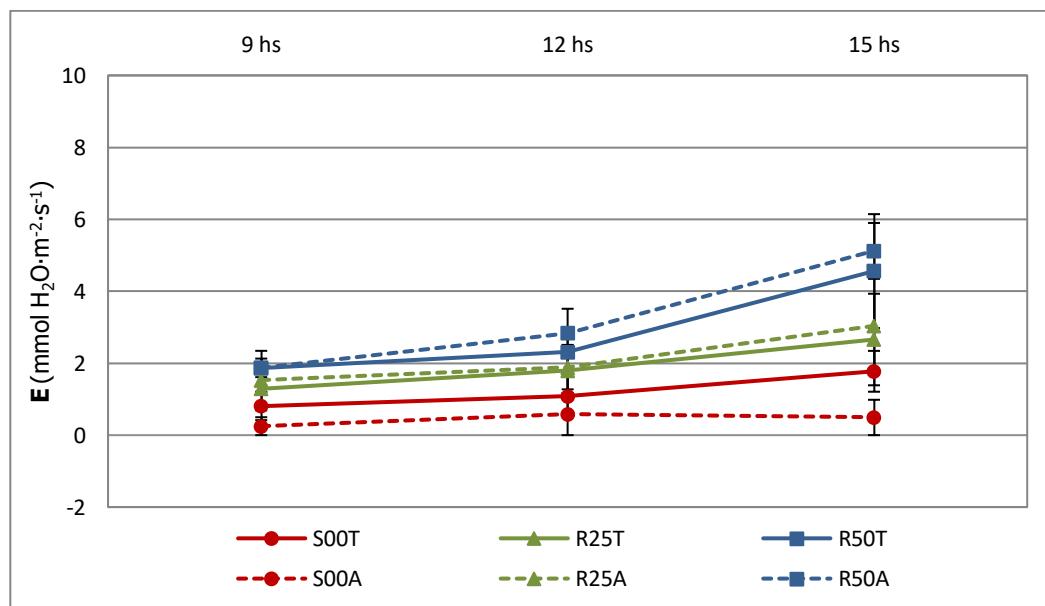


Figura III.40. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 11 de septiembre de 2013.

El estudio del **régimen hídrico** ha mostrado el mayor crecimiento de la tasa de transpiración a lo largo del día en el tratamiento más regado, mientras que los otros dos tratamientos mantuvieron un incremento similar, que se vio estimulado a las 15 hs, debido al aumento del VPD_L, ya que los valores de conductancia estomática no reflejaron ninguna variación sustancial que pudiera ser responsable del incremento de la tasa de transpiración.

La aplicación del **control de rendimiento** ha incrementado aparentemente la tasa de transpiración a partir de las 12 hs en R50, mientras que sólo la favoreció ligeramente en R25 a las 15 hs y mostró el efecto contrario en S00 a lo largo de todas las medidas del día.

1.2.4.2.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2013

Los valores de la fotosíntesis neta de los tratamientos estudiados, medidos durante el 11 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

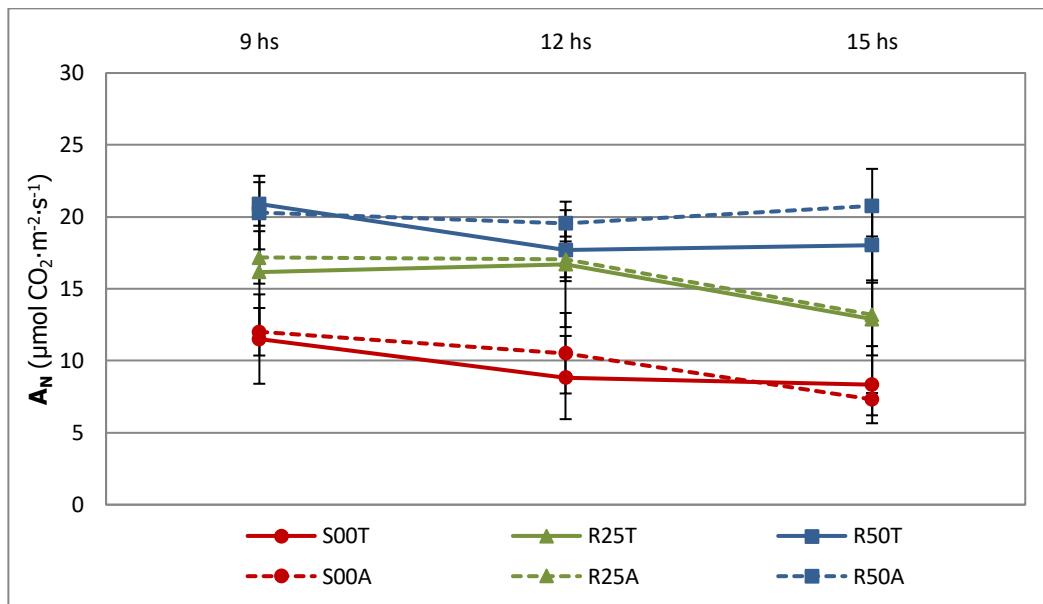


Figura III.41. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_N) el 11 de septiembre de 2013.

El **régimen hídrico** influyó claramente en la evolución diaria de la fotosíntesis neta, ya que los valores de R50 se mantuvieron elevados durante todo el día, a pesar de haber mostrado una pequeña depresión a las 12 hs. De modo distinto, los valores de R25 se mantuvieron estables hasta el mediodía, pero cayeron de un modo importante por la tarde. Esta caída de valores fue similar en S00, pero en este caso el descenso de la tasa comenzó ya en la medida de las 12 hs.

El **control de rendimiento** ha aparecido provocar efectos dispares en función del régimen hídrico, ya que el aclareo de racimos pareció favorecer la tasa en el

tratamiento R50 en las medidas de las 12 hs y de las 15 hs, pero en R25 sólo la favoreció ligeramente en la medida de las 9 hs. Contrariamente, en el tratamiento S00 pareció incrementar la fotosíntesis neta a las 12 hs y reducirla muy levemente a las 15 hs.

1.2.4.3 Medidas fisiológicas en 2014

La primera medida de intercambio gaseoso del periodo se realizó en el estado fenológico de baya “tamaño guisante”. Un mes más tarde, en enero, se llevó a cabo la siguiente medida. A partir de entonces, el seguimiento de la actividad fisiológica se realizó quincenalmente, de modo que se tomaron medidas fisiológicas en la primera parte de la fase de maduración y una semana antes de la vendimia.

En cada fecha se realizaron medidas a las 9 hs y a las 12 hs. El 10 de septiembre, dichas medidas se complementaron con otra adicional llevada a cabo a las 15 hs.

1.2.4.3.1 Conductancia estomática a las 9 hs en 2014

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.125. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto		27-agosto		10-sept	
S00T	28,53	± 11,34	25,6	± 18,8	21,6	± 8,3
S00A	23,13	± 19,43	23,6	± 7,0	26,5	± 15,4
R25T	54,72	± 24,64	69,0	± 36,1	61,2	± 33,3
R25A	58,42	± 18,64	81,8	± 35,7	74,9	± 37,0
R50T	66,00	± 9,61	93,9	± 21,7	76,0	± 24,8
R50A	65,08	± 21,68	113,8	± 26,2	107,1	± 21,2
Media	49,31	± 24,29	67,9	± 41,8	61,2	± 38,2
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

Los tratamientos regados han mostrado valores de g_s superiores al tratamiento de secano durante todo el periodo. Todos los tratamientos mostraron los valores más elevados de g_s a mediados de julio. Un mes más tarde registraron una bajada de valores de conductancia estomática, que en el caso de los tratamientos regados fueron incluso los más reducidos del periodo.

Posteriormente, el tratamiento de secano mantuvo valores de g_s similares, mientras que los tratamientos regados mostraron una recuperación parcial de dichos valores, en mayor grado cuanto mayor fue la dosis hídrica recibida.

La aplicación del control de rendimiento pareció favorecer ligeramente la conductancia estomática en los tratamientos regados, pero no mostró ninguna variación en el comportamiento del tratamiento de secano.

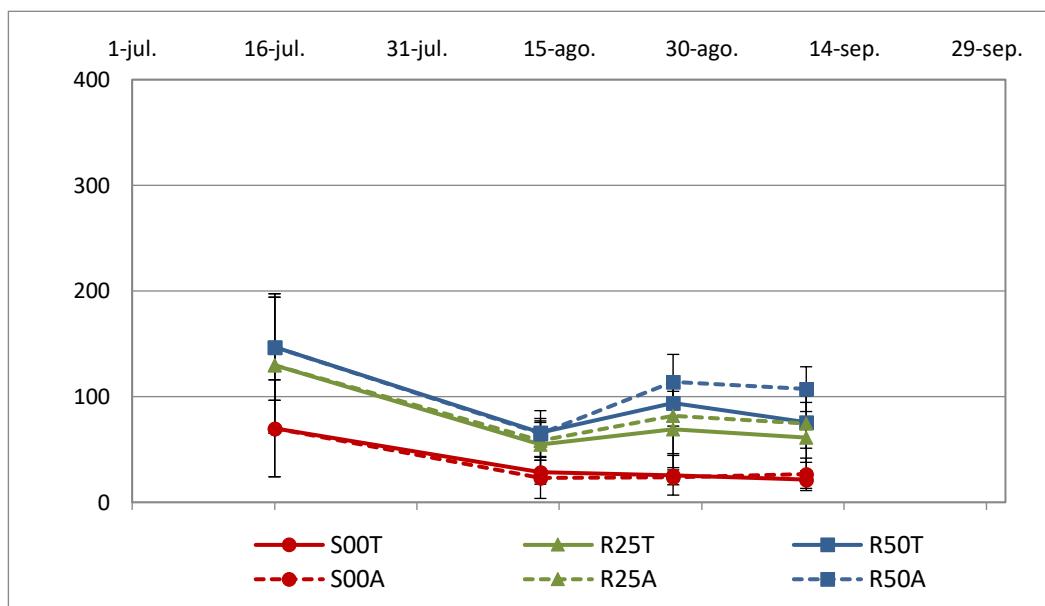


Figura III.42. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** no pudo mostrar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la primera fecha de medida debido a la elevada desviación estándar. El 13 de agosto las diferencias estadísticamente significativas separaron el tratamiento de secano de los tratamientos regados, mientras que las dos siguientes medidas mostraron diferencias estadísticamente significativas que segregaron los tres régimenes hídricos.

Tabla III.126. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul		13-agosto		27-agosto		10-sept	
S00	70,1	± 45,9	25,8	b ± 15,4	24,6	c ± 13,5	24,0	c ± 12,1
R25	129,8	± 64,4	56,6	a ± 20,9	75,4	b ± 34,9	68,0	b ± 34,3
R50	147,0	± 50,4	65,5	a ± 16,0	103,9	a ± 25,2	91,6	a ± 27,3
Media	115,6 ± 61,1		49,3 ± 24,3		67,9 ± 41,8		61,2 ± 38,2	
RH	n.s.		**		*		*	

El **control de rendimiento** solamente manifestó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la última fecha de medida, a pesar de la tendencia

observada a favor del tratamiento de aclareo durante la maduración, que estuvo muy cerca de mostrar diferencias estadísticamente significativas el 27 de agosto.

Tabla III.127. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	49,75 22,46	62,8 ± 38,3	52,9 ± 33,0
Aclareo	48,88 26,65	73,1 ± 45,4	69,5 ± 42,0
Media	49,31 24,29	67,9 ± 41,8	61,2 ± 38,2
CR	n.s.	n.s.	*

1.2.4.3.2 Tasa de transpiración a las 9 hs en 2014

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluyeron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.128. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	0,65 ± 0,37	1,22 ± 0,82	0,79 ± 0,34
S00A	0,51 ± 0,29	1,21 ± 0,36	1,03 ± 0,59
R25T	1,17 ± 0,60	2,89 ± 1,25	1,99 ± 0,89
R25A	1,16 ± 0,88	3,39 ± 1,17	2,41 ± 0,76
R50T	1,35 ± 0,41	3,66 ± 0,68	2,43 ± 0,75
R50A	1,36 ± 0,43	4,41 ± 0,74	3,36 ± 0,71
Media	1,03 ± 0,83	2,79 ± 1,47	2,00 ± 1,10
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

La tasa de transpiración mostró los valores más elevados del periodo a mediados de julio, los cuales se vieron muy favorecidos por el aporte hídrico. Contrariamente, la medida del 13 de agosto mostró valores muy reducidos en todos los casos, recortando drásticamente las diferencias de valor entre los tratamientos regados y el secano. En las dos últimas medidas, los valores de E se recuperaron en todos los tratamientos, si bien, este incremento fue superior en los tratamientos regados, en grado creciente al incrementarse la dosis de riego.

El control de rendimiento pareció incrementar la tasa de transpiración en los tratamientos regados, principalmente en R50, pero sólo influyó levemente en los valores del tratamiento de secano, a favor del aclareo de racimos, en la última fecha de medida.

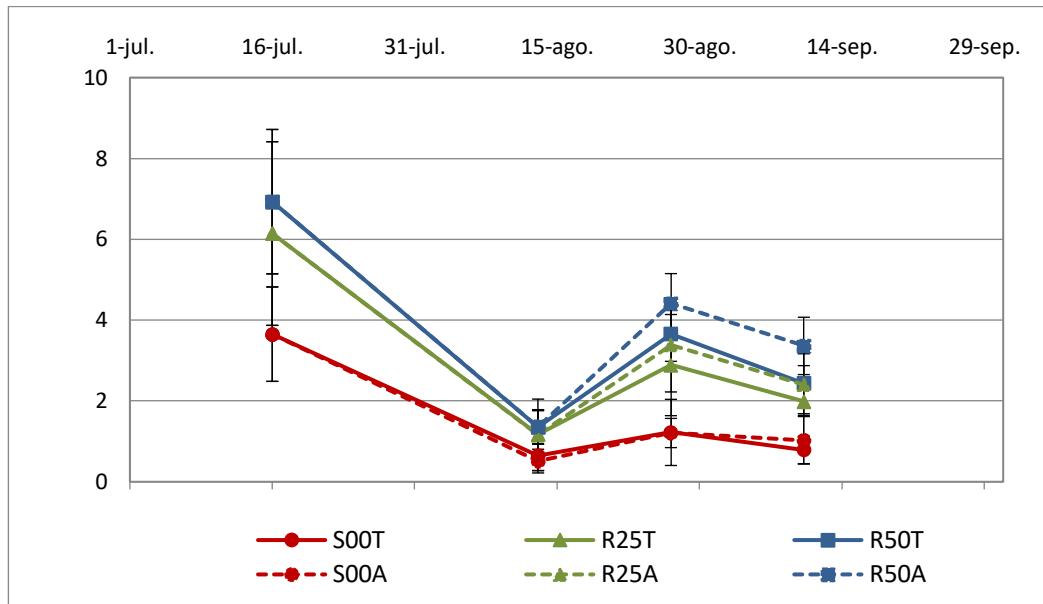


Figura III.43. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2014.

Los valores de la tasa de transpiración han reflejado las distintas condiciones atmosféricas de las fechas de medida, de un modo más intenso cuanto mayor fue el aporte hídrico recibido por los tratamientos, de acuerdo con los valores de conductancia estomática que presentaron.

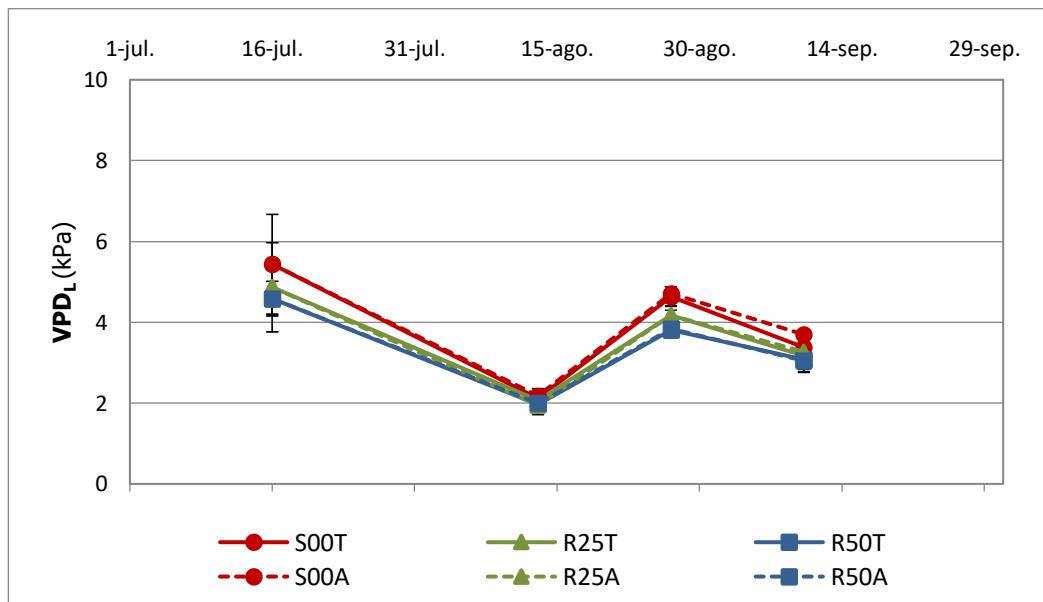


Figura III.44. Evolución del déficit de presión de vapor basado en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 9 hs, en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas que separaron el tratamiento de secano de los tratamientos regados desde la primera medida, el 16 de julio, pese a la elevada desviación estándar de dicha medida, así como el 13 de agosto. En el mismo sentido, durante la maduración se han observado diferencias estadísticamente significativas que segregaron los tres regímenes hídricos.

Tabla III.129. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul	13-agosto	27-agosto	11-sept
S00	3,65 b ± 1,17	0,58 b ± 0,34	1,21 c ± 0,60	0,91 c ± 0,47
R25	6,14 a ± 2,27	1,17 a ± 0,36	3,14 b ± 1,18	2,20 b ± 0,82
R50	6,93 a ± 1,79	1,35 a ± 0,32	4,03 a ± 0,78	2,90 a ± 0,85
Media	5,57 ± 2,22	1,03 ± 0,47	2,79 ± 1,47	2,00 ± 1,10
RH	*	**	*	*

El **control de rendimiento** ha mostrado una tendencia a favor del aclareo de racimos durante la maduración que llegó a aportar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la última fecha de medida. Esta tendencia se debió mayormente a los tratamientos de regadío, en particular R50, puesto que el secano no se mostró influenciado por el aclareo de racimos.

Tabla III.130. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)).

2014	13-agosto	27-agosto	10-sept
Testigo	1,06 ± 0,43	2,59 ± 1,37	1,74 ± 0,97
Aclareo	1,01 ± 0,52	3,00 ± 1,58	2,26 ± 1,18
Media	1,03 ± 0,47	2,79 ± 1,47	2,00 ± 1,10
CR	n.s.	n.s.	*

1.2.4.3.3 Fotosíntesis neta a las 9 hs en 2014

En las fechas en las que confluieron el régimen hídrico y el control de rendimiento, el estudio de ambos factores no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de fotosíntesis neta.

Tabla III.131. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	12,82 ± 2,86	7,92 ± 4,67	7,43 ± 2,73
S00A	13,45 ± 2,10	7,13 ± 1,92	8,33 ± 4,35
R25T	17,68 ± 1,78	15,71 ± 4,73	13,99 ± 4,04
R25A	18,17 ± 3,13	15,51 ± 4,51	15,30 ± 3,87
R50T	18,30 ± 1,71	18,72 ± 2,16	16,08 ± 3,02
R50A	18,83 ± 2,23	20,80 ± 2,51	20,70 ± 2,26
Media	16,54 ± 3,30	14,30 ± 6,19	13,64 ± 5,64
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Los valores de fotosíntesis neta se vieron muy favorecidos por el aporte hídrico, viéndose incrementados en grado creciente de acuerdo con la dosis recibida en todas las fechas del periodo excepto el 13 de agosto. En esta fecha, los tratamientos regados mostraron valores similares, debido al descenso de valor del tratamiento R50 mientras que el tratamiento R25 mantuvo su valor previo.

El tratamiento S00 mostró un descenso progresivo de A_n en el primer mes, pero a finales de agosto su valor se desplomó, manteniéndose de dicho modo en la última medida. Por el contrario, los valores de R25 mostraron un descenso muy atenuado a lo largo de todo el periodo. El descenso de valores fue más reducido en R50, a pesar de la reducción brusca mostrada por dicho tratamiento el 13 de agosto.

El control de rendimiento no aportó ninguna tendencia clara en S00 ni en R25, excepto en la última medida, que favoreció ligeramente al aclareo. Sin embargo, en R50 se observaron, en las dos últimas fechas del periodo, valores muy favorables al aclareo de racimos.

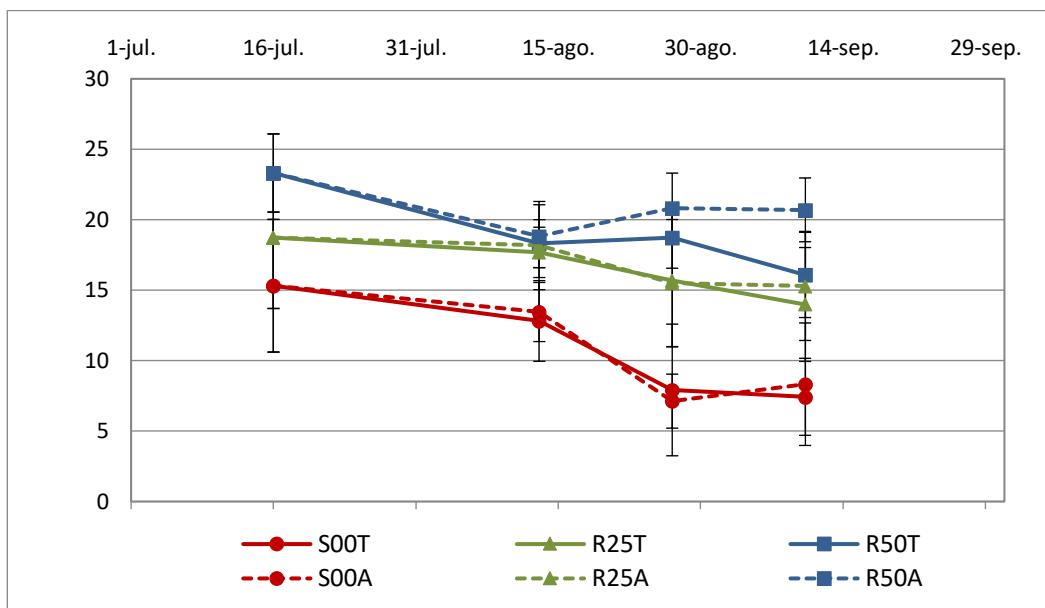


Figura III.45. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 9 hs, en 2014.

Pese a la elevada desviación estándar mostrada por los tratamientos en todas medidas, el análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la mayoría de fechas de medida.

Las diferencias estadísticamente significativas separaron el tratamiento más regado del secano en la medida realizada el 16 de julio, pero el 13 de agosto los valores no llegaron a mostrar el nivel de significación mínimo. En las dos últimas fechas de medida, los valores reflejaron diferencias estadísticamente significativas que separaron los tres tratamientos de régimen hídrico.

Tabla III.132. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 9 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul		13-agosto		27-agosto		10-sept								
S00	15,32	b	±	4,71	13,13	±	2,41	7,52	c	±	3,43	7,88	c	±	3,49
R25	18,73	ab	±	5,03	17,93	±	2,44	15,61	b	±	4,41	14,64	b	±	3,83
R50	23,32	a	±	2,77	18,57	±	1,91	19,76	a	±	2,48	18,39	a	±	3,51
Media	19,12		±	5,25	16,54	±	3,30	14,30		±	6,19	13,64		±	5,64
RH	*		n.s.		*		*								

El **control de rendimiento** mostró una tendencia favorable al aclareo de racimos que se acrecentó al final del periodo de medidas, debido mayormente al efecto observado en el tratamiento R50. En la última fecha, esta tendencia logró diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.133. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **9 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	16,27 ± 3,25	14,11 ± 6,02	12,50 ± 4,91
Aclareo	16,82 ± 3,42	14,48 ± 6,52	14,78 ± 6,22
Media	16,54 ± 3,30	14,30 ± 6,19	13,64 ± 5,64
CR	n.s.	n.s.	*

1.2.4.3.4 Conductancia estomática a las 12 hs en 2014

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no indicó interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática.

Tabla III.134. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	32,70 ± 7,95	26,0 ± 10,4	16,6 ± 6,4
S00A	33,67 ± 17,69	26,0 ± 8,1	17,3 ± 10,8
R25T	54,28 ± 30,08	60,0 ± 44,7	43,9 ± 27,6
R25A	76,25 ± 45,39	90,7 ± 43,9	57,9 ± 27,8
R50T	76,73 ± 27,43	80,4 ± 38,0	63,0 ± 28,2
R50A	97,20 ± 17,25	95,6 ± 9,9	73,5 ± 25,8
Media	61,81 ± 34,74	63,1 ± 40,5	45,4 ± 30,7
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Los valores de conductancia estomática a mediodía se redujeron respecto a los valores mostrados por los tratamientos regados a media mañana en todas las fechas de medida, mientras que en el tratamiento de secano únicamente disminuyó su valor en la medida del 16 de julio. A pesar de este decrecimiento de los valores de g_s , los tratamientos regados mantuvieron un nivel superior al secano durante todo el periodo.

La aplicación del aclareo de racimos pareció favorecer a los tratamientos regados, incrementando su conductancia estomática de modo similar, mientras que el secano no se mostró influenciado por la reducción de carga de cosecha.

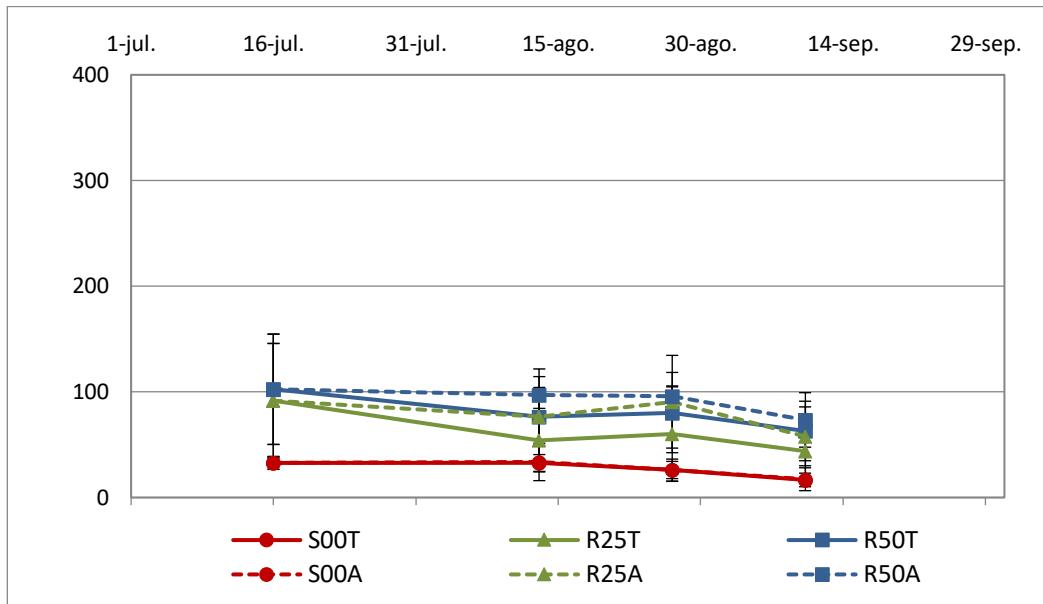


Figura III.46. Evolución de la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas, que segregaron el tratamiento de secano de los tratamientos regados en todas las fechas de medida, excepto el 27 de agosto, cuando la desviación estándar impidió que se lograse el nivel mínimo de significación.

Tabla III.135. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); $p\text{-valor}<0,05$ (*); $<0,01$ (**); $<0,001$ (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul	13-agosto	27-agosto	10-sept
S00	32,8 b \pm 6,1	33,2 b \pm 13,1	26,0 \pm 8,9	17,0 b \pm 8,5
R25	91,6 a \pm 54,2	65,3 a \pm 38,5	75,3 \pm 45,2	50,9 a \pm 27,4
R50	102,5 a \pm 52,2	87,0 a \pm 24,3	88,0 \pm 27,6	68,2 a \pm 26,3
Media	75,6 \pm 51,7	61,8 \pm 34,7	63,1 \pm 40,5	45,4 \pm 30,7
RH	*	*	n.s.	*

El análisis del **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a pesar de la tendencia, debida al efecto observado en los tratamientos regados, del tratamiento de aclareo de racimos a mostrar mayores valores de conductancia estomática que el tratamiento testigo.

Tabla III.136. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); $p\text{-valor}<0,05$ (*); $<0,01$ (**); $<0,001$ (***) .

2014	13-agosto	27-agosto	10-sept
Testigo	54,57 29,12	55,5 \pm 39,7	41,2 \pm 29,2
Aclareo	69,04 39,06	70,8 \pm 41,0	49,6 \pm 32,4
Media	61,81 34,74	63,1 \pm 40,5	45,4 \pm 30,7
CR	n.s.	n.s.	n.s.

1.2.4.3.5 Tasa de transpiración a las 12 hs en 2014

El estudio de los factores, régimen hídrico y control de rendimiento, en las fechas en las que confluieron ambos factores, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración.

Tabla III.137. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	13-agosto		27-agosto		10-sept	
S00T	1,03	± 0,16	1,41	± 0,52	0,85	± 0,33
S00A	1,07	± 0,48	1,56	± 0,43	0,92	± 0,56
R25T	1,54	± 0,82	2,91	± 1,81	1,96	± 1,07
R25A	2,08	± 1,06	4,21	± 1,56	2,62	± 0,94
R50T	2,10	± 0,67	3,84	± 1,55	2,79	± 1,10
R50A	2,58	± 0,35	4,59	± 0,35	3,12	± 0,91
Media	1,73	± 0,84	3,09	± 1,68	2,04	± 1,21
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

El aporte hídrico favoreció la actividad transpirativa de los tratamientos R50 y R25, aunque no la incrementó de un modo proporcional a la dosis de agua recibida. Además, los valores de E oscilaron en todos los tratamientos en función de las condiciones atmosféricas de las fechas de medida, pero con mayor intensidad en los tratamientos regados que en el tratamiento de secano.

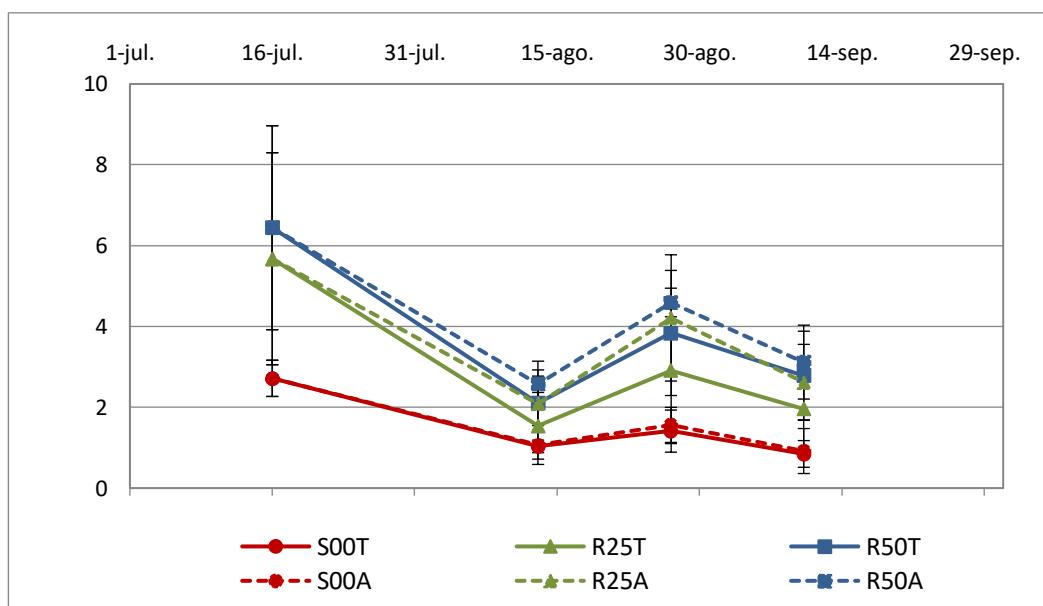


Figura III.47. Evolución de la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2014.

La aplicación del control de rendimiento apareció favorecer la actividad transpirativa en los tratamientos regados, principalmente en R25, en todas las fechas,

pero, contrariamente, el tratamiento S00 no se mostró influido por el aclareo de racimos en ningún caso.

Las variaciones de la tasa de transpiración de cada tratamiento entre fechas de medida se debieron fundamentalmente a las distintas condiciones atmosféricas acontecidas en cada jornada, que divergieron especialmente en las dos primeras fechas de medida, como se puede observar en la figura de evolución del VPD_L correspondiente, mientras que los valores de las medidas realizadas durante la fase de maduración mantuvieron un comportamiento intermedio, más estable.

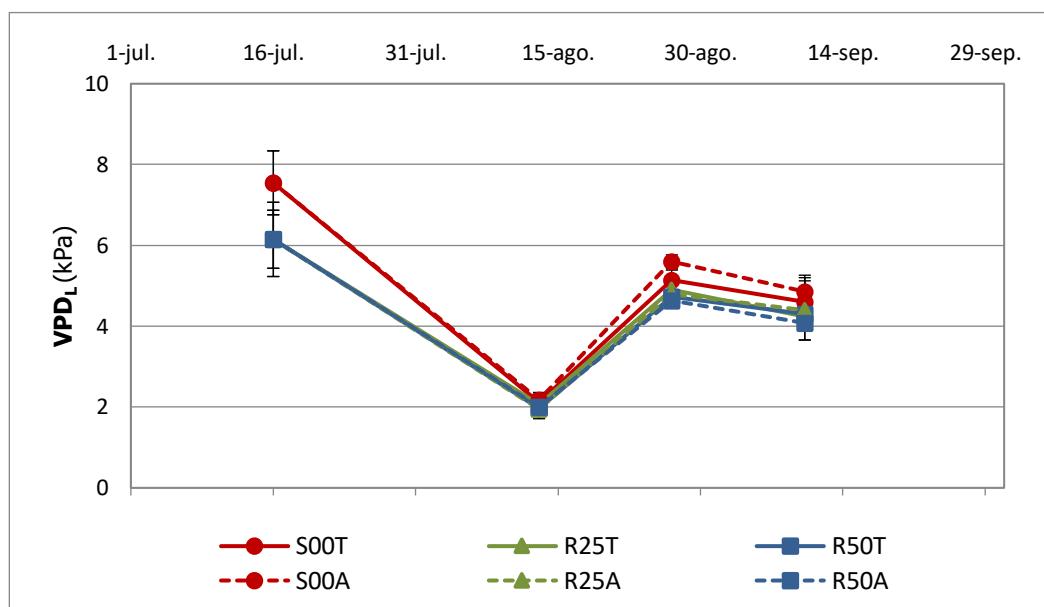


Figura III.48. Evolución del déficit de presión de vapor basada en la temperatura de la hoja (VPD_L) a las 12 hs, en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas en cada fecha de medida, incluso el 13 de agosto, cuando el valor de la tasa de transpiración de los tratamientos regados descendió notablemente. Sin embargo, estas diferencias estadísticamente significativas lograron separar el tratamiento de secano de los tratamientos regados, pero no ambos tratamientos de riego entre sí.

Tabla III.138. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul	13-agosto	27-agosto	11-sept
S00	2,72 b ± 0,45	1,05 b ± 0,34	1,49 b ± 0,46	0,88 b ± 0,44
R25	5,68 a ± 2,62	1,81 a ± 0,95	3,56 a ± 1,75	2,29 a ± 1,02
R50	6,44 a ± 2,52	2,34 a ± 0,56	4,22 a ± 1,14	2,95 a ± 0,98
Media	4,95 ± 2,59	1,73 ± 0,84	3,09 ± 1,68	2,04 ± 1,21
RH	*	**	*	*

El **control de rendimiento** ha mostrado una tendencia de valores superiores en el tratamiento de aclareo de racimos que en el tratamiento testigo, que fue debida al efecto observado en los tratamientos regados, mayormente en R25, y que llegó a mostrar diferencias estadísticamente significativas en la medida del 27 de agosto.

Tabla III.139. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	1,56 ± 0,74	2,72 ± 1,67	1,86 ± 1,18
Aclareo	1,91 ± 0,92	3,46 ± 1,65	2,22 ± 1,24
Media	1,73 ± 0,84	3,09 ± 1,68	2,04 ± 1,21
CR	n.s.	*	n.s.

1.2.4.3.6 Fotosíntesis neta a las 12 hs en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de fotosíntesis neta.

A esta hora de medida, se aprecia cómo el aporte hídrico ha favorecido claramente la tasa de fotosíntesis, dada la mayor actividad fisiológica de los tratamientos regados, superior cuanto mayor aporte hídrico habían recibido, respecto al tratamiento de secano.

Tabla III.140. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
S00T	10,77 ± 1,63	7,93 ± 2,71	5,28 ± 1,33
S00A	10,04 ± 3,46	7,86 ± 2,20	4,43 ± 2,33
R25T	14,97 ± 2,51	12,48 ± 5,69	9,11 ± 3,03
R25A	16,12 ± 2,80	16,55 ± 5,14	12,11 ± 3,92
R50T	17,77 ± 1,61	16,42 ± 5,12	11,82 ± 3,86
R50A	17,72 ± 1,67	18,95 ± 0,83	13,81 ± 4,13
Media	14,56 ± 3,84	13,37 ± 5,75	9,42 ± 4,67
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

Por otro lado, las condiciones atmosféricas también influyeron en los valores de A_N en función del régimen hídrico. Así, las condiciones más benignas del 13 de agosto permitieron al tratamiento S00 mostrar sus valores más elevados del periodo, mientras que los tratamientos regados mantuvieron valores similares a la fecha previa. Sin embargo, al avanzar el periodo durante la fase de maduración, los tratamientos mostraron un comportamiento distinto ante las diversas condiciones atmosféricas, ya que

en julio las duras condiciones atmosféricas afectaron sólo al secano, reduciendo su actividad, mientras que posteriormente, condiciones atmosféricas menos severas redujeron progresivamente los valores de todos los tratamientos.

El aclareo de racimos pareció incrementar los valores de fotosíntesis neta en los tratamientos regados durante la fase de maduración, de tal modo que R25A mostró valores similares a R50T, mientras que en el secano apenas aparentó reducirlos levemente en las medidas de envero y final de maduración.

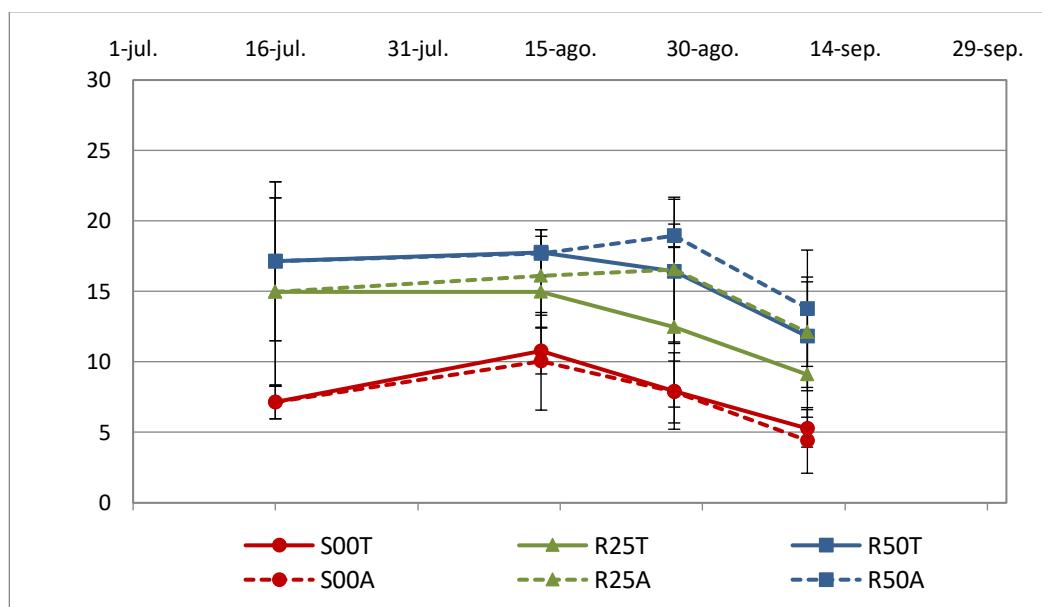


Figura III.49. Evolución de la fotosíntesis neta (A_N) a las 12 hs, en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas de medida, excepto el 27 de agosto, cuando, a pesar de mostrar la misma tendencia, la desviación estándar de los valores no permitió alcanzar el nivel mínimo de significación. En la primera medida y en la última, las diferencias estadísticamente significativas separaron el tratamiento de secano de los tratamientos regados, mientras que el 13 de agosto las diferencias estadísticamente significativas pudieron segregar los tres régimenes hídricos.

Tabla III.141. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 12 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	16-jul	13-agosto	27-agosto	10-sept
S00	7,16 b ± 1,20	10,41 c ± 2,61	7,90 ± 2,35	4,85 b ± 1,86
R25	14,95 a ± 6,69	15,54 b ± 2,60	14,52 ± 5,59	10,61 a ± 3,69
R50	17,14 a ± 5,64	17,74 a ± 1,56	17,69 ± 3,74	12,81 a ± 3,95
Media	13,08 ± 6,51	14,56 ± 3,84	13,37 ± 5,75	9,42 ± 4,67
RH	*	**	n.s.	*

El **control de rendimiento** mostró una tendencia a favor del aclareo de racimos debida a los efectos observados en los tratamientos regados, principalmente en R25, pero no reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna fecha de medida, a pesar de que el 27 de agosto los valores casi posibilitaron alcanzar el nivel mínimo de significación.

Tabla III.142. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **12 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2014	13-agosto	27-agosto	10-septiembre
Testigo	14,50 ± 3,48	12,28 ± 5,67	8,73 ± 3,90	
Aclareo	14,63 ± 4,27	14,46 ± 5,78	10,11 ± 5,36	
Media	14,56 ± 3,84	13,37 ± 5,75	9,42 ± 4,67	
CR	n.s.	n.s.	n.s.	

1.2.4.3.7 Conductancia estomática a las 15 hs en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de conductancia estomática, a pesar de haber mostrado un nivel cercano a la significación estadística. En cualquier caso, S00T y S00A presentaron valores reducidos y cercanos entre sí, mientras que los valores de los tratamientos regados, superiores al secano, fueron favorecidos por el aclareo de racimos, de modo que los valores fueron mayores en R25A que en R25T y en R50A que en R50T, con valores de g_s mucho más elevados en R25 A que en R25T.

Tabla III.143. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2014	10-septiembre
S00T	7,09 ± 8,29	
S00A	5,90 ± 3,80	
R25T	17,24 ± 14,91	
R25A	52,80 ± 41,28	
R50T	47,32 ± 17,82	
R50A	57,90 ± 14,39	
Media	31,37 ± 29,18	
RH x CR	n.s.	

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos. De hecho, el valor de la conductancia estomática de R50

y de R25 fue, respectivamente, más de 7 veces y casi 5 veces y media superior al de S00.

Tabla III.144. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **15 hs**, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	10-sep		
S00	6,49	c	± 6,18
R25	35,02	b	± 34,93
R50	52,61	a	± 16,40
Media	31,37		± 29,18
RH		*	

El análisis del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas a favor del aclareo de racimos, que fue debida a los efectos observados en los tratamientos regados.

Tabla III.145. Valor medio y desviación estándar de la conductancia estomática (g_s , mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

	10-sep		
Testigo	23,88	± 22,09	
Aclareo	38,87	± 33,86	
Media	31,37	± 29,18	
CR		*	

1.2.4.3.8 Tasa de transpiración a las 15 hs en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la tasa de transpiración, pero el análisis de varianza alcanzó un valor cercano al nivel mínimo de significación. En cualquier caso, S00T y S00A presentaron valores reducidos y cercanos entre sí, mientras que los valores de los tratamientos regados, superiores al secano, fueron favorecidos por el aclareo de racimos, de modo que los valores fueron mayores en R25A que en R25T y en R50A que en R50T, con valores de g_s mucho más elevados en R25 A que en R25T.

Tabla III.146. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	10-sep	
S00T	0,42	± 0,44
S00A	0,38	± 0,25
R25T	1,01	± 0,79
R25A	2,58	± 1,64
R50T	2,54	± 0,91
R50A	3,13	± 0,68
Media	1,67	± 1,40
RH x CR	n.s.	

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, separando los tres tratamientos de riego, pues los valores de la tasa de transpiración fueron acordes a la dosis hídrica aplicada en cada tratamiento. De hecho, el valor de la tasa de transpiración de R25 y R50 fue, respectivamente, 4,5 veces y 7 veces superior al de S00.

Tabla III.147. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	10-sep	
S00	0,40	c ± 0,34
R25	1,79	b ± 1,47
R50	2,83	a ± 0,83
Media	1,67	± 1,40
RH	**	

El análisis del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a favor del aclareo de racimos, que fue debida a los efectos observados en los tratamientos regados.

Tabla III.148. Valor medio y desviación estándar de la tasa de transpiración (E , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2014	10-sep	
Testigo	1,32	± 1,15
Aclareo	2,03	± 1,56
Media	1,67	± 1,40
CR	*	

1.2.4.3.9 Fotosíntesis neta a las 15 hs en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, mostró interacción estadísticamente significativa en los valores de la fotosíntesis neta, de tal modo que separó a S00T, S00A y R25T, con valores más reducidos, de R25A, R50T y R50A, con valores más elevados. De hecho, el efecto del aclareo no fue apreciable en el secano mientras que su influencia fue sustancial en ambos tratamientos regados, especialmente en R25.

Tabla III.149. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2014			10-sep		
S00T	2,36	b	±	2,56		
S00A	2,23	b	±	0,95		
R25T	4,31	b	±	3,10		
R25A	10,05	a	±	6,23		
R50T	10,70	a	±	2,57		
R50A	12,87	a	±	1,80		
Media	7,09		±	5,30		
RH x CR			*			

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas, segregando los tres tratamientos de riego. La acumulación neta de carbono de R50 fue 5 veces, y la de R25 3 veces, superior a la de S00.

Tabla III.150. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las 15 hs, en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	2014			10-sep		
S00	2,30	c	±	1,84		
R25	7,18	b	±	5,57		
R50	11,78	a	±	2,40		
Media	7,09		±	5,30		
RH			*			

El análisis del **control de rendimiento** también mostró diferencias estadísticamente significativas, debidas a los tratamientos regados, que favorecieron al tratamiento de aclareo de racimos.

Tabla III.151. Valor medio y desviación estándar de la fotosíntesis neta (A_N , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a las **15 hs**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

	2014	10-sep
Testigo	5,79	\pm 4,49
Aclareo	8,38	\pm 5,84
Media	7,09	\pm 5,30
CR		**

1.2.4.3.10 Evolución de la conductancia estomática a lo largo del día en 2014

Los valores de conductancia estomática de los tratamientos estudiados, medidos durante el 10 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

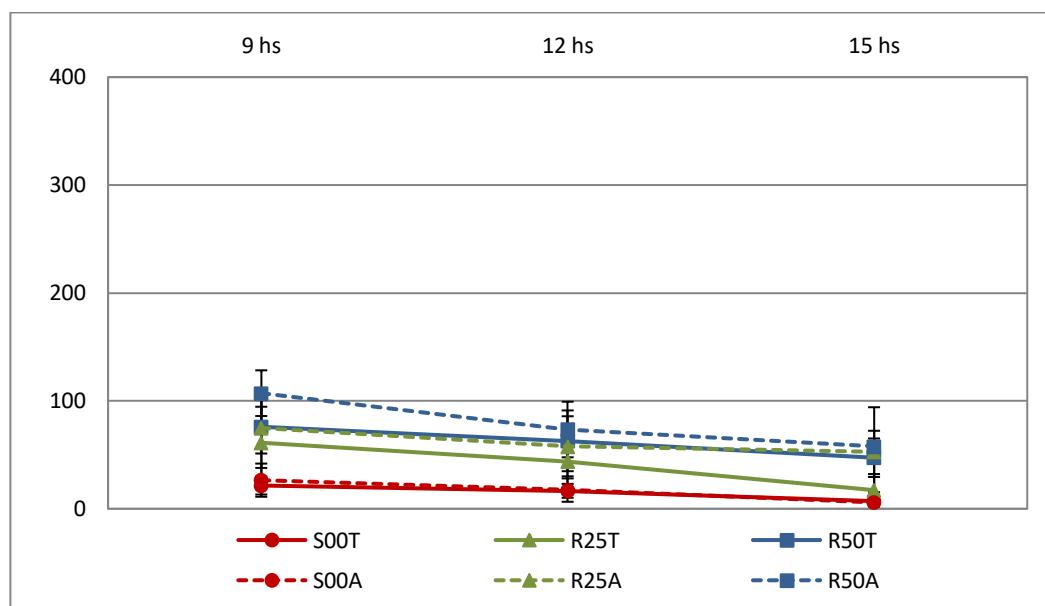


Figura III.50. Evolución diaria de la conductancia estomática (g_s) el 11 de septiembre de **2014**.

El estudio del **régimen hídrico** ha indicado una tendencia de descenso de los valores en todos los tratamientos a lo largo del día, que ha sido mayor en los tratamientos regados.

El descenso de los valores de conductancia estomática mostrado por los tratamientos a lo largo de la jornada fue mayor cuanto mayor aporte hídrico habían recibido, ya que partían de un nivel más alto. El secano apenas redujo los valores a lo largo de las medidas y a las 15 hs llegó a mostrar una g_s prácticamente nula. Sin embargo, los tratamientos regados, al partir de valores superiores siguieron manteniendo valores más altos que el tratamiento de secano, que fueron mayores en función de la dosis de riego recibida.

El **control de rendimiento** no ha mostrado ninguna variación del comportamiento de S00 durante la jornada de medida, sin embargo, los tratamientos regados si mostraron una variación, que no fue cuantitativamente coincidente entre las dos dosis de riego.

En R50, el tratamiento de aclareo mostró a las 9 hs valores superiores al tratamiento testigo, pero esta ventaja se fue atenuando a lo largo del día. Por el contrario, aun cuando el tratamiento de aclareo en R25 también mostró inicialmente valores superiores respecto al tratamiento testigo, esta diferencia, inicialmente menor, se acrecentó al avanzar la jornada, de modo que a las 15 hs el tratamiento de aclareo mostraba valores similares a R50, mientras que el tratamiento testigo redujo su valor de un modo similar a como lo hizo el tratamiento de secano.

1.2.4.3.11 Evolución de la tasa de transpiración a lo largo del día en 2014

Los valores de la tasa de transpiración de los tratamientos estudiados, medidos durante el 10 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

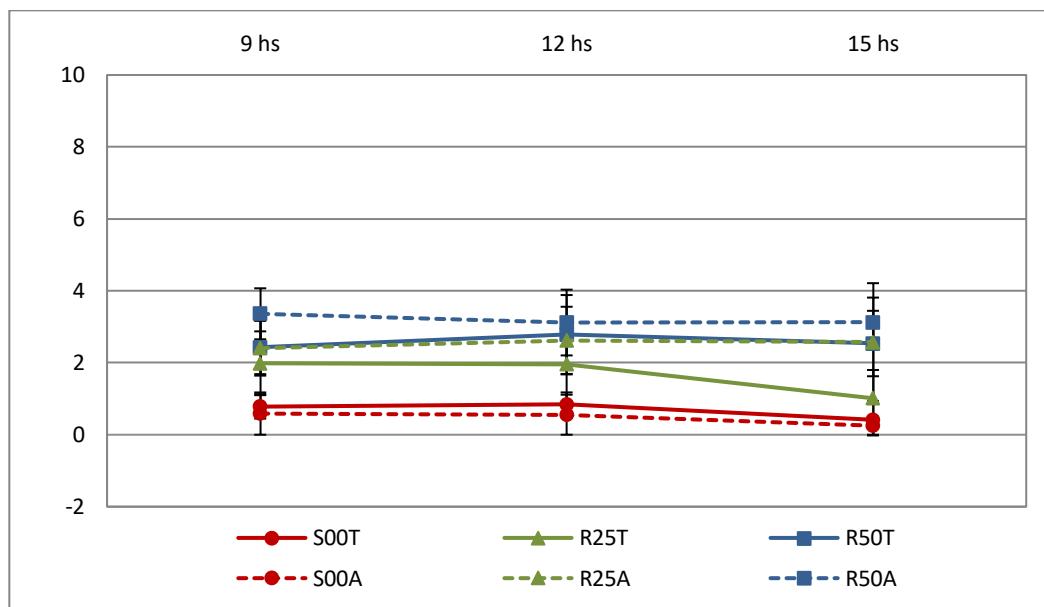


Figura III.51. Evolución diaria de la tasa de transpiración (E) el 11 de septiembre de 2014.

La evolución de la tasa de transpiración de los tratamientos a lo largo del día ha reflejado la distinta respuesta de g_s de los tratamientos a la influencia de las diversas condiciones atmosféricas.

Por un lado, los valores de R50A, R50T y R25A se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo del día y, por otro lado, el tratamiento R25T redujo la tasa por la tarde hasta acercarse a los valores de E de los tratamientos de secano.

Los tratamientos de secano mostraron valores que se mantuvieron muy bajos durante la jornada, manteniéndose estables entre las 9 hs y las 12 hs, pero descendiendo muy levemente en la medida de las 15 hs hasta acercarse a cero.

Contrariamente a lo observado en los tratamientos regados, el control de rendimiento en S00 ha mostrado en el tratamiento testigo un valor de A_n ligeramente superior al del tratamiento de aclareo de racimos a lo largo de todas las medidas del día.

1.2.4.3.12 Evolución de la fotosíntesis neta a lo largo del día en 2014

Los valores de fotosíntesis neta de los tratamientos estudiados, medidos durante el 10 de septiembre, se emplearon para observar su evolución a lo largo del día.

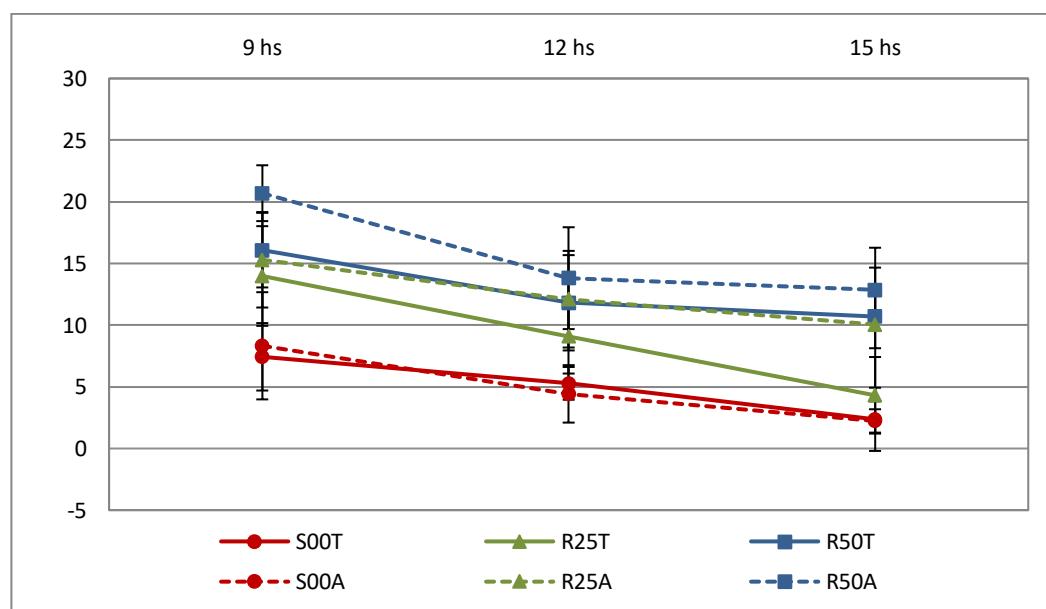


Figura III.52. Evolución diaria de la fotosíntesis neta (A_n) el 11 de septiembre de **2014**.

Los valores de A_n han mostrado un descenso continuado en todos los tratamientos de **régimen hídrico**, aunque esta reducción se vio amortiguada de diversa manera. En los tratamientos regados, la evolución de los valores dependió de la dosis recibida, así como del nivel de carga, mientras que el secano no aparentó verse afectado por el **control de rendimiento**.

El tratamiento R50A mostró el valor más elevado a las 9 hs, lo cual, a pesar de haber sufrido la mayor caída de valor durante la mañana de todos los tratamientos, le permitió mantener un valor superior al resto de tratamientos durante el día. El tratamiento R50T mostró un valor de A_n a las 9 hs menor que R50A, pero tuvo un menor descenso de valor hasta las 12 hs, de modo que se acortaron las diferencias entre ellos. Posteriormente, ambos tratamientos mostraron una pendiente de descenso de A_n similar, por lo que se mantuvo la misma diferencia entre valores en la medida de las 15 hs.

El tratamiento R25A se comportó de modo similar a R50T, mientras que los valores de R25T mostraron una caída más pronunciada y constante a lo largo del día, pues partiendo de valores cercanos a R25A en la medida de las 9 hs, los valores de A_n cayeron hasta estar próximos a los mostrados por los tratamientos de secano a las 15 hs.

Los valores de S00 disminuyeron constante y progresivamente, de un modo similar en ambos niveles de carga, si bien, S00A mostró un valor ligeramente superior respecto a S00T en la medida de media mañana, que se invirtió en la medida de mediodía, para, finalmente, mostrar ambos tratamientos un valor similar en la medida de la tarde.

1.2.4.4 Valoración de la actividad fisiológica

Los tratamientos mostraron notoriamente la influencia de la dosis de riego recibida en los parámetros fisiológicos, reflejando habitualmente valores superiores en las medidas de media mañana que en las de mediodía, de acuerdo con Cuevas *et al.* (2006), aunque se observaron tendencias de distinta intensidad en los años de estudio.

En 2012, a pesar de que los valores de g_s del 18 de julio fueron muy reducidos en todos los tratamientos, estos se recuperaron posteriormente en todos los tratamientos, especialmente en los tratamientos regados. De hecho, mostraron valores elevados de g_s , superiores a los observados en las mismas fechas en los otros años de estudio.

La reducción de valores de los parámetros fisiológicos en la fecha indicada probablemente fue debida a que en esa jornada las condiciones atmosféricas más exigentes del periodo indujeron el cierre estomático. Sin embargo, dicha fecha no fue la que mostró las condiciones más severas del conjunto de todos los años de estudio, pues el 16 de julio de 2014 se observó un VPD_L dos veces superior. Aunque, contrariamente, en esta última fecha se observó una elevada actividad fisiológica.

La diferencia de comportamiento fisiológico entre fechas pudo ser causada por la distinta situación de la reserva hídrica del suelo, pues a pesar de que en la señalada fecha de 2012 no hubo un gran incremento de la demanda atmosférica, todos los tratamientos reflejaron una elevada reducción de la apertura estomática, probablemente agudizada por la baja disponibilidad hídrica del suelo en ese año, mientras que, en la fecha equivalente de 2014, con mayor reserva hídrica en el suelo, se observó mayor g_s en todos los tratamientos a pesar de las condiciones atmosféricas mucho más exigentes.

De hecho, Pou *et al.* (2008) indican que la E se incrementa en plantas con adecuado estado hídrico al aumentar la VPD, pero que se reduce en plantas severamente estresadas. Este incremento de la sensibilidad de g_s a la variación de VPD_L habría sido

debido al aumento de la concentración de ABA en las hojas, estimulada por las raíces en condiciones de baja disponibilidad hídrica (Rogiers *et al.*, 2012). Contrariamente, la elevada disponibilidad hídrica del suelo al inicio del periodo de medidas de 2013 provocó que todos los tratamientos mostrasen valores muy elevados de E. Estos valores se lograron mediante niveles elevados de g_s que permitieron compensar la baja demanda atmosférica del día.

En 2012 la tasa de transpiración mostró un patrón de evolución que dependió mayoritariamente de los valores de g_s y, contrariamente, en 2014, los valores de E reflejaron claramente la tendencia de variación de los valores de VPD_L, mientras que en el año 2013 ocurrió una situación intermedia, pues en la primera parte del periodo la tasa de transpiración reflejó fundamentalmente los valores de conductancia, mientras que en la última parte del periodo fueron las condiciones atmosféricas las que más influyeron en la tasa de transpiración.

Los valores de A_n reflejaron la misma tendencia que la que ofrecieron los valores de E a lo largo de los periodos de medida. Sin embargo, en dos fechas de medida, a las 12 hs, destacó un comportamiento fotosintético aparentemente diferente. La primera, el 26 de septiembre de 2013, mostró una reducción de los valores de A_n en todos los tratamientos respecto a los de la fecha previa de medida, cuando los valores de E se habían mantenido en el secano e incluso se habían incrementado en los tratamientos regados. La segunda, el 13 de agosto de 2014, mostró el comportamiento opuesto, con un incremento de A_n, particularmente notable en el secano, en comparación con las fechas previa y posterior de medida, a pesar de haber mostrado un descenso de los valores de E. Estas fechas coincidieron, respectivamente, con los valores inferior y superior de VPD_L de cada periodo, de modo que en el primer caso se pudo producir una reducción de valores de A_n por una mayor incidencia de la fotoinhibición dinámica y en el segundo caso un incremento por ausencia de este fenómeno.

Diversos autores, como por ejemplo Iacono *et al.* (1995) y Kaps y Cahoon (1989), observaron mayor actividad fotosintética en las plantas control respecto a las que sufrieron aclareo de racimos o, en el mismo sentido, un mayor consumo hídrico por parte de las plantas control (Santesteban *et al.*, 2011b). Sin embargo, los resultados obtenidos han indicado un comportamiento opuesto, con mayor actividad fisiológica en el tratamiento aclareado que en el testigo, aunque mostrando una baja influencia que, pese a todo, debe tenerse en cuenta, como advirtieron estos últimos autores.

La influencia del control de rendimiento en los parámetros de actividad fisiológica fue variable en función del régimen hídrico, ya que fue apreciable en los tratamientos

regados mientras que no aparentó afectar al secano. Esta ausencia de influencia en los parámetros fisiológicos tras la aplicación del control de rendimiento ha sido expuesta ampliamente por autores como Intrigliolo *et al.* (2006) y Keller *et al.* (2008).

La aplicación del control de rendimiento mostró mayor influencia en los tratamientos a las 12 hs que a las 9 hs y las tendencias fueron más definidas en los dos últimos años que en el primero, ya que, a pesar de que en 2012 no se apreció una tendencia clara, en 2013 y 2014 los tratamientos regados mostraron un incremento de los parámetros fisiológicos al ser sometidos a aclareo de racimos. De hecho, la influencia del control de rendimiento fue superior en el año 2014, cuando la tendencia mostrada en los parámetros fisiológicos llegó a reflejar interacción con el régimen hídrico en los valores de A_n a las 15 hs.

1.2.5 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas

La eficiencia del uso del agua ha sido representada como tasa intrínseca (A_n/g_s) y tasa instantánea (A_n/E). Adicionalmente, ambas tasas, WUE_i y WUE_{inst} , han sido contrastadas con los valores de conductancia estomática para observar la evolución de la WUE al incrementarse el estrés hídrico, ya que en plantas bajo estrés hídrico moderado, la tasa fotosintética probablemente es minorada exclusivamente a través del cierre estomático (Cifre *et al.*, 2005).

La reducción progresiva de g_s incrementa la WUE en condiciones de estrés hídrico, aunque, sin embargo, ésta puede decrecer súbitamente cuando el grado de estrés es severo debido a procesos de foto inhibición y fotorrespiración (Bota *et al.*, 2004; Flexas y Medrano, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, g_s puede ser usado como parámetro integrativo del grado de sequía, diferenciándose tres fases de respuesta fotosintética en función del gradiente de estrés hídrico (Cifre *et al.*, 2005):

1. **Estrés hídrico leve**, con valores de g_s desde 500-700 a 150 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. **Estrés hídrico moderado**, con valores intermedios de g_s de 150 a 50 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. **Estrés hídrico severo**, con valores menores de 50 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Adicionalmente al estudio de la WUE, se han realizado diagramas de dispersión de A_n y g_s con los estimadores de potencial hídrico más discriminantes y coincidentes en las horas de medida del intercambio gaseoso (Ψ_9 y Ψ_{x12}) para determinar su grado de correlación.

1.2.5.1 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2012

1.2.5.1.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2012

Los parámetros de intercambio gaseoso han mostrado una elevada correlación a esta hora de medida, con mayor ajuste de los tratamientos regados a la curva de regresión que el tratamiento de secano.

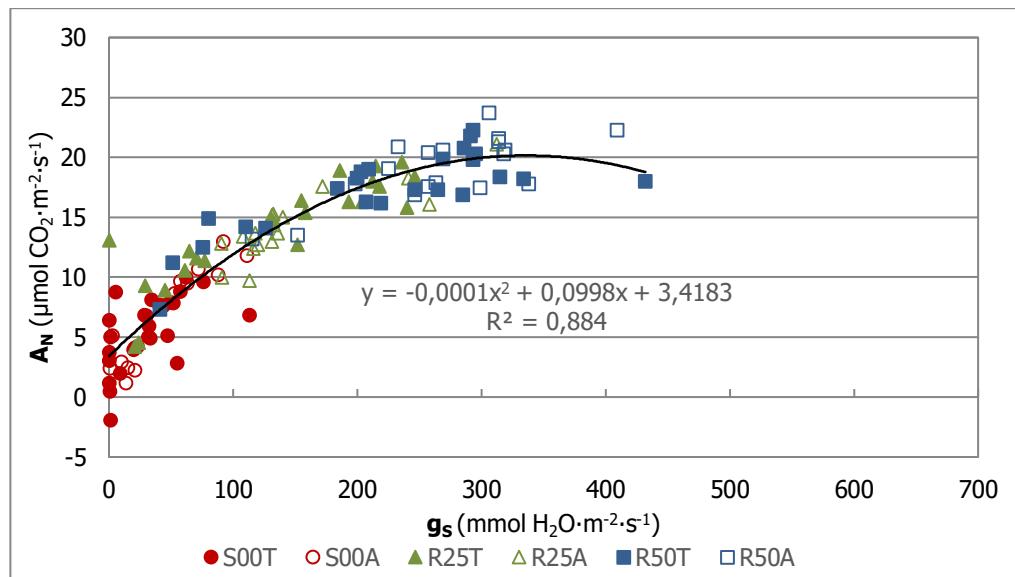


Figura III.53. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,90.

El valor de A_N de los tratamientos ha dependido claramente del valor de g_s , sin embargo, bajo un estrés hídrico muy severo, cuando la apertura estomática era prácticamente nula, algunas plantas, mayoritariamente de secano, han mostrado valores de fotosíntesis neta erráticos, siendo superiores a lo esperable o, contrariamente, mostrando incluso valores negativos.

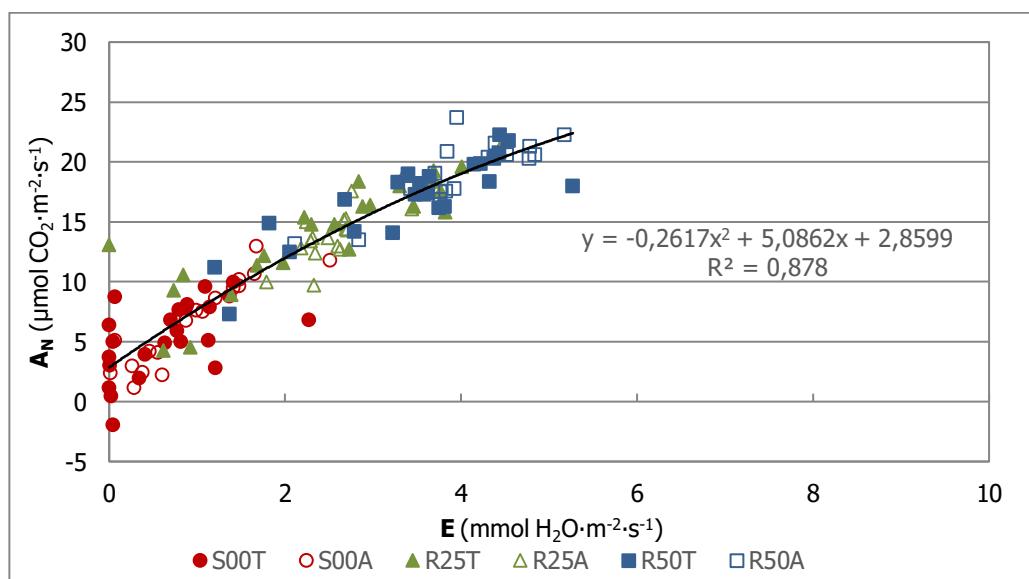


Figura III.54. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,94.

Del mismo modo que la figura anterior, el diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta frente a la tasa de transpiración ha indicado cómo valores marginales de transpiración provocaron valores anormales de fotosíntesis neta, principalmente en plantas del tratamiento S00, aunque también surgió un caso excepcional en el tratamiento R25.

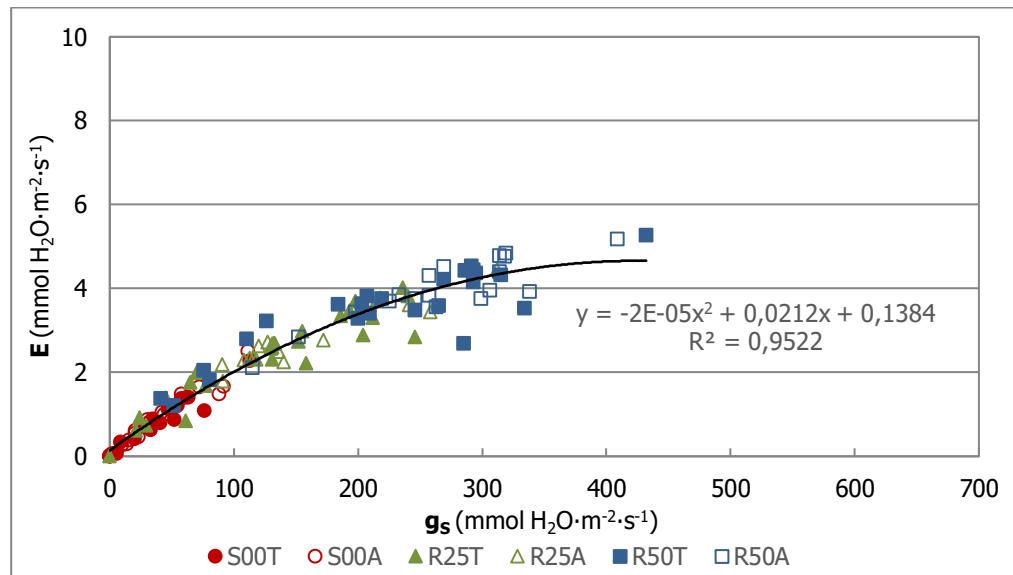


Figura III.55. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,96.

En la figura superior se ha reflejado una ajustada correlación entre la conductancia estomática y la tasa de transpiración de las medidas realizadas a media mañana.

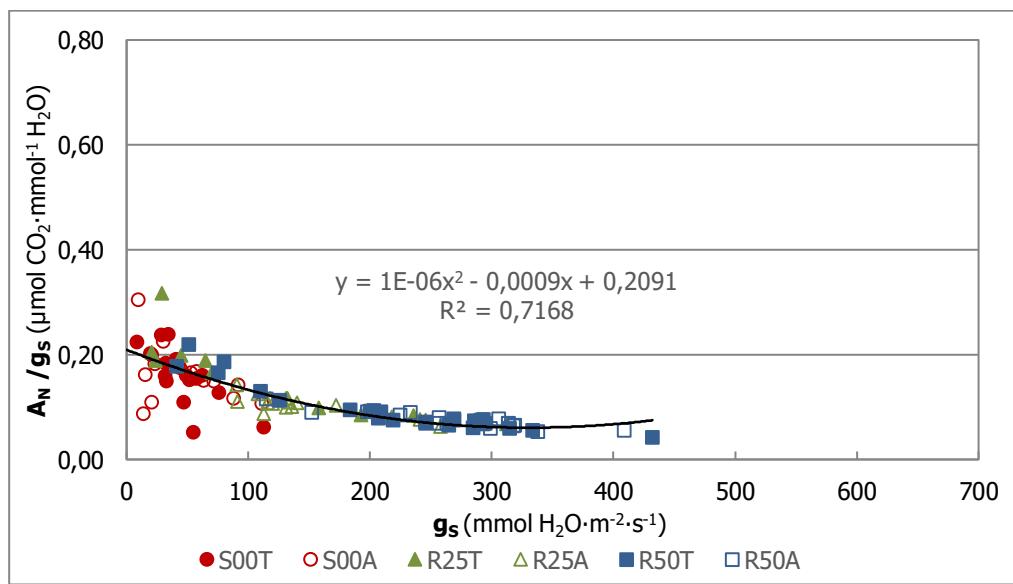


Figura III.56. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_n/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,81.

Los valores de g_s respondieron positivamente a la aplicación de riego, de acuerdo con la dosis recibida, por lo que los valores de conductancia de los tratamientos regados llegaron a ser muy elevados mientras que el tratamiento de secano siempre mantuvo

valores reducidos durante todo el periodo. Esta menor conductancia estomática incrementó la eficiencia del uso del agua.

Cuando los valores de g_s se mantuvieron por encima de $150 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, en una situación de estrés hídrico leve, los valores de WUE_i se mantuvieron bajos. En este intervalo, la disminución de g_s apenas ha repercutido en el incremento de la WUE_i .

Al descender los valores de g_s por debajo de este umbral, la eficiencia en el uso del agua comenzó a incrementarse sustancialmente, coincidiendo con el comportamiento descrito por Cifre *et al.* (2005) de plantas bajo estrés hídrico moderado.

Los valores de WUE_i se han mantenido estrechamente correlacionados con los de g_s hasta que éstos se redujeron a valores próximos a $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, cuando las plantas comenzaron a exhibir un estrés hídrico severo. A partir de entonces, algunas plantas de secano han mostrado un acusado descenso de la WUE_i de acuerdo con lo indicado por Bota *et al.* (2004) y Flexas y Medrano (2002).

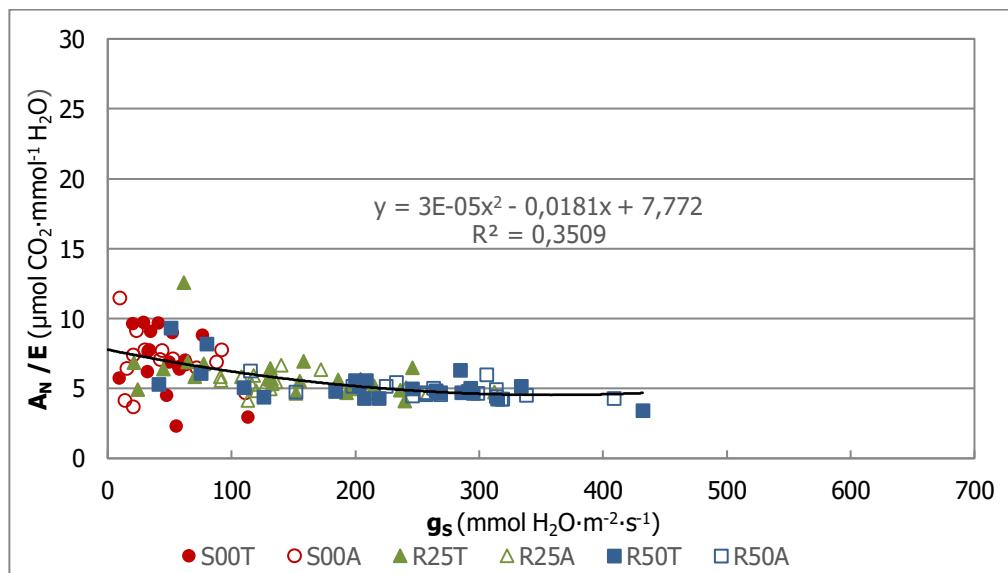


Figura III.57. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_e/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=-0,57.

De un modo similar a la WUE_i , los valores de WUE_{inst} fueron bajos y mostraron una respuesta nula a la reducción de la g_s cuando los valores de dicho parámetro se mantuvieron por encima de $100 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Por debajo de dicho nivel de g_s , la WUE_{inst} respondió positivamente al cierre estomático, sin embargo, al descender la g_s a valores cercanos a $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ se observó como algunas plantas, mayoritariamente en secano, mostraban valores de WUE_{inst} fuertemente reducidos.

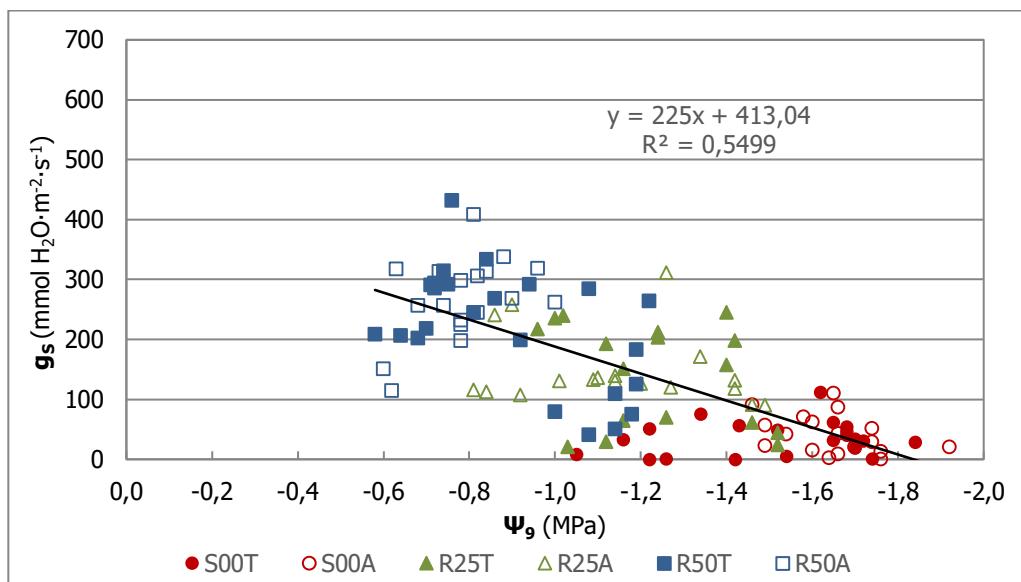


Figura III.58. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,71.

La apertura estomática mostró buena correlación con el potencial hídrico foliar medido a las 9 hs en los tratamientos regados, pero, contrariamente, el tratamiento de secano siempre presentó valores reducidos de g_s durante el periodo de medidas, independientemente de su nivel de estrés hídrico.

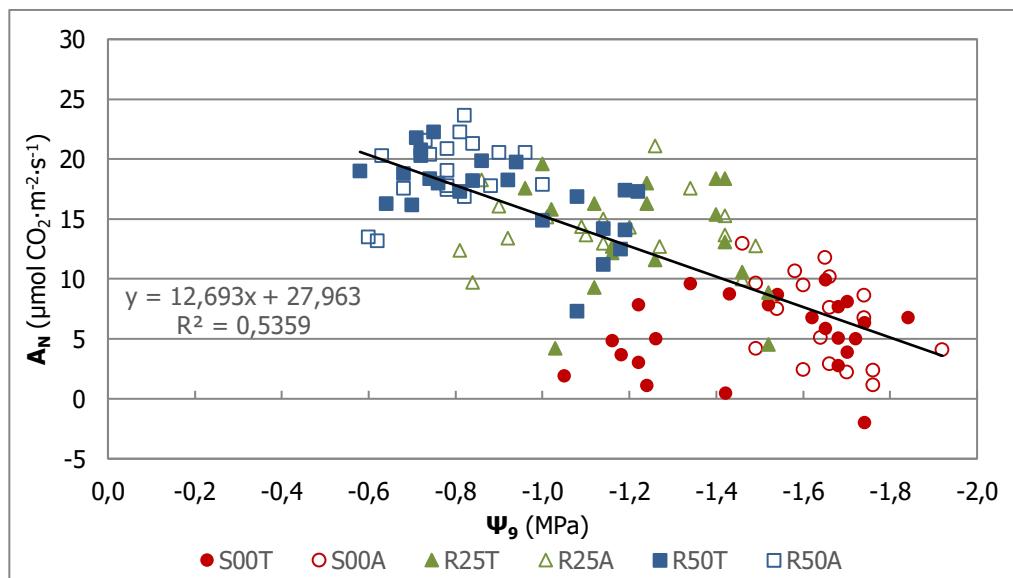


Figura III.59. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2012. P-valor<0,001; r=0,70.

Al contrastar los valores de fotosíntesis neta frente al potencial hídrico foliar medido a las 9 hs se han observado reducidos valores de asimilación neta de carbono en S00, incluso cuando el estrés hídrico fue moderado, mientras que la asimilación neta de los tratamientos regados, particularmente de R50, se mostró más dependiente de Ψ_9 .

Por tanto, en esta hora de medida, la actividad fisiológica de las plantas regadas se ha mostrado menos sensible a las condiciones atmosféricas que la de las plantas de secano.

1.2.5.1.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2012

Los parámetros de intercambio gaseoso a esta hora de medida han mostrado menor correlación entre ellos que en la medida de fisiología realizada a media mañana.

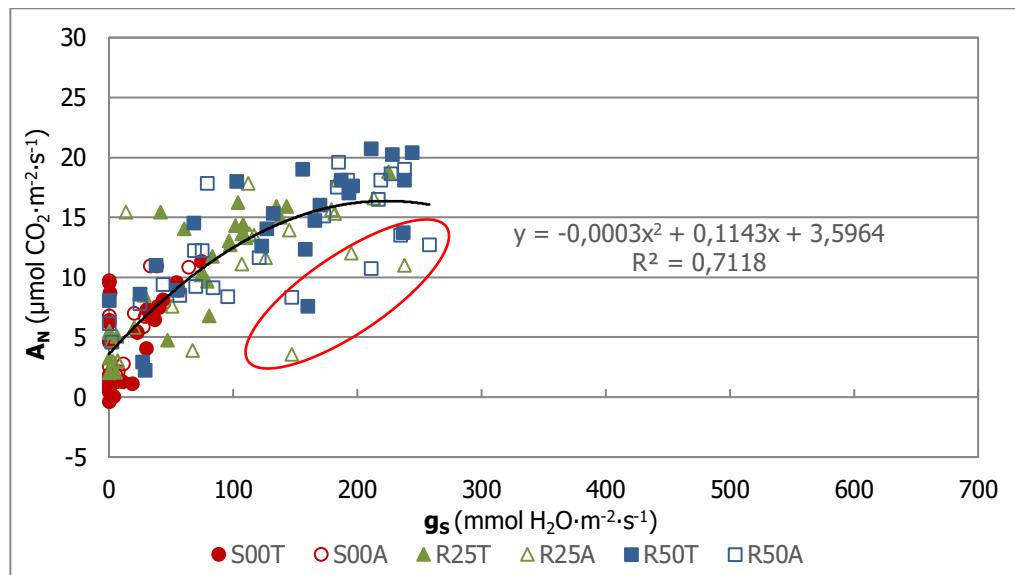


Figura III.60. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,81.

El diagrama de dispersión de A_N frente a g_s ha mostrado una elevada correlación entre ambos parámetros, si bien, menor que la reflejada a media mañana. Esto ha sido debido, por un lado, a la eficiencia fotosintética de las plantas, variable en función de sus condiciones individuales, y, por otro lado, al cierre estomático prácticamente total inducido en algunos casos particulares. De hecho, a las 12 hs se han observado muchas más plantas con apertura estomática nula o muy reducida que a las 9 hs. Este cierre estomático, debido a las extremas condiciones ambientales, fue mayoritario en plantas de secano, aunque también fue promovido, en menor número, en plantas regadas.

En la nube de puntos han destacado algunos casos, inscritos en la elipse dibujada en la figura, por mostrar una WUE_i considerablemente menor que el resto de puntos. Esto probablemente pudo ser debido a un sombreadimiento parcial de la superficie de la hoja que redujo la eficiencia fotosintética durante la determinación de dichas medidas, como sugieren Flexas *et al.* (2007).

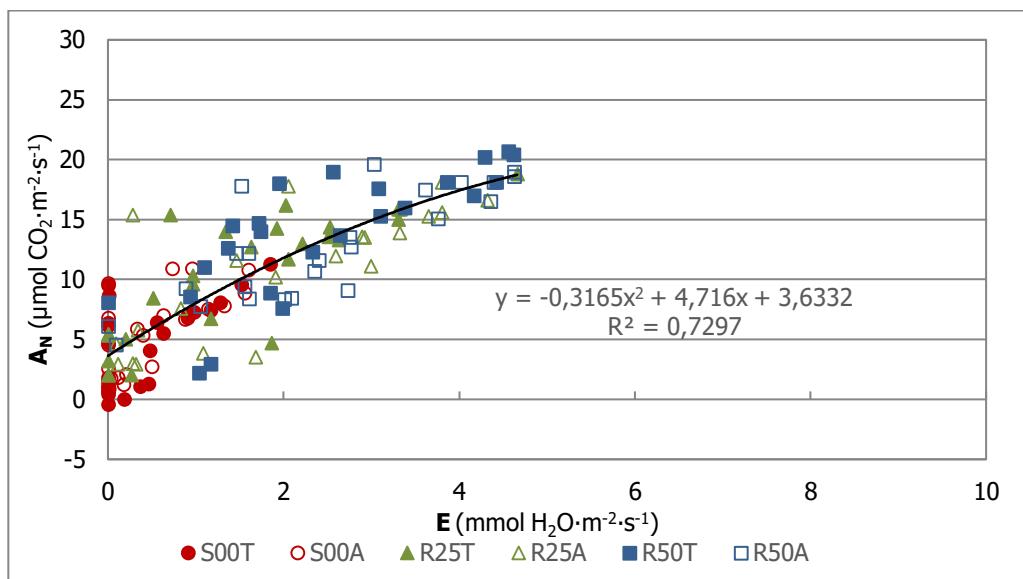


Figura III.61. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,83.

La WUE_{inst} ha mostrado valores dispersos, pero suficientemente correlacionados, de modo similar a la WUE_i, y ha puesto en evidencia la existencia de una ligera o nula tasa de transpiración en algunos casos, pertenecientes mayoritariamente al secano, aunque, en menor número, también a los tratamientos regados. Sin embargo, al contrastar los valores de A_N frente a E , la WUE_{inst} no ha mostrado con claridad los valores divergentes reflejados en la figura anterior.

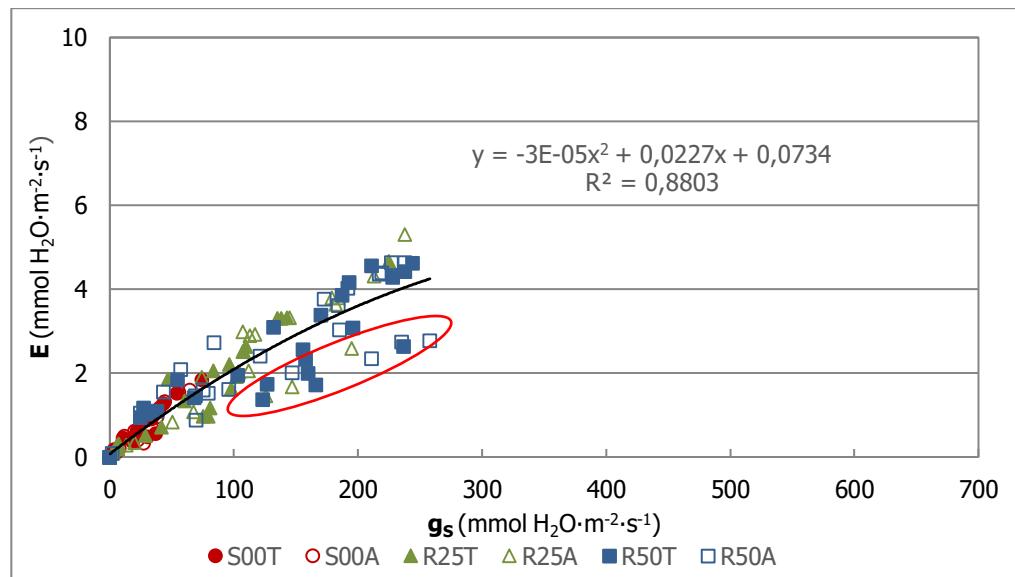


Figura III.62. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,93.

Al confrontar la tasa de transpiración con la conductancia estomática, los valores extraños de la WUE_i han resurgido (enmarcados en la elipse en la figura). Estos valores muestran un menor rendimiento transpirativo debido a un menor VPD_L, por lo que en estos casos se podría tratar de hojas “frescas” del canopy, con menor temperatura, que han sido recientemente expuestas a la radiación solar, puesto que a esta hora de medida

la orientación de las filas del ensayo limitaba notablemente la cantidad de superficie foliar soleada.

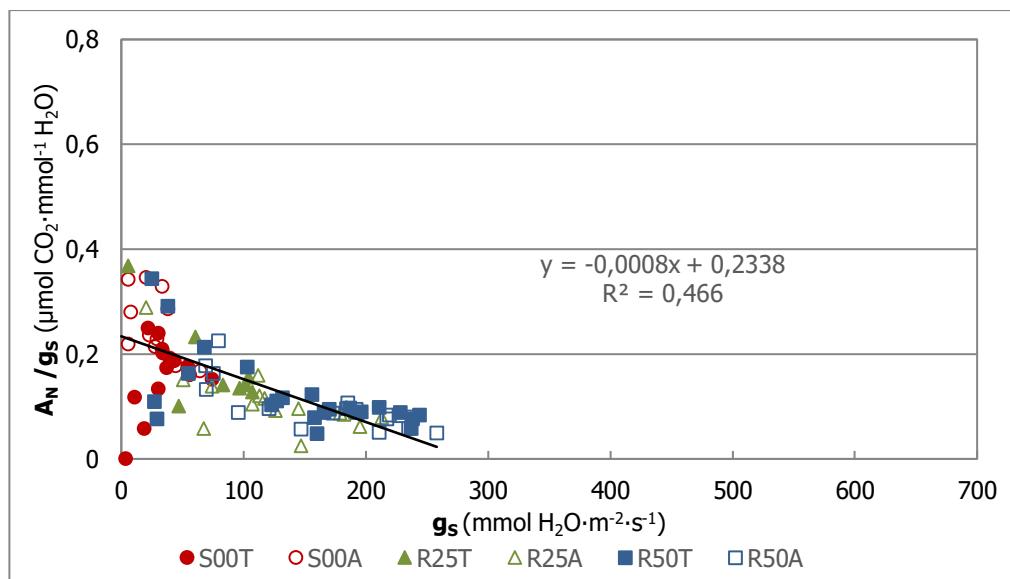


Figura III.63. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_n/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; $r=-0,69$.

Al igual que se observó en los valores de media mañana, la aplicación de riego permitió que los tratamientos regados mantuviesen valores más elevados de g_s que el secano, de manera que esta mayor conductancia estomática redujo la eficiencia del uso del agua.

Los valores de WUE_i se mantuvieron bajos y su incremento se vio muy limitado con la reducción de g_s en tanto que los valores de g_s se mantuvieron por encima de 120 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Al descender los valores de g_s por debajo de este umbral, se incrementó la correlación entre g_s y la eficiencia en el uso del agua, la cual comenzó a incrementar su valor sustancialmente al reducirse la conductancia estomática, coincidiendo con el comportamiento de plantas bajo estrés hídrico moderado descrito por Cifre *et al.* (2005).

Cuando la conductancia estomática se redujo a valores próximos a 50 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o más bajos aún, se ha observado en algunas plantas, independientemente de su régimen hídrico, un descenso acusado de la WUE_i , de acuerdo con Bota *et al.* (2004) y Flexas y Medrano (2002).

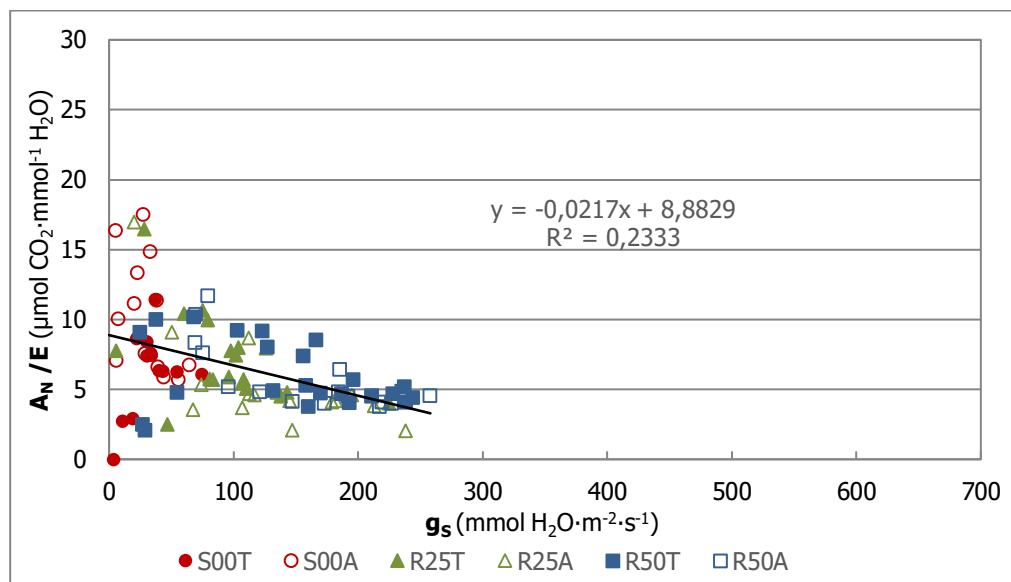


Figura III.64. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_n/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las **12 hs**, en **2012**. p-valor<0,001; r=-0,48.

Del mismo modo que la WUE_i , la WUE_{inst} ha mostrado una alta correlación con g_s cuando mantuvo valores superiores a $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Al descender la conductancia estomática por debajo de este umbral, se ha observado igualmente un descenso brusco de la WUE_{inst} en algunas plantas, independientemente del régimen hídrico soportado.

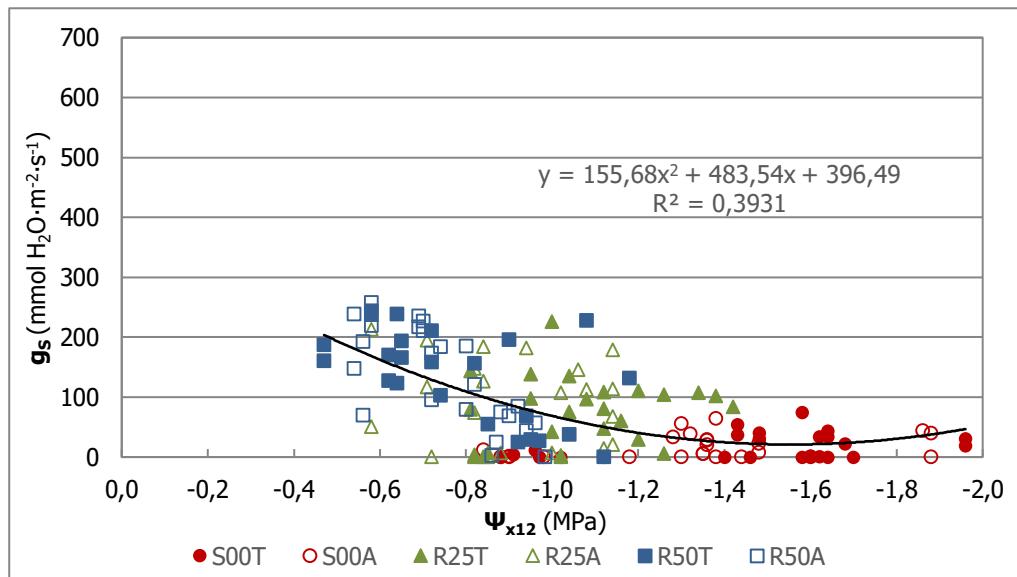


Figura III.65. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las **12 hs**, en **2012**. p-valor<0,001; r=0,53.

El tratamiento de secano ha mostrado una apertura estomática nula o muy reducida a esta hora de medida durante todo el periodo, no solamente cuando el estrés hídrico fue muy severo, sino que también ocurrió cuando los valores de potencial indicaron un estado de déficit hídrico moderado.

Por el contrario, R50 ha mostrado una elevada correlación entre los valores de g_s y Ψ_{x12} mientras el estrés hídrico fue leve, pues el comportamiento estomático de las plantas

mostró un amplio rango de valores a partir de que el potencial hídrico se redujera por debajo de -0,8 MPa, desde valores de conductancia superiores a $200 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ hasta valores cercanos al pleno cierre estomático. De hecho, las condiciones atmosféricas indujeron una fuerte reducción de la conductancia estomática en unas plantas mientras que otras fueron capaces de mantener una elevada conductancia estomática.

El tratamiento R25 mantuvo un comportamiento intermedio entre el tratamiento de secano y el más regado. Con un estrés hídrico moderado mostró un amplio rango de valores de conductancia estomática, dependiente de la capacidad de hidratación de cada planta. Por debajo de -1,1 MPa, los valores máximos de conductancia estomática fueron significativamente menores y, aparentemente, dejaron de estar influidos por el valor de potencial hídrico.

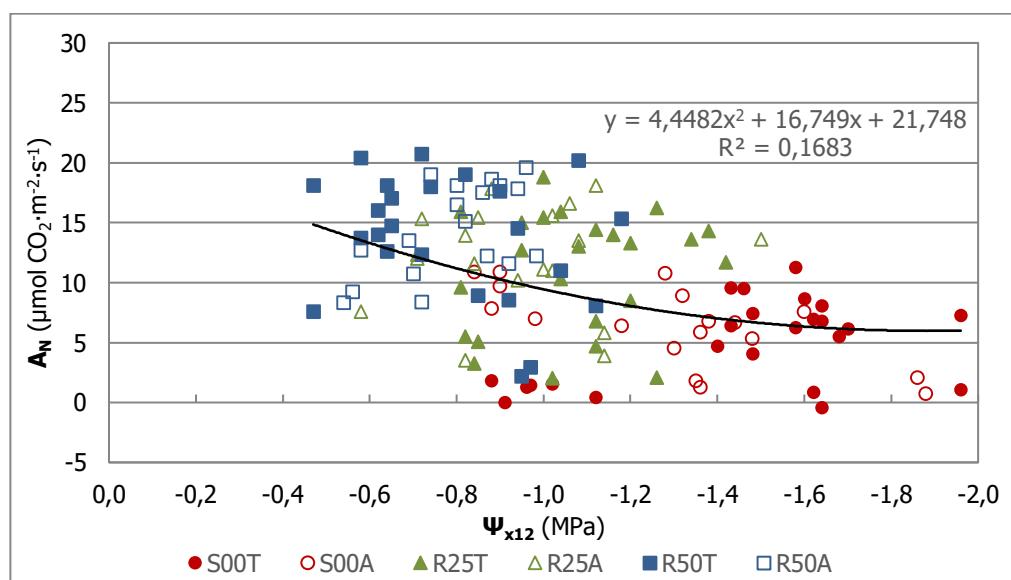


Figura III.66. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2012. p-valor<0,001; r=0,40.

Al contrastar los valores de fotosíntesis neta frente al potencial hídrico foliar se ha observado un comportamiento similar al observado en la figura anterior, aunque se ha reflejado con más dispersión en esta figura que en la anterior.

El tratamiento más regado logró mantener unos valores mínimos de asimilación neta durante el mediodía solar que fueron, aproximadamente, de la misma magnitud que los valores máximos logrados por el secano, mientras que el tratamiento R25 se mantuvo en una posición intermedia, mostrando valores máximos similares a los de R50 y mínimos cercanos a los más bajos de S00.

En definitiva, la hora a la que se ha realizado la medida y, consecuentemente, las condiciones atmosféricas reinantes han condicionado significativamente los valores de los parámetros fisiológicos y las relaciones entre ellos, reduciendo así la capacidad de evaluación del intercambio gaseoso de los diversos tratamientos.

1.2.5.2 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2013

1.2.5.2.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2013

Los parámetros de intercambio gaseoso han mostrado dos tendencias, la primera en situación de elevada disponibilidad hídrica y la segunda en situación de disponibilidad hídrica reducida.

En el primer caso, el régimen hídrico no mostró ninguna influencia en los parámetros fisiológicos, mientras que, en el segundo caso, la dosis de riego aportada influyó significativamente en el comportamiento fisiológico.

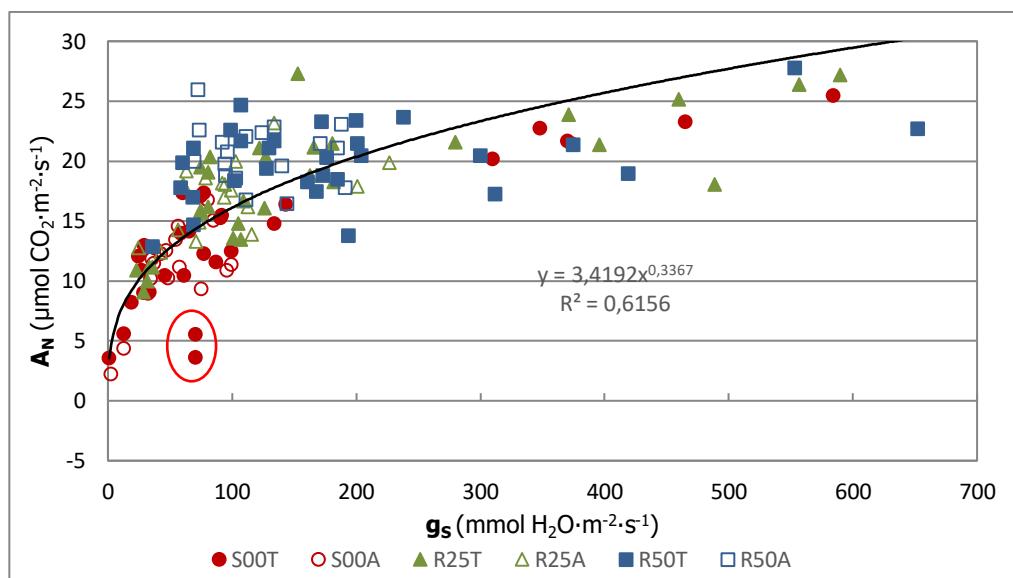


Figura III.67. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,62.

Al comienzo del periodo, los valores mostraron una elevada conductancia estomática, lo que facilitó una elevada actividad fotosintética en todos los tratamientos hídricos.

A partir del estado fenológico de “racimo cerrado”, los tratamientos regados mantuvieron los valores de g_s mayoritariamente entre 240 y 60 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mientras que el secano llegó a mostrar un completo cierre estomático y nunca superó el umbral de $150 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

En esta situación, el tratamiento R50 mostró en la mayoría de los casos una elevada tasa fotosintética que guardó baja correlación con el cierre estomático. Por el contrario, R25 y S00 reflejaron mejor correlación entre los valores de conductancia estomática y fotosíntesis neta.

El tratamiento S00 presentó una nube de puntos poco dispersa que se ajustó al modelo de regresión, mientras que el tratamiento R25 mostró una nube más dispersa

cuando los valores de g_s fueron superiores a $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, de hecho, los puntos se adecuaron mejor al modelo de regresión por debajo de este valor de g_s .

Sin embargo, la elevada correlación mostrada por el tratamiento S00 ha presentado dos excepciones. Estas plantas, excepcionales, inscritas en la elipse en la figura, se encontraban bajo un estrés hídrico moderadamente severo ($g_s \sim 70 \text{ mmol}$), por lo que la acumulación neta de carbono pudo haber sido limitada por un proceso de foto inhibición dinámica (Taiz y Zeiger, 2006).

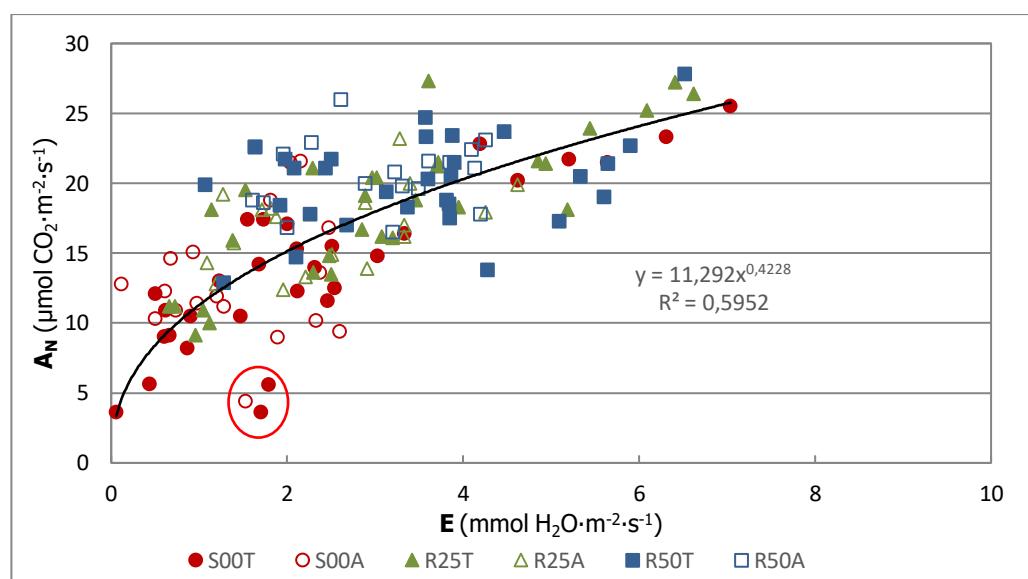


Figura III.68. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,72.

De modo distinto lo sucedido en 2012, la regresión de los valores de A_n frente a los de E ha mostrado una nube de puntos dispersa, lo cual se vio reflejado en un bajo coeficiente de determinación de la regresión. Sin embargo, se ha apreciado una elevada correlación en los tratamientos R25 y S00, frente a una más reducida en R50.

En este diagrama de dispersión también se han observado plantas de secano, inscritas en la elipse en la figura, que pudieron sufrir foto inhibición dinámica, pues mostraron valores de fotosíntesis neta mucho más reducidos que los mostrados por otras plantas con tasas de transpiración similares.

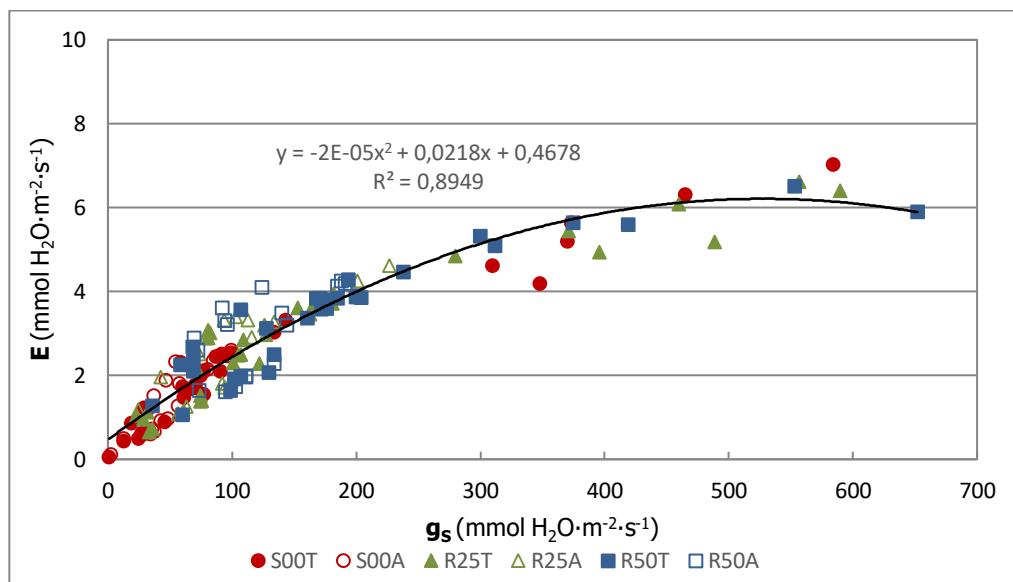


Figura III.69. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (**E**) frente a la conductancia estomática (**gs**) a las **9 hs**, en **2013**. p-valor<0,001; r=0,90.

En la figura anterior se ha reflejado un elevado ajuste al modelo de regresión entre la conductancia estomática y la tasa de transpiración en las medidas realizadas a media mañana. Sin embargo, en el rango de g_s entre 130 y 50 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, se ha apreciado mayor dispersión de la nube de puntos que pudo ser provocada por las distintas condiciones atmosféricas en las fechas de medida.

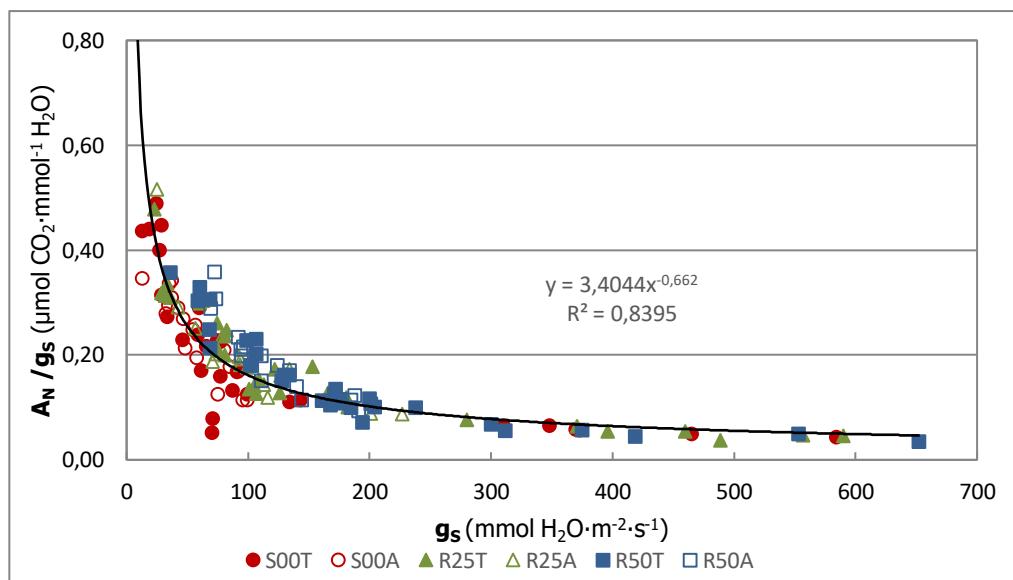


Figura III.70. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (**An/gs**) frente a la conductancia estomática (**gs**) a las **9 hs**, en **2013**. p-valor<0,001; r=-0,64.

En 2013 ha destacado la ajustada regresión entre g_s y WUE_i , indistintamente del grado de apertura estomático mostrado por las plantas. Aunque se han observado valores de g_s muy elevados o reducidos, la mayor parte de los valores registrados durante el periodo se han encontrado en el intervalo entre 150 y 50 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, por lo que las plantas se han encontrado bajo un estrés hídrico moderado (Cifre *et al.*, 2005) mostrando valores de WUE_i similares, independientemente del régimen hídrico aplicado.

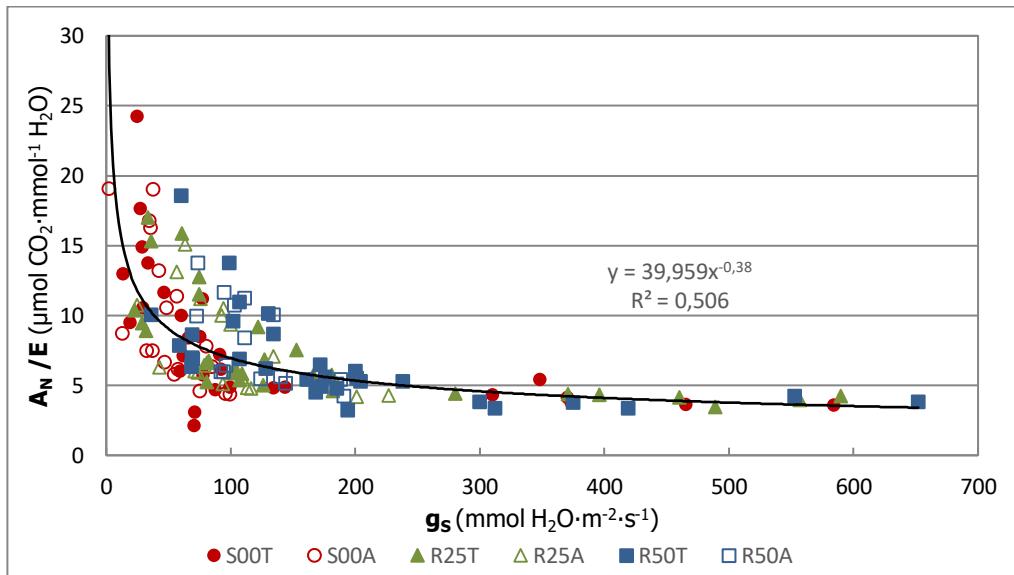


Figura III.71. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; $r=-0,53$.

La tasa de WUE_{inst} ha mostrado un comportamiento similar al de la WUE_i con respecto a la g_s . Sin embargo, en este caso, al descender la g_s de $150 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ los valores de WUE_{inst} se dispersaron en un amplio rango, que fue mayor en los tratamientos regados.

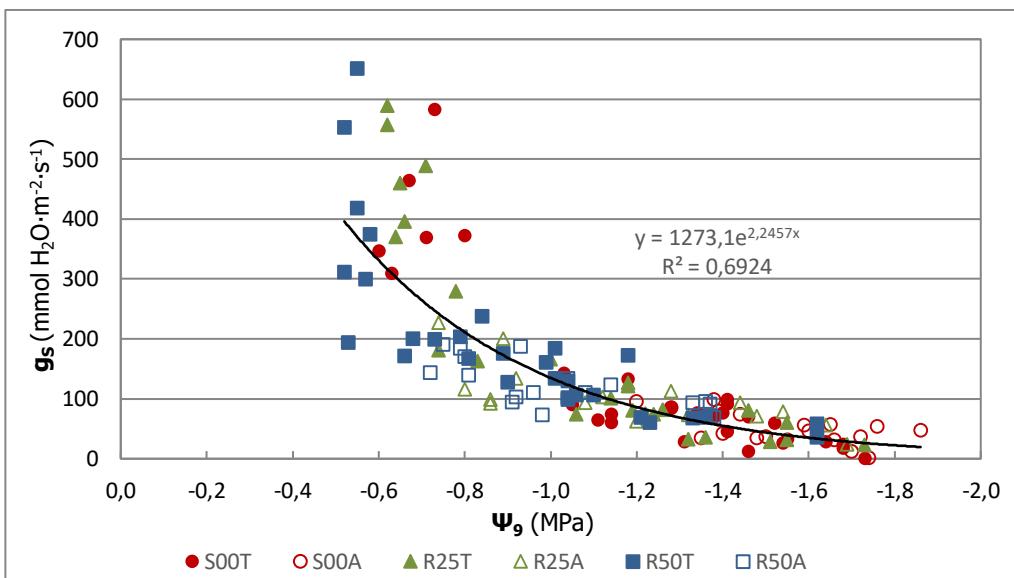


Figura III.72. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_f) a las 9 hs, en 2013. p-valor<0,001; $r=0,77$.

Las plantas mostraron valores muy elevados de conductancia estomática sin reflejar correlación con los valores de potencial hídrico en ausencia de estrés hídrico. No obstante, al descender la disponibilidad hídrica durante el periodo estival, incluso con valores de potencial superiores a -0,8 MPa, todos los tratamientos de régimen hídrico han señalado un fuerte ajuste entre la conductancia estomática y el potencial hídrico.

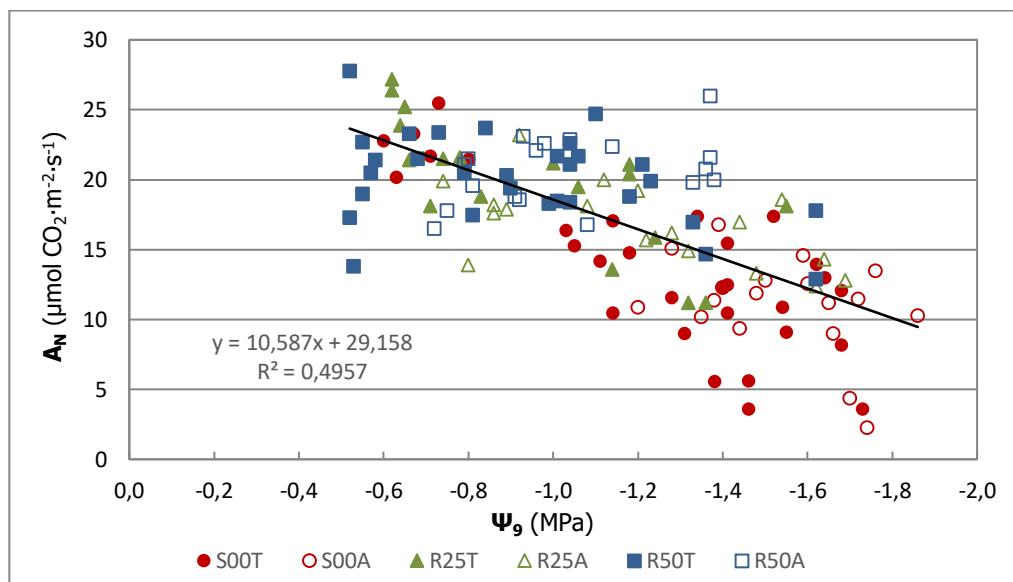


Figura III.73. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2013. P-valor<0,001; r=0,70.

El incremento de estrés hídrico ha limitado claramente los valores de A_N , con una reducción mayor cuanto mayor fue el estrés hídrico soportado. El tratamiento R50 apenas redujo los valores de fotosíntesis neta al incrementarse el estrés hídrico, mientras que los valores de S00 se vieron fuertemente minorados y el tratamiento R25 mantuvo sus valores en una posición intermedia.

1.2.5.2.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2013

Los parámetros de intercambio gaseoso a esta hora de medida han mostrado un grado de correlación entre ellos similar al manifestado en la medida de fisiología a media mañana.

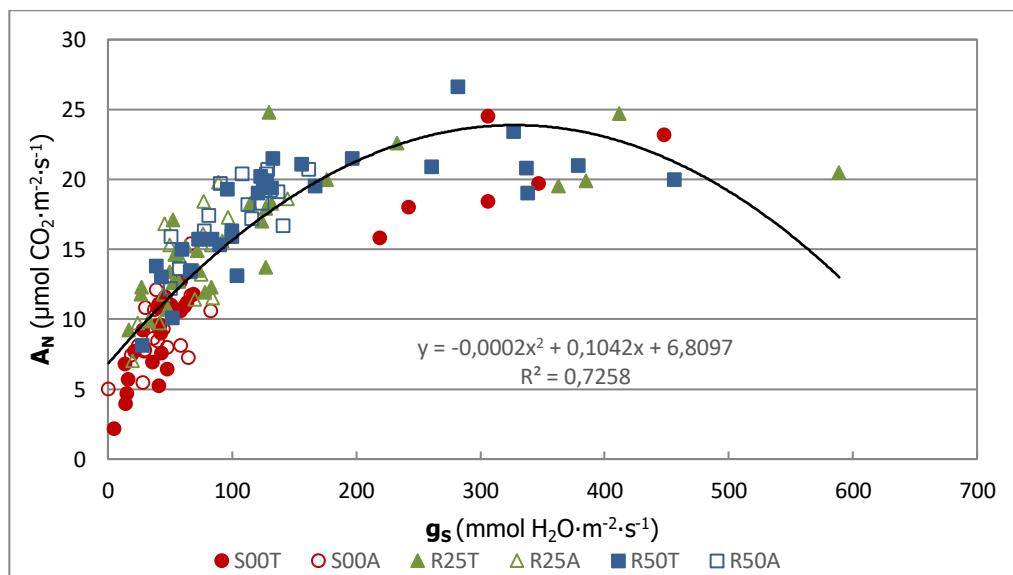


Figura III.74. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,71.

Los valores de fotosíntesis neta han mostrado una elevada correlación con los valores de conductancia estomática cuando estos últimos descendieron de 200 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Los valores por encima de este umbral se registraron en fase de cuajado, cuando la elevada disponibilidad hídrica permitió los valores más elevados de A_n del periodo, al mantener una elevada g_s que, sin embargo, provocó un descenso esperable de la WUE_i en los tratamientos.

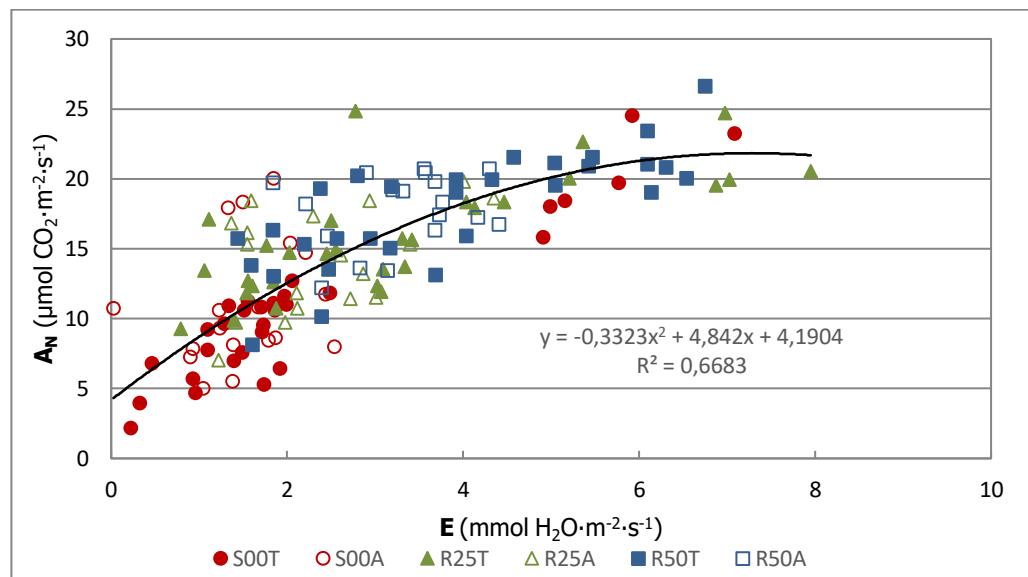


Figura III.75. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,79.

Sin embargo, el diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta frente a la tasa de transpiración no mostró tan claramente el comportamiento descrito anteriormente, pues el gradiente de incremento de A_n respecto a E se mantuvo bastante constante, incluso con valores elevados de E.

Estos valores elevados de E corresponden a la medida realizada en la primera fecha del periodo, el 17 de julio, cuando las plantas tenían una elevada disponibilidad hídrica, aun cuando, sin embargo, las condiciones atmosféricas no generaron un elevado VPD_L. Por tanto, las plantas incrementaron los valores de g_s , como refleja la figura III.74, para poder mantener una elevada tasa de transpiración.

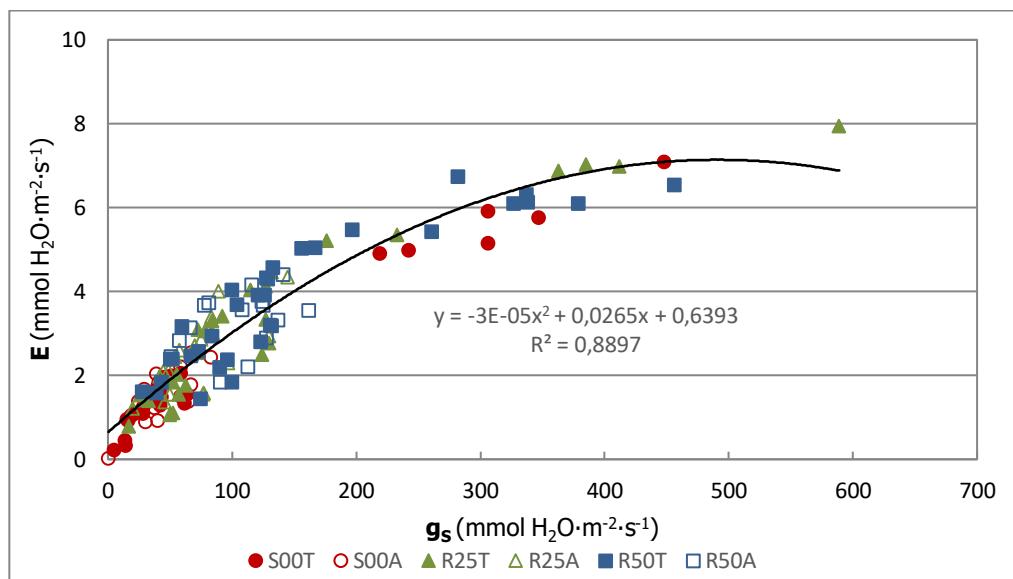


Figura III.76. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (**E**) frente a la conductancia estomática (**gs**) a las **12 hs**, en **2013**. p-valor<0,001; r=0,91.

En la figura anterior se ha reflejado un elevado ajuste al modelo de regresión entre la conductancia estomática y la tasa de transpiración en las medidas realizadas a mediodía. Mientras los valores de g_s estuvieron por debajo de $200 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ el gradiente se mantuvo constante, pero se vió atenuado cuando los valores de conductancia estomática fueron más elevados, reflejando el hecho de que en la fecha en que se llevaron a cabo estas medidas las plantas estuvieron sometidas a unas condiciones atmosféricas más amables que en el resto de fechas.

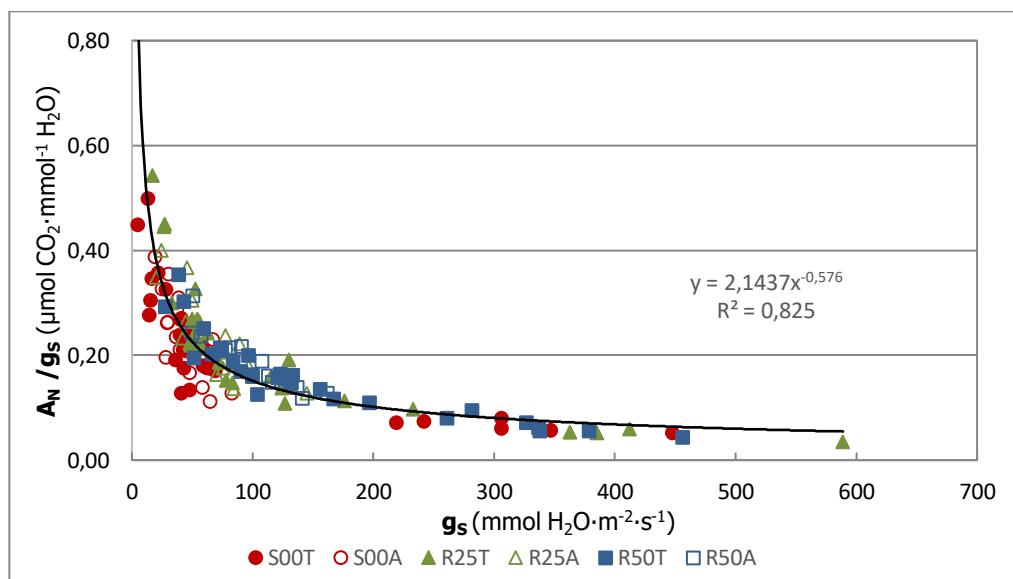


Figura III.77. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (**An/gs**) frente a la conductancia estomática (**gs**) a las **12 hs**, en **2013**. p-valor<0,001; r=-0,72.

En la figura superior se aprecia un ajuste muy elevado de la nube de puntos al modelo de regresión entre WUE_i y g_s , independientemente del valor de g_s . Asimismo, cuando el grado de estrés llegó a ser severo, destacó la ausencia de plantas con valores de WUE_i reducidos, a diferencia de lo que pudo verse en 2012.

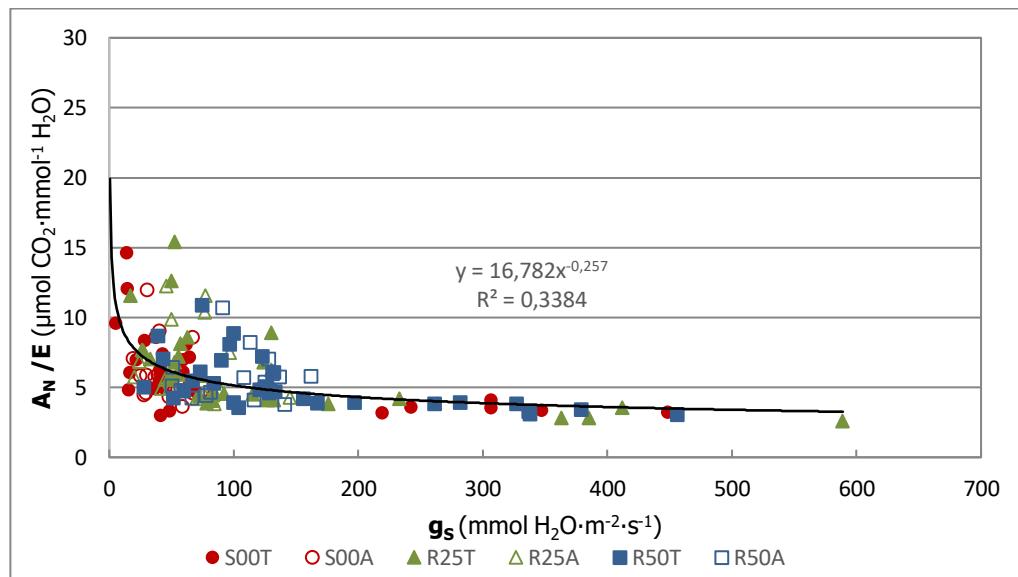


Figura III.78. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_N/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; $r=-0,47$.

Los valores de WUE_{inst} respecto a g_s de las 12 hs han mantenido el mismo comportamiento que fue observado en la medida de las 9 hs, mostrando una elevada dispersión de la nube de puntos cuando los valores de conductancia se redujeron por debajo de 150 mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹, con bastante variabilidad en los diversos tratamientos de régimen hídrico.

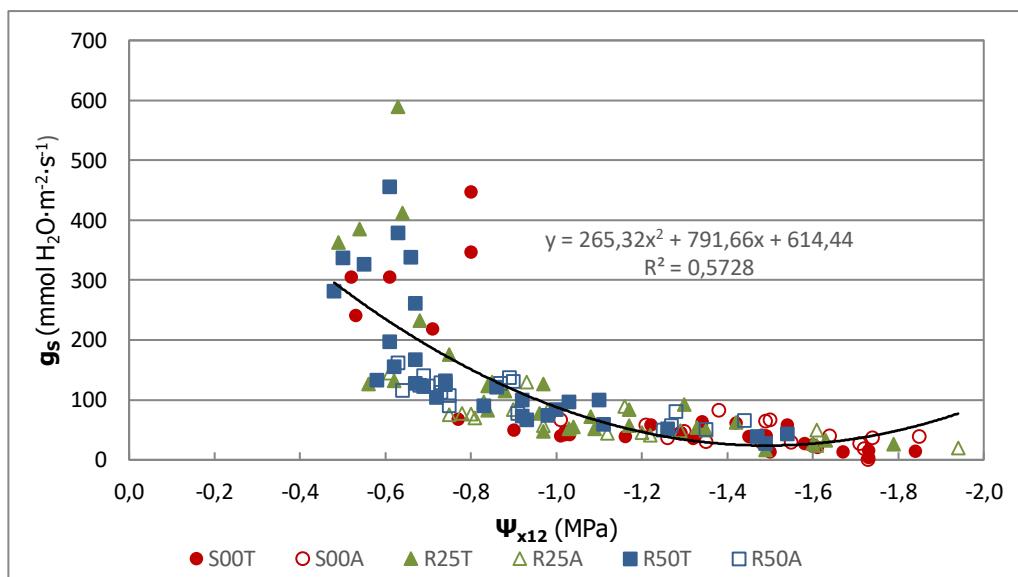


Figura III.79. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; $r=0,68$.

Las medidas realizadas a mediodía generaron un diagrama similar al de las medidas de media mañana, con plantas mostrando elevados valores de conductancia estomática sin ninguna correlación con los valores de potencial hídrico cuando no estaban sufriendo estrés hídrico. Sin embargo, al avanzar la estación, los valores de g_s se situaron por debajo de 200 mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹, revelando una elevada correlación con los valores de Ψ_{x12} , tal como observaron Olivo *et al.* (2009).

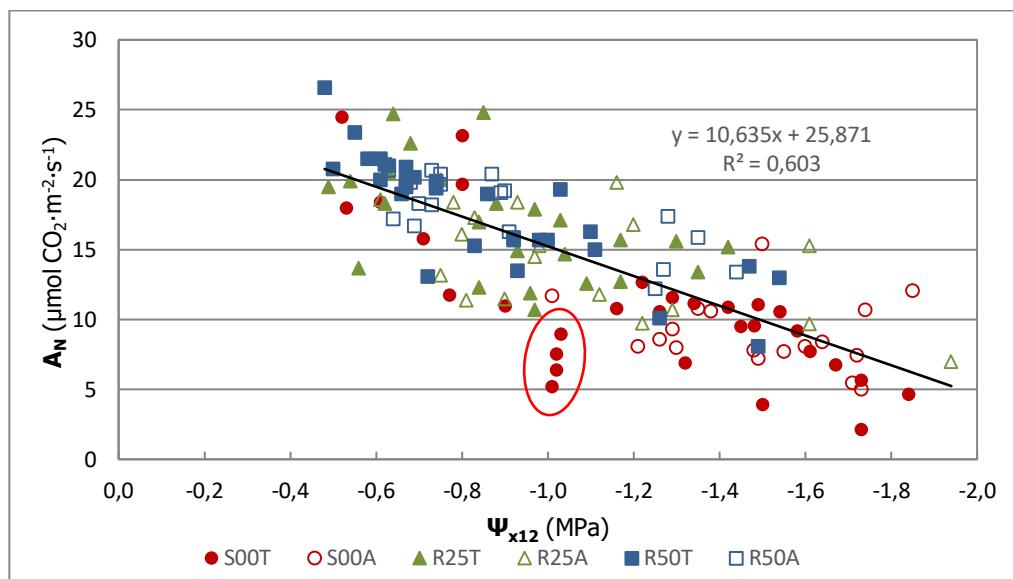


Figura III.80. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2013. p-valor<0,001; r=0,63.

Los valores de fotosíntesis neta mostraron una correlación con los valores de Ψ_{x12} mucho más elevada que la observada el año anterior. De hecho, la acumulación neta de carbono ha mostrado en general una respuesta correspondiente al descenso de los valores de potencial hídrico, independientemente del tratamiento de régimen hídrico aplicado. Sin embargo, también se ha podido observar, en los puntos inscritos en la elipse de la figura superior, plantas con una situación hídrica muy parecida mostrando valores de fotosíntesis neta diferentes.

1.2.5.3 Eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas en 2014

1.2.5.3.1 WUE y relaciones fisiológicas a las 9 hs en 2014

La actividad fisiológica ha mostrado distinto grado de correlación entre diversos parámetros. Por un lado, la A_n y la WUE_i han mostrado una correlación relativamente elevada con g_s , mientras que, la A_n con la E , así como la WUE_{inst} con a la g_s , han mostrado una menor correlación.

Esto fue probablemente debido a que la componente ambiental de la tasa de transpiración influyó en su valor de distinto modo en los días de medida, repercutiendo a su vez en los valores de WUE_{inst} .

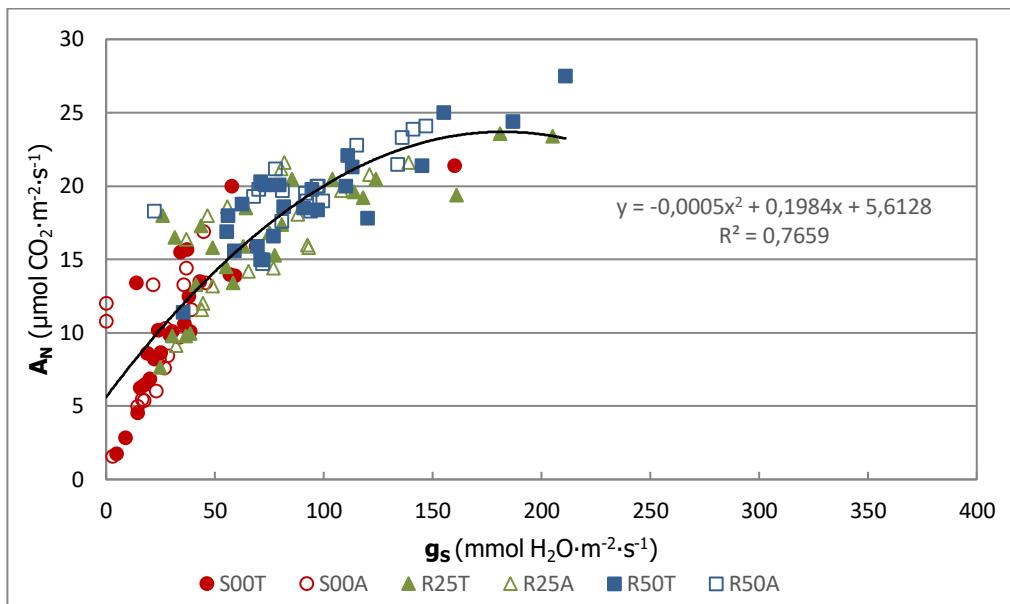


Figura III.81. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,84.

Las medidas realizadas durante todo el periodo han mostrado una actividad fisiológica moderada en el caso del tratamiento S00, excepto en el caso de una planta al comienzo del periodo. Contrariamente, el tratamiento R50, salvo en dos casos, siempre mantuvo valores superiores a $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. En una situación intermedia, el tratamiento R25 mostró un rango de valores más amplio que los otros dos tratamientos de régimen hídrico.

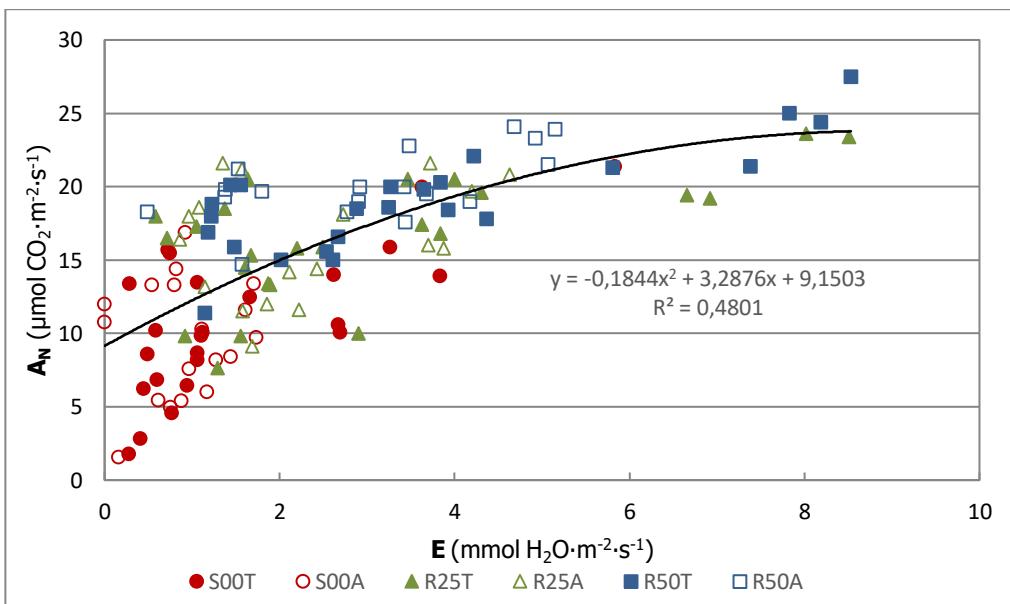


Figura III.82. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_N) frente a la tasa de transpiración (E) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,67.

A pesar de que la nube de puntos del diagrama de dispersión de A_N frente a E ha mostrado un moderado ajuste al modelo de regresión, se observó que la regresión era más ajustada en el rango entre 2 y 5 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de la tasa de transpiración.

Por encima de este rango, el aumento de la tasa de transpiración logró incrementar los valores de fotosíntesis neta, pero también se redujo el gradiente de aumento de A_n , por lo cual disminuyó la WUE_{inst}.

Por debajo de 2 mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹ de E, el comportamiento fotosintético de cada tratamiento dependió de las condiciones atmosféricas reinantes. La mayoría de las plantas del tratamiento R50 mantuvieron valores por encima de 15 µmol·CO₂·m⁻²·s⁻¹ y, a su vez, la mayoría de las plantas del tratamiento S00 mostraron valores inferiores, aunque en ambos casos se observaron excepciones. Adicionalmente, el tratamiento R25 reflejó valores que lo situaron en una posición intermedia entre los otros dos tratamientos.

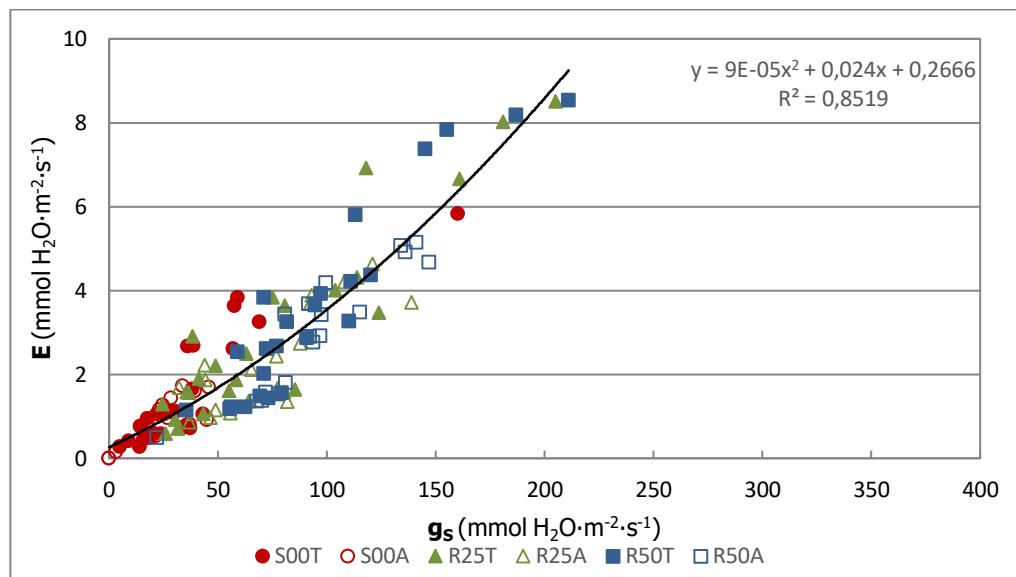


Figura III.83. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (gs) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,92.

Ha existido una elevada correlación entre los valores de gs y de E, sin embargo, el coeficiente de determinación se vio limitado ya que la nube de puntos fue más difusa por encima de 40 mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹ de gs, debido a las distintas condiciones atmosféricas en los días de medida.

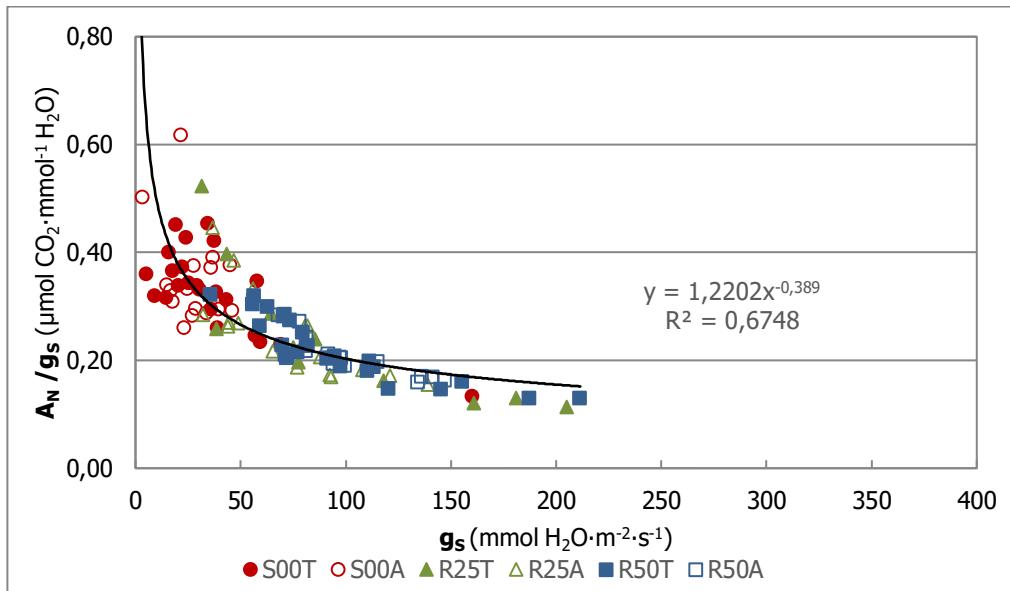


Figura III.84. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_n/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,75.

Se ha observado un incremento de WUE_i al reducirse g_s , de modo que los valores de dicho parámetro fueron muy elevados en condiciones de estrés hídrico severo, por debajo de valores de g_s de 50 mmol·H₂O·m⁻²·s⁻¹. Destaca el hecho de que en esta situación ninguna planta haya mostrado reducción abrupta de WUE_i debida a procesos de fotoinhibición y fotorrespiración.

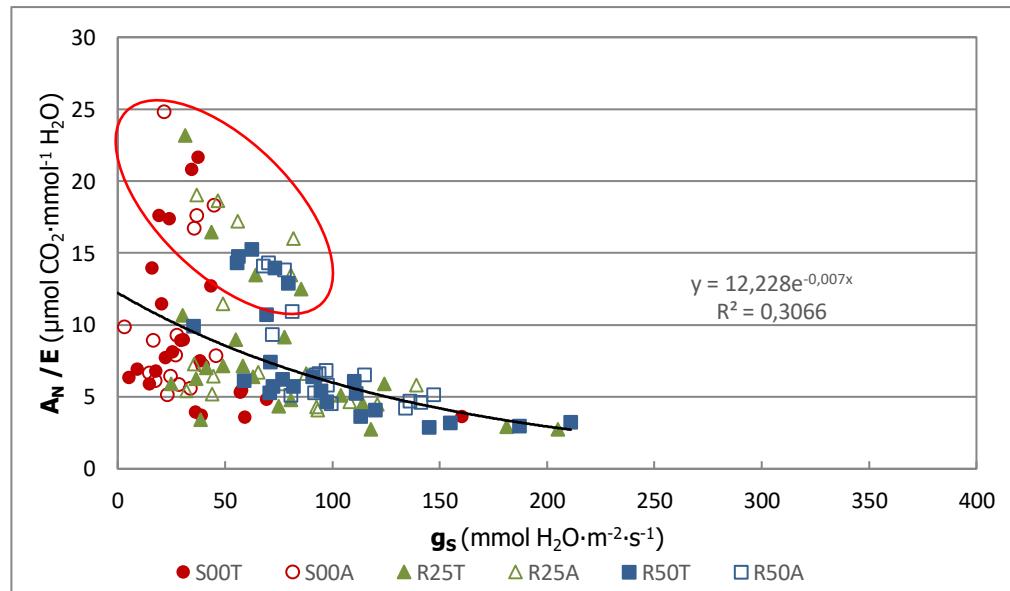


Figura III.85. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_n/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=-0,43.

La mayoría de las plantas mostraron un incremento moderado de la WUE_{inst} al reducirse la g_s , sin embargo, otras plantas, inscritas dentro de la elipse en la figura, incrementaron sensiblemente sus valores, independientemente del régimen hídrico soportado. Esto último se produjo el 13 de agosto, cuando la WUE_{inst} se incrementó sustancialmente debido a que E mostró una fuerte reducción en esa fecha y que fue

mayor a la mostrada por g_s . Esta influencia atmosférica también fue observada por Cuevas *et al.* (2006) entre las 9 hs y las 15 hs.

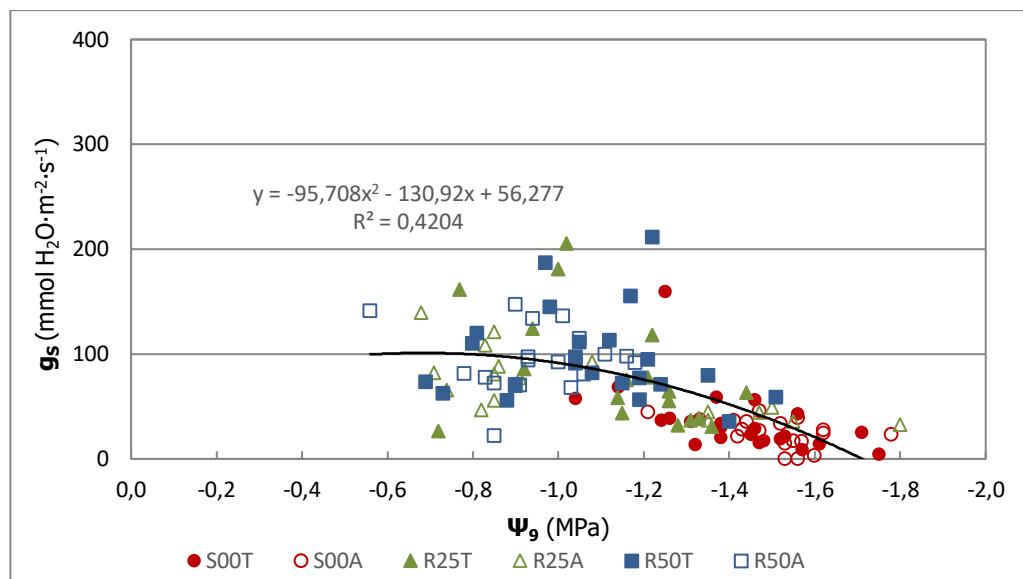


Figura III.86. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_9) a las 9 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,62.

Se ha apreciado una baja correlación entre los valores de g_s y de Ψ_9 cuando el estrés hídrico fue leve o moderado, ya que, el rango de valores de g_s varió entre valores bajos, en torno a $20 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, y valores 10 veces mayores, independientemente de la dosis de riego aplicada o del Ψ_9 medido. Sin embargo, se ha observado un umbral, en torno a -1 MPa , por debajo del cual las medidas mostraron una estrecha correlación entre los parámetros, reduciéndose los valores de g_s al disminuir el Ψ_9 del mismo modo en todos los tratamientos de régimen hídrico.

Los valores más elevados de conductancia estomática se han apreciado por encima de $150 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, con valores de potencial hídrico cercanos a $-1,3 \text{ MPa}$. Dichas plantas, pertenecientes mayoritariamente a tratamientos regados, registraron esos valores en la medida realizada a mediados de julio, cuando la disponibilidad hídrica del suelo aún permitía valores elevados de g_s en todos los tratamientos de régimen hídrico.

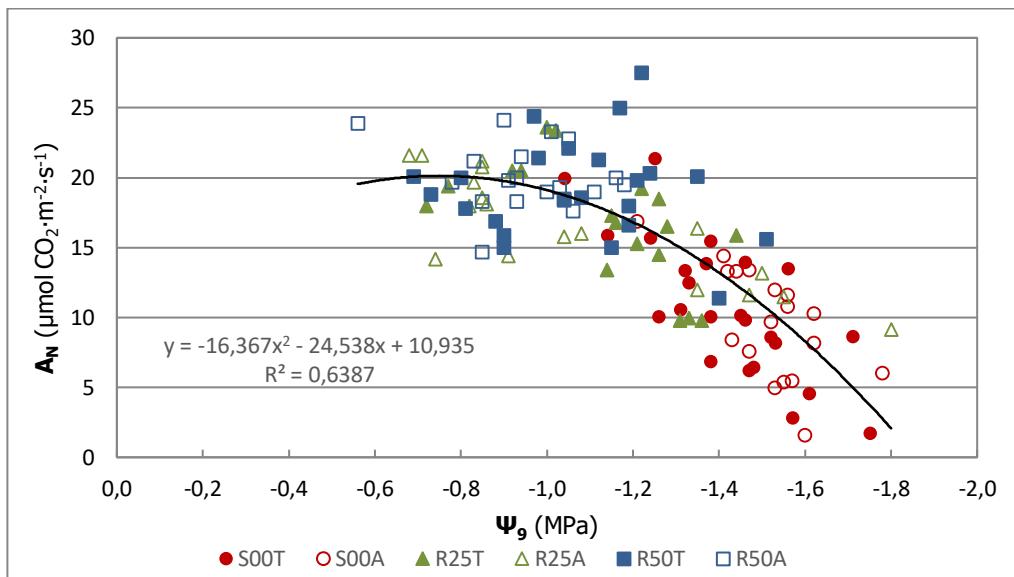


Figura III.87. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente al potencial hídrico foliar (Ψ_g) a las 9 hs, en 2014. P-valor<0,001; r=0,76.

Cuando el estrés hídrico fue leve, la actividad fotosintética no se vio afectada por el descenso de potencial hídrico. Al reducirse el valor de Ψ_g por debajo de -1 MPa, los valores de A_n descendieron con un gradiente constante al disminuir los valores de Ψ_g , de modo similar en todos los tratamientos de régimen hídrico.

1.2.5.3.2 WUE y relaciones fisiológicas a las 12 hs en 2014

Las distintas relaciones entre parámetros fisiológicos medidos a mediodía han mostrado una tendencia similar a las que fueron observadas a las 9 hs, si bien, a esta hora de medida las nubes de puntos fueron más dispersas que a media mañana.

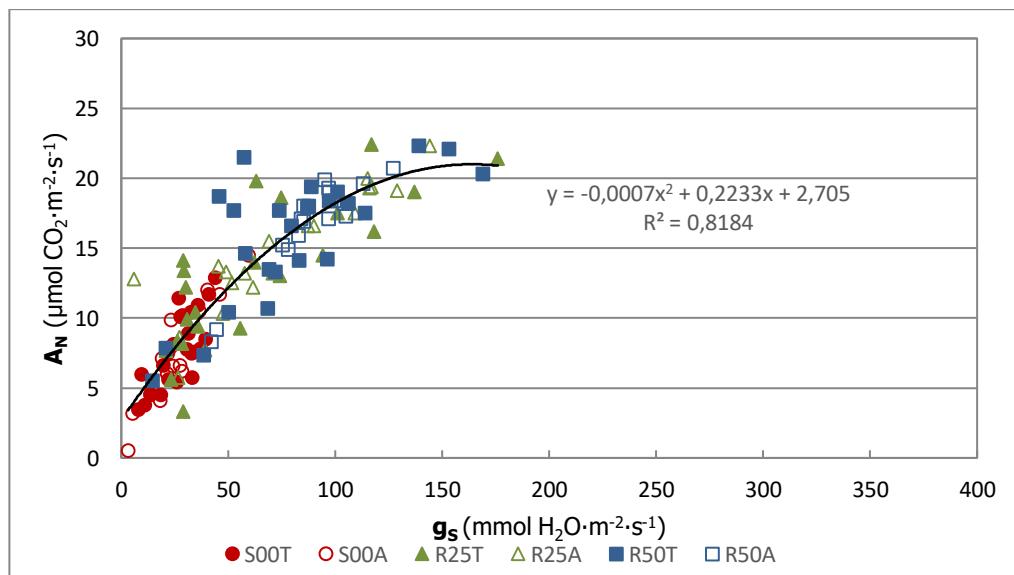


Figura III.88. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,88.

En la figura superior se ha apreciado una distribución de puntos similar al diagrama de dispersión de las 9 hs, con una elevada correlación entre g_s y A_n , aunque a esta hora

de medida ha destacado el mayor número de plantas con valores muy reducidos pertenecientes a los tratamientos R50 y R25, de modo similar a los valores de S00, con respecto a los observados en la medida de media mañana.

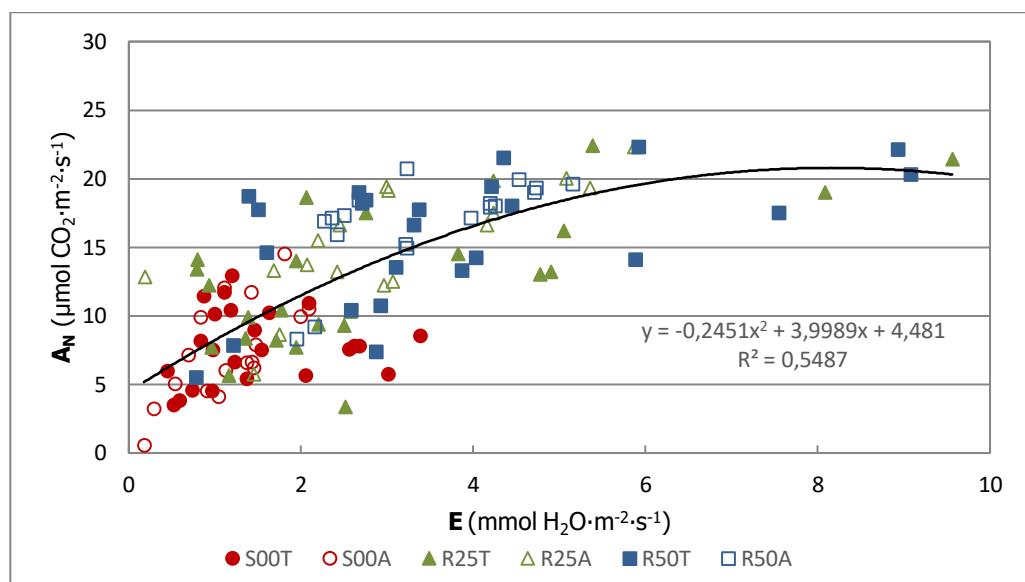


Figura III.89. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente a la tasa de transpiración (E) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,70.

El tratamiento S00 siempre mantuvo valores reducidos de la A_n , incluso con valores moderados de E, mientras que los tratamientos regados han mostrado una respuesta continuada de incremento de A_n al aumentar la tasa de transpiración.

No obstante, se ha apreciado una correlación más elevada entre los parámetros cuando E fue menor de 5 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y se ha observado un mayor ajuste al modelo de regresión cuando los valores se mantuvieron por debajo de 2 $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

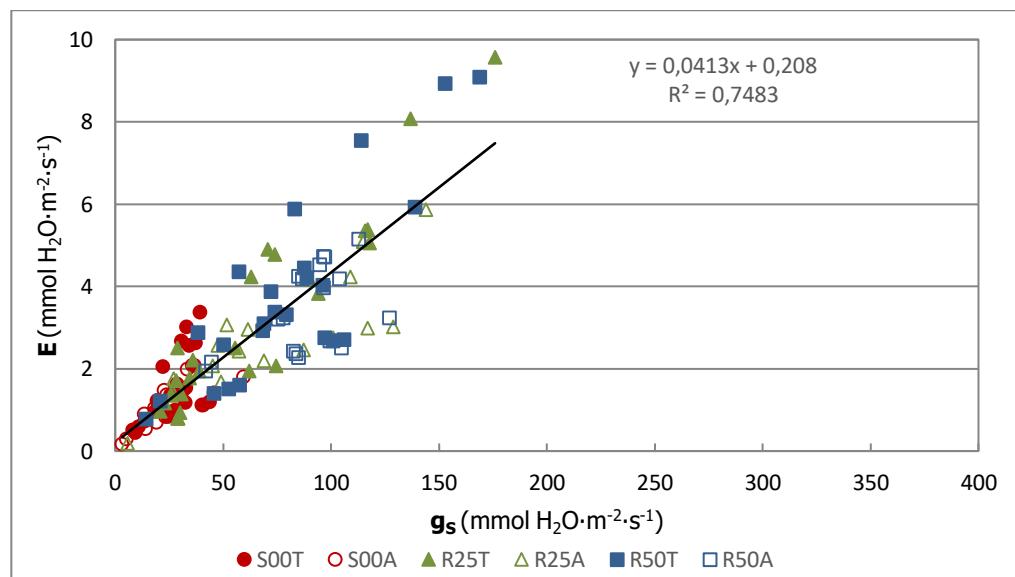


Figura III.90. Diagrama de dispersión de la tasa de transpiración (E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,87.

Aunque se ha obtenido una elevada correlación entre la tasa de transpiración y la conductancia estomática, se ha apreciado que los puntos se han agrupado en torno a tres rectas, debido a tres condiciones atmosféricas diarias muy diferentes a lo largo de las fechas de medida, como puede apreciarse en la figura III.48.

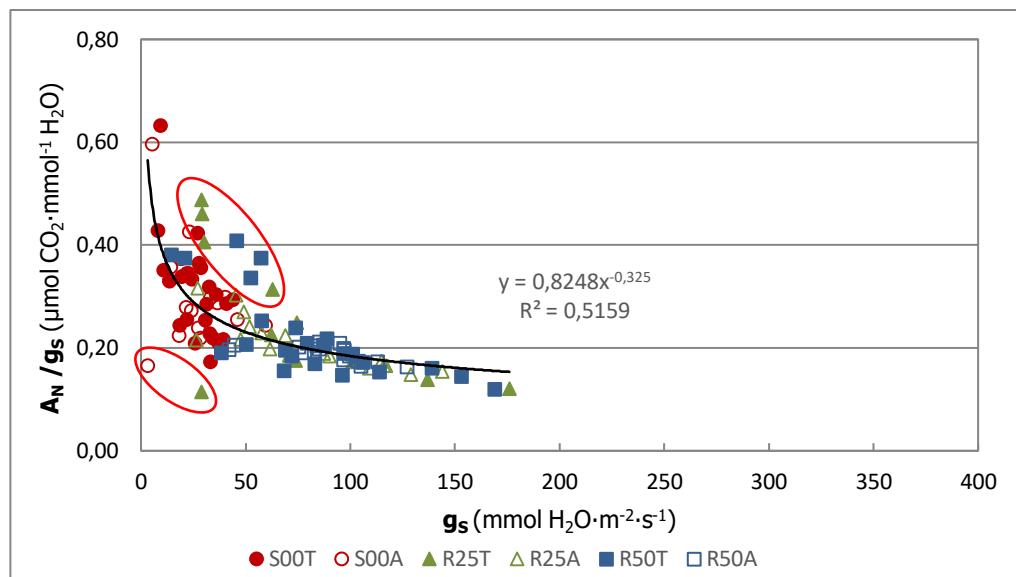


Figura III.91. Diagrama de dispersión de la WUE intrínseca (A_n/g_s) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; $r=-0,68$.

Del mismo modo que a media mañana, se ha apreciado el incremento de WUE_i al reducirse g_s , aunque a esta hora de medida se ha producido una mayor dispersión de los valores.

Esto ha sido debido a dos tipos de comportamiento divergentes respecto a la mayoría de valores. Por un lado, algunas plantas, inscritas en la elipse superior en la figura III.91, han mostrado un mayor gradiente de crecimiento de la WUE_i que el conjunto y, por otro lado, dos plantas, encerradas en la elipse inferior, han mostrado un acusado descenso de WUE_i.

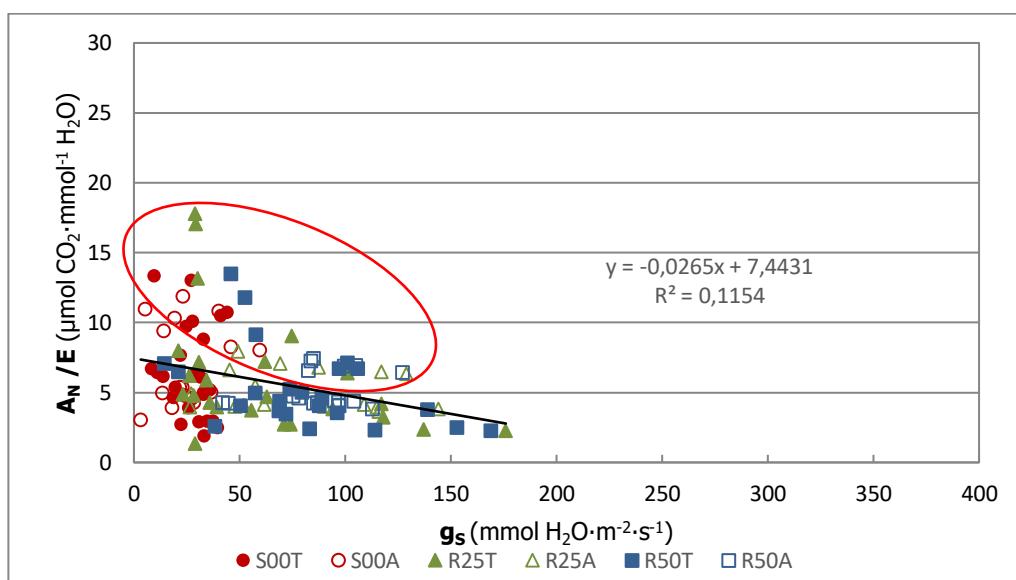


Figura III.92. Diagrama de dispersión de la WUE instantánea (A_n/E) frente a la conductancia estomática (g_s) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; $r=-0,34$.

De un modo similar a la medida de las 9 hs, se han apreciado dos grupos de plantas, pero con valores máximos de WUE_{inst} mucho más contenidos. El primer grupo está enmarcado por la elipse en la figura, mientras que el segundo lo forma el resto de valores. Las plantas inscritas en la elipse mostraron un incrementó de WUE_{inst} significativamente superior al reducirse la g_s que el resto de plantas.

Estos valores se recogieron en la medida realizada el 13 de agosto, cuando la WUE_{inst} se incrementó sustancialmente, ya que en esa fecha la tasa de transpiración mostró una ratio de reducción mayor que la mostrada por la conductancia estomática, del mismo modo que observaron Cuevas *et al.* (2006).

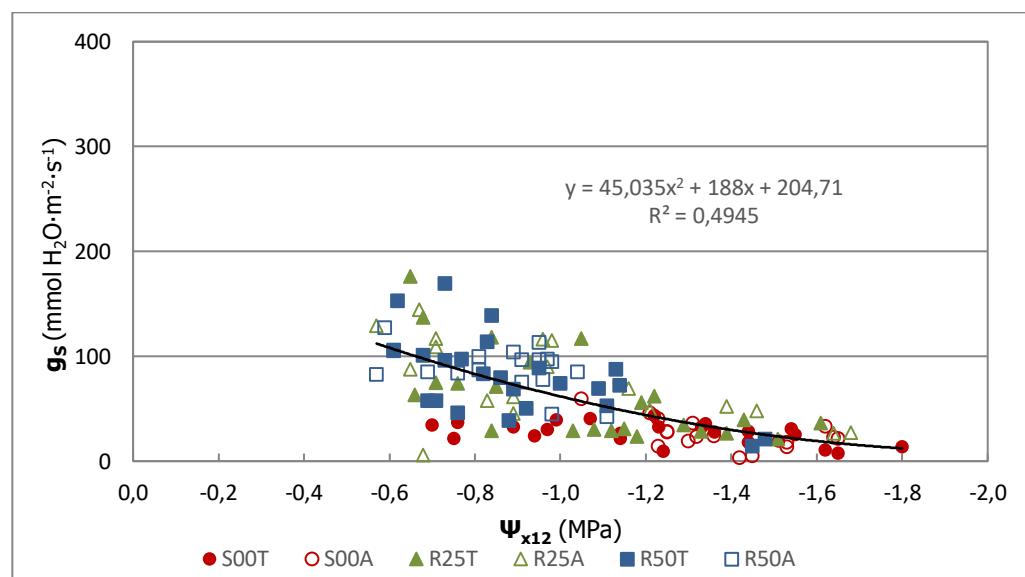


Figura III.93. Diagrama de dispersión de la conductancia estomática (g_s) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las **12 hs**, en **2014**. p-valor<0,001; r=0,69.

Cuando los valores de Ψ_{x12} fueron superiores a -1,2 MPa, los tratamientos regados mostraron valores de g_s elevados, independientemente de la dosis aportada, mientras que en el secano los valores de g_s se mantuvieron reducidos.

Las plantas del tratamiento R50 se mantuvieron, salvo excepciones, por encima de este umbral de Ψ_{x12} . Por debajo de dicho valor de potencial hídrico, las plantas encontradas fueron mayoritariamente de R25 y S00.

Cuando el estrés hídrico fue severo los valores de g_s mostraron una regresión mucho más ajustada con el Ψ_{x12} que cuando los valores estuvieron por encima de -1,2 MPa.

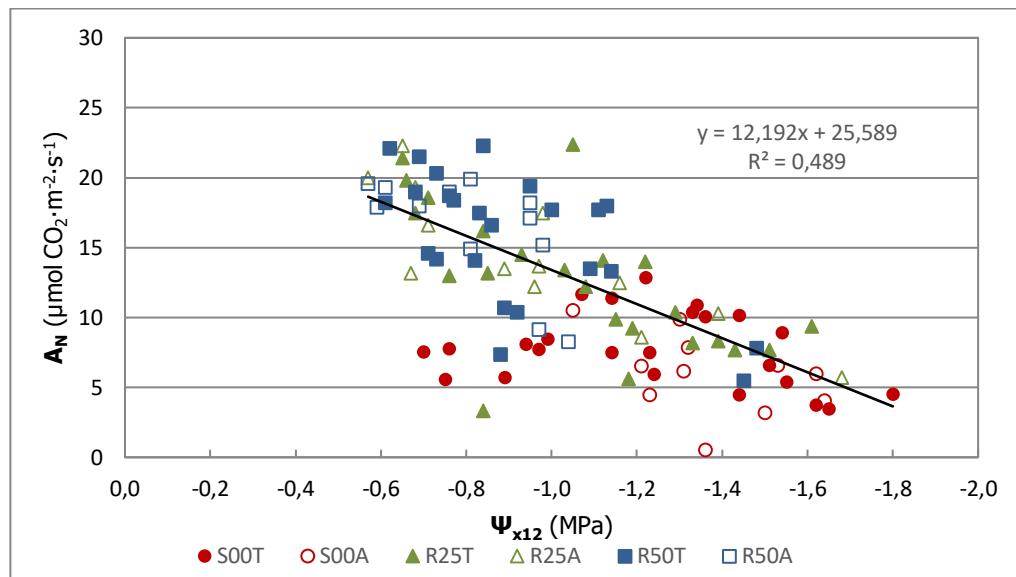


Figura III.94. Diagrama de dispersión de la fotosíntesis neta (A_n) frente al potencial hídrico de xilema (Ψ_{x12}) a las 12 hs, en 2014. p-valor<0,001; r=0,70.

En una situación de moderado estrés hídrico, con valores de Ψ_{x12} superiores a -1 MPa, se observaron valores de A_n por debajo de $10 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ que mayoritariamente pertenecieron al tratamiento S00, pero también a los tratamientos R25 y R50. Por lo que esto podría haberse debido a las condiciones atmosféricas existentes durante la medida, que habrían inducido una mayor reducción de g_s en las plantas con peor estado hídrico y, por tanto, provocaron una disminución de la A_n , ya que, posteriormente, estas plantas alcanzaron valores de A_n superiores a pesar de soportar mayor estrés hídrico. Salvo esta incidencia, los valores de A_n del tratamiento de secano se vieron reducidos al disminuir Ψ_{x12} del mismo modo que los tratamientos regados.

Los valores de A_n de los tratamientos regados mostraron una caída constante al disminuir Ψ_{x12} , que fue mayor en el tratamiento R25, de modo que llegó a reflejar valores semejantes al tratamiento S00.

1.2.5.4 Valoración de la eficiencia del uso del agua y relaciones fisiológicas

Las distintas relaciones fisiológicas representadas han mostrado, del mismo modo que los gráficos de evolución, la fuerte influencia ejercida por el aporte hídrico en la respuesta de los distintos tratamientos. Sin embargo, estos diagramas de dispersión no han permitido apreciar la influencia de la aplicación del control de rendimiento que en cierta medida mostraron los gráficos de evolución en algunas fechas de los períodos de estudio de las medidas fisiológicas.

Con todo ello, estas relaciones han sido de utilidad para destacar el comportamiento individual de las plantas, que en los gráficos de evolución quedó enmascarado por los valores medios y que se reflejó en los niveles elevados de desviación estándar.

La regresión de A_n frente a g_s en 2012 y 2014 ha mostrado un coeficiente de determinación mucho más elevado que en 2013, tanto a las 9 hs como a las 12 hs, estas diferencias probablemente se debieron a que la mayor disponibilidad hídrica del suelo en 2013 promovió en menor grado el ajuste estomático a las condiciones ambientales.

Además, la regresión de A_n frente a E ha reflejado un coeficiente de determinación mayor en 2012, sustancialmente superior que en 2013 y 2014. Esto se debió a que las condiciones meteorológicas del primer año fueron menos fluctuantes entre fechas de medida que los otros dos años de estudio.

En general, la regresión de WUE_i frente a g_s ha mostrado en todos los casos representados un elevado coeficiente de determinación, de modo que la eficiencia del uso del agua se incrementó sustancialmente al descender la conductancia estomática por debajo de $50 \text{ mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Sin embargo, en ocasiones esta situación desembocó en un descenso brusco de WUE_i . La mayoría de las plantas que sufrieron este fenómeno lo mostraron en 2012, soportando el régimen hídrico de secano en una situación de estrés hídrico muy severo, en mayor grado en la medida de las 12 hs que en la de las 9 hs. A pesar de que la situación de fuerte estrés hídrico aparentó ser el principal detonante, este fenómeno se observó puntualmente en plantas regadas y en los otros dos años, que mantuvieron un estrés hídrico menos intenso, por lo que otros factores se debieron ver envueltos en el proceso, en consonancia con lo expuesto por Björkman y Powles (1984), Cornic *et al.* (1989), Genty *et al.* (1987) y Valladares y Pearcy (1997); todos ellos referenciados por Flexas *et al.* (1999).

De acuerdo con lo anterior, el cierre estomático, favorecido por valores excesivamente elevados de VPD_L , no se observó como único posible desencadenante del descenso brusco de la WUE , pues estos casos se produjeron en fechas de 2012 que mostraron valores de VPD_L mucho más reducidos que los otros años de estudio. De hecho, los otros casos observados, en las medidas del 28 de agosto de 2013 a las 9 hs y el 18 de agosto y el 10 de septiembre de 2014 a las 12 hs, mostraron un valor moderado de VPD_L en la primera fecha y las dos últimas reflejaron los valores más reducidos registrados en 2014 a esa hora de medida.

Por tanto, las condiciones luminosas debieron influir sustancialmente en el descenso abrupto de WUE , de acuerdo con lo indicado por Flexas *et al.* (1998 y 1999) y

Kaiser (1987), ya que en 2012 y 2014 se vieron afectadas plantas regadas y las únicas plantas que mostraron este comportamiento en 2013 lo reflejaron a las 9 hs, con menor valor de VPD_L que a mediodía.

Por otro lado, el comportamiento estomático de la variedad Verdejo ha estado muy influenciado por la disponibilidad hídrica de las plantas y por la demanda atmosférica. De hecho, la g_s se redujo significativamente cuando las condiciones eran adversas, incluso en los tratamientos regados, por lo que podría describirse como una variedad con comportamiento predominantemente isohídrico.

Sin embargo, también ha mostrado en ocasiones un comportamiento aparentemente anisohídrico, por ejemplo, al final de maduración en 2013, cuando no se apreció reducción significativa de los valores de g_s en ningún tratamiento a pesar del incremento de VPD_L que hubo en esa medida con respecto a la fecha previa, de modo que E se incrementó a costa de un descenso de los valores de Ψ . Este comportamiento pudo ser favorecido por una menor aclimatación a la sequía de los órganos vegetativos (Vila, 2011), dado que ese año las plantas habían mantenido previamente una situación de bonanza hídrica.

Esta divergencia en el comportamiento fisiológico, no mostrando una clara estrategia isohídrica o anisohídrica, sino variable en función de las reservas hídricas, fue denominada como comportamiento isohidrodinámico por Franks *et al.* (2007) estudiando *Eucalyptus gomphocephala*, e indicada en vid por Lovisolo *et al.* (2010). En esta teoría se han basado Domec y Johnson (2012) para tratar de aclarar las discrepancias surgidas en la bibliografía, cuando diversos autores trataron de describir diferencias en el comportamiento estomático de distintas variedades de vid o incluso de una misma variedad en distintas condiciones de cultivo (Hugalde y Vila, 2014; Prieto *et al.*, 2010; Schultz, 2003).

Por último, a partir de una situación de estrés hídrico moderado, los valores de A_n de todos los regímenes hídricos mostraron un gradiente de descenso similar al reducirse los valores de Ψ , debido a la reducción de los valores de g_s al descender la disponibilidad hídrica del suelo, en sintonía con lo expuesto por Romero *et al.* (2017).

2. DESARROLLO VEGETATIVO

2.1 Índice de área foliar, superficie foliar externa e índice foliar

Las distintas medidas se realizaron todos los años de estudio en plena fase de maduración, cuando la superficie foliar había sido plenamente desarrollada, dado que el crecimiento de los ápices de los tallos secundarios era ya inapreciable y que aún no se manifestaban síntomas de senectud.

2.1.1 Índice de área foliar en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no ha mostrado interacción estadísticamente significativa en el índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp}), en el índice de área foliar de nietos (LAI_n), ni tampoco en el índice de área foliar total (LAI_t).

Tabla III.152. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2012, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	LAI_{pp}	LAI_n	LAI_t
S00T	1,02 ± 0,04	0,30 ± 0,08	1,32 ± 0,11
S00A	0,88 ± 0,04	0,33 ± 0,10	1,21 ± 0,13
R25T	1,22 ± 0,27	0,49 ± 0,26	1,71 ± 0,53
R25A	0,90 ± 0,16	0,52 ± 0,17	1,43 ± 0,30
R50T	1,03 ± 0,19	0,59 ± 0,23	1,62 ± 0,40
R50A	0,95 ± 0,14	0,55 ± 0,22	1,50 ± 0,36
Media	1,00 ± 0,18	0,46 ± 0,20	1,46 ± 0,35
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

La aplicación de riego favoreció claramente el aumento del LAI_t . La mayor parte de la superficie foliar total en este año provino de la superficie generada por los pámpanos principales. El tratamiento que mostró mayor desarrollo foliar total fue R25T, seguido por R50T, R50A y R25A, a pesar de la diferencia entre la dosis hídrica recibida por R50 y R25. El control de rendimiento aparentemente provocó cierta reducción de la superficie foliar, de modo contrario a lo informado por Bravdo *et al.* (1985), que indicaron cómo el incremento de la carga de cosecha redujo el crecimiento vegetativo y consecuentemente el área foliar desarrollada.

El LAI_{pp} desarrollado por los tratamientos fue bastante similar en todos los casos, salvo en R25T que mostró mayor superficie foliar, por lo que, con excepción de éste, los tratamientos regados no se mostraron influenciados por el aporte hídrico recibido. Por el

contrario, la aplicación del control de rendimiento provocó una reducción de LAI_{pp} en los tratamientos de aclareo, respecto al tratamiento testigo de cada nivel de régimen hídrico.

El impacto del aporte hídrico se observó más claramente en LAI_n, ya que los tratamientos regados llegaron a producir prácticamente el doble de superficie foliar de anticipados que el tratamiento de secano. Sin embargo, apenas reflejó la diferencia entre dosis de riego aplicadas, pues la superficie foliar de nietos representó en R25 el 33% y en R50 el 36% de la superficie foliar total, mientras que en S00 representó el 25%.

Por otro lado, no se ha apreciado una influencia clara del aclareo de racimos en el desarrollo del LAI de nietos, ya que en S00 y R25 aparentó favorecerlo levemente mientras que en R50 pareció reducirlo.

El LAI_t ha acumulado ambas tendencias, la del LAI_{pp} y la del LAI_n, de modo que los tratamientos regados mostraron valores similares entre sí y superiores al secano, mientras que la aplicación del control de rendimiento redujo levemente los valores registrados en cada tratamiento de régimen hídrico.

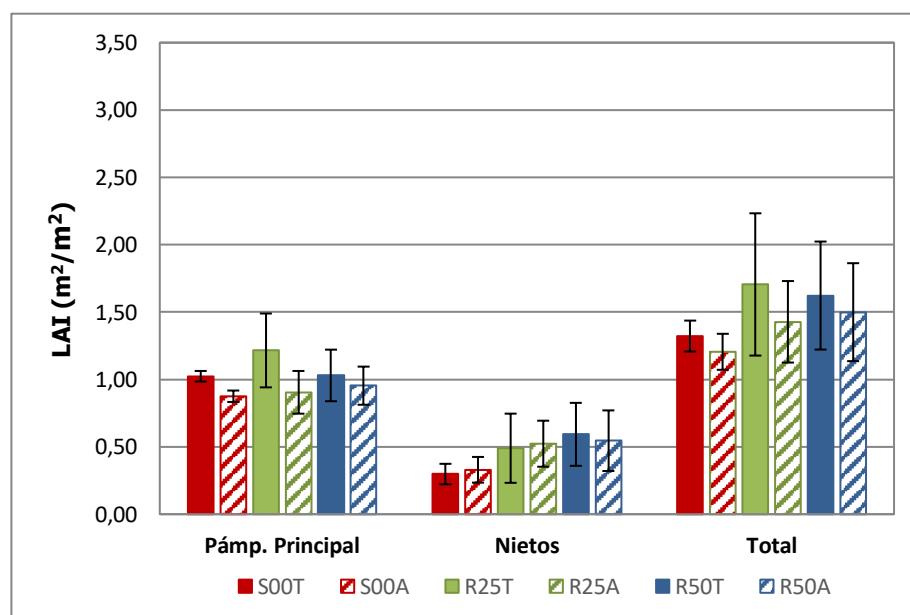


Figura III.95. Valores medios de los **índices de área foliar** de los pámpanos principales, de los nietos y total en **2012**.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró ninguna diferencia estadísticamente significativa en los índices de área foliar, a pesar de que el tratamiento de secano mostró de promedio un 24% menos de superficie que los tratamientos regados. Esta tendencia fue especialmente notable en LAI_n, la cual se trasladó a los valores del LAI_t, por lo que la ausencia de significación estadística fue, probablemente, debida a la elevada desviación estándar mostrada por los valores obtenidos en los tratamientos regados.

Tabla III.153. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (**LAI_{pp}**, m²/m²), de nietos (**LAI_n**, m²/m²) y total (**LAI_t**, m²/m²), en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	LAI_{pp}		LAI_n		LAI_t	
S00	0,95	± 0,09	0,31	± 0,08	1,26	± 0,13
R25	1,06	± 0,27	0,51	± 0,20	1,57	± 0,43
R50	0,99	± 0,16	0,57	± 0,21	1,56	± 0,36
Media	1,00	± 0,18	0,46	± 0,20	1,46	± 0,35
RH	n.s.		n.s.		n.s.	

La aplicación del **control de rendimiento** ha aportado diferencias estadísticamente significativas en LAI_{pp} a favor del tratamiento testigo, pero no ha mostrado ninguna influencia en LAI_n. Así, el LAI_t ha mostrado la misma tendencia que el LAI_{pp}, aunque sin provocar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Tabla III.154. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (**LAI_{pp}**, m²/m²), de nietos (**LAI_n**, m²/m²) y total (**LAI_t**, m²/m²), en 2012, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2012	LAI_{pp}		LAI_n		LAI_t	
Testigo	1,09	± 0,20	0,46	± 0,23	1,55	± 0,39
Aclareo	0,91	± 0,12	0,47	± 0,19	1,38	± 0,29
Media	1,00	± 0,18	0,46	± 0,20	1,46	± 0,35
CR	**		n.s.		n.s.	

2.1.2 Superficie foliar externa e índice foliar en 2012

Del mismo modo que se ha observado en los índices de área foliar, el estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en la superficie foliar externa ni en el índice foliar.

Tabla III.155. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m²/m²) y del índice foliar (**IF**), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	SA		IF	
S00T	0,96	± 0,09	0,73	± 0,12
S00A	0,97	± 0,10	0,81	± 0,06
R25T	0,94	± 0,06	0,59	± 0,17
R25A	1,00	± 0,09	0,71	± 0,12
R50T	1,05	± 0,10	0,69	± 0,24
R50A	1,03	± 0,10	0,70	± 0,12
Media	0,99	± 0,09	0,71	± 0,15
RH x CR	n.s.		n.s.	

Los valores de SA fueron muy similares en todos los tratamientos, aunque se aprecia una superficie externa ligeramente mayor en el tratamiento R50, en ambos niveles de carga, y ligeramente menor en R25T y en los tratamientos de secano.

Estos valores de SA, al ser relacionados con los valores de LAI_t, han provocado mayor amontonamiento foliar en los tratamientos regados que en el secano. Además, en cada régimen hídrico, dicho amontonamiento fue superior en el tratamiento testigo que en el tratamiento de aclareo, es decir, el aclareo de racimos benefició la exposición foliar a través de un aumento del IF.

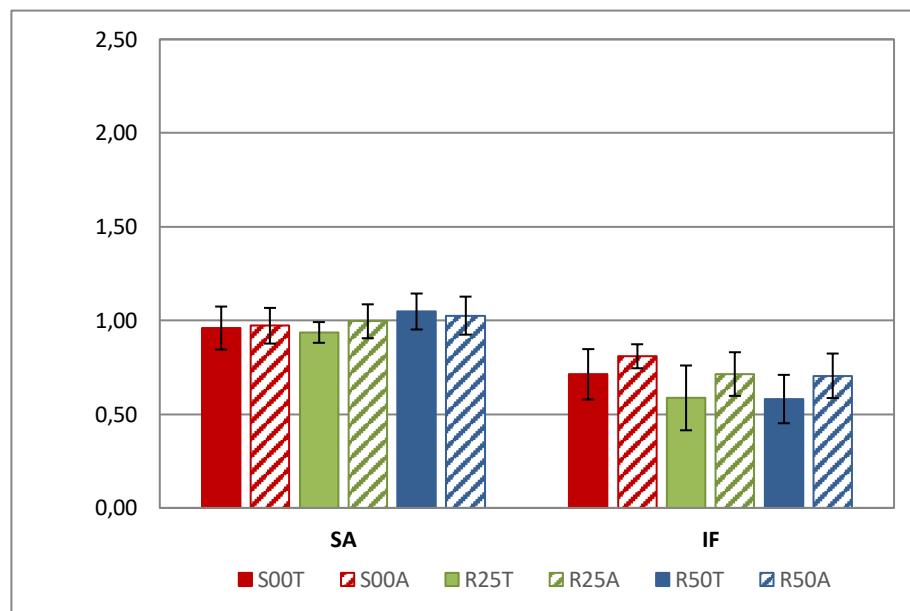


Figura III.96. Valores medios de la superficie externa (**SA**, m²/m²) e índice foliar(**IF**), en **2012**.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado que los tratamientos S00 y R25 alcanzaron valores similares de superficie foliar externa, mientras que el tratamiento R50 presentó un valor ligeramente superior, por lo que no surgieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El índice foliar mostró una tendencia de mayor amontonamiento del dosel vegetal en los tratamientos regados, particularmente en el tratamiento R25, que en el tratamiento de secano, aunque sin que las diferencias fueran estadísticamente significativas. En cualquier caso, los valores indicaron una baja compacidad de la vegetación en todos los tratamientos.

Tabla III.156. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	SA		IF	
S00	0,97	± 0,09	0,77	± 0,10
R25	0,97	± 0,08	0,65	± 0,15
R50	1,04	± 0,09	0,70	± 0,18
Media	0,99	± 0,09	0,71	± 0,15
RH	n.s.		n.s.	

El estudio del **control de rendimiento** ha mostrado un valor de superficie externa similar entre tratamientos, pero el índice foliar ha indicado una tendencia de mayor compacidad en el tratamiento testigo que en el tratamiento de aclareo de racimos, que no ha llegado a alcanzar diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.157. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)).

2012	SA		IF	
Testigo	0,98	± 0,09	0,67	± 0,18
Aclareo	1,00	± 0,09	0,74	± 0,11
Media	0,99	± 0,09	0,71	± 0,15
CR	n.s.		n.s.	

2.1.3 Índice de área foliar en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en LAI_{pp} ni en LAI_{n} , pero reflejó una tendencia, principalmente en este último, que en LAI_{t} se convirtió en interacción estadísticamente significativa.

Los tratamientos se mostraron favorecidos por el incremento de aporte hídrico, sobretodo, y ligeramente por la reducción de carga de cosecha, de modo que los tratamientos se escalonaron gradualmente. El tratamiento con más superficie foliar fue R50T, seguido del tratamiento R25A, que mantuvo una posición intermedia entre dicho tratamiento y R25T y R50A. Todos los tratamientos, excepto R50T y R25A, se agruparon con S00T, que mostró el valor significativamente más bajo.

Probablemente la elevada desviación estándar arrojada por los tratamientos ha sido la causante de que los grupos no se definen más claramente en el análisis estadístico.

Tabla III.158. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en 2013, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	LAI_{pp}		LAI_n		LAI_t	
S00 T	1,04	± 0,22	0,70	± 0,16	1,74	c ± 0,35
S00 A	1,01	± 0,06	1,10	± 0,59	2,10	bc ± 0,62
R25 T	1,05	± 0,14	1,16	± 0,18	2,21	bc ± 0,15
R25 A	1,17	± 0,17	1,56	± 0,37	2,73	ab ± 0,53
R50 T	1,29	± 0,11	1,80	± 0,48	3,09	a ± 0,38
R50 A	1,19	± 0,26	1,23	± 0,25	2,42	abc ± 0,30
Media	1,12	± 0,19	1,26	± 0,48	2,38	± 0,58
RH x CR	n.s.		n.s.		*	

La superficie foliar de pámpano principal fue más elevada en R50, particularmente en el tratamiento testigo, que en S00. Sin embargo, cabe destacar el diferente comportamiento de R25, pues sus niveles de carga mostraron distintas tendencias. Por un lado, el valor del tratamiento R25A se asemejó a los tratamientos más regados, mientras que, por otro lado, el valor del tratamiento R25T se pareció a los tratamientos de secano.

El desarrollo de la superficie foliar de anticipados creció sustancialmente con respecto al año anterior, de acuerdo con las mayores reservas hídricas del suelo. De hecho, el valor de LAI_n en S00 alcanzó el 46% de la superficie foliar total en 2013, lo cual supuso un incremento de más de 20 puntos porcentuales respecto a 2012.

El desarrollo foliar de los nietos en los tratamientos regados se vio favorecido sustancialmente por el aporte hídrico este año, con un promedio del 55% de la superficie foliar total en ambos tratamientos regados, por lo que ambas dosis de riego distribuyeron de igual forma la superficie foliar entre pámpanos principales y anticipados. Sin embargo, dichos tratamientos de riego mostraron una respuesta opuesta al aclareo de racimos, ya que, frente a los tratamientos testigo, R25A incrementó su valor, pero R50A lo redujo.

A pesar de todo, debe considerarse que la elevada desviación estándar de los valores, especialmente notable en los valores de LAI_n de S00A, R25A y R50T, ha perjudicado la interpretación de los datos.

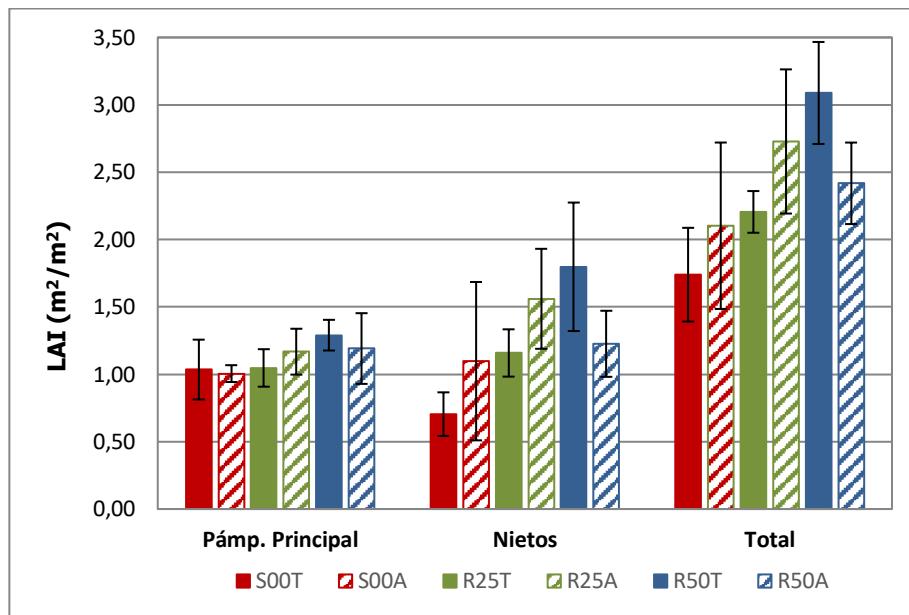


Figura III.97. Valores medios de los **índices de área foliar** de los pámpanos principales, de los nietos y total en **2013**.

El **régimen hídrico** no mostró ninguna diferencia estadísticamente significativa en el LAI_{pp} , a pesar de la tendencia de incremento de la superficie foliar de principales con el aumento de la dosis de riego. Por el contrario, en el LAI_n se observaron diferencias estadísticamente significativas que separaron el tratamiento de secano de los tratamientos regados y que se trasladaron del mismo modo al LAI_t .

Tabla III.159. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	LAI_{pp}		LAI_n		LAI_t	
S00	1,02	± 0,15	0,90	b ± 0,45	1,92	b ± 0,50
R25	1,11	± 0,16	1,36	a ± 0,34	2,47	a ± 0,46
R50	1,24	± 0,19	1,51	a ± 0,47	2,75	a ± 0,48
Media	1,12	± 0,19	1,26	± 0,48	2,38	± 0,58
RH	n.s.		*		*	

El **control de rendimiento** no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas en ningún índice de área foliar. De hecho, los valores medios de LAI_{pp} han sido idénticos entre el testigo y el aclareo. No obstante, se ha indicado una reducida tendencia en LAI_n y en LAI_t a favor del aclareo, aunque fue lastrada por la respuesta observada en el tratamiento R50.

Tabla III.160. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (**LAI_{pp}**, m^2/m^2), de nietos (**LAI_n**, m^2/m^2) y total (**LAI_t**, m^2/m^2), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	LAI_{pp}	LAI_n	LAI_t
Testigo	1,12 ± 0,19	1,22 ± 0,54	2,34 ± 0,65
Aclareo	1,12 ± 0,19	1,29 ± 0,44	2,42 ± 0,53
Media	1,12 ± 0,19	1,26 ± 0,48	2,38 ± 0,58
CR	n.s.	n.s.	n.s.

2.1.4 Superficie foliar externa e índice foliar en 2013

Al estudiar ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no ha surgido interacción estadísticamente significativa en los valores de superficie foliar externa o del índice foliar.

Los valores de SA mostraron un ligero incremento en los tratamientos regados de acuerdo con el mayor aporte hídrico recibido. La aplicación del control de rendimiento tendió a reducir moderadamente la superficie externa en todos los tratamientos de régimen hídrico, aunque de un modo leve en el secano y más acentuado en los tratamientos regados.

Tabla III.161. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	SA	IF
S00T	1,14 ± 0,07	0,68 ± 0,17
S00A	1,12 ± 0,01	0,57 ± 0,17
R25T	1,24 ± 0,08	0,56 ± 0,02
R25A	1,19 ± 0,14	0,44 ± 0,07
R50T	1,33 ± 0,12	0,43 ± 0,05
R50A	1,28 ± 0,05	0,53 ± 0,04
Media	1,22 ± 0,11	0,54 ± 0,13
RH x CR	n.s.	n.s.

El índice foliar ha reflejado la interacción observada en el LAI_t, con un incremento debido al aclareo de racimos dentro del tratamiento R50, aunque se vio amortiguado por el incremento de la superficie externa de los tratamientos regados.

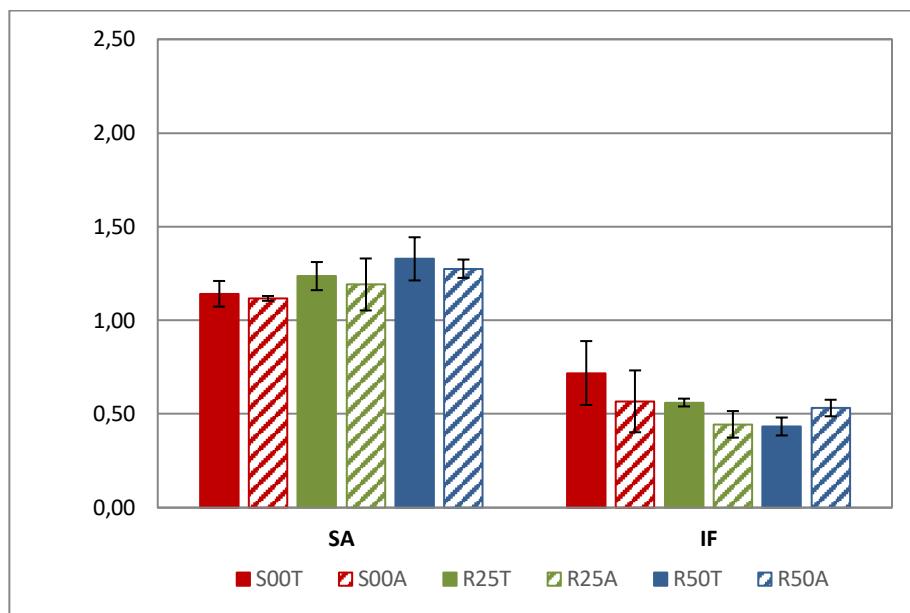


Figura III.98. Valores medios de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) e índice foliar(**IF**), en **2013**.

El estudio del **régimen hídrico** ha indicado una tendencia de incremento de SA con el aumento de la dosis de riego recibida, a pesar de no haber podido generar diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario, los valores del índice foliar sí mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, que separaron el tratamiento S00, con el valor más elevado, del tratamiento R50, con el valor más bajo, mientras que el tratamiento R25 mantuvo una posición intermedia.

Tabla III.162. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en 2013, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	SA		IF	
S00	1,13	± 0,05	0,63	a ± 0,17
R25	1,21	± 0,11	0,50	ab ± 0,08
R50	1,30	± 0,09	0,48	b ± 0,07
Media	1,22	± 0,11	0,54	± 0,13
RH	n.s.		*	

El análisis del **control de rendimiento** ha mostrado una superficie externa aparentemente superior en el tratamiento testigo que en el de aclareo de racimos, pero no ha llegado a generar diferencias estadísticamente significativas. Del mismo modo, los valores del índice foliar indicaron una leve tendencia a favor del testigo, que, lógicamente, no supusieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Tabla III.163. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	SA		IF	
Testigo	1,24	± 0,11	0,56	± 0,14
Aclareo	1,19	± 0,10	0,51	± 0,11
Media	1,22	± 0,11	0,54	± 0,13
CR	n.s.		n.s.	

2.1.5 Índice de área foliar en 2014

Del mismo modo que en 2012, el estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no ha señalado interacción estadísticamente significativa en ningún índice de área foliar.

El LAI_t ha mostrado una tendencia de valores similares entre los tratamientos regados, ambos superiores al secano, pero ha reflejado un efecto del control de rendimiento contradictorio. En los tratamientos S00 y R50 el aclareo de racimos favoreció ligeramente el desarrollo foliar respecto al testigo, mientras que en el tratamiento R25 lo redujo.

La aplicación del riego favoreció el desarrollo foliar del pámpano principal en los tratamientos regados con respecto al secano, particularmente en R25, mientras que la ejecución del aclareo de racimos pareció favorecer la superficie foliar en el secano, pero mostró un efecto contrario en los tratamientos regados.

Tabla III.164. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (**LAI_{pp}**, m^2/m^2), de nietos (**LAI_n**, m^2/m^2) y total (**LAI_t**, m^2/m^2), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	LAI_{pp}		LAI_n		LAI_t	
S00T	0,94	± 0,08	0,62	± 0,23	1,56	± 0,29
S00A	1,04	± 0,12	0,66	± 0,09	1,70	± 0,17
R25T	1,29	± 0,18	0,69	± 0,09	1,98	± 0,24
R25A	1,19	± 0,09	0,69	± 0,05	1,88	± 0,11
R50T	1,15	± 0,18	0,73	± 0,11	1,88	± 0,24
R50A	1,12	± 0,12	0,84	± 0,20	1,96	± 0,25
Media	1,12	± 0,17	0,71	± 0,14	1,83	± 0,25
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

En LAI_n se ha apreciado una tendencia al incremento de la superficie al aumentar el aporte hídrico, además favorecida levemente por la aplicación del aclareo de racimos, excepto en R50A, que se vio mucho más beneficiado por el aclareo que R25 y S00.

En los tratamientos de régimen hídrico, el porcentaje de LAI_n respecto al LAI_t fue de 39% en S00, 36% en R25 y 41% en R50, aunque los valores absolutos se mostraron en consonancia con el aporte hídrico recibido.

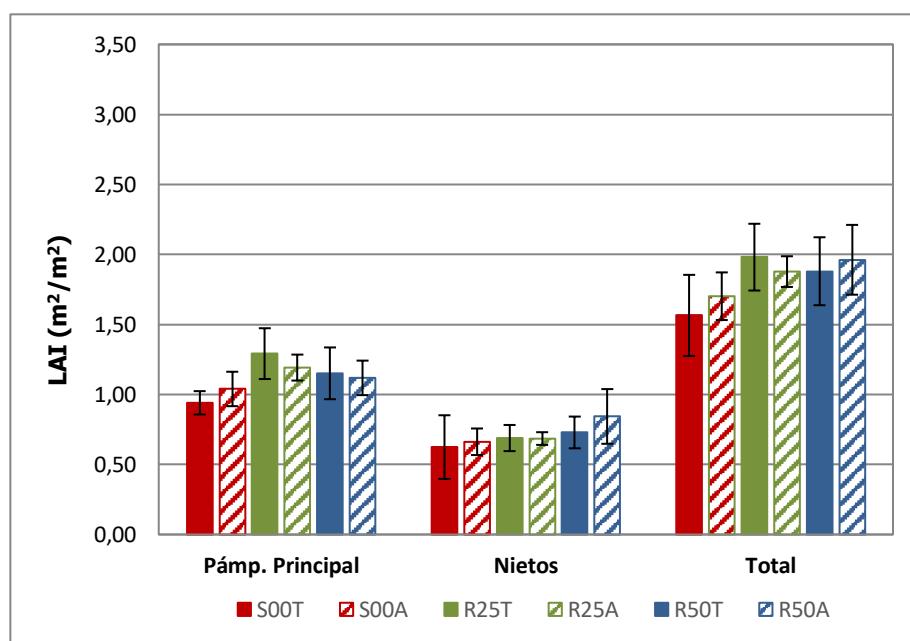


Figura III.99. Valores medios de los **índices de área foliar** de los pámpanos principales, de los nietos y total en **2014**.

El **régimen hídrico** mostró en LAI_{pp} diferencias estadísticamente significativas a favor de R25 con respecto a S00, mientras que el tratamiento R50 quedó en una posición intermedia.

Contrariamente, el LAI_n sí reflejó en los valores de los tratamientos un mayor desarrollo foliar al incrementarse la dosis de riego recibida, aunque sin alcanzar diferencias estadísticamente significativas.

El LAI_t mostró una tendencia de valores superiores en los tratamientos regados, similares entre ambas dosis de riego, con respecto al tratamiento de secano, aunque sin mostrar diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.165. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	LAI_{pp}	LAI_n	LAI_t
S00	0,99 b \pm 0,11	0,64 \pm 0,16	1,63 \pm 0,23
R25	1,24 a \pm 0,14	0,69 \pm 0,07	1,93 \pm 0,18
R50	1,13 ab \pm 0,15	0,79 \pm 0,16	1,92 \pm 0,23
Media	1,12 \pm 0,17	0,71 \pm 0,14	1,83 \pm 0,25
RH	*	n.s.	n.s.

El estudio del **control de rendimiento** no ha aportado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna medida de LAI. De hecho, el LAI_{pp} mostró valores similares entre tratamientos. Sin embargo, se ha apreciado una ligera tendencia de incremento a favor del tratamiento de aclareo en el LAI de nietos que se trasladó a los valores de LAI_t , que fueron ligeramente favorables al aclareo de racimos.

Tabla III.166. Valor medio y desviación estándar del índice de área foliar de pámpanos principales (LAI_{pp} , m^2/m^2), de nietos (LAI_n , m^2/m^2) y total (LAI_t , m^2/m^2), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***).

2014	LAI_{pp}	LAI_n	LAI_t
Testigo	1,13 \pm 0,21	0,68 \pm 0,15	1,81 \pm 0,30
Aclareo	1,12 \pm 0,12	0,73 \pm 0,14	1,85 \pm 0,20
Media	1,12 \pm 0,17	0,71 \pm 0,14	1,83 \pm 0,25
CR	n.s.	n.s.	n.s.

2.1.6 Superficie foliar externa e índice foliar en 2014

Del mismo modo que ocurrió con los índices de área foliar, el estudio del régimen hídrico y del control de rendimiento no ha mostrado interacción estadísticamente significativa en la superficie foliar externa ni en el índice foliar.

Los valores de SA de los tratamientos aparecieron incrementarse ligeramente con el riego, excepto en el tratamiento R25T que mostró un valor similar a S00T y S00A, mientras que R25A mostró un valor levemente superior a los tratamientos R50T y R50A.

Tabla III.167. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	SA		IF	
S00T	1,02	± 0,09	0,67	± 0,12
S00A	1,05	± 0,08	0,62	± 0,06
R25T	0,99	± 0,06	0,51	± 0,08
R25A	1,14	± 0,09	0,61	± 0,05
R50T	1,11	± 0,04	0,60	± 0,09
R50A	1,10	± 0,10	0,57	± 0,05
Media	1,07	± 0,09	0,59	± 0,09
RH x CR	n.s.		n.s.	

El valor de SA que presentó R25T, más reducido que el de otros tratamientos regados, junto con su alto valor de LAI_t, se ha traducido en el menor índice foliar de todos los tratamientos. Un valor ligeramente superior fue mostrado por el tratamiento R50A, mientras que el valor de IF más elevado fue mostrado por S00T. El resto de tratamientos mostraron un valor de IF similar, en una posición intermedia entre estos dos tratamientos.

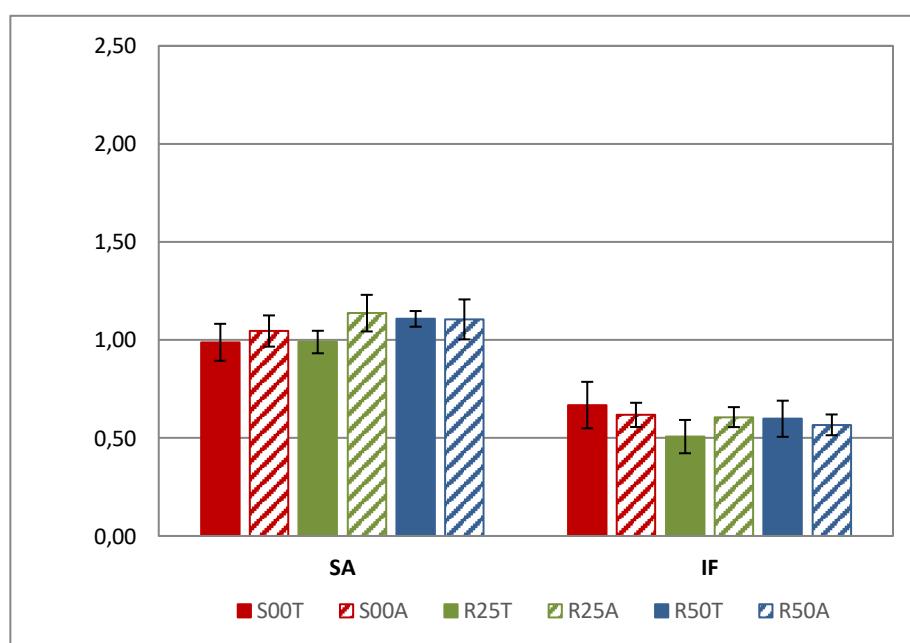


Figura III.100. Valores medios de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) e índice foliar(**IF**), en **2014**.

El análisis del **régimen hídrico** ha mostrado una tendencia de mayor superficie foliar externa al incrementarse el aporte hídrico a los tratamientos, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Por su parte, el índice foliar ha mostrado, sin llegar a presentar diferencias estadísticamente significativas, una tendencia de mayor compacidad foliar en los tratamientos regados que en el tratamiento de secano.

Tabla III.168. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	SA		IF	
S00	1,03	± 0,08	0,64	± 0,09
R25	1,06	± 0,11	0,56	± 0,08
R50	1,11	± 0,07	0,58	± 0,07
Media	1,07	± 0,09	0,59	± 0,09
RH	n.s.		n.s.	

El estudio del **control de rendimiento** apenas ha mostrado una leve tendencia de incremento de la superficie externa a favor del tratamiento de aclareo de racimos. Por el contrario, el índice foliar ha sido muy similar en ambos tratamientos.

Tabla III.169. Valor medio y desviación estándar de la superficie externa (**SA**, m^2/m^2) y del índice foliar (**IF**), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) .

2014	SA		IF	
Testigo	1,04	± 0,08	0,59	± 0,11
Aclareo	1,10	± 0,09	0,60	± 0,06
Media	1,07	± 0,09	0,59	± 0,09
CR	n.s.		n.s.	

2.1.7 Valoración de las características de la superficie foliar

El tratamiento de secano mostró un valor de LAI_{pp} muy similar todos los años de estudio a pesar de las diferencias ambientales anuales observadas, mientras que los valores de los tratamientos regados variaron sustancialmente entre los años de estudio, aunque dichos tratamientos siempre alcanzaron mayor LAI_{pp} que el tratamiento de secano. De hecho, los tratamientos regados sólo reflejaron un aumento de la superficie foliar proporcional al incremento de la dosis de riego en 2013.

Por el contrario, el desarrollo de la superficie foliar de anticipados fue muy sensible a la disponibilidad hídrica anual, de modo que, en el año de mayor estrés hídrico, 2012, el tratamiento S00 mostró el menor LAI_{n} de todos los años de estudio, mientras que, en 2013, de acuerdo con la elevada disponibilidad hídrica inicial existente ese año, ofreció un valor mucho más elevado, y en 2014, las condiciones ambientales de este último año, menos extremas, le proporcionaron un nivel intermedio.

Los tratamientos regados mostraron un fomento moderado del LAI_n de acuerdo con el incremento de la dosis de riego recibida en 2012 y 2014, mientras que el crecimiento en todos los tratamientos se incrementó sensiblemente en 2013. De hecho, en 2012, la ratio LAI_n/ LAI_t mostró los valores más bajos de los años de estudio, siendo el mínimo 0,25 en el tratamiento S00 y el valor máximo 0,36 en R25, mientras que en 2013 se registraron los valores más elevados del estudio, entre 0,46 y 0,55, dados por S00 y R25, respectivamente. Finalmente, en 2014, los valores variaron ligeramente entre tratamientos, desde 0,39, del tratamiento S00, a 0,41, del tratamiento R50.

Estos valores indican un nivel de desarrollo foliar de los anticipados, con respecto al área foliar total generada por cada tratamiento de régimen hídrico, adecuado en 2012 y 2014, pero excesivo en 2013, ya que el ratio LAI_n/ LAI_t habitual se encuentra en el rango de 0,22 a 0,42, según Cartechini *et al.* (1998), Mabrouk *et al.* (1997), Palliotti (1992) y Williams (1987); todos ellos referenciados por Palliotti *et al.* (2000).

El LAI_t de los tratamientos regados se ha mostrado muy dependiente de las reservas hídricas del suelo, pues los valores variaron más en función de las condiciones anuales que de la dosis de riego aportada. De hecho, el mayor aporte hídrico recibido por R50 no se tradujo en un incremento del LAI_t, excepto en 2013, aunque las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas.

El índice SA fue muy similar entre tratamientos todos los años del estudio, debido mayormente a que se realizaron frecuentes operaciones de manejo de la vegetación para mantenerla adecuadamente distribuida dentro de los alambres de guiado de la espaldera.

Por otro lado, el índice foliar mostró valores de densidad de *canopy* adecuados en todos los tratamientos durante los años de estudio, según Hidalgo (2011), pues el mayor amontonamiento foliar, mostrado por el tratamiento R50T en 2013, reflejó un IF de 0,43.

No obstante, se puede considerar que el índice foliar fue demasiado elevado en 2012, incluso en los tratamientos regados, ya que el secano llegó a registrar un valor de 0,81 y la aplicación del riego no mostró valores inferiores a 0,59. Esto significó un elevado número de hojas exteriores en el *canopy*, cuyo incremento habitualmente es favorable para aumentar el rendimiento fotosintético de la superficie foliar total desarrollada, pero en este caso se redujo excesivamente el sombreado de los racimos provocando que se encontrasen demasiado expuestos a la radiación solar, particularmente en el secano, afectando a la calidad de la uva (Poni *et al.*, 2007).

La ejecución del control de rendimiento mostró una reducción de la superficie foliar total en 2012, debida al menor LAI_{pp}, pero los dos años siguientes aportó una leve tendencia de incremento de la superficie foliar de los nietos, aunque sin modificar la del

pámpano principal. Por tanto, no se ha apreciado una respuesta clara a la aplicación del aclareo de racimos en el desarrollo de la superficie foliar.

Del mismo modo, al ejecutar el aclareo de racimos no se apreció que los valores de SA variasen sustancialmente, debido a las operaciones de manejo de la vegetación.

El IF tampoco mostró una tendencia clara en los valores de los tratamientos tras la aplicación del control de rendimiento. En 2012, los tratamientos aclareados mostraron una tendencia de valores superiores en todos los niveles de riego y, al año siguiente, el aclareo de racimos aparentó perjudicar los valores de S00 y R25, mientras que R50 se vio favorecido. El último año, la ejecución del aclareo de racimos reflejó una leve tendencia de reducción de los valores de IF en S00 y R50, pero, contrariamente, mejoró el valor en R25.

2.2 Madera de poda y sus componentes

2.2.1 Madera de poda y sus componentes en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no ha señalado interacción estadísticamente significativa en el peso de madera de poda, en el número de sarmientos por cepa ni en el peso del sarmiento.

Tabla III.170. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	PMP	Nº de sarmientos	Peso del sarmiento
S00T	0,500 ± 0,08	15,35 ± 0,61	32,55 ± 4,62
S00A	0,463 ± 0,05	15,09 ± 0,53	30,74 ± 3,65
R25T	0,548 ± 0,08	15,18 ± 0,49	36,05 ± 4,50
R25A	0,507 ± 0,11	14,69 ± 0,30	34,42 ± 6,70
R50T	0,635 ± 0,08	15,63 ± 0,36	40,63 ± 5,14
R50A	0,523 ± 0,07	15,22 ± 0,29	34,40 ± 5,28
Media	0,529 ± 0,09	15,20 ± 0,49	34,80 ± 5,49
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

El peso de madera de poda se incrementó con la aplicación de riego, de acuerdo a la dosis recibida, sin embargo, la ejecución del aclareo de racimos provocó una reducción de dicho valor en los tratamientos aclareados, contrariamente a lo expuesto por Bravdo *et al.* (1985).

En cualquier caso, el desarrollo vegetativo observado fue escaso en todos los tratamientos, incluso en los regados, pues la máxima producción de madera de poda,

lograda por el tratamiento R50T, apenas superó los 600 gramos por cepa, que significó un 37% más de madera que la generada por el tratamiento S00A.

La exhaustiva ejecución de la poda en verde se ha visto reflejada en un número similar de sarmientos obtenidos en todos los tratamientos, de modo que el peso del sarmiento ha manifestado la tendencia mostrada por el peso de madera de poda.

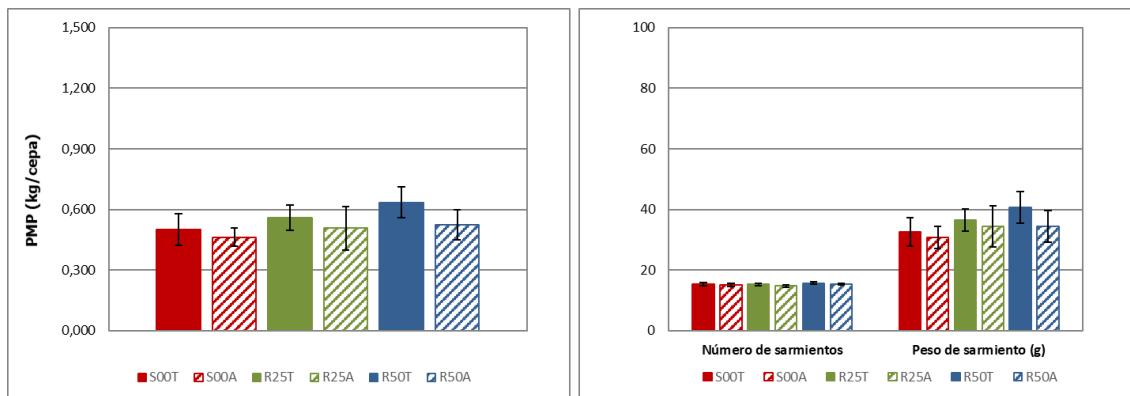


Figura III.101. Valores medios del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas en el peso de madera de poda, a pesar de la tendencia de incremento de los valores al aumentar el aporte hídrico, el 10% en R25 y el 20% en R50 superiores a S00. Esta misma tendencia, dado que el número de sarmientos fue muy parecido entre tratamientos y lógicamente no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, se trasladó al peso de sarmiento, aunque sin reflejar diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.171. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en 2012, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
S00	0,482	± 0,06	15,22	± 0,55	31,64	± 3,97
R25	0,528	± 0,09	14,94	± 0,46	35,24	± 5,36
R50	0,579	± 0,09	15,43	± 0,38	37,51	± 5,86
Media	0,529	± 0,09	15,20	± 0,49	34,80	± 5,49
RH	n.s.		n.s.		n.s.	

El estudio del **control de rendimiento** aportó diferencias estadísticamente significativas en el peso de madera de poda a favor del tratamiento testigo, dado que el tratamiento de aclareo mostró una reducción del peso de madera de poda del 12%. Esto fue debido, principalmente, a la tendencia de mayor peso de sarmiento del tratamiento testigo, a pesar de no haber logrado diferencias estadísticamente significativas en ningún

caso y, en menor medida, al número de sarmientos, ya que su valor fue muy similar entre tratamientos, con una leve tendencia a favor del tratamiento testigo.

Tabla III.172. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2012	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
Testigo	0,561	± 0,09	15,39	± 0,49	36,41	± 5,52
Aclareo	0,498	± 0,08	15,00	± 0,42	33,19	± 5,17
Media	0,529	± 0,09	15,20	± 0,49	34,80	± 5,49
CR	*		n.s.		n.s.	

2.2.2 Madera de poda y sus componentes en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no ha reflejado interacción estadísticamente significativa en el peso de madera de poda, en el número de sarmientos por cepa ni en el peso del sarmiento.

Tabla III.173. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
S00T	0,750	± 0,07	15,99	± 0,68	47,00	± 4,81
S00A	0,741	± 0,03	15,80	± 0,17	46,89	± 1,64
R25T	0,988	± 0,09	15,99	± 0,27	61,83	± 6,04
R25A	0,947	± 0,10	15,58	± 0,17	60,83	± 6,49
R50T	1,148	± 0,11	15,97	± 0,40	71,99	± 7,78
R50A	1,018	± 0,03	15,66	± 0,34	65,06	± 2,68
Media	0,932	± 0,16	15,83	± 0,38	58,93	± 10,52
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

El peso de madera de poda se ha incrementado con la aplicación de riego, de modo proporcional a la dosis recibida. La ejecución del aclareo de racimos tuvo un efecto variable en función del régimen hídrico, pues no influyó en el tratamiento de secano, mientras que en los tratamientos regados provocó una reducción que se vio acentuada con el incremento de la dosis de riego.

El desarrollo vegetativo mostrado por las cepas fue mucho más elevado este año, pues los tratamientos de secano superaron con creces el peso de madera de poda del tratamiento R50T en 2012, el valor más elevado ese año, y los tratamientos regados llegaron a superar el kilogramo de madera de poda por cepa.

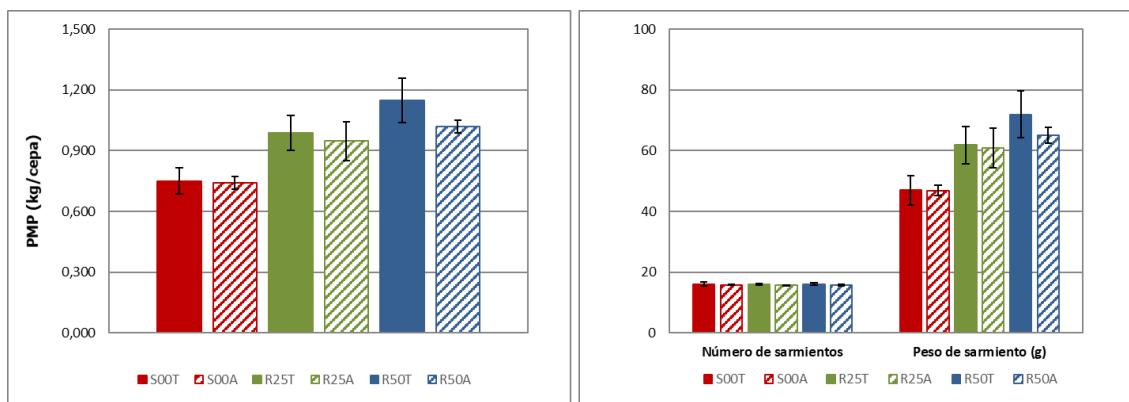


Figura III.102. Valores medios del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2013**.

Del mismo modo que en 2012, el número de sarmientos por cepa fue muy similar en todos los tratamientos, por lo que el peso del sarmiento manifestó la tendencia mostrada por el peso de madera de poda.

Contrariamente al año anterior, en 2013, el análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en el peso de madera de poda, separando los tratamientos de acuerdo con el incremento del aporte hídrico recibido, con un incremento de R25 del 30% y de R50 del 45%, respecto a S00. Dicho aumento de peso de madera de poda, debido a que el número de sarmientos fue muy parecido entre tratamientos y, por tanto, no mostró diferencias estadísticamente significativas, fue provocado únicamente por el de peso de sarmiento, que indicó diferencias estadísticamente significativas, separando todos los tratamientos entre sí.

Tabla III.174. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	PMP		Nº de sarmientos	Peso de sarmiento
S00	0,746	c ± 0,05	15,90 ± 0,47	46,95 c ± 3,32
R25	0,967	b ± 0,09	15,78 ± 0,30	61,33 b ± 5,83
R50	1,083	a ± 0,10	15,82 ± 0,39	68,52 a ± 6,54
Media	0,932	± 0,16	15,83 ± 0,38	58,93 ± 10,52
RH	***		n.s.	**

El estudio del **control de rendimiento** aportó diferencias estadísticamente significativas en el peso de madera de poda a favor del tratamiento testigo, debido a la reducción del 6% del valor del tratamiento de aclareo. Esto se debió fundamentalmente a la tendencia de mayor peso de sarmiento del tratamiento testigo, pues apenas fue debido al número de sarmientos por planta, que mostró una ligera tendencia a favor del

tratamiento testigo, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los dos casos.

Tabla III.175. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
Testigo	0,962	± 0,19	15,98	± 0,43	60,27	± 12,15
Aclareo	0,902	± 0,13	15,68	± 0,24	57,59	± 8,94
Media	0,932	± 0,16	15,83	± 0,38	58,93	± 10,52
CR	*		n.s.		n.s.	

2.2.3 Madera de poda y sus componentes en 2014

Al estudiar ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no se ha observado interacción estadísticamente significativa en el peso de madera de poda, en el número de sarmientos por cepa ni en el peso de sarmiento.

Tabla III.176. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
S00T	0,706	± 0,07	16,50	± 0,19	42,84	± 4,59
S00A	0,787	± 0,10	16,50	± 0,45	47,85	± 6,95
R25T	0,823	± 0,15	16,76	± 0,22	49,12	± 9,09
R25A	0,887	± 0,15	16,73	± 0,18	53,01	± 8,74
R50T	0,921	± 0,19	16,22	± 0,83	56,74	± 10,71
R50A	0,934	± 0,08	16,62	± 0,65	56,20	± 4,57
Media	0,843	± 0,14	16,55	± 0,47	50,96	± 8,52
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

El peso de madera de poda se vio incrementado por el riego de acuerdo con la dosis aplicada, pero en menor medida que el año anterior. También aparentó incrementarse por la aplicación del aclareo de racimos, aunque la intensidad de respuesta a esta operación fue inversa al aumento de aporte hídrico.

El desarrollo vegetativo en el tratamiento de secano este año fue muy similar al año anterior. Sin embargo, la aplicación de riego generó menor impacto, pues el peso de madera de poda de los tratamientos regados se vio reducido en ambos casos respecto al valor del año 2013, el 12% en el tratamiento R25 y el 14% en el tratamiento R50.

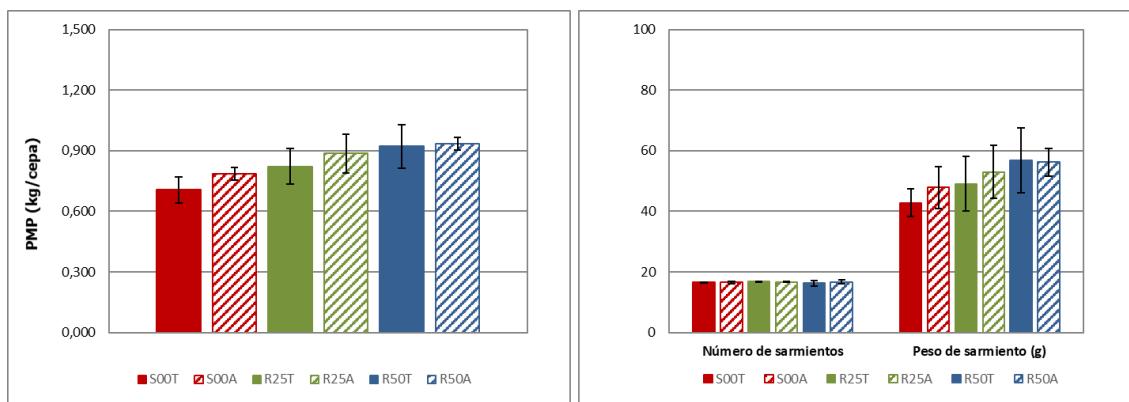


Figura III.103. Valores medios del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos por cepa** y del **peso de sarmiento** (g), en 2014.

Como los años anteriores, el número de sarmientos por cepa fue muy similar en todos los tratamientos y el peso de sarmiento manifestó la misma tendencia que el peso de madera de poda. Sin embargo, el número de sarmientos de R50T, levemente inferior al mostrado por R50A, ha facilitado que el peso del sarmiento mostrase un valor medio similar en ambos tratamientos.

El análisis del **régimen hídrico** señaló diferencias estadísticamente significativas en el peso de madera de poda, a favor del tratamiento R50 con respecto el tratamiento S00, mientras que el tratamiento R25 quedó en una situación intermedia. Asimismo, como el número de sarmientos fue muy parecido entre tratamientos, el peso de sarmiento también reflejó diferencias estadísticamente significativas, separando los tratamientos del mismo modo.

Tabla III.177. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en 2014, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	PMP		Nº de sarmientos		Peso de sarmiento	
S00	0,747	b	±	0,09	16,50	± 0,32
R25	0,855	ab	±	0,14	16,75	± 0,19
R50	0,927	a	±	0,13	16,42	± 0,72
Media	0,843		±	0,14	16,55	± 0,47
RH	*		n.s.		*	

El estudio del **control de rendimiento** no mostró diferencias estadísticamente significativas en ningún parámetro, a pesar de la tendencia del peso de madera de poda, contraria a lo observado los dos años anteriores, que fue favorable al tratamiento de aclareo. De hecho, esta tendencia se repitió en el peso de sarmiento del tratamiento testigo, que mostró un valor ligeramente superior en el tratamiento de aclareo, aunque no reflejó diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.178. Valor medio y desviación estándar del peso de madera de poda (**PMP**, kg/cepa), del **número de sarmientos** por cepa y del **peso de sarmiento** (g), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	PMP	Nº de sarmientos	Peso de sarmiento
Testigo	0,817 ± 0,16	16,49 ± 0,51	49,57 ± 9,74
Aclareo	0,869 ± 0,12	16,62 ± 0,43	52,35 ± 7,25
Media	0,843 ± 0,14	16,55 ± 0,47	50,96 ± 8,52
CR	n.s.	n.s.	n.s.

2.2.4 Valoración de la madera de poda y sus componentes

El peso de madera de poda se vio muy dependiente de la disponibilidad hídrica en el suelo, de modo que los tratamientos tuvieron los valores más reducidos en 2012 y los más elevados en 2013, mostrando valores intermedios en 2014.

La aplicación de riego favoreció el peso de madera de poda, aunque su aumento moderado no sólo dependió de las dosis de riego aplicadas, sino que también se vio afectado por las condiciones hídricas del año, de modo que las diferencias entre los valores de los tratamientos de régimen hídrico fueron menores en 2012 que en 2014, y se mostraron claramente superiores en 2013. De hecho, los valores de los tratamientos R25 y R50 se incrementaron con respecto a S00 el 11% y el 20% en 2012, en 2013, el 30% y el 45% y, en 2014, el 15% y el 24%, respectivamente.

El aclareo de racimos mostró en todos los tratamientos de régimen hídrico una tendencia de reducción del peso de madera de poda en 2012 y en 2013, que se vio acentuada con el aumento de la dosis de riego. Sin embargo, en 2014, la tendencia fue contraria, pues el aclareo de racimos incrementó el peso de madera de poda en todos los tratamientos de régimen hídrico y, además, al aumentar el aporte de agua se redujeron las diferencias entre los niveles de control de rendimiento.

El número de sarmientos fue muy similar entre tratamientos, debido a la meticulosa operación de poda en verde ejecutada cada año del estudio, de modo que los valores de peso de sarmiento de cada tratamiento fueron causantes de las tendencias observadas en el peso de madera de poda.

Según Vasconcelos y Castagnoli (2000), los valores de peso de sarmiento habrían sido adecuados en 2012 y excesivos en 2013 y 2014. Sin embargo, en las condiciones ambientales del estudio sería más acertado el criterio de Baeza (2017), por el cual todos los tratamientos obtuvieron pesos de sarmiento escasos en 2012 y únicamente el tratamiento R50 en 2013 alcanzó valores excesivos.

Por otro lado, se ha apreciado en todos los tratamientos una correlación adecuada entre los valores de peso de madera de poda y los de la superficie foliar total, lo que corrobora la adecuación del empleo del peso de madera de poda para la evaluación del potencial productivo de la planta (Ough *et al.*, 1968, en Bravdo *et al.*, 1984; Kliewer y Dokoozlian, 2005).

3. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

3.1 Rendimiento y sus componentes en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en el rendimiento de cosecha ni en ninguno de sus componentes, el número de racimos por cepa, el peso de racimo, el peso de baya y el número de bayas por racimo. Del mismo modo, dichos factores de estudio tampoco mostraron interacción estadísticamente significativa en el índice de Ravaz.

Tabla III.179. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
S00T	2,42 ± 0,21	19,8 ± 0,90	122 ± 8,2
S00A	1,86 ± 0,05	14,0 ± 0,33	133 ± 3,0
R25T	3,07 ± 0,45	20,0 ± 1,90	153 ± 13,6
R25A	2,15 ± 0,14	13,8 ± 0,45	155 ± 11,2
R50T	3,77 ± 0,83	21,3 ± 2,96	176 ± 16,6
R50A	2,48 ± 0,05	14,5 ± 0,13	172 ± 4,0
Media	2,62 ± 0,73	17,2 ± 3,51	152 ± 21,8
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.
2012	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
S00T	1,13 ± 0,07	108 ± 7,7	4,93 ± 0,88
S00A	1,18 ± 0,01	113 ± 3,4	4,05 ± 0,48
R25T	1,50 ± 0,08	102 ± 10,9	5,56 ± 0,94
R25A	1,52 ± 0,11	103 ± 7,0	4,33 ± 0,61
R50T	1,66 ± 0,09	106 ± 4,7	5,91 ± 0,86
R50A	1,68 ± 0,07	103 ± 6,4	4,82 ± 0,66
Media	1,44 ± 0,23	106 ± 7,3	4,93 ± 0,94
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

El **rendimiento** de cosecha se vio claramente favorecido por el aporte hídrico, de modo que los valores de los tratamientos se incrementaron al aumentar la dosis de riego recibida. Por el contrario, la ejecución del aclareo de racimos redujo sustancialmente la cosecha de los tratamientos de aclareo, aunque en mayor grado cuanto mayor fue el aporte hídrico recibido, yendo desde una reducción del 23% en S00 hasta una reducción del 34% en R50.

El **número de racimos** por cepa de los tratamientos testigo fue muy similar en todos los regímenes hídricos, aunque el tratamiento R50T mostró un valor medio ligeramente superior al de los otros dos tratamientos. La ejecución del aclareo de racimos, lógicamente, redujo el número de racimos por planta. Adicionalmente, esta operación proporcionó mayor homogeneidad de carga de cosecha entre las plantas de los tratamientos aclareados, de modo que la desviación estándar se vio intensamente reducida con respecto a la mostrada por los tratamientos testigo. Por otro lado, dichos valores de desviación estándar de los tratamientos testigo se apreciaron crecientes con el incremento de aporte hídrico.

El **peso de racimo** se vio claramente favorecido por el incremento de la dosis de riego. En cambio, la ejecución del aclareo provocó el incremento moderado del peso de racimo sólo en el tratamiento de secano, pues los tratamientos de regadío no reflejaron ninguna tendencia definida destacable.

Las diferencias observadas en los valores del peso de racimo fueron mayoritariamente debidas a los valores de **peso de baya**, los cuales se vieron claramente favorecidos por el incremento de aporte hídrico. Sin embargo, el control de rendimiento apenas favoreció una leve tendencia, favorable al aclareo, que fue moderada en el tratamiento de secano y muy reducida en los tratamientos regados.

El **número de bayas por racimo** no mostró influencia clara del régimen hídrico o del control de rendimiento, aunque el tratamiento de secano mostró una ligera tendencia a su favor, incrementada con el aclareo de racimos, respecto al resto de tratamientos, que mostraron valores bastante similares.

El **índice de Ravaz** se vio favorecido por el aporte hídrico, de modo proporcional al aumento de la dosis de riego y, lógicamente, perjudicado por la realización del control de rendimiento a través del aclareo de racimos.

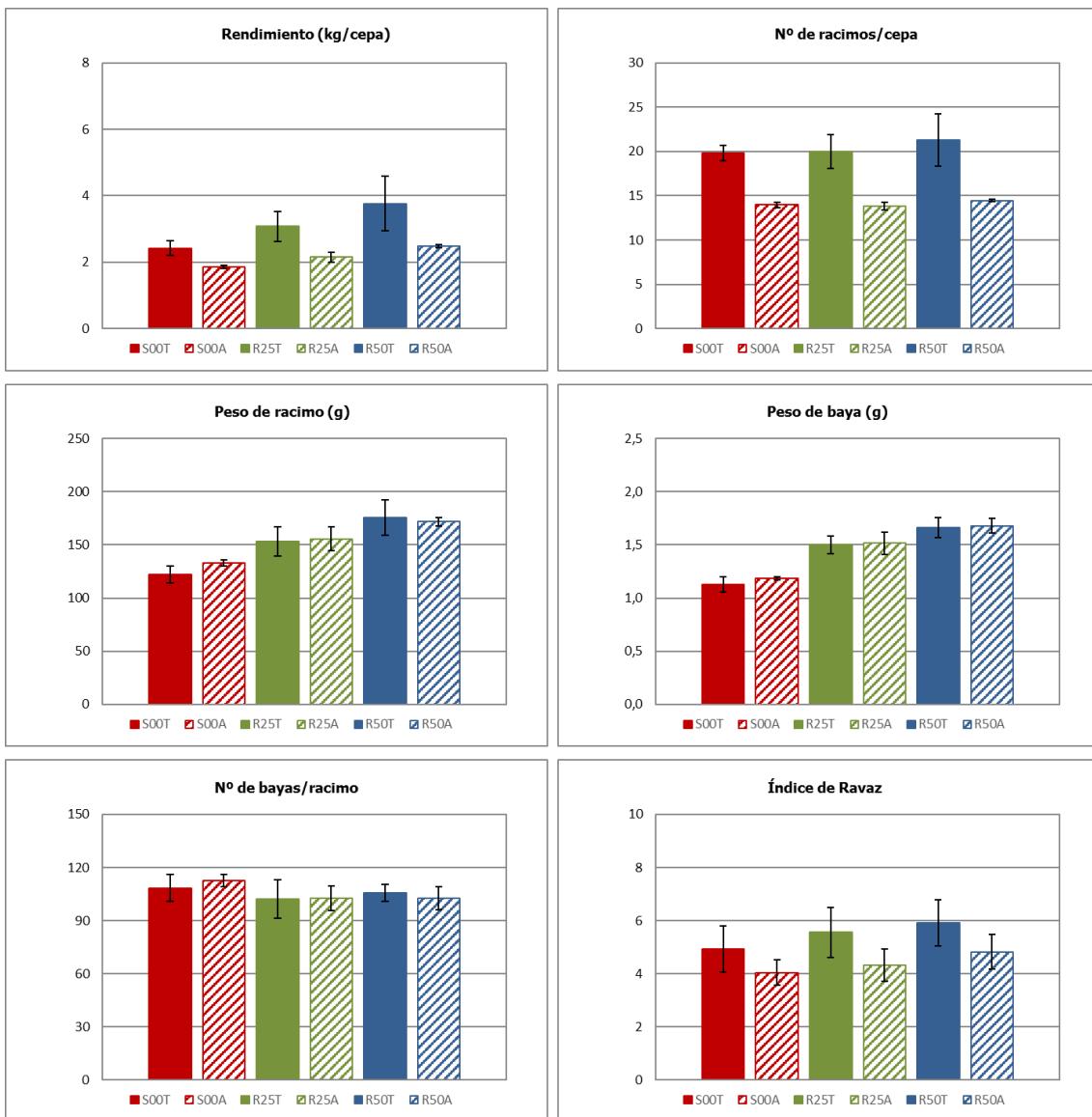


Figura III.104. Valores medios del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** presentó diferencias estadísticamente significativas en el **rendimiento** de cosecha obtenido por los tratamientos, separando el tratamiento R50 de los otros dos tratamientos, a pesar de que los valores medios de R25 también fueron superiores a S00. De hecho, el tratamiento R25 incrementó el 22% la producción de uva y el R50 aumentó el rendimiento el 46%, ambos con respecto a S00.

Estas diferencias de rendimiento apenas se han debido a las diferencias en el **número de racimos** entre tratamientos, ya que los valores fueron similares en S00 y R25, mientras que el tratamiento R50 mostró un valor ligeramente superior, con un incremento cercano al 6% con respecto a los anteriores tratamientos.

Por tanto, las diferencias en los valores de rendimiento se debieron mayormente al **peso de racimo** de cada tratamiento, que se incrementó con el aporte hídrico hasta el

21% en R25 y el 36% en R50, ambos con respecto a S00, de modo que este parámetro mostró diferencias estadísticamente significativas que separaron los tres tratamientos.

A su vez, las diferencias observadas en los valores del peso de racimo se debieron fundamentalmente al **peso de baya** reflejado por cada tratamiento, que también mostró diferencias estadísticamente significativas a favor del aumento del aporte hídrico, segregando los tres regímenes hídricos. En este caso, los valores de los tratamientos regados se vieron incrementados, el 31% en R25 y el 46% en R50, con respecto a S00.

El otro componente del peso de racimo, el **número de bayas** por racimo, fue ligeramente más elevado en el tratamiento de secano que en los tratamientos regados, los cuales mostraron valores similares entre ellos y una reducción media del 7% con respecto al secano.

Por último, el **índice de Ravaz** se vio moderadamente favorecido por el incremento de aporte hídrico, creciendo de modo proporcional al riego recibido, sin haber mostrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los valores obtenidos por los tratamientos fueron moderadamente bajos, especialmente en S00, sin embargo, dichos valores del índice de Ravaz pueden considerarse suficientes, pues se encuentran dentro del rango señalado para plantas equilibradas por Bravdo (2004), Jackson y Lombard (1993) y Martínez de Toda (2007).

Tabla III.180. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2012, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
S00	2,14 b ± 0,33	16,9 ± 3,20	128 c ± 8,2
R25	2,61 b ± 0,58	16,9 ± 3,56	154 b ± 11,6
R50	3,13 a ± 0,88	17,9 ± 4,12	174 a ± 11,4
Media	2,62 ± 0,73	17,2 ± 3,51	152 ± 21,8
RH	**	n.s.	***
2012	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
S00	1,16 c ± 0,06	110 ± 5,9	4,49 ± 0,81
R25	1,51 b ± 0,09	103 ± 8,4	4,94 ± 0,99
R50	1,67 a ± 0,08	104 ± 5,5	5,37 ± 0,92
Media	1,44 ± 0,23	106 ± 7,3	4,93 ± 0,94
RH	***	n.s.	n.s.

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento final, lógicamente a favor del tratamiento testigo, debidas

a una reducción media de la producción del 30%. Estas diferencias fueron provocadas por el 31% de reducción media del número de racimos en el tratamiento de aclareo, que señaló, asimismo, diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos.

Sin embargo, no se apreció influencia alguna debida al control de rendimiento en el peso de racimo ni en sus componentes, el peso de baya y el número de bayas por racimo.

Por el contrario, el índice de Ravaz se vio fuertemente afectado por el aclareo de racimos, de modo que mostró diferencias estadísticamente significativas desfavorables a dicho aclareo de racimos.

Tabla III.181. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2012	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
Testigo	3,09 ± 0,76	20,4 ± 0,58	150 ± 26,0
Aclareo	2,16 ± 0,28	14,1 ± 0,12	153 ± 17,8
Media	2,62 ± 0,73	17,2 ± 0,72	152 ± 21,8
CR	***	***	n.s.
2012	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
Testigo	1,43 ± 0,25	105 ± 7,8	5,47 ± 0,91
Aclareo	1,46 ± 0,23	106 ± 7,2	4,40 ± 0,63
Media	1,44 ± 0,23	106 ± 7,3	4,93 ± 0,94
CR	n.s.	n.s.	***

3.2 Rendimiento y sus componentes en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en el rendimiento de cosecha ni en ninguno de sus componentes, el número de racimos por cepa, el peso de racimo, el peso de baya y el número de bayas por racimo. Del mismo modo, dichos factores tampoco mostraron interacción estadísticamente significativa en el índice de Ravaz.

El **rendimiento** de cosecha se vio intensamente favorecido por el aporte hídrico, de modo que los tratamientos regados mostraron un incremento con respecto al secano, que aumentó proporcionalmente con la dosis de riego recibida. Por el contrario, la ejecución del control de rendimiento redujo sustancialmente la cosecha de los tratamientos aclareados.

El **número de racimos** por cepa se vio ligeramente incrementado por el aumento de la dosis de riego. Por el contrario, la operación de aclareo de racimos redujo lógicamente el número de racimos, igualando los valores de los tratamientos de aclareo entre sí en los tres regímenes hídricos establecidos.

Tabla III.182. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	Rendimiento		Nº de racimos		Peso de racimo	
S00T	3,70	± 0,39	23,1	± 1,53	160	± 8,9
S00A	2,60	± 0,22	15,8	± 0,53	165	± 10,0
R25T	4,12	± 0,18	24,2	± 0,98	171	± 12,9
R25A	3,14	± 0,17	16,0	± 0,11	196	± 9,5
R50T	5,18	± 0,37	25,2	± 0,44	205	± 12,3
R50A	3,61	± 0,14	16,4	± 0,46	220	± 4,7
Media	3,72	± 0,86	20,1	± 4,26	186	± 24,5
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	
2013	Peso de baya		Nº de bayas /racimo		Índice de Ravaz	
S00T	1,48	± 0,11	109	± 9,3	4,97	± 0,77
S00A	1,43	± 0,06	116	± 7,3	3,52	± 0,30
R25T	1,64	± 0,17	105	± 9,3	4,18	± 0,20
R25A	1,72	± 0,10	114	± 7,8	3,33	± 0,23
R50T	1,73	± 0,18	120	± 9,6	4,52	± 0,24
R50A	1,81	± 0,07	122	± 5,1	3,54	± 0,24
Media	1,63	± 0,18	114	± 9,5	4,01	± 0,70
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

El **peso de racimo** mostró una tendencia creciente con el riego y el aclareo de racimos, desde el tratamiento con menor valor, S00T, levemente superado por los tratamientos S00A y R25T, hasta los tratamientos R25A, R50T y R50A, que mostraron valores claramente superiores a los anteriores, incrementados de un modo escalonado.

El valor del **peso de baya** se vio claramente favorecido por el aporte hídrico en los tratamientos de riego. Por el contrario, el aclareo de racimos apenas ejerció un leve efecto que fue variable, siendo ligeramente desfavorable al aclareo en el tratamiento de secano, pero claramente favorable en los tratamientos regados, con respecto al testigo.

El **número de bayas por racimo** no se mostró claramente influenciado por el régimen hídrico, dado que los valores mínimo y máximo los reflejaron R25T y R50A, respectivamente, aunque el tratamiento R50 presentó valores superiores a los otros dos

tratamientos de régimen hídrico. Sin embargo, se apreció la tendencia de valores más elevados del tratamiento de aclareo de racimos respecto al tratamiento testigo dentro de cada régimen hídrico.

El **índice de Ravaz** reflejó valores reducidos en todos los casos, debido al elevado desarrollo foliar de los tratamientos observado este año, especialmente en los tratamientos regados. Dichos tratamientos, a pesar de haber tenido mayor producción que el tratamiento de secano, mostraron valores inferiores del índice de Ravaz. Por el contrario, la ejecución del aclareo de racimos equiparó el valor obtenido en los tres regímenes hídricos.

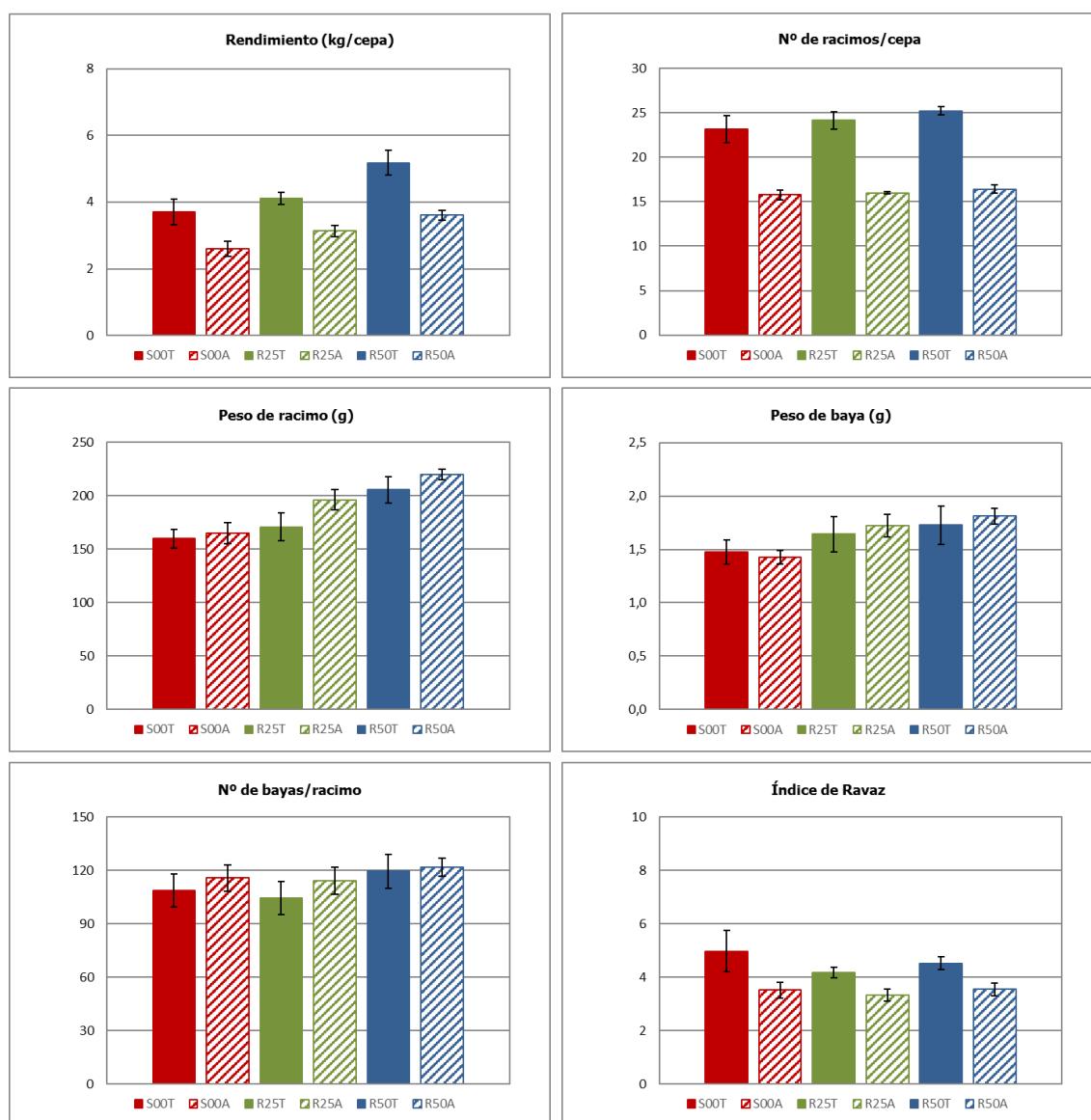


Figura III.105. Valores medios del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2013.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas en el **rendimiento** de cosecha, que separaron los tres tratamientos. Los valores de los tratamientos regados mostraron incrementos del 15%, en el caso de R25, y cercano al 40% en R50, con respecto a S00, diferencias porcentuales que fueron menores que el año anterior.

Estas diferencias de rendimiento se han debido mayormente al **peso de racimo** de cada tratamiento, que se incrementó con el aporte hídrico hasta el 13% en R25 y el 31% en R50, con respecto a S00, de modo que este parámetro mostró diferencias estadísticamente significativas segregando los tres tratamientos. El otro componente del rendimiento, el **número de racimos** por planta, apenas mostró variación entre tratamientos, aunque se apreció una leve tendencia favorable al incremento de la dosis de riego, del 3% en el tratamiento R25 y del 7% en R50, con respecto a S00.

El **peso de baya** reflejó un incremento del 16% en R25 y del 22% en R50, con respecto a S00, de modo que surgieron diferencias estadísticamente significativas que separaron el tratamiento de secano de los regados. El otro componente del peso de racimo, el **número de bayas** por racimo, mostró el valor más reducido en el tratamiento R25, por lo que no se apreció una clara influencia del régimen hídrico. En cualquier caso, surgieron diferencias estadísticamente significativas a favor de R50, mientras que el tratamiento S00 mantuvo una posición intermedia.

Por último, el **índice de Ravaz** se vio moderadamente reducido por la aplicación de riego, de modo que surgieron diferencias estadísticamente significativas a favor de S00, separando dicho tratamiento de R25, mientras que R50 mantuvo una situación intermedia. Los valores del índice señalaron que el desarrollo vegetativo de los tratamientos regados, particularmente R25, fue excesivo para el rendimiento alcanzado, según Bravdo (2004), Jackson y Lombard (1993) y Martínez de Toda (2007).

Por tanto, los tratamientos regados mostraron disponer de una capacidad potencial de maduración de la carga de cosecha más elevada que la realmente desempeñada. Adicionalmente, este exceso de órganos fuente pudo suponer una pérdida de productividad y un empeoramiento del microclima de los racimos y del *canopy* evitables.

Tabla III.183. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2013, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
S00	3,15 c ± 0,66	19,5 b ± 4,09	162 c ± 9,2
R25	3,63 b ± 0,55	20,1 ab ± 4,41	183 b ± 17,1
R50	4,39 a ± 0,88	20,8 a ± 4,73	213 a ± 11,6
Media	3,72 ± 0,86	20,1 ± 4,26	186 ± 24,5
RH	**	*	**
2013	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
S00	1,45 b ± 0,09	112 ab ± 8,6	4,24 a ± 0,95
R25	1,68 a ± 0,13	109 b ± 9,5	3,75 b ± 0,50
R50	1,77 a ± 0,13	121 a ± 7,2	4,03 ab ± 0,57
Media	1,63 ± 0,18	114 ± 9,5	4,01 ± 0,70
RH	*	*	*

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento final, que fueron lógicamente favorables al tratamiento testigo, con una reducción de la producción en el tratamiento de aclareo del 28%.

Estas diferencias fueron debidas a la reducción media del número de racimos, del 34%, en el tratamiento de aclareo, por lo que mostraron, del mismo modo que el rendimiento, diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos.

Al contrario que el año anterior, el peso de racimo sí apreció la influencia del control de rendimiento, mostrando diferencias estadísticamente significativas a favor del aclareo de racimos.

A pesar de la tendencia anterior, que se reflejó tanto en el peso de la baya como en el número de bayas por racimo, a pesar de que en ningún caso se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Tabla III.184. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2013, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2013	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
Testigo	4,33 ± 0,71	24,2 ± 1,31	179 ± 22,8
Aclareo	3,11 ± 0,46	16,0 ± 0,46	194 ± 24,7
Media	3,72 ± 0,86	20,1 ± 4,26	186 ± 24,5
CR	***	***	**
2013	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
Testigo	1,61 ± 0,18	111 ± 10,8	4,56 ± 0,55
Aclareo	1,65 ± 0,19	117 ± 7,0	3,46 ± 0,25
Media	1,63 ± 0,18	114 ± 9,5	4,01 ± 0,70
CR	n.s.	n.s.	***

El índice de Ravaz se vio fuertemente modificado por la aplicación del control de rendimiento, de modo que mostró diferencias estadísticamente significativas desfavorables al aclareo de racimos. De hecho, el valor de dicho tratamiento, inferior a 3,5, puede ser considerado excesivamente bajo.

3.3 Rendimiento y sus componentes en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en el rendimiento de cosecha ni en ninguno de sus componentes, el número de racimos por cepa, el peso de racimo, el peso de baya y el número de bayas por racimo. Del mismo modo, dichos factores de estudio tampoco mostraron interacción estadísticamente significativa en el índice de Ravaz.

El **rendimiento** de cosecha se vio claramente favorecido por el aporte hídrico, de modo que los valores se incrementaron sustancialmente al incrementarse la dosis de riego recibida. Por el contrario, la ejecución del control de rendimiento redujo la cosecha de los tratamientos de aclareo de racimos, de tal modo que las diferencias observadas entre las distintas dosis de riego, dentro de los tratamientos testigo, se estrecharon sensiblemente dentro de los tratamientos de aclareo.

El **número de racimos** de los tratamientos testigo mostró una tendencia creciente proporcional al incremento de la dosis de riego. Contrariamente, la aplicación del aclareo de racimos provocó que los tratamientos aclareados mostraran valores similares entre sí en todas las dosis de riego.

El **peso de racimo** reflejó una tendencia favorable al aporte hídrico. Dicha tendencia se vio favorecida por la ejecución del aclareo, que provocó el incremento del peso de racimo con respecto al tratamiento testigo dentro de cada régimen hídrico.

Tabla III.185. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
S00T	3,18 ± 0,50	20,5 c ± 1,87	155 ± 16,1
S00A	2,78 ± 0,21	16,8 d ± 1,02	166 ± 6,3
R25T	3,69 ± 0,48	23,1 b ± 0,73	160 ± 20,1
R25A	3,05 ± 0,40	17,8 d ± 0,95	171 ± 17,3
R50T	4,41 ± 0,57	24,8 a ± 0,92	178 ± 16,4
R50A	3,31 ± 0,17	17,2 d ± 0,52	193 ± 12,1
Media	3,40 ± 0,65	20,0 ± 3,25	170 ± 18,6
RH x CR	n.s.	**	n.s.
2014	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
S00T	1,52 ± 0,16	102 ± 5,6	5,28 ± 0,79
S00A	1,68 ± 0,14	99 ± 11,0	3,35 ± 0,51
R25T	1,78 ± 0,10	90 ± 10,0	5,10 ± 0,73
R25A	1,79 ± 0,09	96 ± 13,7	3,61 ± 0,62
R50T	1,86 ± 0,10	96 ± 8,5	5,75 ± 0,92
R50A	1,82 ± 0,15	107 ± 12,1	3,89 ± 0,47
Media	1,74 ± 0,16	98 ± 10,7	4,50 ± 1,12
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.

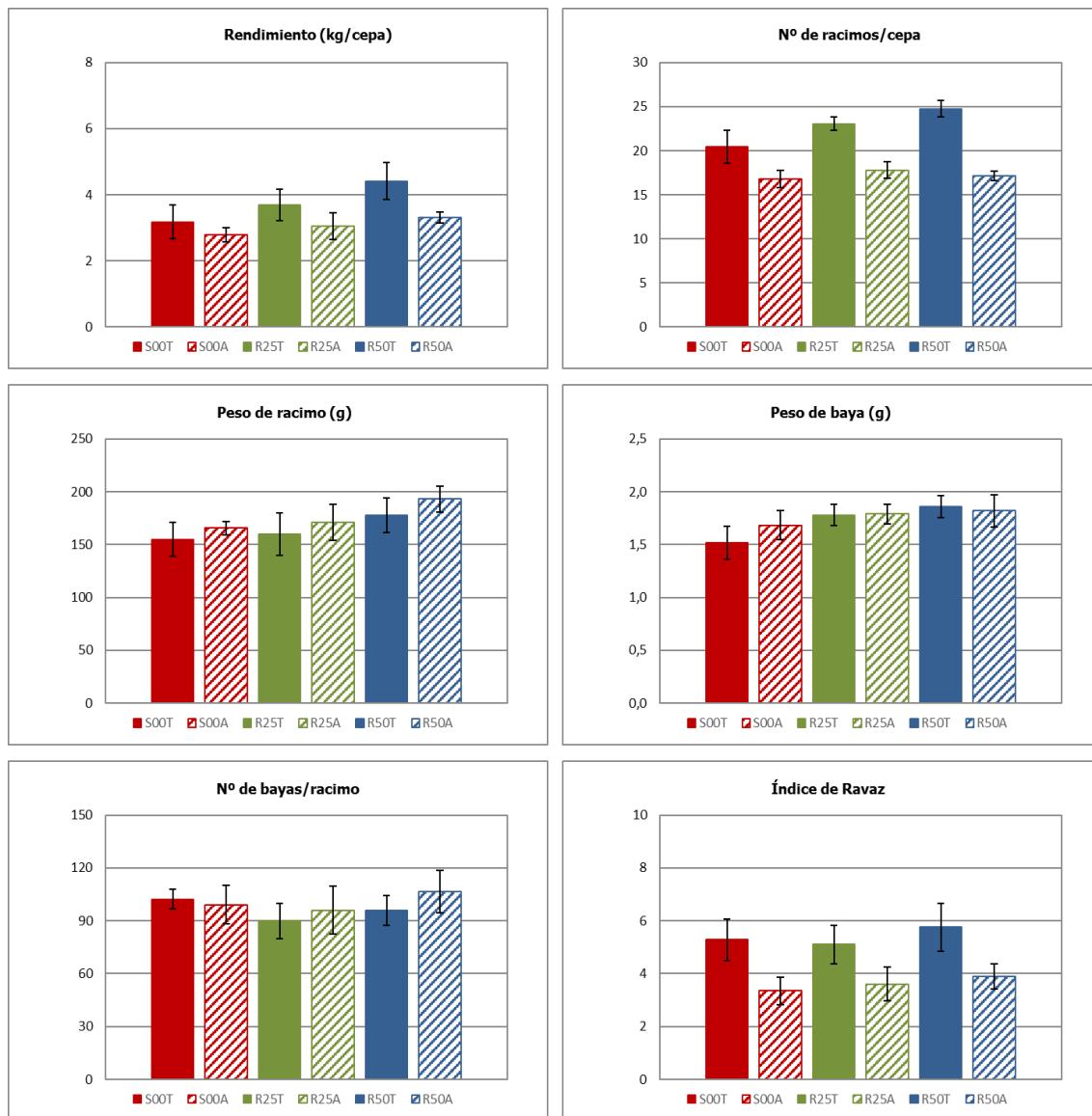


Figura III.106. Valores medios del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en 2014.

El **peso de baya** se incrementó sustancialmente en los tratamientos regados con respecto al tratamiento de secano. El control de rendimiento favoreció el valor del tratamiento de aclareo con respecto al testigo en el tratamiento de secano, pero no influyó en los tratamientos regados.

El **número de bayas por racimo** no mostró una influencia clara del régimen hídrico, dado que el tratamiento R25T obtuvo menor número de bayas por racimo y el R50A mayor número de bayas que el resto de tratamientos. Por el contrario, el control de rendimiento reflejó una ligera tendencia de incremento a favor del aclareo dentro de los tratamientos regados, que no se observó dentro del secano.

El **índice de Ravaz** se vio favorecido en general por el aporte hídrico, aunque el tratamiento R25T estuvo por debajo de lo esperado. En los tratamientos de aclareo, a pesar del lógico descenso de valores del índice, se apreció el aumento escalonado de valor en los tratamientos regados, de modo proporcional a la dosis de riego aplicada.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas en el **rendimiento** de cosecha obtenido por los tratamientos, a pesar de la clara tendencia de incremento de producción derivada del aumento del riego aportado. De hecho, el tratamiento R25 alcanzó un incremento de rendimiento del 13%, mientras que el tratamiento R50 incrementó dicho rendimiento el 30%, ambos con respecto a S00.

Por el contrario, en el **número de racimos** por planta surgieron diferencias estadísticamente significativas a favor de los tratamientos regados con respecto al tratamiento de secano, que no llegó a separar ambas dosis de riego, debido a la escasa diferencia entre el tratamiento R50 y el tratamiento R25, que fue de sólo medio racimo a favor del primero.

El **peso de racimo**, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas, indicó una tendencia a favor del tratamiento más regado, que alcanzó un valor el 16% superior al de S00, mientras que el valor de R25 fue muy parecido al de S00.

El **peso de baya** mostró una tendencia de incremento favorable al aumento de la dosis de riego, pero sin llegar a señalar diferencias estadísticamente significativas entre las dos dosis de riego, de modo que dichas diferencias sólo separaron los tratamientos regados del tratamiento de secano.

El **número de bayas** por racimo mostró valores similares en los tratamientos S00 y R50, siendo el valor de R25 ligeramente inferior, de modo que no surgieron diferencias estadísticamente significativas.

El **índice de Ravaz** se vio claramente incrementado en el tratamiento R50, de modo que éste mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a S00 y R25. Aunque dichos valores señalaron que los tratamientos, incluso en el caso más productivo, han aprovechado moderadamente su capacidad potencial de maduración.

Tabla III.186. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
S00	2,98 ± 0,42	18,6 b ± 2,41	160 ± 12,7
R25	3,37 ± 0,53	20,4 a ± 2,92	166 ± 18,3
R50	3,86 ± 0,71	21,0 a ± 4,12	185 ± 15,6
Media	3,40 ± 0,65	20,0 ± 3,25	170 ± 18,6
RH	n.s.	*	n.s.
2014	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
S00	1,60 b ± 0,16	101 ± 8,3	4,31 b ± 1,21
R25	1,78 a ± 0,09	93 ± 11,6	4,35 b ± 1,01
R50	1,84 a ± 0,12	101 ± 11,3	4,82 a ± 1,20
Media	1,74 ± 0,16	98 ± 10,7	4,50 ± 1,12
RH	*	n.s.	*

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento final, lógicamente a favor del tratamiento testigo. Sin embargo, este año la reducción media de la producción debida al control de rendimiento fue sólo del 19%.

Estas diferencias fueron debidas a la reducción del número de racimos en el tratamiento de aclareo, en torno al 24%, que reflejó diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos.

Esta reducción del número de racimos por planta provocó cierto comportamiento compensatorio, de modo que el tratamiento de aclareo ocasionó un incremento del 8% en el peso de racimo con respecto al tratamiento testigo, que mostró diferencias estadísticamente significativas.

El incremento del peso de racimo del tratamiento de aclareo se debió mayormente a la diferencia en el peso de baya, mostrando en dicho tratamiento mayor valor que en el tratamiento testigo, a pesar de no haber alcanzado diferencias estadísticamente significativas. El número de bayas por racimo también resultó ligeramente superior en el tratamiento de aclareo que en el tratamiento testigo, sin obtener diferencias estadísticamente significativas.

El índice de Ravaz se mostró fuertemente influido por el control de rendimiento, de modo que surgieron diferencias estadísticamente significativas claramente desfavorables al aclareo de racimos.

Tabla III.187. Valor medio y desviación estándar del **rendimiento** (kg/cepa), del **número de racimos** por cepa, del **peso de racimo** (g), del **peso de baya** (g), del **número de bayas por racimo** y del **índice de Ravaz**, en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***)

2014	Rendimiento	Nº de racimos	Peso de racimo
Testigo	3,76 ± 0,71	22,8 ± 2,17	164 ± 18,9
Aclareo	3,05 ± 0,34	17,2 ± 0,89	177 ± 16,9
Media	3,40 ± 0,65	20,0 ± 3,25	170 ± 18,6
CR	***	***	*
2014	Peso de baya	Nº de bayas /racimo	Índice de Ravaz
Testigo	1,72 ± 0,19	96 ± 9,1	5,38 ± 0,79
Aclareo	1,76 ± 0,13	101 ± 12,1	3,62 ± 0,54
Media	1,74 ± 0,16	98 ± 10,7	4,50 ± 1,12
CR	n.s.	n.s.	***

3.4 Valoración de Rendimiento y sus componentes

El análisis de ambos factores no ha mostrado interacción estadística en el rendimiento o sus componentes ningún año del periodo de estudio.

El rendimiento se vio favorecido por el aporte hídrico, de modo que el tratamiento R50 mostró producciones superiores a R25 todos los años, aunque el incremento de rendimiento no fue proporcional al aumento de la dosis de riego.

La aplicación del aclareo de racimos lógicamente redujo el rendimiento de los tratamientos aclareados, de tal modo que redujo sustancialmente las diferencias de rendimiento observadas en los tratamientos testigo entre las distintas dosis de riego.

El aclareo de racimos provocó que el número de racimos por cepa fuese significativamente inferior en los tratamientos aclareados y proporcionando mayor homogeneidad de carga de cosecha entre las plantas.

Sin embargo, la reducción de dicho componente del rendimiento mostró menor influencia de lo esperado en el rendimiento, al producirse cierto efecto de compensación debido al incremento del peso de racimo, que fue especialmente notable en 2013 y 2014. Este resultado estuvo en consonancia con Palliotti y Cartechini (2000), pero fue opuesto a lo señalado por Gamero *et al.* (2014) y Gatti *et al.* (2012). Adicionalmente, el

incremento de aporte hídrico favoreció una moderada tendencia a presentar mayor número de racimos.

El peso de racimo destacó por su relevancia en los valores de rendimiento, dado que se vio fuertemente favorecido por el aporte hídrico, especialmente en 2013. Por el contrario, el aclareo de racimos mostró en el peso de racimo una influencia variable a lo largo de los distintos años de estudio. Esta técnica en 2012 favoreció al tratamiento S00, pero no influyó en los tratamientos regados, mientras que el año siguiente, los tratamientos de aclareo regados se mostraron favorecidos y el secano no mostró influencia reseñable. El último año, todos los tratamientos de aclareo se vieron favorecidos, independientemente del régimen hídrico soportado.

El peso de baya fue el parámetro que más influyó en el peso de racimo. Se vio favorecido por el aporte hídrico e incrementado por el aumento de la dosis de riego, aunque no proporcionalmente a la dosis recibida. Las mayores diferencias respecto al secano se produjeron en 2012, de modo que el estrés hídrico soportado por este tratamiento repercutió negativamente en el peso de baya alcanzado, de acuerdo con des Gachons *et al.*(2005) y Matthews y Anderson (1988), mientras que los otros años, al sufrir menor estrés hídrico, las diferencias del secano con respecto a los tratamientos regados fueron menores.

El aclareo de racimos favoreció el peso de baya del tratamiento de secano en 2012 y 2014, mientras que los tratamientos regados apenas se mostraron afectados esos años, Contrariamente, estos tratamientos parecieron verse beneficiados por el aclareo en 2013, siendo el tratamiento de secano el que se mostró ligeramente desfavorecido.

El segundo componente del peso de racimo, el número de bayas por racimo, no mostró tendencia destacable debida al régimen hídrico o al control de rendimiento durante el periodo de estudio.

Por último, el índice de Ravaz se vio favorecido por el aporte hídrico principalmente en 2012, debido al incremento de rendimiento que provocó, mientras que los otros dos años de estudio su valor se vio atenuado por el mayor desarrollo vegetativo obtenido por los tratamientos regados. Adicionalmente, el control de rendimiento redujo el valor en todos los tratamientos de régimen hídrico, aunque mantuvo la ventaja de los tratamientos regados todos los años excepto en 2013, cuando los tres regímenes hídricos presentaron valores similares.

4. PRODUCTIVIDAD GLOBAL

4.1 Productividad global en 2012

El análisis de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en el peso seco de hojas, sarmientos, racimos, racimas o el conjunto de todos ellos.

Tabla III.188. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor <0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	Hojas		Sarmientos		Racimos		Racimas		Materia seca total	
S00T	314	± 19	232	± 37	457	± 60	36	± 18	1039	± 62
S00A	304	± 94	218	± 21	369	± 18	40	± 8	931	± 100
R25T	337	± 66	262	± 30	575	± 85	57	± 23	1230	± 98
R25A	361	± 78	230	± 49	426	± 35	64	± 42	1081	± 184
R50T	381	± 62	310	± 37	689	± 195	114	± 73	1495	± 247
R50A	383	± 87	250	± 36	494	± 14	102	± 33	1229	± 162
Media	347	± 71	251	± 44	501	± 135	69	± 46	1167	± 230
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

En la figura III.107 se puede observar la **distribución porcentual de materia seca** en los órganos renovables de cada tratamiento experimental. El porcentaje de materia seca de hojas, mayormente, así como el porcentaje de sarmientos, mostraron un ligero descenso con respecto a la materia seca total cuando se produjo aporte hídrico, debido a que los tratamientos de regadío desarrollaron mayor cuantía de órganos reproductivos. Contrariamente, el aclareo de racimos provocó, con la lógica reducción del rendimiento, la atenuación de dicha tendencia observada en los tratamientos testigo de cada régimen hídrico.

Aunque los órganos sumidero se vieron claramente favorecidos por el aporte hídrico, el incremento de la dosis de riego solamente aumentó el porcentaje de materia seca de racimas, ya que el porcentaje de materia seca de racimos no se vio favorecido de modo remarcable.

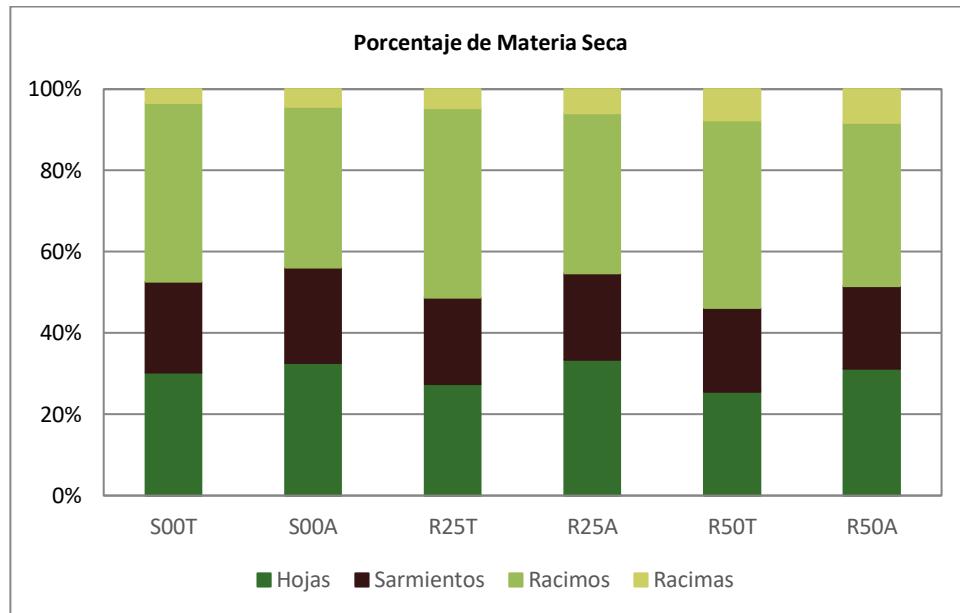


Figura III.107. Porcentaje del peso de la materia seca de **hojas, sarmientos, racimos y racimas** respecto al peso de la **materia seca total** de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**, en **2012**.

El estudio del **régimen hídrico** mostró una tendencia favorable al aporte hídrico en el peso seco de todos los órganos, aunque sin obtener diferencias estadísticamente significativas en hojas y sarmientos.

Sin embargo, las diferencias fueron estadísticamente significativas en la producción de materia seca de racimos, favorables a R50 con respecto a S00, mientras que el tratamiento R25 mantuvo una posición intermedia, así como, en el peso seco de racimas, que en este caso separaron al tratamiento más regado del resto.

La materia seca total generada por los tratamientos reflejó diferencias estadísticamente significativas a favor de R50, con respecto a S00 y R25, de modo que los tratamientos regados mostraron un incremento del 38%, en el caso de R50, y del 17%, en el caso del tratamiento R25, con respecto a S00.

Tabla III.189. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2012**, de los tratamientos **S00, R25 y R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor < 0,05 (*); < 0,01 (**); < 0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	Hojas		Sarmientos		Racimos		Racimas		Materia seca total		
S00	309	±	63	225	±	29	413	b	±	63	985 b ± 96
R25	349	±	68	246	±	41	500	ab	±	100	1155 b ± 158
R50	382	±	70	280	±	46	592	a	±	165	1362 a ± 240
Media	347	±	71	251	±	44	501		±	135	1167 ± 230
RH	n.s.		n.s.		*		*		**		

El análisis del **control de rendimiento** no indicó diferencias estadísticamente significativas en la materia seca de hojas, dada la escasa ventaja del tratamiento de aclareo. Por el contrario, el peso seco de sarmientos y de racimos mostró diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento testigo, mientras que la materia seca de racimas mantuvo valores similares en ambos tratamientos.

La materia seca total mostró diferencias estadísticamente significativas favorables al tratamiento testigo, debido a que el tratamiento de aclareo redujo el peso seco el 14% respecto al testigo.

Tabla III.190. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
Testigo	344 ± 56	268 ± 46	573 ± 152	69 ± 54	1255 ± 242
Aclareo	349 ± 85	233 ± 36	430 ± 58	69 ± 39	1080 ± 188
Media	347 ± 71	251 ± 44	501 ± 135	69 ± 46	1167 ± 230
CR	n.s.	*	**	n.s.	*

4.2 Productividad global en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, mostró interacción estadísticamente significativa en el peso seco de hojas, pero no en el resto de órganos renovables.

Los valores de materia seca de hojas de los tratamientos se vieron favorecidos por el incremento de aporte hídrico, fundamentalmente, y por la reducción de carga de cosecha, de modo más ligero. Los tratamientos se graduaron escalonadamente, de manera que el tratamiento con mayor peso seco de hojas fue R50T, siguiéndole en orden descendente el resto de tratamientos, aunque R25A y R50A se mantuvieron agrupados a dicho tratamiento. A su vez, estos dos tratamientos estuvieron agregados con R25T y S00A, por lo que S00T quedó segregado del resto de tratamientos, excepto de los dos últimos citados. En definitiva, la materia seca de hojas aumentó con el aporte hídrico, mientras que el aclareo también favoreció el incremento de materia seca en secano y con la dosis baja de riego, pero lo perjudicó dentro del régimen hídrico más regado.

En el resto de órganos renovables, los valores de materia seca mostraron una tendencia también creciente con el aporte hídrico, mientras que el aclareo apenas modificó la cantidad de materia seca en sarmientos y racimas, en S00 y R25, pero la

redujo en R50. En cuanto al peso de racimos, los valores fueron fuertemente reducidos en los tratamientos de aclareo de racimos.

Todo ello condujo a que la materia seca total mostrase interacción estadísticamente significativa entre los factores estudiados, de modo que los tratamientos se escalonaron siguiendo una gradación decreciente similar a la observada en el peso seco de hojas, aunque agrupados de distinto modo. Así, R50T mantuvo el valor superior, discriminándose de los tratamientos R50A, R25T y R25A, los cuales, a su vez, se diferenciaron de S00T y S00A.

Tabla III.191. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	Hojas		Sarmientos		Racimos		Racimas		Materia seca total								
S00T	428	c	±	86	387	±	34	693	±	81	13	±	1	1518	c	±	94
S00A	517	bc	±	152	391	±	17	528	±	18	12	±	6	1449	c	±	150
R25T	543	bc	±	38	509	±	48	723	±	80	20	±	10	1795	b	±	151
R25A	671	ab	±	132	489	±	44	573	±	49	35	±	17	1768	b	±	214
R50T	760	a	±	93	592	±	62	923	±	89	48	±	17	2322	a	±	204
R50A	595	ab	±	74	520	±	20	667	±	42	45	±	24	1826	b	±	103
Media	586		±	142	481	±	82	685	±	141	29	±	20	1780		±	320
RH x CR	*		n.s.		n.s.		n.s.		**								

El **porcentaje de materia seca** de hojas mostró una ligera tendencia de ascenso con el aporte hídrico, habiendo pasado del 28%, mostrado por S00T, al 38% que alcanzó R25A. Por otro lado, la ejecución del aclareo de racimos favoreció el incremento del porcentaje de peso seco de hojas en los tratamientos de régimen hídrico S00 y R25, pero no en R50, que mostró valores similares en ambos niveles de carga. Sin embargo, el porcentaje de materia seca de sarmientos apenas mostró efecto notable derivado de los tratamientos experimentales.

El porcentaje de materia seca de racimos en los tratamientos testigo fue superior en el tratamiento de secano que en los tratamientos regados, debido al mayor desarrollo vegetativo que alcanzaron dichos tratamientos. De hecho, la ejecución del aclareo de racimos agudizó la situación, aunque redujo en los tratamientos aclareados la diferencia existente entre los tratamientos testigo en los distintos regímenes hídricos.

El porcentaje de peso seco de racimas se mostró levemente favorecido por el aporte hídrico y el incremento de la dosis de riego aplicada, mientras que la ejecución del aclareo

de racimos reflejó una tendencia favorable al incremento porcentual de dicho peso seco, aunque moderada y prácticamente sólo en los tratamientos regados.

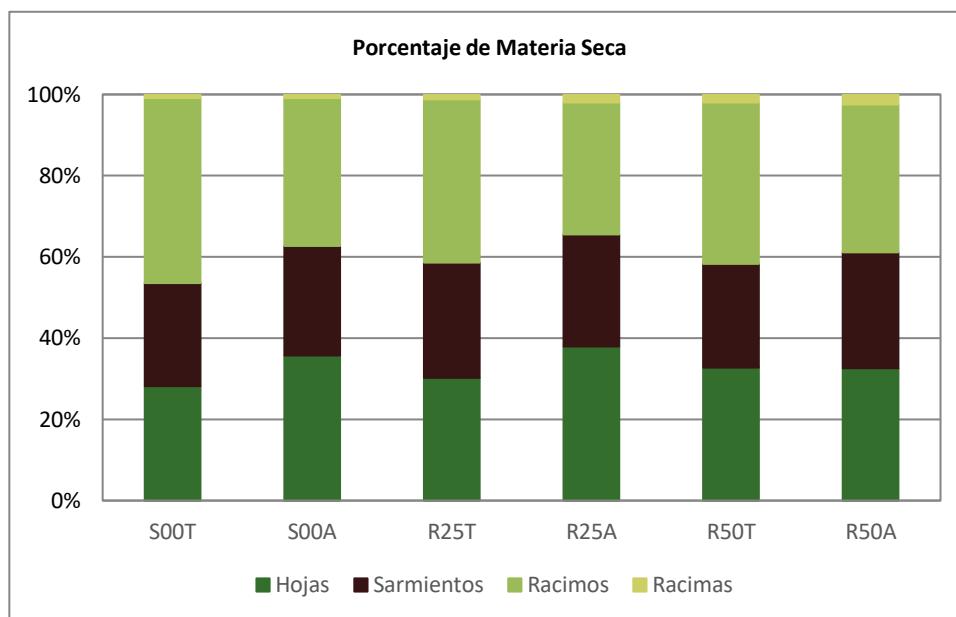


Figura III.108. Porcentaje del peso de la materia seca de **hojas, sarmientos, racimos y racimas** respecto al peso de la **materia seca total** de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**, en **2013**.

El estudio del **régimen hídrico** mostró una tendencia favorable del aporte hídrico al incremento del peso seco de todos los órganos renovables, alcanzando diferencias estadísticamente significativas en todos los casos, excepto en la materia seca de racimas, debido a la elevada desviación estándar de los tratamientos regados observada en dicho parámetro.

Las diferencias estadísticamente significativas de la materia seca de hojas fueron favorables a los tratamientos regados, con mayor valor en R50 que en R25, separándolos del secano, mientras que, en el caso del peso seco de sarmientos, discriminaron los tres tratamientos hídricos entre sí.

El peso seco de racimos mostró diferencias estadísticamente significativas favorables a R50, separándolo de los otros dos tratamientos, aunque R25 mostró un valor superior a S00, en cambio, la materia seca de racimas mostró una tendencia favorable al aporte hídrico que no pudo alcanzar diferencias estadísticamente significativas.

La materia seca total reflejó diferencias estadísticamente significativas debidas al riego, de tal modo que separaron los tres tratamientos hídricos, siendo favorables a R50 y desfavorables a S00. De hecho, la materia seca total producida por los tratamientos regados se incrementó el 20% en R25 y el 40% en R50 con respecto a S00.

Tabla III.192. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
S00	473 b ± 124	389 c ± 25	611 b ± 103	13 ± 4	1483 c ± 122
R25	607 a ± 113	499 b ± 44	648 b ± 101	28 ± 15	1782 b ± 172
R50	677 a ± 118	556 a ± 57	795 a ± 151	46 ± 19	2074 a ± 304
Media	586 ± 142	481 ± 82	685 ± 141	29 ± 20	1780 ± 320
RH	*	**	*	n.s.	**

El análisis del **control de rendimiento** no indicó diferencias estadísticamente significativas en la materia seca de hojas ni de sarmientos, debido a la similitud de valores de los tratamientos, aunque la tendencia favorable al testigo del último parámetro quedó muy cerca del nivel mínimo de significación.

El peso seco de racimos mostró una tendencia claramente favorable al tratamiento testigo, reflejada con diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario, el peso seco de racimas no mostró una tendencia reseñable entre tratamientos, mostrando valores reducidos, los menores del periodo interanual de estudio, en ambos tratamientos.

El peso de materia seca total señaló diferencias estadísticamente significativas favorables al tratamiento testigo, debido a la eliminación de racimos, ya que el tratamiento de aclareo redujo dicho peso en más de un 10%.

Tabla III.193. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
Testigo	577 ± 159	496 ± 99	780 ± 131	28 ± 19	1879 ± 376
Aclareo	594 ± 130	467 ± 63	589 ± 70	31 ± 21	1681 ± 227
Media	586 ± 142	481 ± 82	685 ± 141	29 ± 20	1780 ± 320
CR	n.s.	n.s.	***	n.s.	**

4.3 Productividad global en 2014

El análisis de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en el peso seco de hojas, sarmientos, racimos, racimas o en la materia seca total.

Tabla III.194. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2014**, de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
S00T	385 ± 71	380 ± 43	602 ± 129	22 ± 3	1390 ± 229
S00A	419 ± 42	427 ± 52	552 ± 55	23 ± 7	1421 ± 59
R25T	487 ± 59	440 ± 73	692 ± 109	29 ± 9	1647 ± 183
R25A	462 ± 27	472 ± 83	605 ± 84	82 ± 57	1621 ± 154
R50T	463 ± 60	491 ± 111	837 ± 112	52 ± 27	1843 ± 167
R50A	483 ± 61	507 ± 48	658 ± 25	84 ± 38	1731 ± 84
Media	450 ± 61	453 ± 77	658 ± 125	49 ± 38	1609 ± 215
RH x CR	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

El **porcentaje de materia seca** de hojas y sarmientos no se vio sustancialmente modificado por el régimen hídrico, aunque debido al aclareo de racimos, los tratamientos sometidos a esta operación mostraron un leve incremento del porcentaje de órganos fuente con respecto a los órganos sumidero.

El porcentaje de materia seca de racimos y racimas sólo se incrementó moderadamente con la dosis de riego más elevada, dado que R25 mostró valores similares al secano.

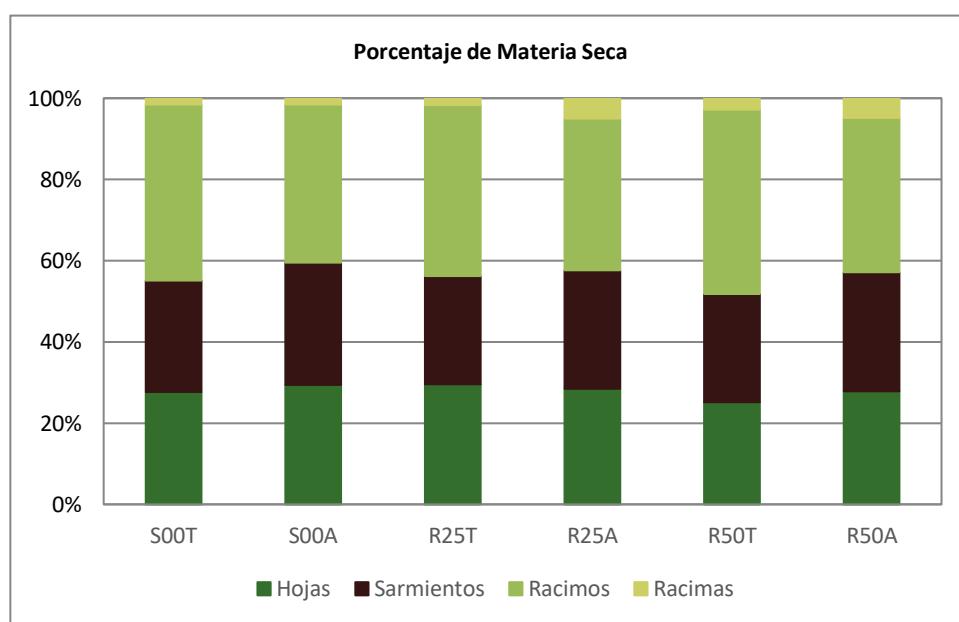


Figura III.109. Porcentaje del peso de la materia seca de **hojas, sarmientos, racimos** y **racimas** respecto al peso de la **materia seca total** de los tratamientos **S00T, S00A, R25T, R25A, R50T y R50A**, en **2014**.

La producción de racimas en los tratamientos regados fue superior en los tratamientos aclareados que en los tratamientos testigo, mientras que en el tratamiento de secano no se han observado diferencias entre niveles de carga.

El análisis del **régimen hídrico** mostró una tendencia favorable del riego al incremento de peso seco de todos los órganos renovables, mostrando diferencias estadísticamente significativas, excepto en la materia seca de hojas y racimos, debido a la elevada desviación estándar de los valores.

Las diferencias estadísticamente significativas de la materia seca de sarmientos y de racimas se mostraron favorables al tratamiento más regado y desfavorables al secano, mientras que el tratamiento R25 mantuvo una posición intermedia.

La materia seca total mostró diferencias estadísticamente significativas que separaron los tratamientos regados del secano, aunque la materia seca total producida se incrementó el 16% en R25 y el 27% en R50 con respecto a S00.

Tabla III.195. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
S00	402 ± 57	404 b ± 51	577 ± 96	22 b ± 5	1406 b ± 155
R25	475 ± 44	456 ab ± 74	648 ± 102	55 ab ± 47	1634 a ± 158
R50	473 ± 57	499 a ± 80	747 ± 122	68 a ± 35	1787 a ± 136
Media	450 ± 61	453 ± 77	658 ± 125	49 ± 38	1609 ± 215
RH	n.s.	*	n.s.	*	**

El estudio del **control de rendimiento** reflejó una tendencia de incremento del tratamiento de aclareo en el peso seco de hojas, sarmientos y racimas, y de descenso en el peso de racimos y en la materia seca total, con respecto al tratamiento testigo.

Sin embargo, únicamente el peso seco de racimos, favorable al testigo, alcanzó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque la tendencia del peso seco de racimas, favorable al aclareo de racimos, logró un nivel cercano a la significación estadística.

Por último, el aclareo de racimos redujo la materia seca total generada solamente el 2%, siendo la menor reducción de todo el periodo de estudio, de modo que no surgieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a pesar de la eliminación de racimos efectuada en el aclareo.

Tabla III.196. Valor medio y desviación estándar de la materia seca de **hojas** (g/cepa), **sarmientos** (g/cepa), **racimos** (g/cepa) y **racimas** (g/cepa) y de **materia seca total** (g/cepa), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	Hojas	Sarmientos	Racimos	Racimas	Materia seca total
Testigo	445 ± 73	437 ± 87	710 ± 146	34 ± 20	1627 ± 262
Aclareo	454 ± 50	469 ± 66	605 ± 70	63 ± 47	1591 ± 165
Media	450 ± 61	453 ± 77	658 ± 125	49 ± 38	1609 ± 215
CR	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.

4.4 Valoración de la productividad global

La materia seca total producida por los tratamientos experimentales, estimada a través del peso seco de los distintos órganos renovables, se ha visto muy influenciada por las condiciones hídricas anuales, aunque de diverso modo según el tratamiento de régimen hídrico observado.

Al comparar 2012 y 2013, los años de menor y mayor disponibilidad hídrica, respectivamente, la producción de materia seca total de todos los tratamientos de régimen hídrico se incrementó más del 50% en el segundo año.

Las diferencias entre 2013 y 2014 mostraron un descenso generalizado de la materia seca total, debido a que en el último año la disponibilidad hídrica fue mucho más moderada, aunque dicha reducción varió en función del régimen hídrico soportado. La mayor disminución fue mostrada por el tratamiento más regado, con un descenso del 14%, mientras que el secano señaló un descenso del 5% y el tratamiento R25 mantuvo una posición intermedia entre ambos.

Podría señalarse que el aporte hídrico en 2013 provocó un excesivo desarrollo de biomasa, especialmente en el caso de R50, dado que el secano mostró un porcentaje de reducción de la materia seca total menor que los tratamientos regados. Además, al comparar la materia seca total en 2012 y 2014, el valor del tratamiento R50 se incrementó el 30%, mientras que el valor de S00 y R25 aumentó de modo similar, el 40%. Por tanto, en 2012, la dosis de riego aplicada al tratamiento R25 habría sido insuficiente para modificar significativamente su comportamiento con respecto al secano.

En cualquier caso, el peso seco de hojas y de sarmientos se ha visto claramente favorecido por el aporte hídrico, incrementándose proporcionalmente con la dosis recibida. El aclareo de racimos provocó una respuesta menos clara, aunque se observó una tendencia que favoreció al tratamiento de aclareo en el peso seco de hojas, que, en general, fue contraria en el peso seco de sarmientos. Esto quizás fue debido a que la

ejecución del aclareo fomentó en mayor grado el desarrollo de nietos que no significaron adecuadamente, desprendiéndose del sarmiento antes de la poda, de modo que el peso de madera de poda no reflejó dicha materia seca generada.

El tratamiento de secano mostró una tendencia hacia mayor porcentaje de peso seco de hojas que los tratamientos regados, todos los años de estudio, aunque sólo surgieron diferencias estadísticamente significativas en 2013. Dicha tendencia está en consonancia con lo indicado por Król y Weidner (2017).

En 2012 destacó el menor porcentaje de peso seco de sarmientos con respecto al total de órganos renovables, en todos los tratamientos experimentales, que el observado en 2013 y 2014. Dicha disminución probablemente indica que los tratamientos lograron menor acumulación de reservas en dicho ciclo productivo.

El régimen hídrico mostró diferencias sustanciales entre tratamientos en el peso seco de racimos, que fueron favorables al aporte hídrico, incrementándose en general de modo proporcional a la dosis de riego recibida.

Sin embargo, las condiciones ambientales de 2013 provocaron que los tratamientos S00 y R25 produjeran valores de materia seca de racimos similares, aunque algo mayores en R25. Respecto a su distribución porcentual, dicho año se produjo una reducción del porcentaje de materia seca de racimos en los tratamientos regados, similar en ambas dosis, con respecto al porcentaje del tratamiento de secano. Esta reducción, que no se observó en los otros dos años de estudio, fue debida al elevado desarrollo vegetativo alcanzado por los tratamientos regados.

La ejecución del aclareo de racimos, lógicamente, provocó un descenso del peso seco de racimos con respecto al tratamiento testigo dentro de cada régimen hídrico, aunque esta reducción se vio moderadamente incrementada por el aporte hídrico.

El peso seco de racimas reflejó en los tratamientos una tendencia de incremento proporcional al aporte hídrico recibido, aunque este valor varió sustancialmente cada año. De hecho, es llamativo que el año con mayor peso seco de racimas, en todos los tratamientos experimentales, fue 2012, el más seco del periodo interanual y, contrariamente, el año que mostró menor peso de seco de racimas fue 2013, el más húmedo del periodo de estudio. Contrariamente, el aclareo de racimos no mostró influencia remarcable en el peso de materia seca de racimas en 2012 ni en 2013, pero en 2014 los valores fueron favorables al tratamiento de aclareo de racimos.

En definitiva, el régimen hídrico influyó significativamente en los valores de materia seca total de los tratamientos, incrementando el peso seco total con el aporte hídrico, de modo proporcional a la dosis de riego. El aclareo de racimos alteró dicha tendencia,

debido a la reducción del peso seco de racimos que provocó, pero los tratamientos aclareados mantuvieron la misma distribución escalonada en función del régimen hídrico que los tratamientos testigo.

5. COMPOSICIÓN DE LA UVA

La composición de la uva de los tratamientos experimentales fue estudiada a través de los siguientes parámetros de composición del mosto obtenido en la fecha de vendimia:

- Sólidos solubles totales (SST, °Brix)
- pH
- Acidez titulable (AT, g TH₂/L)
- Ácido tartárico (TH₂, g/L)
- Ácido málico (MH₂, g/L)
- Potasio (K⁺, ppm)

5.1 Composición de la uva en 2012

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en ninguno de los parámetros de composición del mosto.

Tabla III.197. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), concentración de ácido tartárico (**TH₂**, g/L), concentración de ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2012**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	SST		pH		AT	
S00 T	22,3	± 0,1	3,45	± 0,05	5,27	± 0,13
S00 A	22,9	± 0,3	3,50	± 0,03	4,79	± 0,11
R25 T	22,6	± 0,2	3,43	± 0,01	4,42	± 0,10
R25 A	23,7	± 0,4	3,50	± 0,03	4,26	± 0,11
R50 T	23,4	± 0,6	3,49	± 0,06	4,44	± 0,14
R50 A	23,9	± 0,3	3,55	± 0,03	4,22	± 0,13
Media	23,1	± 0,7	3,49	± 0,05	4,57	± 0,39
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	
2012	TH₂		MH₂		K⁺	
S00 T	9,34	± 0,33	0,55	± 0,10	1778	± 54
S00 A	8,63	± 0,40	0,61	± 0,03	1795	± 37
R25 T	7,02	± 0,10	0,71	± 0,10	1532	± 61
R25 A	6,72	± 0,32	0,76	± 0,11	1605	± 66
R50 T	6,69	± 0,22	0,99	± 0,18	1469	± 26
R50 A	6,49	± 0,33	1,02	± 0,16	1558	± 67
Media	7,48	± 1,15	0,77	± 0,21	1623	± 134
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

La concentración de **sólidos solubles totales** se vio moderadamente favorecida por el aporte hídrico, de modo que los valores de los tratamientos regados mostraron un incremento con respecto al valor del secano, creciente con la dosis de riego recibida. El tratamiento de aclareo de racimos incrementó significativamente el contenido de azúcar con respecto al tratamiento testigo, dentro de cada régimen hídrico. De modo que aceleró la maduración en los tratamientos aclareados, adelantando la fecha de vendimia una semana.

El **pH** se incrementó ligeramente en R50, respecto a los otros regímenes hídricos, así como en el tratamiento aclareado con respecto al tratamiento testigo, dentro de cada régimen hídrico. De hecho, los tratamientos R25T y R25A reflejaron, respectivamente, valores similares a S00T y S00A.

La **acidez titulable** se vio perjudicada por el riego, de modo que los tratamientos regados redujeron su acidez con respecto al tratamiento de secano. Además, los tratamientos de aclareo de racimos mostraron cierta tendencia de reducción de los valores de acidez con respecto a los tratamientos testigo.

La concentración de **ácido tartárico** se redujo con la aplicación de riego de modo similar al parámetro anterior, aunque con mayor diferencia entre el tratamiento de secano y los tratamientos regados. Adicionalmente, el aclareo de racimos provocó una reducción de la concentración, que fue moderada en los tratamientos regados y de mayor cuantía en el régimen de secano.

La concentración de **ácido málico** reflejó un comportamiento contrario a la del ácido tartárico, dado que su valor se incrementó notable y gradualmente al aumentar el aporte hídrico. Asimismo, el aclareo de racimos favoreció ligeramente la concentración de ácido málico, aunque moderadamente en todos los regímenes hídricos. En cualquier caso, los valores de todos los tratamientos fueron sustancialmente bajos, debido a las severas condiciones ambientales del ciclo.

La concentración de **potasio** se vio reducida por el aporte hídrico y el incremento de dosis de riego, si bien, el tratamiento R50 mostró una reducción respecto al tratamiento R25 menor que la observada entre los tratamientos R25 y S00. La ejecución del aclareo de racimos provocó el aumento moderado de la concentración en el régimen de secano, mientras que en los tratamientos regados se observó un aumento significativo de dicha concentración como consecuencia del aclareo.

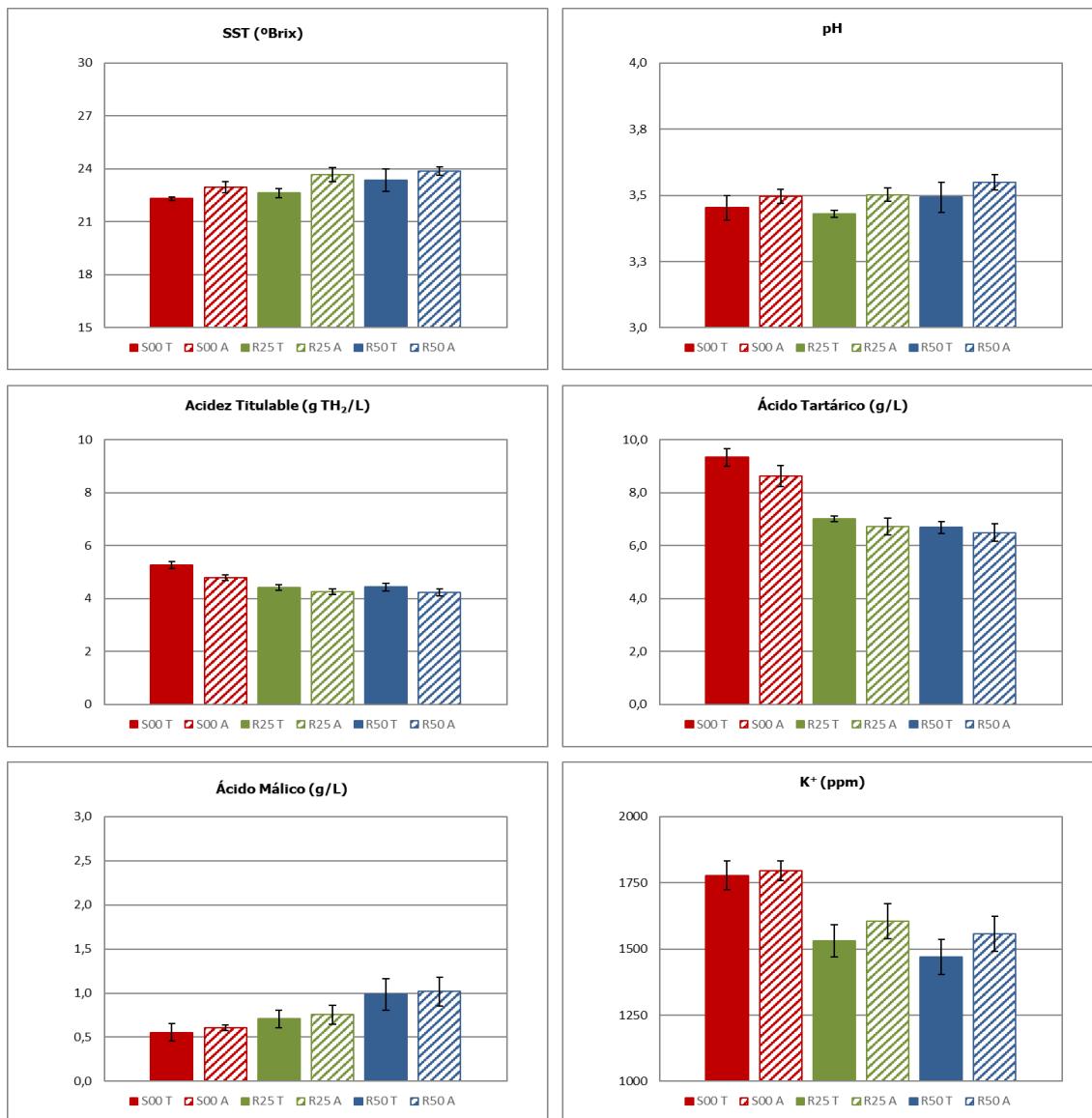


Figura III.110. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en 2012.

El análisis del **régimen hídrico** mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el contenido de **sólidos solubles totales**, favorables a R50 y desfavorables a S00, que separaron los tres tratamientos, habiendo sido los valores de R25 y R50, respectivamente, 0,5 y 1 °Brix superiores al valor de S00.

El **pH** se incrementó en el tratamiento R50 en torno a 0,05 unidades con respecto a S00 y R25, pues ambos tratamientos mostraron valores similares, pero fue suficiente para reflejar diferencias estadísticamente significativas con respecto a ellos.

La **acidez titulable** también presentó diferencias estadísticamente significativas, que en este caso fueron favorables al secano con respecto a los tratamientos regados, ya que estos mostraron un descenso de valor cercano a 0,7 g/L TH₂ con respecto a dicho tratamiento.

La respuesta de la concentración de **ácido tartárico** fue similar a la de la acidez titulable, ya que mostró diferencias estadísticamente significativas favorables al secano y desfavorables a los tratamientos regados. De hecho, los valores mostraron un descenso superior a 2 g/L en el tratamiento R25 y cercano a 2,5 g/L en el tratamiento R50, con respecto a S00.

Tanto en el caso de la acidez titulable como en el de la concentración de ácido tartárico, la reducción observada en los tratamientos regados probablemente se debió a un efecto de dilución de la concentración de los ácidos en la baya, producido por el aumento del peso de baya en estos tratamientos con respecto al peso de baya del tratamiento de secano, frente a un efecto de concentración en la baya del tratamiento de secano.

Por el contrario, la concentración de **ácido málico** se vio favorecida claramente por el aporte hídrico. De hecho, el tratamiento R50 alcanzó un incremento del 76% respecto al valor del tratamiento S00. Los valores observados supusieron diferencias estadísticamente significativas favorables a R50 con respecto a los otros dos tratamientos de régimen hídrico, pues los tratamientos R25 y S00 no se pudieron separar en distintos grupos, a pesar de que el valor de R25 fue un 26% superior al de S00.

Tabla III.198. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), concentración de ácido tartárico (**TH₂**, g/L), concentración de ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2012**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	SST		pH		AT	
S00	22,6	c ± 0,4	3,47	b ± 0,04	5,03	a ± 0,28
R25	23,1	b ± 0,6	3,47	b ± 0,04	4,34	b ± 0,13
R50	23,6	a ± 0,5	3,52	a ± 0,05	4,33	b ± 0,17
Media	23,1 ± 0,7		3,49 ± 0,05		4,57 ± 0,39	
RH	**		**		***	
2012	TH₂		MH₂		K⁺	
S00	8,98	a ± 0,51	0,58	b ± 0,07	1786	c ± 44
R25	6,87	b ± 0,27	0,73	b ± 0,10	1568	b ± 71
R50	6,59	b ± 0,28	1,00	a ± 0,16	1513	a ± 67
Media	7,48 ± 1,15		0,77 ± 0,21		1623 ± 134	
RH	***		***		***	

La concentración de **potasio** mostró diferencias estadísticamente significativas que segregaron los tres regímenes hídricos y fueron desfavorables al aporte hídrico, con mayor diferencia entre el secano y los tratamientos regados que entre ambos regímenes hídricos de riego.

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros analíticos, excepto en la concentración de ácido málico, a causa de la elevada desviación estándar. El tratamiento de aclareo favoreció el incremento de la concentración de sólidos solubles totales, del valor de pH, de la concentración de ácido málico y del contenido de potasio, mientras que provocó una reducción de la acidez titulable y de la concentración de ácido tartárico. Sin embargo, las diferencias más amplias apenas superaron el 6%, las cuales se produjeron en la acidez titulable, a favor del tratamiento testigo, y en la concentración de ácido málico, a favor del tratamiento de aclareo.

Tabla III.199. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), concentración de ácido tartárico (**TH₂**, g/L), concentración de ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2012**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2012	SST	pH	AT
Testigo	22,8 ± 0,3	3,46 ± 0,05	4,71 ± 0,43
Aclareo	23,5 ± 0,3	3,52 ± 0,04	4,43 ± 0,29
Media	23,1 ± 0,4	3,49 ± 0,05	4,57 ± 0,39
CR	***	**	***
2012	TH₂	MH₂	K⁺
Testigo	7,68 ± 1,25	0,75 ± 0,22	1593 ± 146
Aclareo	7,28 ± 1,05	0,79 ± 0,20	1653 ± 119
Media	7,48 ± 1,15	0,77 ± 0,21	1623 ± 134
CR	**	n.s.	*

5.2 Composición de la uva en 2013

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en ninguno de los parámetros de composición del mosto.

Tabla III.200. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2013**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	SST		pH		AT	
S00 T	20,7	± 0,4	3,34	± 0,02	5,27	± 0,07
S00 A	22,0	± 0,2	3,40	± 0,04	4,99	± 0,13
R25 T	20,2	± 0,8	3,28	± 0,03	5,75	± 0,29
R25 A	21,5	± 1,1	3,35	± 0,04	5,73	± 0,64
R50 T	20,2	± 0,7	3,26	± 0,04	6,30	± 0,59
R50 A	21,6	± 0,7	3,37	± 0,03	5,80	± 0,34
Media	21,0	± 1,0	3,33	± 0,06	5,64	± 0,56
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	
2013	TH₂		MH₂		K⁺	
S00 T	8,01	± 0,30	1,06	± 0,29	1388	± 155
S00 A	7,88	± 0,28	0,97	± 0,09	1558	± 101
R25 T	7,66	± 0,11	1,52	± 0,46	1350	± 102
R25 A	7,49	± 0,50	1,88	± 0,60	1600	± 128
R50 T	7,66	± 0,16	2,18	± 0,60	1418	± 95
R50 A	7,36	± 0,13	2,17	± 0,42	1555	± 76
Media	7,68	± 0,33	1,63	± 0,64	1478	± 140
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	

La concentración de **sólidos solubles totales** se redujo ligeramente con el riego, de modo que los tratamientos regados mostraron una disminución similar con respecto al tratamiento de secano, independientemente de la dosis de riego recibida. Contrariamente, el tratamiento de aclareo de racimos incrementó sensiblemente el contenido de azúcar con respecto al tratamiento testigo, dentro de cada régimen hídrico.

El **pH** mostró una tendencia similar a los sólidos solubles totales, viéndose reducido en los tratamientos regados con respecto al tratamiento de secano, de modo similar en ambas dosis de riego. Asimismo, la aplicación del aclareo de racimos provocó el aumento de pH en todos los regímenes hídricos, aunque la diferencia entre el tratamiento testigo y el tratamiento de aclareo fue más pronunciada dentro del tratamiento más regado.

La **acidez titulable** se vio moderadamente favorecida por el riego, ya que los tratamientos regados incrementaron su acidez con respecto al tratamiento de secano, con una tendencia proporcional a la dosis de riego recibida. Sin embargo, la ejecución del aclareo de racimos provocó una reducción de la acidez, en S00 y R50, de forma moderada, mientras que en R25 no ejerció influencia alguna.

La concentración de **ácido tartárico** se redujo moderadamente con el aporte hídrico, de modo similar en ambas dosis de riego con respecto al secano. Esta tendencia se vio reforzada por el aclareo de racimos, que provocó una ligera tendencia de reducción de la concentración en todos los regímenes hídricos.

La concentración de **ácido málico** se vio fuertemente favorecida por el aporte hídrico, de modo proporcional a la dosis de agua recibida. La ejecución del aclareo de racimos, a pesar de la elevada desviación estándar de los valores observados, aparentó favorecer la concentración dentro del tratamiento R25, pero no pareció influir en los tratamientos de S00 y R50. En cualquier caso, los valores de todos los tratamientos fueron especialmente altos, debido a las favorables condiciones ambientales del ciclo.

El contenido de **potasio** aparentemente no se vió influido por el aporte hídrico, con valores similares en todos los tratamientos de régimen hídrico. Sin embargo, el aclareo de racimos provocó una mayor concentración de potasio en todos los tratamientos aclareados, de modo similar en todos los tratamientos de régimen hídrico.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas en el contenido de **sólidos solubles totales**, a pesar de que la concentración del tratamiento de secano fue superior a la de los tratamientos regados. Dicha diferencia de concentración de azúcares se situó en torno a medio grado Brix.

El **pH** se redujo 0,05 unidades en R25 y R50 con respecto a S00, pero fue suficiente para reflejar diferencias estadísticamente significativas, que separaron los tratamientos regados del tratamiento de secano.

La **acidez titulable** presentó diferencias estadísticamente significativas, favorables al aporte hídrico, de modo que separaron los tres tratamientos de régimen hídrico. De hecho, R25 y R50 alcanzaron valores superiores a 0,6 g/L TH₂ y 0,9 g/L TH₂, respectivamente, que S00.

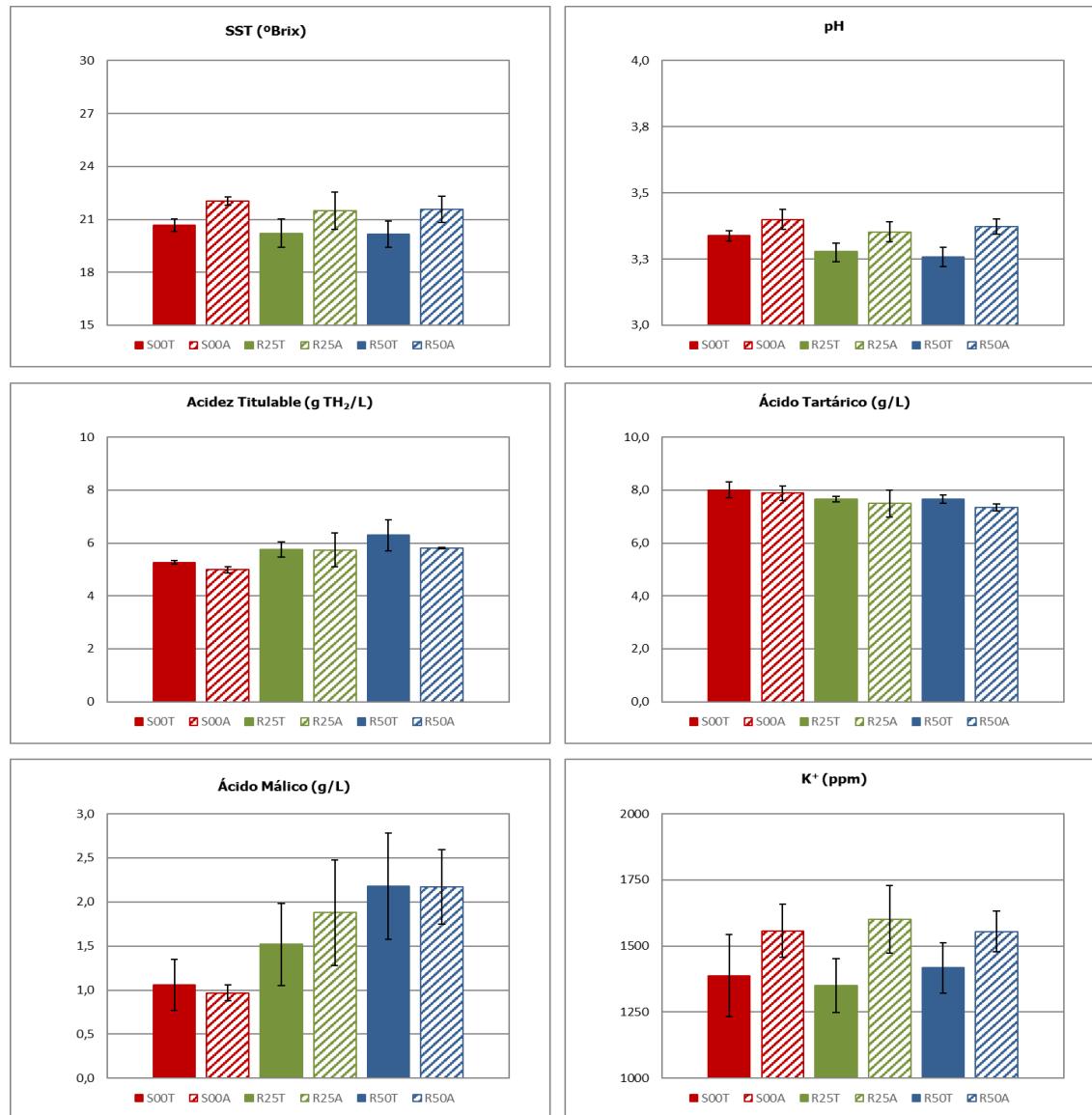


Figura III.111. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en 2013.

La concentración de **ácido tartárico** mostró diferencias estadísticamente significativas, que fueron favorables al secano con respecto a los tratamientos regados. Dichos tratamientos reflejaron un descenso con respecto a S00 en torno a 0,4 g/L, aunque ligeramente superior en el tratamiento R50.

Por el contrario, la concentración de **ácido málico** se vio favorecida claramente por el aporte hídrico. De hecho, el tratamiento R50 alcanzó un incremento de 1,16 g/L respecto al tratamiento S00. Estos valores supusieron diferencias estadísticamente significativas que separaron los tres tratamientos hídricos, favorables a R50 y desfavorables a S00.

La concentración de **potasio** mostró valores similares en todos los regímenes hídricos, por lo que lógicamente no surgieron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla III.201. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2013**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	SST		pH		AT	
S00	21,4 ± 0,8		3,37 a ± 0,04		5,13 c ± 0,18	
R25	20,8 ± 1,1		3,32 b ± 0,05		5,74 b ± 0,46	
R50	20,9 ± 1,0		3,32 b ± 0,07		6,05 a ± 0,52	
Media	21,0 ± 1,0		3,33 ± 0,06		5,64 ± 0,56	
RH	n.s.		*		*	
2013	TH₂		MH₂		K⁺	
S00	7,94 a ± 0,28		1,01 c ± 0,21		1473 ± 151	
R25	7,57 b ± 0,35		1,70 b ± 0,53		1475 ± 171	
R50	7,51 b ± 0,21		2,17 a ± 0,48		1486 ± 108	
Media	7,68 ± 0,33		1,63 ± 0,64		1478 ± 140	
RH	**		*		n.s.	

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros analíticos, excepto en la concentración de ácido tartárico y de ácido málico.

El tratamiento de aclareo favoreció significativamente el incremento de la concentración de sólidos solubles totales de modo importante, en más de 1,3 °Brix con respecto al testigo. Asimismo, el aclareo de racimos también incrementó el valor de pH casi en una décima.

Tabla III.202. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2013**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2013	SST		pH		AT	
Testigo	20,3 ± 0,6		3,29 ± 0,04		5,77 ± 0,56	
Aclareo	21,7 ± 0,7		3,38 ± 0,04		5,51 ± 0,54	
Media	21,0 ± 1,0		3,33 ± 0,06		5,64 ± 0,56	
CR	***		***		*	
2013	TH₂		MH₂		K⁺	
Testigo	7,77 ± 0,25		1,59 ± 0,64		1385 ± 113	
Aclareo	7,58 ± 0,39		1,67 ± 0,66		1571 ± 96	
Media	7,68 ± 0,33		1,63 ± 0,64		1478 ± 140	
CR	n.s.		n.s.		**	

La acidez titulable también se vio penalizada significativamente por el aclareo de racimos, debido a una reducción de la concentración de ácido tartárico, dado que la concentración de ácido málico se vio ligeramente favorecida por esta técnica, aunque las diferencias en estos dos parámetros no resultaron estadísticamente significativas.

Por último, la concentración de potasio se incrementó de modo importante con la aplicación del aclareo de racimos, incrementándose con respecto al testigo casi 200 ppm, de modo que la diferencia resultó estadísticamente significativa.

5.3 Composición de la uva en 2014

El estudio de ambos factores, régimen hídrico y control de rendimiento, no mostró interacción estadísticamente significativa en ninguno de los parámetros de composición del mosto, excepto en la concentración de potasio, ya que dicha concentración se vio reducida significativamente con la aplicación simultanea de la dosis mayor de riego y el aclareo de racimos.

Tabla III.203. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2014**, de los tratamientos **S00T**, **S00A**, **R25T**, **R25A**, **R50T** y **R50A**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	SST		pH		AT	
S00 T	22,5	± 0,4	3,40	± 0,03	5,50	± 0,13
S00 A	22,8	± 0,8	3,43	± 0,06	5,14	± 0,23
R25 T	22,0	± 0,7	3,37	± 0,03	5,28	± 0,52
R25 A	22,8	± 1,1	3,41	± 0,05	5,07	± 0,48
R50 T	22,0	± 1,0	3,33	± 0,04	5,59	± 0,41
R50 A	23,1	± 0,6	3,39	± 0,05	5,26	± 0,32
Media	22,6	± 0,8	3,39	± 0,05	5,31	± 0,38
RH x CR	n.s.		n.s.		n.s.	
2014	TH₂		MH₂		K⁺	
S00 T	8,84	± 0,30	1,03	± 0,16	1243	d ± 63
S00 A	8,31	± 0,40	1,01	± 0,23	1600	a ± 102
R25 T	7,70	± 0,32	1,20	± 0,55	1418	cb ± 83
R25 A	7,61	± 0,61	1,18	± 0,44	1496	ab ± 45
R50 T	7,72	± 0,24	1,44	± 0,30	1325	cd ± 146
R50 A	7,53	± 0,24	1,34	± 0,31	1256	d ± 109
Media	7,95	± 0,58	1,20	± 0,35	1390	± 157
RH x CR	n.s.		n.s.		**	

La concentración de **sólidos solubles totales** en general apenas se vio ligeramente desfavorecida por el aporte hídrico, pues los tratamientos regados mostraron un valor similar entre ellos y muy cercano al alcanzado por el tratamiento de secano. La aplicación del aclareo de racimos favoreció moderadamente la concentración en el tratamiento de secano, mientras que en los tratamientos regados incrementó la concentración de sólidos solubles con mayor intensidad, hasta 0,8 °Brix en el tratamiento R25 y más de 1 °Brix en el tratamiento R50.

El **pH** se redujo ligeramente con el aporte hídrico, de forma creciente con la dosis de riego aplicada. Contrariamente, el aclareo de racimos incrementó el valor del pH con respecto al testigo, de modo similar en todos los regímenes hídricos.

La **acidez titulable** no mostró una influencia definida por el régimen hídrico. Sin embargo, el aclareo de racimos provocó cierta reducción de la acidez titulable en todos los regímenes hídricos, en consonancia con el aumento de pH.

La concentración de **ácido tartárico** se redujo con la aplicación de riego, de igual modo en ambas dosis de riego con respecto al secano. El aclareo de racimos redujo claramente la concentración en el tratamiento de secano, mientras que apenas mostró influencia en los tratamientos regados.

La concentración de **ácido málico** se vio favorecida por el aporte hídrico, incrementándose de modo proporcional a la dosis de riego recibida. El aclareo de racimos no influyó aparentemente en S00 o R25, sin embargo, redujo moderadamente la concentración en R50.

La concentración de **potasio** se vio incrementada con el riego, pero de manera que el tratamiento R25 mostró un valor superior al tratamiento R50. Esta tendencia se vio modificada con la ejecución del aclareo de racimos, pues los tratamientos aclareados mostraron valores proporcionalmente decrecientes con el incremento de aporte hídrico. En cualquier caso, los tratamientos aclareados obtuvieron mayor concentración que los testigos dentro de los regímenes hídricos S00 y R25, pero no dentro de R50, donde el tratamiento de aclareo mostró menor concentración que el tratamiento testigo.

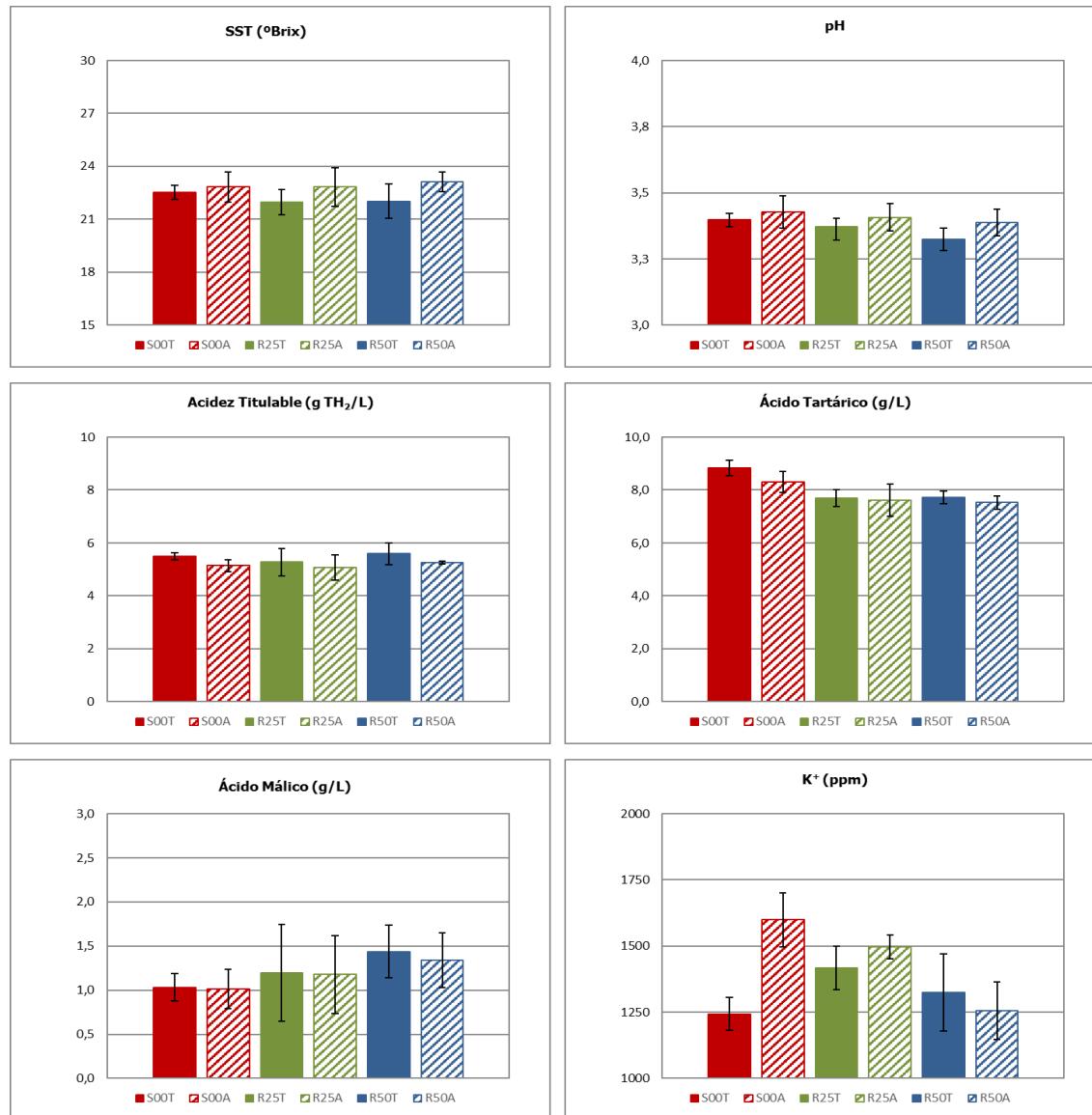


Figura III.112. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en 2014.

El análisis del **régimen hídrico** no mostró diferencias estadísticamente significativas en el contenido de **sólidos solubles totales**, dada la similitud de valores entre tratamientos, aunque el tratamiento R25 mostró un valor levemente inferior.

El **pH** se mostró ligeramente reducido por el aporte hídrico, con mayor reducción en el tratamiento de mayor dosis de riego, pero sin reflejar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ningún caso.

La **acidez titulable** no presentó diferencias estadísticamente significativas, dado que los valores de los tratamientos variaron levemente sin mostrar una tendencia reseñable entre secano y regadío.

Por el contrario, la concentración de **ácido tartárico** mostró diferencias estadísticamente significativas, favorables al tratamiento de secano y desfavorables a los

tratamientos regados. Dichos tratamientos mostraron una reducción de la concentración cercana a 1 g/L con respecto al secano.

La concentración de **ácido málico** se vio favorecida por el aporte hídrico, con una tendencia de incremento proporcional a la dosis de riego aplicada, a pesar de no haber reflejado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

La concentración de **potasio** mostró diferencias estadísticamente significativas que segregaron al tratamiento más regado de los otros dos, debido a que el tratamiento R50 obtuvo una concentración de potasio sustancialmente inferior.

Tabla III.204. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2014**, de los tratamientos **S00**, **R25** y **R50**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***). Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	SST		pH		AT	
S00	22,7	± 0,6	3,41	± 0,05	5,32	± 0,26
R25	22,4	± 1,0	3,39	± 0,04	5,17	± 0,47
R50	22,6	± 0,9	3,36	± 0,05	5,43	± 0,38
Media	22,6 ± 0,8		3,39	± 0,05	5,31	± 0,38
RH	n.s.		n.s.		n.s.	
2014	TH₂		MH₂		K⁺	
S00	8,57	a ± 0,43	1,02	± 0,18	1422	a ± 206
R25	7,65	b ± 0,45	1,19	± 0,46	1457	a ± 75
R50	7,62	b ± 0,25	1,39	± 0,29	1290	b ± 125
Media	7,95 ± 0,58		1,20	± 0,35	1390	± 157
RH	*		n.s.		*	

El estudio del **control de rendimiento** mostró diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros analíticos, excepto en la concentración de ácido málico, donde ambos tratamientos mostraron valores similares.

El tratamiento de aclareo de racimos favoreció significativamente la concentración de sólidos solubles totales, incrementando su valor 0,75 °Brix, así como el incremento del pH y la reducción de la acidez titulable. Del mismo modo, esta técnica de cultivo redujo la concentración de ácido tartárico casi 0,3 g/L, no aparentó afectar a la concentración de ácido málico y la concentración de potasio se incrementó notablemente.

Tabla III.205. Valores de composición final del mosto de sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), **pH**, acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), ácido tartárico (**TH₂**, g/L), ácido málico (**MH₂**, g/L) y potasio (**K⁺**, ppm), en **2014**, de los tratamientos **Testigo** y **Aclareo**. Niveles de significación: no significativo (n.s.); p-valor<0,05 (*); <0,01 (**); <0,001 (***) . Letras distintas indican grupos con diferencias estadísticamente significativas.

2014	SST	pH	AT
Testigo	22,2 ± 0,7	3,37 ± 0,04	5,46 ± 0,38
Aclareo	22,9 ± 0,8	3,41 ± 0,05	5,16 ± 0,33
Media	22,6 ± 0,8	3,39 ± 0,05	5,31 ± 0,38
CR	**	**	**
2014	TH₂	MH₂	K⁺
Testigo	8,09 ± 0,62	1,22 ± 0,38	1329 ± 119
Aclareo	7,81 ± 0,54	1,18 ± 0,33	1451 ± 171
Media	7,95 ± 0,58	1,20 ± 0,35	1390 ± 157
CR	*	n.s.	*

5.4 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya

La concentración de los componentes básicos del mosto obtenido en los distintos tratamientos debe considerarse con respecto a las características físicas de la baya. Un modo de observar la acumulación de los componentes del mosto y el posible “efecto de dilución” debido al crecimiento de la baya es contrastar los valores de los distintos parámetros con el peso de baya de cada tratamiento experimental.

Para ello, se han planteado regresiones entre los diversos parámetros de composición del mosto y el peso final de baya de cada año, que pueden observarse sucesivamente en las figuras III.113, III.114 y III.115.

5.4.1 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2012

El contenido de **sólidos solubles totales** se vio ligeramente incrementado en los tratamientos regados con el aumento del peso de baya, de modo que su concentración aumentó, superando el posible efecto de la dilución provocada por el aumento del peso de baya ocasionado por el propio aporte hídrico.

El **pH** aparentemente no se vio influido por el peso de baya en los tratamientos con menor peso de baya, S00 y R25, pero se apreció un leve incremento del valor con el aumento de tamaño de baya en el tratamiento más regado, R50.

Los valores de **acidez titulable** fueron mucho más elevados en el tratamiento de secano que en los tratamientos regados, debido probablemente a un fenómeno de concentración, dado el reducido peso de baya que mostró dicho tratamiento, menor de 1,2g. Sin embargo, el mayor tamaño de baya del tratamiento R50 con respecto al R25 no supuso un descenso de valores de acidez titulable respecto a este tratamiento, probablemente debido al mayor acúmulo de ácidos orgánicos en la baya en el primer tratamiento, más regado, que en el segundo tratamiento, menos regado, lo que compensó el aumento del tamaño de baya.

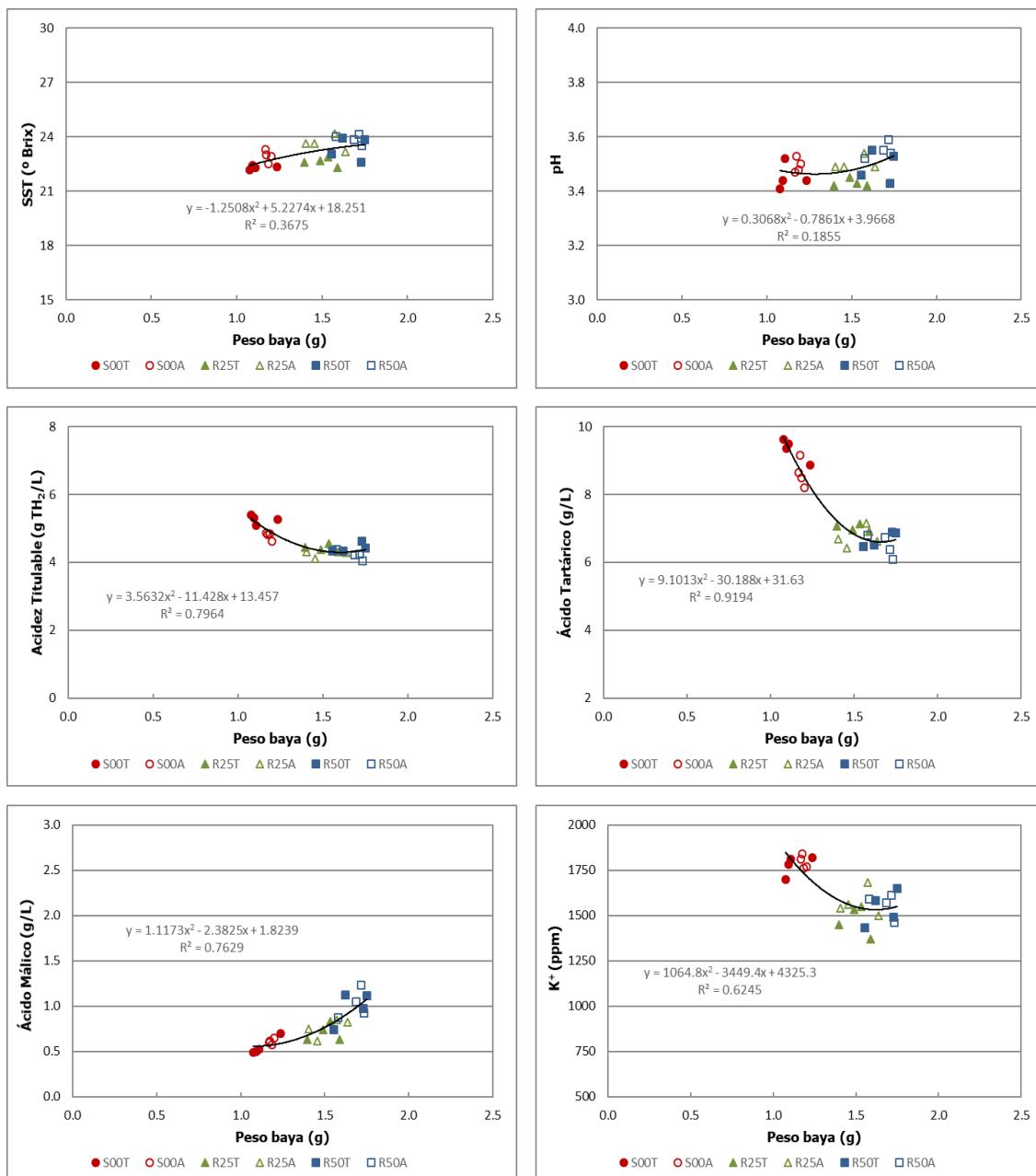


Figura III.113. Diagramas de dispersión, en 2012, frente al **peso de baya** (g) de: sólidos solubles totales (**SST**, $^{\circ}$ Brix), p-valor<0,002; r=0,60; **pH**, p-valor=0,081; r=0,36; acidez titulable (**AT**, g TH_2/L), p-valor<0,001; r=-0,82; ácido tartárico (TH_2 , g/L), p-valor<0,001; r=-0,91; ácido málico (**MH₂**, g/L), p-valor<0,001; r=0,85 y potasio (**K⁺**, ppm), p-valor<0,001; r=-0,74.

Los valores de acidez titulable se debieron fundamentalmente a la concentración de **ácido tartárico** de cada tratamiento, ya que, como puede observarse en el diagrama de dispersión, las nubes de puntos de las regresiones de ambos parámetros reflejaron una tendencia similar respecto al peso de baya.

Por el contrario, la concentración de **ácido málico**, que se vio favorecida por el aporte hídrico, se incrementó de modo proporcional al aumento del peso de baya. El incremento de concentración de ácido málico del tratamiento R50, con respecto a R25, compensó la reducción de ácido tartárico con respecto al tratamiento R25, igualándose de este modo la acidez titulable en ambos tratamientos.

La concentración de **potasio**, que fue más elevada en el secano que en los tratamientos regados, mostró que el incremento de peso de baya ocasionado por la aplicación de riego redujo su valor. Sin embargo, el incremento del peso de baya al pasar de R25 a R50 no redujo la concentración de potasio, sino que ésta se mantuvo relativamente constante, lo cual ha indicado mayor acumulación de potasio por baya en el tratamiento R50, más regado, que en el tratamiento R25, menos regado, de modo que compensó el aumento del tamaño de baya.

Por otro lado, el control de rendimiento reflejó menor influencia que el régimen hídrico en los parámetros de composición del mosto cuando estos fueron contrastados con el peso de baya. De hecho, los valores de los tratamientos aclareados, dentro de cada régimen hídrico, apenas destacaron de los tratamientos testigo.

5.4.2 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2013

La concentración de **sólidos solubles totales** apenas se vio influida por el aumento del peso de baya. Dado el mayor peso de baya alcanzado por los tratamientos regados, la cantidad de sólidos solubles totales acumulados por baya fue superior en los tratamientos regados que en el secano. Por otro lado, el tratamiento de aclareo de racimos, dentro de cada régimen hídrico, alcanzó en general valores de concentración más elevados que el tratamiento testigo, con relación a un tamaño de baya similar.

El **pH** se redujo ligeramente en los tratamientos regados al incrementarse el peso de baya con respecto al tratamiento de secano. Del mismo modo que para los sólidos solubles totales, los tratamientos aclareados reflejaron valores superiores a los mostrados por los tratamientos testigo de cada régimen hídrico, a pesar de mostrar valores similares de tamaño de baya.

Los valores de **acidez titulable** aumentaron proporcionalmente con el incremento del peso de baya, fomentado por el incremento de aporte hídrico. Sin embargo, la

ejecución del aclareo de racimos reflejó, en general, valores levemente inferiores a los alcanzados por los tratamientos testigo en cada régimen hídrico, probablemente debido a la mayor dilución del contenido ácido, favorecida por el aumento del peso de baya.

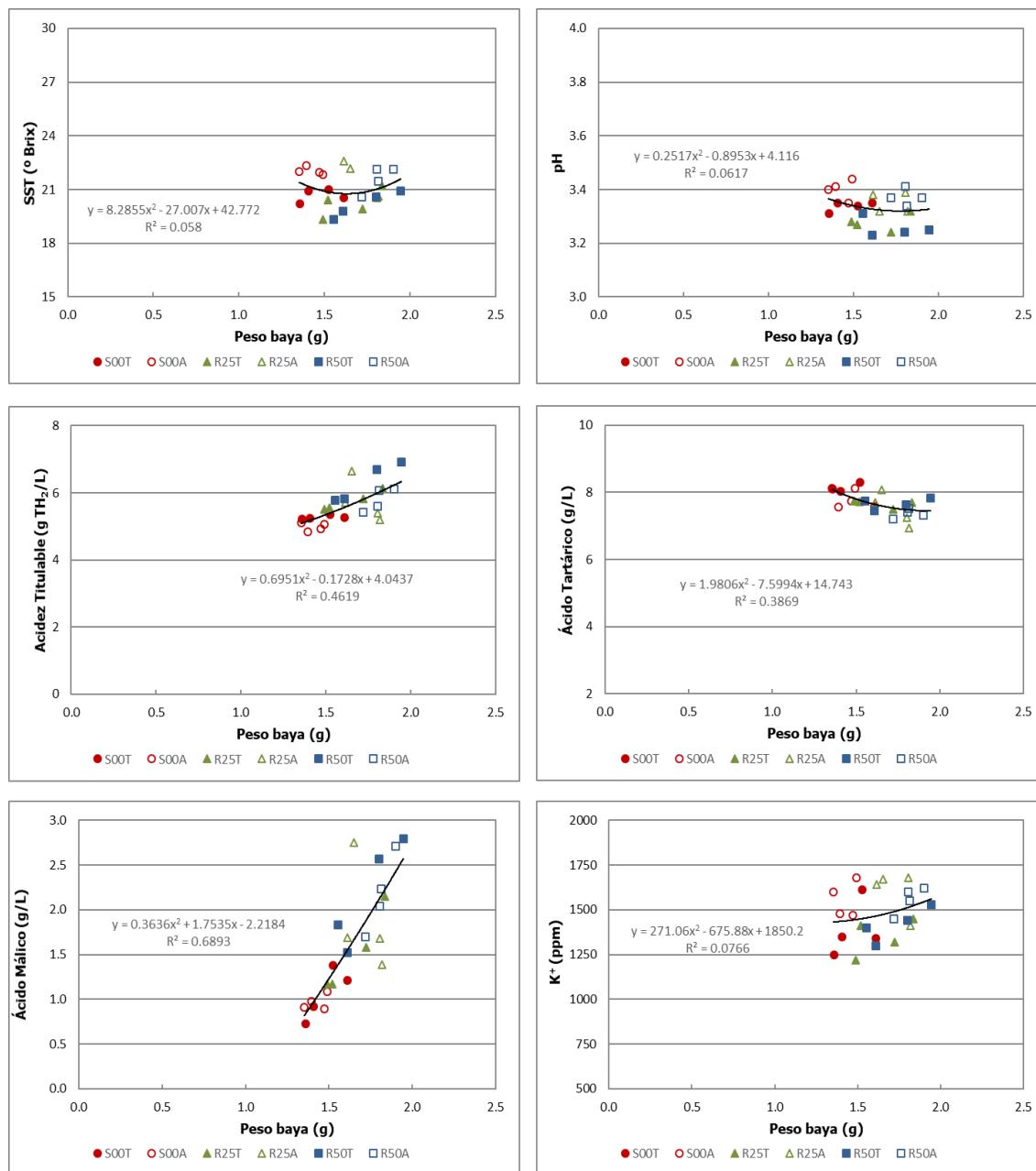


Figura III.114. Diagramas de dispersión, en 2013, frente al **peso de baya** (g) de: sólidos solubles totales (**SST**, $^{\circ}$ Brix), p-valor=0,926; r=0,02; **pH**, p-valor=0,306; r=-0,22; acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), p-valor<0,001; r=0,679; ácido tartárico (**TH₂**, g/L), p-valor=0,002; r=-0,60; ácido málico (**MH₂**, g/L), p-valor<0,001; r=0,83 y potasio (**K⁺**, ppm), p-valor=0,271; r=0,20.

La tendencia anterior no está relacionada con la mostrada por la concentración de **ácido tartárico**, ya que el incremento del peso de baya señaló un descenso de dicha concentración, debido a un proceso de dilución del ácido acumulado en la baya, provocado por su aumento de volumen.

El comportamiento de la acidez titulable con respecto al peso de baya se debió mayormente a la concentración de **ácido málico**, ya que ésta se incrementó

sustancialmente con el aumento del peso de baya. Esta tendencia fue independiente del régimen hídrico soportado, aunque lógicamente el aporte hídrico favoreció notablemente el aumento del peso de baya. Asimismo, el aclareo de racimos no mostró influencia sobre la concentración de ácido málico con respecto al tamaño de baya.

La concentración de **potasio** no mostró ninguna variación remarcable con el aumento del peso de baya considerando el régimen hídrico soportado. Sin embargo, los tratamientos de aclareo de racimos, en general, mantuvieron concentraciones superiores a los tratamientos testigo dentro de cada régimen hídrico, ya que esta técnica de cultivo pareció favorecer la acumulación de potasio en la baya, con relación a tamaños de baya similares en cada régimen hídrico.

5.4.3 Regresiones de los parámetros de composición con el peso de baya en 2014

La concentración de **sólidos solubles totales** no se vio sustancialmente modificada por el aumento del peso de baya derivado de los tratamientos de régimen hídrico. Sin embargo, se ha apreciado que el aclareo de racimos favoreció moderadamente la concentración en todos los regímenes hídricos con relación a un peso de baya similar dentro de cada uno de ellos.

El **pH** mostró una situación similar a la concentración de sólidos solubles totales, de modo que el incremento de baya derivado del tratamiento régimen hídrico no afectó a su valor. Sin embargo, los tratamientos aclareados mostraron que el aumento del peso de baya pareció favorecer el incremento de pH con relación a un tamaño de baya similar dentro de cada régimen hídrico.

La **acidez titulable** no se vio afectada de forma definida por el aumento del peso de baya, ni reflejó tendencia alguna debida a los factores estudiados, probablemente condicionada por las tendencias del ácido tartárico y el ácido málico.

La concentración de **ácido tartárico** se redujo en el tratamiento de secano al aumentar el peso de baya, pero no reflejó ninguna modificación con el incremento del tamaño de baya en los tratamientos regados. El aclareo de racimos no apareció haber influido, ya que los tratamientos aclareados mostraron una tendencia similar que la reflejada por los tratamientos testigo dentro de cada régimen hídrico.

La concentración de **ácido málico** reflejó una tendencia clara de incremento con el aumento del peso de baya, que se vio acentuada en los tratamientos regados, dado que estos lograron un aumento claro del peso de baya. Esta tendencia no se vio modificada con la aplicación del aclareo de racimos en los distintos regímenes hídricos.

El diagrama de dispersión de la concentración de **potasio** con respecto al tamaño de baya mostró una nube de puntos dispersa, de modo que no se apreció tendencia alguna de dicha concentración con el incremento del peso de baya, independientemente del régimen hídrico soportado o el nivel de carga de cosecha mantenido.

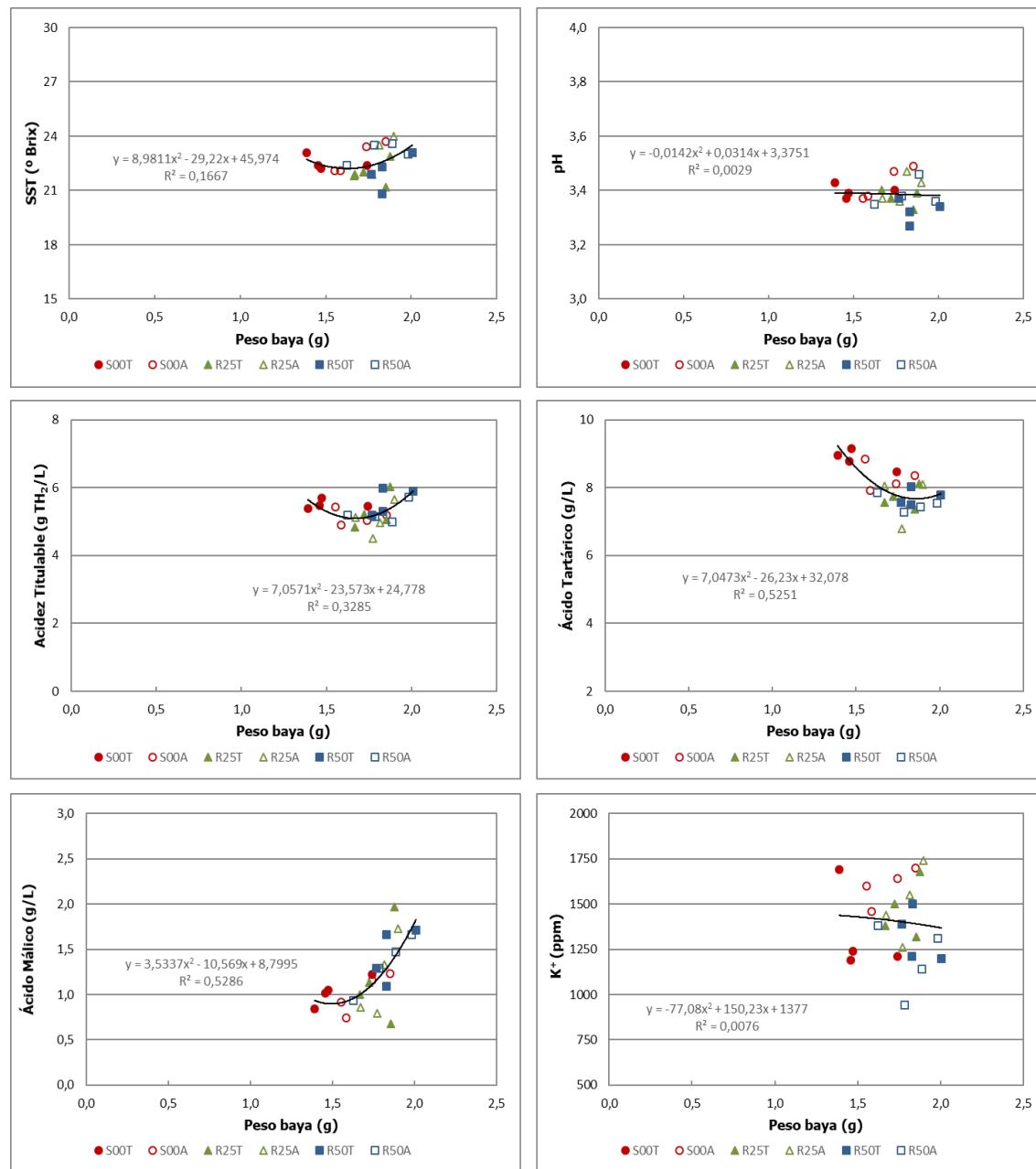


Figura III.115. Diagramas de dispersión, en 2014, frente al **peso de baya** (g) de: sólidos solubles totales (**SST**, °Brix), p-valor=0,230; r=0,25; **pH**, p-valor=0,806; r=-0,05; acidez titulable (**AT**, g TH₂/L), p-valor=0,42; r=0,174; ácido tartárico (**TH₂**, g/L), p-valor<0,001; r=-0,63; ácido málico (**MH₂**, g/L), p-valor<0,001; r=0,66 y potasio (**K⁺**, ppm), p-valor=0,689; r=-0,09.

5.5 Valoración de la composición de la uva

La concentración de sólidos solubles se vio influida moderadamente por el aporte hídrico, incrementándose de modo proporcional a la dosis de riego recibida en 2012, pero siendo reducida levemente por el riego, de modo similar en ambas dosis, en 2013 y, en menor medida, en 2014.

Estas tendencias estuvieron muy relacionadas con el tamaño de baya obtenido por cada tratamiento, pues los tratamientos regados reflejaron mayor capacidad de síntesis de azúcares por planta, en consonancia con lo expuesto por Souza *et al.* (2005).

El elevado estrés hídrico del primer año redujo el tamaño de baya, especialmente en el tratamiento de secano, sin embargo, la mayor capacidad de acumulación de azúcares de los tratamientos regados compensó la posible dilución de los sólidos solubles totales en bayas de mayor tamaño, coincidiendo con lo indicado por Jackson y Lombard, (1993), de modo que lograron mayor concentración que el secano, del mismo modo que Esteban *et al.* (1999). Contrariamente, esta mayor capacidad acumulativa de azúcares de los tratamientos regados no pudo compensar su posible dilución, provocada por el incremento del peso de baya, con respecto al secano, los otros dos años de estudio.

El aclareo de racimos favoreció la concentración de sólidos solubles, en todos los tratamientos de régimen hídrico y todos los años del estudio, probablemente debido a la reducción de órganos sumideros a los que translocar los fotosintatos disponibles, compensando el moderado aumento del peso de baya que provocó. Especialmente en 2012, cuando aceleró la maduración sustancialmente, de modo que los tratamientos aclareados adelantaron la fecha de vendimia una semana.

El pH se vio influido por el régimen hídrico, aunque de forma variable, ya que se incrementó ligeramente en el tratamiento con mayor aporte hídrico en 2012 y, contrariamente, se redujo con el riego en 2013 y 2014, del mismo modo que indicaron López *et al.* (2007). Sin embargo, el tratamiento de aclareo de racimos mostró una tendencia de incremento respecto al tratamiento testigo, dentro de cada régimen hídrico, similar todos los años de estudio.

La acidez titulable, en 2012, reflejó una tendencia de reducción con la aplicación de riego, coincidiendo con Yuste *et al.* (2013), que los otros años fue contraria, sobretodo en 2013. Las variaciones de la acidez titulable fueron debidas, por una parte, a la distinta capacidad de síntesis ácida de los tratamientos de régimen hídrico y, por otra parte, al peso de baya de cada tratamiento, que posiblemente produjo cierta dilución del contenido ácido de la baya.

El ácido menos afectado por el aporte hídrico fue el tartárico, ya que la ausencia de fuerte estrés durante su proceso de acumulación, en las primeras etapas de desarrollo de la baya (Conde *et al.*, 2007), facilitó que se acumulase en similar cuantía por baya en todos los tratamientos de régimen hídrico, de modo que el crecimiento de la baya que acarreó el riego favoreció el descenso de su concentración con respecto al tratamiento de secano, con mayor intensidad en 2012 que en 2014, siendo éste mínimo en 2013.

Por el contrario, la concentración de ácido málico se vio notablemente modificada por el régimen hídrico, debido a su influencia en el proceso de acumulación de ácido málico en la baya, principalmente al final de la fase I (Conde *et al.*, 2007), así como a la influencia del microclima del *canopy* en la tasa de consumo metabólico durante la maduración (Coombe, 2001). De modo que el aporte hídrico favoreció su concentración, incrementada proporcionalmente con el aumento de la dosis de riego, pero las condiciones ambientales anuales se mostraron muy influyentes, de hecho, destacaron los valores elevados de todos los tratamientos en 2013 y, contrariamente, la reducida concentración obtenida por todos ellos en 2012.

La escasa reducción de la concentración de ácido tartárico y ácido málico debida al aclareo de racimos se pudo deber fundamentalmente al mayor tamaño de baya alcanzado por el tratamiento de aclareo con respecto al tratamiento testigo dentro de cada régimen hídrico.

En general, la concentración de potasio no se vio influida de forma constante ni definida por el régimen hídrico, en consonancia con los resultados obtenidos por Matthews y Anderson (1988). Sin embargo, en 2012, se observó mayor concentración de potasio en el tratamiento de secano que en los tratamientos regados, posiblemente debido al menor tamaño de baya de dicho tratamiento. En 2014, contrariamente, el aporte hídrico favoreció la concentración de potasio, mayormente en el tratamiento con menor dosis de riego, de modo que la concentración del tratamiento más regado probablemente se vio perjudicada por el mayor tamaño de baya alcanzado.

La ejecución del aclareo de racimos reflejó una tendencia general de mayor concentración de potasio, dentro de cada régimen hídrico, que probablemente se debió a que la descarga de potasio, acumulado en las hojas y otros órganos durante el ciclo (Karimi, 2017), se realizó en menor cantidad de órganos sumidero.

En definitiva, el aporte hídrico favoreció sustancialmente la acumulación de sólidos solubles en baya, aunque su concentración sólo aumentó en situación de sequía, así como la acumulación de ácido málico. Sin embargo, tuvo una influencia moderada en el pH, la acidez titulable y la acumulación de ácido tartárico y de potasio, aunque, el valor

de concentración de estos parámetros se vio condicionado de manera notable por el peso de baya de cada tratamiento, en relación con el efecto de dilución que el aumento de dicho peso pudo implicar.

El aclareo de racimos influyó sensiblemente en la concentración de sólidos solubles y de potasio, favoreciendo su incremento a través de la reducción del número de órganos sumidero que provocó. Sin embargo, el aclareo mostró un moderado efecto de disminución de la concentración del ácido tartárico y del ácido málico, que repercutió en el incremento del pH y de la ligera reducción de la acidez titulable.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El régimen hídrico soportado por los tratamientos se reflejó habitualmente de modo adecuado en los valores medios de **potencial hídrico**, aunque la influencia del riego no fue sustancial hasta que el estado hídrico general de las plantas se agravó moderadamente durante el transcurso de la estación. El control de rendimiento mostró una tendencia mucho menos intensa y definida que el régimen hídrico, que en general favoreció al aclareo de racimos de los tratamientos regados, en mayor grado en R25.

Hay que considerar, por un lado, las moderadas dosis de riego ensayadas, de modo que, a pesar de las tendencias observadas, en ocasiones la respuesta de los tratamientos regados no fue lo suficientemente intensa como para reflejarse con diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado, las medidas de potencial hídrico, efectuadas en las plantas control de cada tratamiento experimental, mostraron gran variabilidad individual de rehidratación. Así, en ocasiones particulares, dicha variabilidad dentro un régimen hídrico determinado incrementó la desviación estándar, limitando la aparición de diferencias estadísticamente significativas. Esta situación se observó más habitualmente en los tratamientos que recibieron menor aporte hídrico, S00 y R25, que en R50, es decir, al sufrir situaciones hídricas más desfavorables.

El estimador de potencial hídrico más discriminante fue Ψ_{aa} , aunque debido a la problemática que supone su empleo se estudió la idoneidad del uso de otros indicadores de potencial hídrico para la gestión del riego. A pesar de que la capacidad discriminante de dichos indicadores varió cada año, el Ψ_{x12} se ha mostrado más estable durante el estudio. Por tanto, el Ψ_{x12} se podría considerar como un indicador de potencial hídrico adecuado para valorar el estado hídrico de las plantas en las condiciones ambientales del estudio llevado a cabo.

La Integral de estrés ha reflejado el nivel de estrés hídrico acumulado por los tratamientos de modo adecuado, independientemente del indicador de potencial hídrico empleado para su cálculo, Ψ_{aa} o Ψ_{x12} .

El aporte hídrico favoreció sustancialmente la **actividad fisiológica** en los tratamientos regados, que mostraron valores de intercambio gaseoso muy superiores al secano. El riego indujo el aumento de la conductancia estomática, que, a su vez, fomentó el incremento de la tasa de transpiración y favoreció la tasa de fotosíntesis neta, aunque no siempre de modo proporcional al incremento de la dosis de riego.

En general, los tratamientos regados mostraron mayor fluctuación de g_s entre fechas de medida, con valores superiores de R50, que el tratamiento de secano, que arrojó valores más estables, aunque mucho más bajos. La modulación de E, a través del

ajuste de g_s , no siempre mostró un comportamiento estable, probablemente sometido a un ajuste hormonal, en consonancia con la bibliografía consultada, que habría sido inducido por las condiciones ambientales previas a la medida.

Al igual que la conductancia estomática, la tasa de transpiración y la fotosíntesis neta fueron favorecidas por el aporte hídrico, aunque no proporcionalmente a la dosis de riego, ya que se vieron influidas no sólo por la disponibilidad hídrica del suelo, sino también por las condiciones atmosféricas reinantes.

La consecución de valores elevados de A_N se basó en un consumo creciente de agua. De hecho, la **eficiencia en el uso del agua** no comenzó a ser significativa hasta que g_s descendió al entorno de $100 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y se elevó sustancialmente por debajo de $50 \text{ mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Sin embargo, por debajo de este umbral, los valores de A_N se vieron notablemente reducidos, de modo que en una situación de riego limitado sería aconsejable mantener los valores de g_s entre ambos umbrales.

La aplicación del aclareo de racimos no reflejó una influencia relevante en los parámetros de fisiología, sin embargo, debe tenerse en cuenta la tendencia favorable observada en los tratamientos de aclareo respecto del testigo, en mayor grado dentro de los tratamientos regados que en el secano, pese a su falta de consistencia, en consonancia con lo observado en los indicadores de potencial hídrico.

Por tanto, la aplicación moderada de riego ha mostrado su utilidad, logrando mitigar la depresión de la actividad fisiológica provocada por las condiciones atmosféricas durante el periodo central del día, típica de climas semiáridos.

Debido a que en las condiciones de cultivo del ensayo se han observado procesos de probable fotoinhibición bajo condiciones ambientales adversas, así como una reducción generalizada de los valores de A_N a mediodía con respecto a media mañana, podría resultar adecuado intentar mitigar la radiación solar que alcanza al *canopy*. De hecho, la aplicación de una película protectora mediante productos pulverizados de caolín podría ser adecuada en dicha situación (Brillante *et al.*, 2016).

La aplicación de riego favoreció el aumento de la **superficie foliar**, aunque moderadamente y sin reflejar diferencias notables entre las dosis de riego aportadas. La influencia del riego se produjo fundamentalmente a través del incremento de LAI_n , ya que el LAI_{pp} se vió más definido por las condiciones hídricas anuales, debido a que la aplicación del riego comenzó a partir de la parada de crecimiento del pámpano principal. Los valores de SA fueron similares en los distintos tratamientos, pero el índice foliar no reflejó excesivo amontonamiento foliar en ningún caso.

La **madera de poda** generada anualmente por los tratamientos dependió en gran medida de la disponibilidad hídrica anual. No obstante, el aporte hídrico influyó moderadamente, favoreciendo a los tratamientos regados en función de la dosis de riego aplicada, con un incremento medio del 20% en R25 y el 30% en R50, con respecto a S00. Por otro lado, el aclareo de racimos influyó en menor medida que el régimen hídrico, sin reflejar una tendencia constante en los años de estudio.

El **rendimiento** se vio favorecido por el aporte hídrico, especialmente el año de mayor estrés hídrico, aunque no se incrementó de modo proporcional a la dosis de riego, con un aumento medio del 17% en R25 y el 39% en R50, con respecto a S00. Estas diferencias se produjeron mayormente a través del incremento del peso de baya, que reflejaron aumentos medios del 20% en R25 y el 27% en R50, con respecto a S00, pues no se apreció efecto significativo en el número de racimos por cepa o de bayas por racimo. Contrariamente, la producción se vio perjudicada por la aplicación del aclareo de racimos, al reducir el número de racimos por planta, aunque se observó un moderado efecto compensatorio debido a un ligero incremento del peso de baya.

La **materia seca** total producida se mostró significativamente favorecida por el aporte hídrico, aunque de modo variable según la disponibilidad hídrica en cada ciclo. En cualquier caso, el aporte hídrico incrementó la materia seca progresivamente con la dosis de riego, con un aumento medio del 20% en R25 y el 30% en R50, con respecto a S00, sin influir sustancialmente en el reparto de la misma entre los distintos órganos. Contrariamente, el aclareo de racimos varió dicha distribución al reducir la producción, pues no influyó en el desarrollo de los órganos fuente.

La **composición de la uva** dependió de dos aspectos influyentes en la concentración de sustancias. Por un lado, el peso de baya, cuyo incremento favoreció la dilución de los componentes del mosto, y, por otro lado, la capacidad intrínseca de acumulación de los mismos, que compensa dicho efecto.

El riego siempre favoreció la síntesis de azúcares, aunque la **concentración de sólidos solubles** mostró diferentes tendencias en los años de estudio. En 2012, la concentración se vio favorecida por el riego de modo progresivo con el incremento de dosis. Por el contrario, en 2013 y 2014, el secano reflejó mayor concentración que los tratamientos regados, debido a una mayor dilución de los azúcares derivada del mayor peso de baya mostrado por dichos tratamientos con respecto al secano. Por otro lado, el aclareo de racimos favoreció la concentración de sólidos solubles en todos los tratamientos de régimen hídrico, pero su influencia dependió de las condiciones anuales, dado que en 2012 y 2014 el incremento medio debido al aclareo fue mayor de 0,7 °Brix,

mientras que en 2013 rebasó 1,3 °Brix. Esta técnica aceleró la maduración sustancialmente en 2012, provocando el adelantamiento de la vendimia en una semana.

El **pH** varió ligeramente con el aporte hídrico, de modo similar en ambas dosis de riego, aunque con una tendencia variable interanual. Sin embargo, el aclareo de racimos incrementó claramente su valor en todos los tratamientos de régimen hídrico.

El aporte hídrico incrementó moderadamente la **acidez titulable** en general, a pesar de que, en una situación de intenso estrés hídrico, el reducido peso de baya del tratamiento de secano en 2012 condujo a mostrar la mayor acidez titulable, debido al incremento de la concentración de **ácido tartárico**. De hecho, el contenido de dicho ácido por baya fue muy similar en todos los tratamientos durante los años de estudio, por lo que su concentración dependió básicamente del peso de baya alcanzado.

Por el contrario, el contenido de **ácido málico** se incrementó sensiblemente con el aporte hídrico, aunque varió con las condiciones ambientales anuales, de modo que la concentración se incrementó proporcionalmente con la dosis de riego, a pesar de la dilución que supuso el inherente incremento de tamaño de baya.

La aplicación del aclareo de racimos trajo aparejada una escasa reducción de la concentración de ácido tartárico y ácido málico con respecto al tratamiento testigo, que se pudo deber fundamentalmente al mayor tamaño de baya alcanzado por el tratamiento de aclareo dentro de cada régimen hídrico.

La concentración de **potasio** no se vio sustancialmente influida por el régimen hídrico, excepto en el secano en 2012, cuando el escaso tamaño de baya provocó el incremento de concentración. Sin embargo, el aclareo de racimos mostró una clara tendencia de incremento con respecto al tratamiento testigo dentro de cada régimen hídrico, que probablemente fue debida a la reducción de órganos sumidero provocada.

En definitiva, se considera recomendable la aplicación de riego moderado para lograr una actividad fisiológica y un desarrollo vegetativo adecuados, que permitan una producción que madure adecuadamente en las condiciones del ensayo. Dado que las condiciones ambientales repercuten sustancialmente en los efectos del riego, la estrategia debe elegirse en función de las mismas, pues R25 fue escaso en 2012 y R50 excesivo en 2013. Por otro lado, el aclareo de racimos sería recomendable cuando la maduración se desarrolla bajo condiciones adversas, para incrementar la concentración de azúcares, aunque teniendo presente el aumento derivado en el pH y la concentración de potasio.

CONCLUSIONS

The water regime supported by the treatments was generally properly reflected in adequately manner on the average values of **water potential**, although the influence of irrigation was not substantial until the general water status of the plants becomes moderately worse during the course of the season. The yield control showed a tendency less intense and defined than the water regime, which in a general way favoured the thinning of clusters of irrigated treatments, to a greater degree in R25.

It is necessary to consider, on the one hand, the moderate doses of irrigation tested, so that, despite the tendencies observed, sometimes the response of irrigated treatments was not intense enough to be reflected by statistically significant differences. On the other hand, the water potential measurements, performed in the control plants of each experimental treatment, showed great individual variability of rehydration. Thus, in particular occasions, such variability within a given water regime increased the standard deviation, limiting the appearance of statistically significant differences. This situation was observed more usually in the treatments that received lower water supplies, S00 and R25, than in R50, that is, under more unfavourable water situations.

The most discriminant water potential estimator was Ψ_{aa} , although due to its problematic use, the suitability of the use of other water potential indicators for irrigation management was studied. Thus, Ψ_{x12} could be considered as an adequate indicator to assess the water status of the plants under the environmental conditions of the study carried out.

The Integral of stress has reflected the level of hydric stress accumulated by the treatments in a suitable way, independently of the indicator of water potential used for its calculation, Ψ_{aa} or Ψ_{x12} .

The water supply favoured the **physiological activity** in the irrigated treatments, which showed values of gas exchange much higher than the rainfed one. Irrigation induced the increase of stomatal conductance, which, in turn, promoted the increase in transpiration rate and favoured the net photosynthesis rate, although not always on proportional mode to the increase of the irrigation dose.

In general, irrigated treatments showed higher g_s fluctuation between measurement dates, with higher values in R50, than the rainfed treatment, which gave more stable, albeit much lower values. The modulation of E, through the adjustment of g_s , did not always show a stable behaviour, probably subjected to a hormonal adjustment, in line with the bibliography consulted, that would have been induced by the environmental conditions prior to the measurement.

As well as stomatal conductance, the transpiration rate and net photosynthesis were favoured by the water supply, although not proportionally to the irrigation dose, since they were influenced not only by the water availability of the soil, but also by the atmospheric conditions.

Achieving high A_N values was based on increasing water consumption. In fact, **water use efficiency** did not begin to be significant until g_s dropped towards the threshold of $100 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and rose substantially below $50 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. However, below this threshold, A_N values were significantly reduced, so that in a limited irrigation situation it would be advisable to maintain the g_s values between both thresholds.

The application of cluster thinning did not reflect a relevant influence on the physiology parameters, however, it should be taken into account the favourable trend observed in the thinning treatments with respect to the control, to a greater degree within the treatments irrigated than in the rainfed one, despite its lack of consistency, in line with that observed in the indicators of water potential.

Therefore, the application of moderate irrigation has shown its usefulness, by the mitigation of depression of the physiological activity provoked by the atmospheric conditions during the central period of the day, typical of semiarid climates.

Due to the fact that in the growing conditions of the trial processes of probable photo inhibition have been observed under adverse environmental conditions, as well as a generalized reduction of the A_N values at midday compared to mid-morning, it might be appropriate to try to mitigate the solar radiation that reaches the canopy. In fact, the application of a protective film by powdered kaolin products could be suitable in such situation (Brillante et al., 2016).

The application of irrigation favoured the increase of **leaf surface**, although moderately and without reflecting notable differences between the doses of irrigation provided. The influence of irrigation occurred mainly through the increase of LAI_n , since the LAI_{pp} was more defined by the annual rainfall conditions, due to the fact that the application of irrigation began from the stoppage of growth of the main shoot.

The values of SA were similar in all treatments, but the leaf index did not reflect excessive foliar crowding in any case.

The **pruning wood** annually generated by the treatments depended to a great extent on the annual water availability. However, the water application had a moderate

influence, favouring treatments irrigated according to the water dosage applied, with an average increase of 20% in R25 and 30% in R50, with respect to S00. On the other hand, the cluster thinning has influenced to a lesser extent than the water regime, without reflecting a constant trend in the years of study.

The grape **yield** was favoured by the water supply, especially the year of higher water stress, although it was not increased proportionally to the irrigation dose, with an average increase of 17% in R25 and 39% in R50, with respect to S00. These differences occurred mainly through the increase of berry weight, which reflected mean increases of 20% in R25 and 27% in R50, with respect to S00, as no significant effect was observed on the number of clusters per vine or berries per bunch. In contrast, the production was adversely affected by the application of cluster thinning by reducing the number of clusters per plant, although a moderate compensatory effect was observed due to a slight increase in berry weight.

The total **dry matter** produced was significantly favoured by the water supply, although variable according to the water availability in each cycle. In any case, the water application increased the dry matter progressively with the irrigation dose, with an average increase of 20% in R25 and 30% in R50, with respect to S00, without substantially influencing the distribution of dry matter between the different organs. In contrast, cluster thinning varied this distribution by reducing yield, as it did not influence on the development of source organs.

The **composition of grapes** depended on two influential aspects in the concentration of substances. On the one hand, the weight of berry, whose increase favoured the dilution of the components of the must, and, on the other hand, the intrinsic capacity of its accumulation, which can balance for this effect.

Irrigation always favoured the synthesis of sugars, although the **concentration of soluble solids** showed different trends in the years of study. In 2012, the concentration was favoured by irrigation in a progressive way with the dose increase. In contrast, in 2013 and 2014, the rainfed treatment showed higher concentration than irrigated treatments, due to a higher dilution of sugars derived from the greater weight of berry showed by these treatments with respect to the rainfed one. On the other hand, cluster thinning favoured the concentration of soluble solids in all treatments of water regime, but its influence depended on the annual conditions, since in 2012 and 2014 the average increase due to thinning was greater than 0.7 °Brix, while in 2013 it exceeded 1.3 °Brix. This technique substantially accelerated the ripening in 2012, causing the harvest to advance in a week.

The **pH** varied slightly with the water supply, similarly in both irrigation doses, although with a variable interannual trend. However, the cluster thinning clearly increased its value in all treatments of water regime. The water application moderately increased the titratable acidity in general, despite the fact that, in a situation of intense water stress, the reduced berry weight of the rainfed treatment in 2012 led to the highest titratable acidity, due to the increase of the concentration of **tartaric acid**. In fact, the content of this acid per berry was very similar in all the treatments during the years of study, so its concentration depended basically on the weight of berry reached.

On the contrary, the **malic acid** content increased significantly with the water supply, although it varied with the annual environmental conditions, so that the concentration increased proportionally with the irrigation dose, in spite of the dilution derived from the inherent increase of berry size.

The application of cluster thinning resulted in a low reduction of the concentration of tartaric acid and malic acid with respect to the control treatment, which could be mainly due to the greater berry size reached by the thinning treatment within each water regime.

The concentration of **potassium** was not substantially influenced by the water regime, except in the rainfed treatment in 2012, when the small berry size caused the increase of concentration. However, cluster thinning showed a clear upward trend with respect to the control treatment within each water regime, which was probably caused by reducing sink organs.

To sum up, it is considered advisable to apply moderate irrigation to achieve adequate physiological activity and vegetative development, allowing a production level that can ripen properly under the test conditions. As the environmental conditions have a substantial impact on the effects of irrigation, the strategy should be chosen in agreement with them, since R25 was low in 2012 and R50 was excessive in 2013. On the other hand, the cluster thinning would be advisable when the maturation develops under adverse conditions, to increase the concentration of sugars, although bearing in mind the increase derived in the pH and the concentration of potassium.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

- Azcón-Bieto, J., Talón, M., 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana.
- Baeza, P., 2017. Determinación del crecimiento vegetativo, superficie foliar total, superficie foliar expuesta y otros parámetros de estimación del equilibrio vegetativo productivo. Escuela de Verano RedVitis. 10, 11 y 12 de julio de 2017 en Logroño, La Rioja.
- Baeza, P., Sánchez de Miguel, P., Centeno, A., Junquera, P., Linares, R., Lissarrague, J.R., 2007. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Sci. Hortic.* 114, 151–158.
- Baillod, M., Baggioolini, M., 1993. Les stades reperes de la vigne. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 25, 7–9.
- Basile, B., Girona, J., Behboudian, M., Mata, M., Rosello, J., Ferré, M., Marsal, J., 2012. Responses of "Chardonnay" to deficit irrigation applied at different phenological stages: vine growth, must composition, and wine quality. *Irrig. Sci.* 30, 397–406.
- Basile, B., Marsal, J., Mata, M., Vallverdu, X., Bellvert, J., Girona, J., 2011. Phenological Sensitivity of Cabernet Sauvignon to Water Stress: Vine Physiology and Berry Composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 62, 452–461.
- Begg, J.E., Turner, N.C., 1976. Crop water deficits. *Adv Agron.* 28.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N., 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52, 1–7.
- Bota, J., Flexas, J., Medrano, H., 2001. Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 138, 353–361.
- Bota, J., Medrano, H., Flexas, J., 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytol.* 162, 671–681.
- Boulton, R., 1980. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juice and wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 31, 182–186.
- Bowen, P., Bogdanoff, C., Usher, K., Estergaard, B., Watson, M., 2011. Effects of irrigation and crop load on leaf gas exchange and fruit composition in red winegrapes grown on a loamy sand. *Am. J. Enol. Vitic.* 62, 9–22.
- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H., 1985a. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, 132–139.
- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H., 1985b. Effect of crop level and crop load on growth, yield, must and wine composition, and quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, 125–131.
- Bravdo, B., Hepner, Y., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H., 1984. Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 35, 247–252.
- Bravdo, B.A., 2004. Effect of cultural practices and environmental factors on wine production and quality. *Acta Hortic.* 652, 119–124.

- Brillante, L., Belfiore, N., Gaiotti, F., Lovat, L., Sansone, L., Poni, S., Tomasi, D., 2016. Comparing kaolin and pinolene to improve sustainable grapevine production during drought. *PLOS ONE*. 11, e0156631.
- Browning, L., Krebs, J., Jebb, S., 2004. Discrimination ratio analysis of inflammatory markers: implications for the study of inflammation in chronic disease. *Metabolism* 53, 899–903.
- Buckley, T., Mott, K., Farquhar, G., 2003. A hydromechanical and biochemical model of stomatal conductance. *Plant Cell Environ.* 26, 1767–1785.
- Buttrose, M., Hale, C., Kliewer, W.M., 1971. Effect of temperature on the composition of 'Cabernet Sauvignon' berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 22, 71–75.
- Cacho, J., Fernández, P., Ferreira, V., Castells, J.E., 1992. Evolution of five anthocyanidin-3-glucosides in the skin of the Tempranillo, Moristel, and Garnacha grape varieties and influence of climatological variables. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, 244–248.
- Calderon-Orellana, A., Mercenaro, L., Shackel, K.A., Willits, N., Matthews, M.A., 2014. Responses of Fruit Uniformity to Deficit Irrigation and Cluster Thinning in Commercial Winegrape Production. *Am. J. Enol. Vitic.* 65, 354–362.
- Carboneau, Alain, 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*, in: *Annales de l'Amélioration Des Plantes*.
- Carboneau, A, 1976. Analyse de la croissance des feuilles du sarment de vigne: estimation de sa surface foliaire par échantillonnage. *Connaiss. Vigne Vin.*
- Casierra-Posada, F., 2011. Fotoinhibición: Respuesta fisiológica de los vegetales al estrés por exceso de luz. *Rev. Colomb. Cienc. Hortícolas* 1, 114–123.
- Catalina, Á., 2016. Utilización de medidas de fluorescencia de la clorofila para monitorizar el estado nutricional y estimar el potencial enológico en viñedos afectados por clorosis férrica. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias.
- Centeno, A., Baeza, P., Lissarrague, J.R., 2010. Relationship between soil and plant water status in wine grapes under various water deficit regimes. *HortTechnology* 20, 585–593.
- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R. de, Ortúñoz, M., Rodrigues, M., Lopes, C., Maroco, J., Pereira, J.S., 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann. Appl. Biol.* 150, 237–252.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Ann. Bot.* 105, 661–676.
- Choné, X., van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillere, J.P., 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Ann. Bot.* 87, 477–483.
- Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): An open gate to improve water-use efficiency? *Agric. Ecosyst. Environ.* 106, 159–170.
- Cole, J., Pagay, V., 2015. Usefulness of early morning stem water potential as a sensitive indicator of water status of deficit-irrigated grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Sci. Hortic.* 191, 10–14.

- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., Sousa, M.J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H., 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food* 1, 1–22.
- Coombe, B., 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, 101–110.
- Coombe, B.G., 2001. Ripening berries: a critical issue. *Aust. Vitic.* 5, 28–34.
- Coombe, B.G., McCarthy, M., 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Aust. J. Grape Wine Res.* 6, 131–135.
- Correia, M., Pereira, J., Chaves, M., Rodrigues, M., Pacheco, C., 1995. ABA xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown *Vitis vinifera* L. plants. *Plant Cell Environ.* 18, 511–521.
- Cuevas, E., Baeza, P., Lissarrague, J.R., 2006. Variation in stomatal behaviour and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. *Sci. Hortic.* 108, 173–180.
- Dai, Z.W., Vivin, P., Barrieu, F., Ollat, N., Delrot, S., 2010. Physiological and modelling approaches to understand water and carbon fluxes during grape berry growth and quality development: a review. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16, 70–85.
- Dayer, S., Prieto, J.A., Galat, E., Perez Peña, J., 2013. Carbohydrate reserve status of Malbec grapevines after several years of regulated deficit irrigation and crop load regulation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 19, 422–430.
- de Bolt, S., Cook, D.R., Ford, C.M., 2006. L-Tartaric acid synthesis from vitamin C in higher plants. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 5608–5613.
- de Souza, C., Maroco, J., dos Santos, T., Rodrigues, M., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M., 2005. Grape berry metabolism in field-grown grapevines exposed to different irrigation strategies. *VITIS-J. Grapevine Res.* 44, 103–109.
- des Gachons, C.P., van Leeuwen, C., Tominaga, T., Soyer, J.-P., Gaudillère, J.-P., Dubourdieu, D., 2005. Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon blanc in field conditions. *J. Sci. Food Agric.* 85, 73–85.
- Dokoozlian, N., Kliewer, W., 1996. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121, 869–874.
- Dokoozlian, N., Kliewer, W., 1995a. The light environment within grapevine canopies. II. Influence of leaf area density on fruit zone light environment and some canopy assessment parameters. *Am. J. Enol. Vitic.* 46, 219–226.
- Dokoozlian, N., Kliewer, W., 1995b. The light environment within grapevine canopies. I. Description and seasonal changes during fruit development. *Am. J. Enol. Vitic.* 46, 209–218.
- Domec, J.-C., Johnson, D.M., 2012. Does homeostasis or disturbance of homeostasis in minimum leaf water potential explain the isohydric versus anisohydric behavior of *Vitis vinifera* L. cultivars? *Tree Physiol.* 32, 245–248.

- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1986. Las necesidades de agua de los cultivos, Estudio FAO. Riego y drenaje. FAO, Roma.
- dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Lucília Rodrigues, M., de Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Manuela Chaves, M., 2007. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Sci. Hortic.* 112, 321–330.
- Düring, H., Loveys, B., 1982. Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field grown *Vitis vinifera* cvs. I. Leaf water potential components and leaf conductance under humid temperate and semiarid conditions. *Vitis* 21, 223–232.
- Edson, C., Howell, G., Flore, J., 1995a. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. *Am. J. Enol. Vitic.* 46, 469–477.
- Edson, C., Howell, G., Flore, J., 1995b. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. III. Seasonal changes in dry matter partitioning, vine morphology, yield, and fruit composition. *Am. J. Enol. Vitic.* 46, 478–485.
- Escalona, J., Tomás, M., Martorell, S., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., 2012. Carbon balance in grapevines under different soil water supply: importance of whole plant respiration. *Aust. J. Grape Wine Res.* 18, 308–318.
- Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano Gil, H., 1999. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Aust. J. Plant Physiol.* 26, 421–433.
- Esteban, M.A., Villanueva, M.J., Lissarrague, J.R., 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *J. Sci. Food Agric.* 81, 409–420.
- Esteban, M.A., Villanueva, M.J., Lissarrague, J.R., 1999. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. *Am. J. Enol. Vitic.* 50, 418–434.
- Farquhar, G.D., Sharkey, T.D., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 33, 317–345.
- Flexas, J., Bota, J., Cifre, J., Escalona, J.M., Galmés, J., Gulás, J., Lefé, E.-K., Martínez-Cañellas, S.F., Moreno, M.T., Ribas-Carbó, M., Riera, D., Sampol, B., Medrano, H., 2004. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Ann. Appl. Biol.* 144, 273–283.
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H., 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Funct. Plant Biol.* 29, 461–471.
- Flexas, J., Díaz-Espejo, A., Berry, J., Cifre, J., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., Ribas-Carbó, M., 2007. Analysis of leakage in IRGA's leaf chambers of open gas exchange systems: quantification and its effects in photosynthesis parameterization. *J. Exp. Bot.* 58, 1533–1543.

- Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell Environ.* 22, 39–48.
- Flexas, J., Escalona, J., Medrano, H., 1998. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25, 893–900.
- Flexas, J., Medrano, H., 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Ann. Bot.* 89, 183–189.
- Franks, P.J., Drake, P.L., Froend, R.H., 2007. Anisohydric but isohydrodynamic: seasonally constant plant water potential gradient explained by a stomatal control mechanism incorporating variable plant hydraulic conductance. *Plant Cell Environ.* 30, 19–30.
- Freeman, B.M., Kliewer, W.M., 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34, 197–207.
- Gago, J., Douthe, C., Florez-Sarasa, I., Escalona, J.M., Galmes, J., Fernie, A.R., Flexas, J., Medrano, H., 2014. Opportunities for improving leaf water use efficiency under climate change conditions. *Plant Sci.* 226, 108–119.
- Gamero, E., Moreno, D., Vilanova, M., Uriarte, D., Prieto, M., Valdés, M.E., 2014. Effect of bunch thinning and water stress on chemical and sensory characteristics of Tempranillo wines. *Aust. J. Grape Wine Res.* 20, 394–400.
- Gatti, M., Bernizzoni, F., Civardi, S., Poni, S., 2012. Effects of cluster thinning and pre-flowering leaf removal on growth and grape composition in cv. Sangiovese. *Am. J. Enol. Vitic.* 63, 325–332.
- Gerzon, E., Biton, I., Yaniv, Y., Zemach, H., Netzer, Y., Schwartz, A., Fait, A., Ben-Ari, G., 2015. Grapevine Anatomy as a Possible Determinant of Isohydric or Anisohydric Behavior. *Am. J. Enol. Vitic.* 66, 340–347.
- Girona, J., Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J., Basile, B., 2009. Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera L.*) to water stress. *Aust. J. Grape Wine Res.* 15, 268–277.
- Girona, J., Mata, M., del Campo, J., Arbones, A., Bartra, E., Marsal, J., 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* 24, 115–127.
- Gómez del Campo, M., Baeza, P., Ruiz, C., Lissarrague, J.R., 2005. Effects of water stress on dry matter content and partitioning in four grapevine cultivars (*Vitis vinifera L.*). *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 39, 1–10.
- Gómez del Campo, M., Baeza, P., Ruiz, C., Sotés, V., Lissarrague, J., 2007. Effect of previous water conditions on vine response to rewatering. *VITIS-J. Grapevine Res.* 46, 51–55.
- Gómez del Campo, M., Ruiz, C., Lissarrague, J.R., 2002. Effect of water stress on leaf area development, photosynthesis, and productivity in Chardonnay and Airén grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 138–143.
- Gómez Miguel, V., 1994. El boletín de análisis de suelos: Interpretación. *Viña y vino* 12, 8–13.
- Hale, C.R., 1977. Relation between potassium and the malate and tartrate contents of grape berries. *VITIS-J. Grapevine Res.* 16, 9–19.
- Hale, C.R., 1962. Synthesis of organic acids in the fruit of the grape. *Nature* 195, 917–918.

- Hardie, W., Considine, J., 1976. Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. *Am. J. Enol. Vitic.* 27, 55–61.
- Hepner, Y., Bravdo, B., 1985. Effect of crop level and drip irrigation scheduling on the potassium status of Cabernet Sauvignon and Carignane vines and its influence on must and wine composition and quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, 140–147.
- Hepner, Y., Bravdo, B., Loinger, C., Cohen, S., Tabacman, H., 1985. Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36, 77–85.
- Hidalgo, J., 2011. Tratado de enología I. Mundi-Prensa.
- Ho, L.C., 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39, 355–378.
- Holbrook, N.M., Shashidhar, V., James, R.A., Munns, R., 2002. Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. *J. Exp. Bot.* 53, 1503–1514.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24, 519–570.
- Hugalde, I., Vila, H., 2014. Comportamiento isohídrico o anisohídrico en vides: ¿Una controversia sin fin? *RIA Rev. Investigación Agropecuaria.* 40, 75–82.
- Hunter, J., Visser, J., 1990. The effect of partial defoliation on growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet S. I. Vegetative growth. *Afr J Enol Vitic* 11, 18–25.
- Hunter, J., Visser, J., 1988. Distribution of ¹⁴C-Photosynthetate in the Shoot of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon I. The Effect of Leaf Position and Developmental Stages of the Vine. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 9, 3–9.
- Hunter, J.J., Skrivan, R., Ruffner, H.P., 1994. Diurnal and seasonal physiological changes in leaves of *Vitis vinifera* L.: CO₂ assimilation rates, sugar levels and sucrolytic enzyme activity. *VITIS-J. Grapevine Res.* 33, 189–195.
- Hunter, J.J., Volschenk, C.G., Novello, V., Strever, A.E., Fouché, G.W., 2014. Integrative effects of vine water relations and grape ripeness level of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/Richter 99. I. Physiological changes and vegetative-reproductive growth balances. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 35, 332–358.
- Iacono, F., Bertamini, M., Scienza, A., Coombe, B., 1995. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries. *VITIS-J. Grapevine Res.* 34, 201–206.
- Iglesias, D.J., Lliso, I., Tadeo, F.R., Talon, M., 2002. Regulation of photosynthesis through source-sink imbalance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. *Physiol. Plant.* 116, 563–572.
- Intrigliolo, D., Castel, J., 2006. Vine and soil-based measures of water status in a Tempranillo vineyard. *VITIS-J. Grapevine Res.* 45, 157–163.
- Intrigliolo, D., Castel, J., Carcel, S., 2006. Effects of crop level and irrigation on yield and wine quality of Tempranillo grapevines in a dry year, in: V International Symp. on Irrigation of Horticultural Crops. 792, 371–378.

- Intrigliolo, D., Castel, J.R., 2010. 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.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2011. Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition. *Irrig. Sci.* 29, 443–454.
- Jackson, D., Lombard, P., 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, 409–430.
- Jones, G., White, M., Cooper, O., Storchmann, K., 2005. Climate Change and Global Wine Quality. *Clim. Change* 73.
- Jones, H.G., 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 55, 2427–2436.
- Kaiser, W.M., 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiol. Plant.* 71, 142–149.
- Kaps, M., Cahoon, G., 1989. Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition, and net photosynthesis of Seyval blanc grapes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114, 20–24.
- Karimi, R., 2017. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Sci. Hortic.* 215, 184–194.
- Keller, M., 2005. Deficit irrigation and vine mineral nutrition. *Am. J. Enol. Vitic.* 56, 267–283.
- Keller, M., Mills, L.J., Wample, R.L., Spayd, S.E., 2005. Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 56, 91–103.
- Keller, M., Smithyman, R.P., Mills, L.J., 2008. Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet S. in an arid climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 59, 221–234.
- Kliewer, W.M., 1977. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28, 96–103.
- Kliewer, W.M., 1966. Sugars and organic acids of *Vitis v.* *Plant Physiol.* 41, 923–931.
- Kliewer, W.M., Dokoozlian, N.K., 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 56, 170–181.
- Knoll, M., Redl, H., 2012. Gas exchange of field-grown *Vitis vinifera* L. cv. Zweigelt leaves in relation to leaf age and position along the stem. *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 46, 281–295.
- Koblet, W., Carmo Candolfi-Vasconcelos, M., Keller, M., 1996. Effects of training system, canopy management practices, crop load and rootstock on grapevine photosynthesis. *Acta Hortic.* 133–140.
- Kozaki, A., Takeba, G., 1996. Photorespiration protects C3 plants from photooxidation.
- Kriedemann, P.E., Goodwin, I., 2003. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying, *Irrigation Insights*. Land & Water Australia.
- Król, A., Weidner, S., 2017. Changes in the proteome of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L.) during long-term drought stress. *J. Plant Physiol.* 211, 114–126.

- Lakso, A., Kliewer, W.M., 1978. The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. II. Temperature responses of net dark CO₂ fixation and malic acid pools. Am. J. Enol. Vitic. 29, 145–149.
- Lambert, C., Bisson, J., Waffo-Téguo, P., Papastamoulis, Y., Richard, T., Corio-Costet, M.-F., Mérillon, J.-M., Cluzet, S., 2012. Phenolics and their antifungal role in grapevine wood decay: focus on the Botryosphaeriaceae family. J. Agric. Food Chem. 60, 11859–11868.
- Lanari, V., Palliotti, A., Sabbatini, P., Howell, G.S., Silvestroni, O., 2014. Optimizing deficit irrigation strategies to manage vine performance and fruit composition of field-grown "Sangiovese" (*Vitis vinifera* L.) grapevines. Sci. Hortic. 179, 239–247.
- Levy, J., Morris, R., Hammersley, M., Turner, R., 1999. Discrimination, adjusted correlation, and equivalence of imprecise tests: application to glucose tolerance. Am. J. Physiol.-Endocrinol. Metab. 276, E365–E375.
- Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J., 2007. El potencial hídrico foliar. Agrícola Española.
- López, M.I., Sánchez, M.T., Díaz, A., Ramírez, P., Morales, J., 2007. Influence of a deficit irrigation regime during ripening on berry composition in grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in semi-arid areas. Int. J. Food Sci. Nutr. 58, 491–507.
- López, M.I., Sánchez, M.T., Ramírez, P., Morales, J., 2009. Effect of a Deficit Irrigation Regime on the Quality of Wines Made from White Grapes (*vitis Vinifera* L.) Grown in Semiarid Areas. J. Food Qual. 32, 481–503.
- Lovisolo, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., Schubert, A., 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. Funct. Plant Biol. 37, 98–116.
- MAGRAMA, 2015. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE): Resultados de años anteriores (2004-2015). <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/esycrce/resultados-de-anos-anteriores/> (acceso 12.10.2015).
- Martínez de Toda, F., 2007. Claves de la Viticultura de Calidad: Nuevas Técnicas de Estimación y Control de la Calidad de la Uva en el Viñedo.
- Martínez de Toda, F.M., Balda, P., 2014. Reducing the pH of wine by increasing grape sunlight exposure: a method to mitigate the effects of climate warming. VITIS-J. Grapevine Res. 53, 17–20.
- Martínez, M.P.S., Zaballa, O., Domínguez, E.G.-E., Arbizu, J., Martín, R.L., 1995. El control del rendimiento por aclareo de racimos: Experiencias sobre cv. Mazuelo. Zubia 53–64.
- Matthews, M.A., Anderson, M.M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. Am. J. Enol. Vitic. 40, 52–60.
- Matthews, M.A., Anderson, M.M., 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. Am. J. Enol. Vitic. 39, 313–320.
- Matthews, M.A., Ishii, R., Anderson, M.M., O'Mahony, M., 1990. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. J. Sci. Food Agric. 51, 321–335.

- McCarthy, M.G., 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera L.*). *Aust. J. Grape Wine Res.* 3, 2–8.
- McCarthy, M.G., Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M., 2002. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines, in: Deficit Irrigation Practices, FAO Water Reports. 79–87.
- Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulás, J., Flexas, J., 2002. Regulation of photosynthesis of C-3 plants in response to progressive drought: Stomatal conductance as a reference parameter. *Ann. Bot.* 89, 895–905.
- Medrano, H., Pou, A., Tomás, M., Martorell, S., Gulias, J., Flexas, J., Escalona, J.M., 2012. Average daily light interception determines leaf water use efficiency among different canopy locations in grapevine. *Agric. Water Manag.* 114, 4–10.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Pou, A., Escalona, J.-M., Bota, J., 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: limitations of leaf WUE as a selection target. *Crop J.* 3, 220–228.
- Merzlyak, M.N., Melø, T.B., Naqvi, K.R., 2008. Effect of anthocyanins, carotenoids, and flavonols on chlorophyll fluorescence excitation spectra in apple fruit: signature analysis, assessment, modelling, and relevance to photoprotection. *J. Exp. Bot.* 59, 349–359.
- Mirás-Avalos, J.M., Trigo-Cordoba, E., Bouzas-Cid, Y., 2014. Does predawn water potential discern between irrigation treatments in Galician white grapevine cultivars. *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 48, 123–127.
- Mishra, S.K., Singh, V.P., 2003. SCS-CN Method, in: Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology, Water Science and Technology Library. Springer Netherlands, pp. 84–146.
- Monteith, J.L., 1995. A reinterpretation of stomatal responses to humidity. *Plant Cell Environ.* 18, 357–364.
- Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby, M.T., Thomas, M.R., 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 9, 154–168.
- Myers, B.J., 1988. Water stress integral—a link between short-term stress and long-term growth. *Tree Physiol.* 4, 315–323.
- Naor, A., Gal, Y., Bravdo, B., 2002. Shoot and cluster thinning influence vegetative growth, fruit yield, and wine quality of Sauvignon blanc grapevines. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127, 628–634.
- Naor, A., Gal, Y., Bravdo, B., 1997. Crop load affects assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water relations of field-grown Sauvignon blanc grapevines. *J. Exp. Bot.* 48, 1675–1680.
- Naor, A., Wample, R., 1994. Gas exchange and water relations of field-grown Concord (*Vitis labruscana Bailey*) grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 333–337.
- Niculcea, M., Martínez Lapuente, L., Guadalupe, Z., Sánchez Díaz, M., Morales, F., Ayestarán, B., Antolín, M.C., 2013. Effects of water-deficit irrigation on hormonal content and nitrogen

- compounds in developing berries of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. *J. Plant Growth Regul.* 32, 551–563.
- Nuzzo, V., Matthews, M.A., 2006. Response of fruit growth and ripening to crop level in dry-farmed Cabernet S. on four rootstocks. *Am. J. Enol. Vitic.* 57, 314–324.
- Observatorio Español del Mercado del Vino (OeMv), 2015. Superficie del viñedo en España, 2015.
- O'Daniel, S.B., Archbold, D.D., Kurtural, S.K., 2012. Effects of balanced pruning severity on Traminette (*Vitis* spp.) in a warm climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 63, 284–290.
- Ojeda, H., Deloire, A., Carbonneau, A., 2001. Influence of water deficits on grape berry growth. *VITIS-J. Grapevine Res.* 40, 141–145.
- Olivo, N., Girona, J., Marsal, J., 2009. Seasonal sensitivity of stem water potential to vapour pressure deficit in grapevine. *Irrig. Sci.* 27, 175–182.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), 2015. World vitiviniculture situation. 38º Congreso OIV, Maguncia, Alemania.
- Ough, C., Nagaoka, R., 1984. Effect of cluster thinning and vineyard yields on grape and wine composition and wine quality of Cabernet S. *Am. J. Enol. Vitic.* 35, 30–34.
- Palliotti, A., Cartechini, A., 2000. Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars. *Acta Hortic.* 512, 111–120.
- Palliotti, A., Cartechini, A., Ferranti, F., 2000. Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 122–130.
- Palliotti, A., Poni, S., Di Lena, B., Silvestroni, O., 2012. Analysis of “sink-photoassimilation” relationship in field-grown Cabernet Sauvignon grapevines. *Acta Hortic.* 931, 151–156.
- Parker, A.K., Trought, M.C., Hofmann, R.W., McLachlan, A.R., van Leeuwen, C., 2014. The influence of two methods of crop removal at different leaf areas on maturation of Sauvignon blanc (*Vitis vinifera* L.). *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 48, 43–50.
- Pellegrino, A., Clingeffer, P., Cooley, N., Walker, R., 2014. Management practices impact vine carbohydrate status to a greater extent than vine productivity. *Front. Plant Sci.* 5.
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., 2007. The issue of canopy efficiency in the grapevine: assessment and approaches for its improvement. *Int. Workshop Adv. Grapevine Wine Res.* 754, 163–174.
- Poni, S., Intrieri, C., Silvestroni, O., 1994a. Interactions of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions. I. Gas exchange. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 71–78.
- Poni, S., Lakso, A.N., Turner, J.R., Melious, R.E., 1994b. Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field-grown Concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 252–258.
- Pou, A., Flexas, J., Alsina, M. del M., Bota, J., Carambula, C., De Herralde, F., Galmés, J., Lovisolo, C., Jiménez, M., Ribas-Carbó, M., Rusjan, D., Secchi, F., Tomàs, M., Zsófi, Z., Medrano, H., 2008. Adjustments of water use efficiency by stomatal regulation during drought and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). *Physiol. Plant.* 134, 313–323.

- Preiner, D., Tupajic, P., Kontic, J.K., Andabaka, Z., Markovic, Z., Maletic, E., 2013. Organic acids profiles of the most important Dalmatian native grapevine (*V. vinifera* L.) cultivars. *J. Food Compos. Anal.* 32, 162–168.
- Prieto, J., Lebon, E., Ojeda, H., 2010. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 44, 9–20.
- Ravaz, L., 1906. Influence de la surproduction sur la végétation de la vigne. Coulet.
- Reščić, J., Mikulić-Petkovšek, M., Štampar, F., Zupan, A., Rusjan, D., 2015. The impact of cluster thinning on fertility and berry and wine composition of Blauer Portugieser (*Vitis vinifera* L.) grapevine variety. *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 49, 275–291.
- Richter, H., 1997. Water relations of plants in the field: some comments on the measurement of selected parameters. *J. Exp. Bot.* 48, 1–7.
- Rives, M., 2000a. Vigour, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. *Agronomie* 20, 79–91.
- Rives, M., 2000b. Vigour, pruning, and cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). II. Experiments on vigour, pruning and cropping. *Agronomie* 20, 205–213.
- Roby, G., Matthews, M.A., 2004. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10, 74–82.
- Rodrigues, P., Pedroso, V., Gouveia, J.P., Martins, S., Lopes, C., Alves, I., 2012. Influence of soil water content and atmospheric conditions on leaf water potential in cv. Touriga Nacional deep-rooted vineyards. *Irrig. Sci.* 30, 407–417.
- Rogiers, S.Y., Greer, D.H., Hatfield, J.M., Hutton, R.J., Clarke, S.J., Hutchinson, P.A., Somers, A., 2012. Stomatal response of an anisohydric grapevine cultivar to evaporative demand, available soil moisture and abscisic acid. *Tree Physiol.* 32, 249–261.
- Romero, P., Botía, P., Keller, M., 2017. Hydraulics and gas exchange recover more rapidly from severe drought stress in small pot-grown grapevines than in field-grown plants. *J. Plant Physiol.* 216, 58–73.
- Rossdeutscher, L., Edwards, E., Cookson, S.J., Barrieu, F., Gambetta, G.A., Delrot, S., Ollat, N., 2016. ABA-mediated responses to water deficit separate grapevine genotypes by their genetic background. *BMC Plant Biol.* 16, 1.
- Rubio, J.A., Alburquerque, M.V., Yuste, J., 2004a. Influence of water stress and crop load on the physiology and the productivity of Tempranillo under semiarid conditions. *Acta Hortic.* 640, 99–106.
- Rubio, J.A., Yuste, J., Lissarrague, J.R., Baeza, P., 2004b. Relations between soil water content, leaf water potential, physiological and productive activity, under the influence of irrigation and yield control in Tempranillo grapevine in the AO Ribera del Duero. *Int. Symp. Irrig. Water Relat. Grapevine Fruit Trees* 646, 69–76.
- Sadras, V., Montoro, A., Moran, M., Aphalo, P., 2012. Elevated temperature altered the reaction norms of stomatal conductance in field-grown grapevine. *Agric. For. Meteorol.* 165, 35–42.

- Salón, J.L., Chirivella, C., Castel, J.R., 2005. 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.
- Sánchez de Miguel, P., 2007. Producción y distribución de fotoasimilados en la vid (*Vitis vinifera* L.) durante el período de maduración: cambios en la respuesta fotosintética a la luz de las hojas por factores biológicos, ambientales y culturales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Sánchez de Miguel, P., Junquera, P., de la Fuente, M., Jiménez, L., Linares, R., Baeza, P., Lissarrague, J., 2011. Estimation of vineyard leaf area by linear regression. Span. J. Agric. Res. 9, 202–212.
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B., 2011a. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. Agric. Water Manag. 98, 1171–1179.
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B., 2011b. 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.
- Santesteban, L.G., Royo, J.B., 2006. Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. Tempranillo under semiarid conditions. Sci. Hortic. 109, 60–65.
- Scholander, P.F., Hammel, H., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E., 1965. Sap pressure in vascular plants.
- Schultz, H., 1995. Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. Acta Hortic. 427, 251–266.
- Schultz, H., Stoll, M., 2010. Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. Aust. J. Grape Wine Res. 16, 4–24.
- Schultz, H.R., 2015. Grape canopy structure, light microclimate and photosynthesis. 1. A two-dimensional model of the spatial distribution of surface area densities and leaf ages in two canopy systems. VITIS-J. Grapevine Res. 34, 211.
- Schultz, H.R., 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. Plant Cell Environ. 26, 1393–1405.
- Setter, T.L., Brun, W.A., Brenner, M.L., 1980. Stomatal closure and photosynthetic inhibition in soybean leaves induced by petiole girdling and pod removal. Plant Physiol. 65, 884–887.
- Sipiora, M.J., Gutiérrez, M.J., 1998. Effects of pre-veraison irrigation cutoff and skin contact time on the composition, color, and phenolic content of young Cabernet Sauvignon wines in Spain. Am. J. Enol. Vitic. 49, 152–162.
- Smart, R., 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera*). Am. J. Enol. Vitic. 25, 84–91.
- Smart, R., Robinson, M., 1991. Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management. Winetitles.
- Smart, R.E., 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. Am. J. Enol. Vitic. 36, 230–239.

- Smithyman, R.P., Howell, G.S., Miller, D.P., 1998. The use of competition for carbohydrates among vegetative and reproductive sinks to reduce fruit set and botrytis bunch rot in Seyval blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 49, 163–170.
- Sperry, J., Hacke, U., Oren, R., Comstock, J., 2002. Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. *Plant Cell Environ.* 25, 251–263.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2006. *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume I.
- Tarara, J.M., Pena, J.E.P., Keller, M., Schreiner, R.P., Smithyman, R.P., 2011. Net carbon exchange in grapevine canopies responds rapidly to timing and extent of regulated deficit irrigation. *Funct. Plant Biol.* 38, 386–400.
- Tomás, M., Medrano, H., Escalona, J.M., Martorell, S., Pou, A., Ribas-Carbó, M., Flexas, J., 2014. Variability of water use efficiency in grapevines. *Environ. Exp. Bot.* 103, 148–157.
- Tomás, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J., Martorell, S., Ribas-Carbó, M., Flexas, J., 2012. Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. *Aust. J. Grape Wine Res.* 18, 164–172.
- Tomaz, A., Martinez, J.M.C., Pacheco, C.A., 2015. Yield and quality responses of "Aragonez" grapevines under deficit irrigation and different soil management practices in a mediterranean climate. *Ciênc. E Téc. Vitivinícola* 30, 9–20.
- Tonietto, J., Carbonneau, A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. For. Meteorol.* 124, 81–97.
- Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, I., Mirás-Avalos, J.M., 2015. Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. "Godello" and "Treixadura" in Ribeiro, NW Spain. *Agric. Water Manag.* 161, 20–30.
- Uriarte, D., Intrigliolo, D.S., Mancha, L.A., Valdés, E., Gamero, E., Prieto, M.H., 2016. Combined effects of irrigation regimes and crop load on "Tempranillo" grape composition. *Agric. Water Manag.* 165, 97–107.
- Van Leeuwen, C., Tregot, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère, J.-P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci.* 43, 121–134.
- Van Leeuwen, C., Tregot, O., Choné, X., Gaudillère, J., Pernet, D., 2008. Different environmental conditions, different results: the role of controlled environmental stress on grape quality potential and the way to monitor it, in: Proceedings of the Thirteenth Australian Wine Industry Technical Conference. pp. 39–46.
- Vasconcelos, M.C., Castagnoli, S., 2000. Leaf canopy structure and vine performance. *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 390–396.
- Vicente, A., Yuste, J., 2015. Cluster thinning in cv. Verdejo rainfed grown: Physiologic, agronomic and qualitative effects, in the DO Rueda (Spain), in: BIO Web of Conferences. EDP Sciences, p. 01020.
- Vicente, A., Yuste, J., 2014. Potenciales hídricos de hoja y de xilema: respuesta como indicadores del estado hídrico del viñedo, en cv. Verdejo, sometido a diferentes régimenes hídricos

- en la D.O. Rueda, in: I Jornadas del Grupo de viticultura y enología de la SECH. Logroño (La Rioja).
- Vila, H., 2011. Regulación de la hidratación y la turgencia foliares por mecanismos evitadores del estrés, y resistencia a déficit hídrico en vid: Modelo vs. experimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Vilanova, M., Rodríguez, I., Canosa, P., Otero, I., Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, I., Valdés, E., 2015. Variability in chemical composition of *Vitis vinifera* cv Mencía from different geographic areas and vintages in Ribeira Sacra (NW Spain). Food Chem. 169, 187–196.
- Wang, Z.-P., Deloire, A., Carboneau, A., Federspiel, B., Lopez, F., 2003. An in vivo experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grape berries during water deficiency stress. Ann. Bot. 92, 523–528.
- Williams, L.E., Araujo, F.J., 2002. Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 127, 448–454.
- Williams, L.E., Baeza, P., 2007. 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.
- Williams, L.E., Trout, T.J., 2005. Relationships among vine-and soil-based measures of water status in a Thompson Seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation. Am. J. Enol. Vitic. 56, 357–366.
- Wilson, P.E., Archbold, D.D., Masabni, J.G., Kurtural, S.K., 2014. Cropload management of "Vidal blanc" improves primary bud cold hardiness and maintains berry composition in the lower midwestern United States. HortScience 49, 874–880.
- Yuste, J., 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadio. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Yuste, J., Asenjo, J., Alburquerque, M., Rubio, J., 2004. Relationships among physiology, growth and production as affected by water regime and vine spacing of Tempranillo grapevines, in: VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology. Davis, California, USA, pp. 343–348.
- Yuste, Jesús, Gutiérrez, I., Rubio, J.A., Alburquerque, M.V., 2004. Réponse des potentiels hydriques de la feuille et du xylème comme indicateurs de l'état hydrique de la vigne, cépage tempranillo, soumis à différents régimes hydriques dans la vallée du Douro. J. Int. Sci. Vigne Vin Int. J. Vine Wine Sci. 38, 21–26.
- Yuste, J., Rubio, J.A., Alburquerque, M.V., 2009. Relationship between soil water content and vine water status: use of water indicators to irrigate., in: 16th International GiESCO Symposium. Davis, California, USA, pp. 233–238.
- Yuste, J., Vicente, A., 2015. Manejo del riego y control de rendimiento del viñedo en un marco de limitación hídrica y cambio climático. Aplicación en la variedad Verdejo (*Vitis vinifera* L.). Phytoma-Esp. 274.

- Yuste, J., Vicente, A., Barajas, E., 2013. Agronomic, physiological and qualitative response of white variety verdejo to irrigation and its management in the A.O. Rueda. Ciênc. E Téc. Vitivinícola 28, 84–88.
- Zufferey, V., Murisier, F., Schultz, H.R., 2000. A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. VITIS-J. Grapevine Res. 39, 19–26.