

EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO APLICADO EN DISTINTOS PERÍODOS DE DESARROLLO DE LA VID cv. CHARDONNAY EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL VINO¹

Effect of water stress applied at different development periods of grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality¹

Raúl Ferreyra E.²*, Gabriel Sellés V.², Rafael Ruiz S.², Iván Sellés M.²

ABSTRACT

During growing seasons 1998/99, 1999/2000 and 2000/01 a field trial on grapevines (*Vitis vinifera* L.) cv. Chardonnay was carried out with the objective of evaluating the effects of water stress on yield, wine quality, plant water status and nutritional reserves in the roots. The following treatments were applied: T1 and T2, application of water equivalent to 100% and 40%, respectively, of crop evapotranspiration (ET_c) for the entire season; T3, no irrigation from bud formation to veraison and irrigation at 100% of ET_c from then to harvest; T4, irrigation at 100% of ET_c from bud formation to veraison and no irrigation from then to harvest. Water shortage significantly decreased shoot growth and berry diameter, which resulted in yield reduction. The growing period from bud formation to veraison had the largest reductions of these variables. On the other hand, the water deficit induced a decrease of carbohydrate reserves of the root system. Total acidity, global wine quality and phenols present in the wine did not increase with water stress, different behavior than that observed in red wines. The stem water potential (SWP), measured at noon, was a good indicator of plant water stress. Grapevines not submitted to water stress had SWP of over -0.8 MPa, while those plants under water stress had values of -1.2 MPa.

Key words: water use efficiency, *Vitis vinifera*, regulated irrigation deficit.

RESUMEN

Durante las temporadas 1998/99, 1999/2000 y 2000/01 se realizó una investigación en vides (*Vitis vinifera* L.) cv. Chardonnay, con el objeto de evaluar los efectos de la restricción hídrica sobre la producción, calidad del vino, estado hídrico de las plantas y las reservas nutricionales de las raíces. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: T1 y T2, aplicación de agua equivalente al 100 y 40%, respectivamente, de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) durante toda la temporada; T3, sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ET_c de pinta hasta la cosecha; T4, aplicación de agua equivalente al 100% de ET_c entre brotación y pinta, y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha. La disminución del aporte hídrico redujo en forma significativa el crecimiento de brotes y el diámetro de bayas, lo que se tradujo en una disminución del rendimiento. El período comprendido entre brotación y pinta determinó las mayores disminuciones de estas variables. Por otra parte, el déficit hídrico produjo un descenso en los carbohidratos de reserva del sistema radicular. La acidez total, la calidad global del vino y los fenoles presentes en el mosto, a diferencia de lo observado en vinos tintos, no aumentaron con los déficit hídricos. El potencial hídrico xilemático (SWP) medido a mediodía, fue un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas. Las vides no sometidas a estrés hídrico presentaron SWP superiores a -0,8 MPa, en tanto que las sometidas a déficit hídrico presentaron valores de -1,2 MPa.

Palabras clave: eficiencia del uso de agua, *Vitis vinifera*, riego deficitario controlado.

¹ Recepción de original: 13 de mayo de 2002.

Investigación financiada por el Fondo de Desarrollo Innovativo (FDI) de CORFO, en el marco del proyecto FDI 98C3-AT-01.

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Código postal 7083150, Santiago, Chile. E-mail: rferreyr@platina.inia.cl *Autor para correspondencia.

INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que el estrés hídrico afecta el crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos, sin embargo, este último es menos sensible (Bradford y Hsiao, 1982). El control de la cantidad de agua aplicada en las vides (*Vitis vinifera* L.) ha sido utilizado como un buen método para disminuir el rendimiento de bayas y mejorar la calidad en los vinos tintos. Regulando el riego se logra un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, ya que un exceso de vigor de las parras tiene efectos negativos sobre la composición química de las bayas (Dry *et al.*, 2001). Hay numerosos antecedentes que indican que un déficit hídrico en vides produce cambios significativos en el crecimiento vegetativo (Schultz y Matthews, 1993; Poni *et al.*, 1993; Ussahatanonta *et al.*, 1996; Ferreyra *et al.*, 2002) y en la composición química de las bayas (Jackson y Lombard, 1993; Reynolds y Naylor, 1994; Ferreyra *et al.*, 2002).

En los últimos años, la técnica de riego deficitario controlado (RDI) (Dry *et al.*, 2001), ha sido utilizada como una herramienta práctica para manejar el desarrollo vegetativo y reproductivo de las vides viníferas. En Australia, Estados Unidos y Chile, es ampliamente utilizado en el riego de viñas de variedades tintas, como una forma de controlar la calidad de las bayas para la producción del vino. Esto se logra por la aplicación de períodos de estrés después de cuaja hasta pinta, como una forma de controlar el tamaño de la baya y el crecimiento vegetativo, con lo cual se aumenta en mayor grado el contenido de fenoles, componentes responsables de los aromas en el vino (Dry *et al.*, 2001). En algunos casos el período de estrés puede ser aplicado después de pinta como una forma de estimular la concentración de antocianinas, las cuales influyen en el color del vino en variedades tintas (Matthews *et al.*, 1990; Nadal y Arola, 1995; Dry *et al.*, 2001).

Por lo tanto, las aplicaciones de RDI han dado buenos resultados en el mejoramiento de la calidad del vino en variedades tintas, sin embargo, no hay antecedentes que permitan demostrar la bondad de esta práctica en variedades blancas. Por lo anterior, en el Centro Regional de Investigación

(CRI) La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), se realizó un estudio, durante tres temporadas, desde 1998/99 a 2000/01, con el objeto de evaluar el efecto del déficit hídrico aplicado antes y después de pinta, sobre la producción y calidad del vino blanco variedad Chardonnay.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un viñedo cv. Chardonnay, plantado en el año 1993 a 2,5 x 1,2 m en espaldera, en el predio "Agrícola Casas del Bosque", ubicado en el valle de Casablanca, V Región (33°20' lat. Sur; 71°25' long. Oeste; 253 m.s.n.m). El clima es semiárido, con temperatura máxima en enero de 28,2°C y una mínima en julio de 4,4°C. El período libre de heladas es de 231 días, con un período seco de ocho meses. El suelo corresponde a la Serie Santa Rosa de Casablanca (franca, mixta, térmic, typic Xerochrepts) de origen aluvial, moderado a ligeramente profundo, de textura franco arcillo arenosa, topografía plana, moderadamente bien drenado y permeabilidad moderada.

El ensayo estuvo constituido por 3.984 plantas con un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones (332 plantas por repetición). Los tratamientos aplicados se indican a continuación: T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada, y corresponde al tratamiento testigo; T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada; T3: sin aplicación de agua hasta inicio de pinta, y reposición del 100% de la ETc durante el resto de la temporada; y T4: aplicación de agua equivalente al 100% de la ETc desde brotación hasta inicio de pinta y sin riego durante el resto de la temporada.

Las necesidades de agua del cultivo se estimaron a partir de la ETc, utilizando el método del evaporímetro de bandeja clase A (Allen *et al.*, 1998) y los coeficientes de cultivo (Kc) propuestos por Doorenbos y Pruitt (1977) (Cuadro 1). El agua se aplicó diariamente a través de un equipo de riego por goteo compuesto por un emisor por planta de 2,3 L h⁻¹ distanciado sobre la hilera a 1,2 m uno de otro.

Cuadro 1. Coeficientes de cultivo (Kc) utilizados en el ensayo (basado en Doorenbos y Pruitt, 1977).
Table 1. Crop coefficients (Kc) used in the trial (based on Doorenbos and Pruitt, 1977).

Meses	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Kc	0,35	0,45	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50

Estado hídrico del suelo

Se realizaron mediciones de potencial mátrico del suelo en forma diaria antes del riego a través de tensiómetros (Soil Moisture Equipment Corp., Santa Bárbara, California, USA), con rango de medición entre 0 y 80 kPa, ubicados a 30 cm de profundidad y a 40 cm del punto de emisión del gotero, en cada repetición.

Estado hídrico de la planta

Se realizaron mediciones de potencial hídrico xilemático (SWP) a mediodía (entre 14:00 y 16:00 h), utilizando una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Modelo CHANGE C, Santa Bárbara, California, USA), de acuerdo a la metodología descrita por Meyer y Reickosky (1985).

Producción y crecimiento de las plantas

Se muestrearon 146 plantas por cada repetición (438 plantas por tratamiento) para determinar el rendimiento; se dejaron 30 racimos por plantas. Para determinar el diámetro de baya y el largo de brote se midieron 8 plantas por repetición escogidas al azar. Estas determinaciones se realizaron cuando las plantas de cada tratamiento alcanzaron los 22 - 23 °Brix. Por otra parte, al estado de pinta se determinó el área foliar de las plantas utilizando un ceptómetro de barra (AccuPar model PAR 80, Decagon Device Inc., Pullman, Washington, USA).

Análisis químico del vino

Se obtuvo el mosto de los racimos de 20 plantas por repetición, seleccionadas al azar, el cual fue sometido a un proceso de microvinificación, para posteriormente realizar el análisis químico del vino: pH, acidez total, fenoles totales, antocianinas, intensidad colorante y matiz. Los componentes químicos del vino fueron determinados de acuerdo a los métodos descritos por Ureta (1984).

Evaluación sensorial de los vinos

Las características sensoriales de los vinos se evaluaron por medio de paneles de catadores entrenados del Departamento de Agroindustria y Enología de la Universidad de Chile. En ella, los jueces calificaron con una escala de 0 a 8 las siguientes características del vino: franqueza, intensidad, cuerpo, armonía, persistencia y sensación final.

Reservas nutricionales de las raíces

Se evaluó el efecto de los tratamientos de riego sobre el estado nutricional de las raíces de las plantas, a través de análisis de reservas de carbohidratos en el sistema radicular durante el receso invernal, utilizando la metodología descrita por McCready *et al.* (1950). Además, se evaluó la concentración de arginina (Gilboe y Williams, 1956, con las modificaciones indicadas por Taylor y van den Ende, 1969), de P (colorimetría) y de K (fotometría de emisión).

El análisis estadístico para variables paramétricas se realizó mediante ANDEVA y para separar medias se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan. Para las variables no paramétricas se utilizó el test de Kruskal y Wallis, y cuando hubo diferencia significativa se realizó la prueba de comparación múltiple de Nemenji (Kirk 1968).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volúmenes de agua aplicados

Al tratamiento testigo T1 (100% de ETc), se le aplicaron volúmenes de agua que fluctuaron entre 3.162 y 4.480 m³ ha⁻¹, en las diferentes temporadas (Cuadro 2). La reducción del suministro hídrico en T2 fue de 58% y en T4 de 40%, respecto a T1. El tratamiento con déficit hídrico antes de pinta (T3) presentó una economía de agua de 61% al compararlo con T1.

Cuadro 2. Volúmenes de agua aplicados en los diferentes tratamientos en tres temporadas.
Table 2. Volume of water applied to different treatments in three seasons.

Tratamiento	Volumen de agua aplicado por temporada			(%)
	m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹			
	1998/99	1999/2000	2000/01	
T1	3.162	4.480	4.480	100
T2	1.557	1.763	1.763	42
T3	1.318	1.709	1.709	39
T4	1.902	2.699	2.699	60

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.
 T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.
 T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.
 T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Evolución del estado hídrico del suelo

El potencial mátrico del suelo estuvo directamente relacionado con el régimen de riego establecido (Figura 1). Durante los períodos en que se repuso el 100% de la ETc, el potencial mátrico del suelo se mantuvo entre -10 y -15 kPa, valores muy superiores a los que se midieron cuando se repuso el 40% de la ETc (T2), los que variaron entre -20 y -40 kPa. Los valores menores se registraron en T3, cuando no se regó entre brotación y pinta. En este tratamiento el potencial mátrico se redujo a valores entre los -45 y -75 kPa, valor mínimo registrado por los tensiómetros. Resultados similares obtuvieron Poni *et al.* (1993) y

Stevens y Harvey (1996), quienes utilizando tensiómetros ubicados en la zona de mayor actividad radicular para estimar el estado hídrico del suelo, encontraron que al final de los períodos de déficit hídrico los potenciales mátricos del suelo alcanzaron valores de -80 kPa. En el tratamiento T3 los valores de potencial mátrico del suelo no aumentaron luego de restablecidos los riegos después de pinta, probablemente debido al bajo contenido de humedad en el suelo alcanzado en este tratamiento, y a que los volúmenes de agua aplicados suplieron solamente la demanda diaria del cultivo, no aumentando la reserva de agua del suelo.

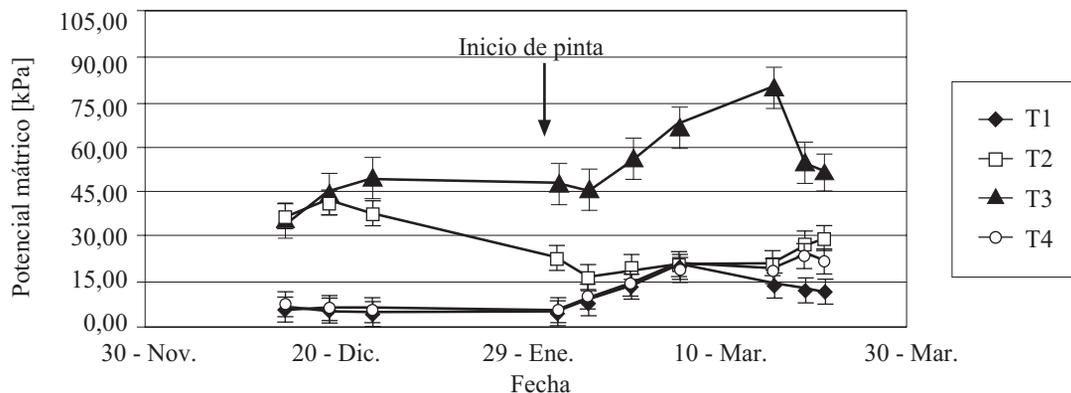


Figura 1. Potenciales mátricos del suelo en los diferentes tratamientos de riego a lo largo de la temporada de riego 1999/2000.

Figure 1. Soil matrix potentials of the different irrigation treatments throughout the irrigation season 1999/2000.

Las barras verticales representan la desviación estándar.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.
 T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.
 T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.
 T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Evolución del estado hídrico de la planta

Los valores de SWP obtenidos al mediodía, también variaron de acuerdo al suministro hídrico (Figura 2), encontrándose los menores valores de potenciales al final de los períodos sin aplicación

de agua, momento en que también la disponibilidad de agua en el suelo fue menor. Antecedentes similares reportaron Winkel y Rambal (1993) y Schultz y Matthews (1993).

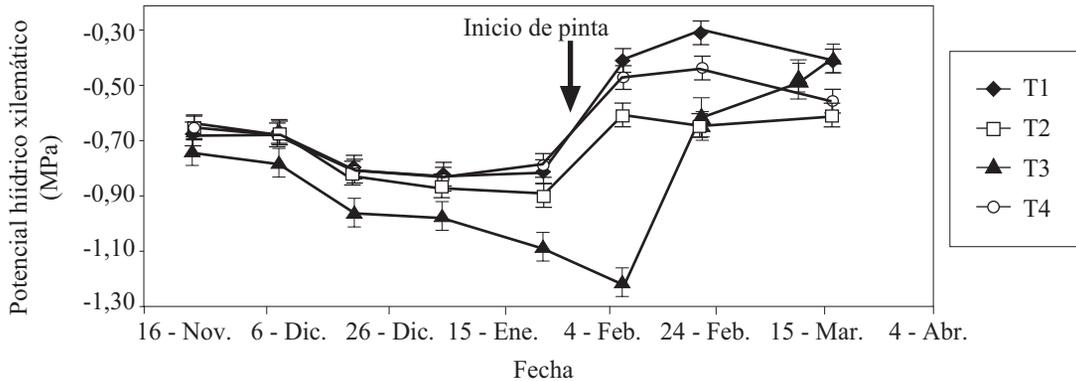


Figura 2. Potenciales hídricos xilemáticos (SWP) medidos al mediodía. 1999/2000.

Figure 2. Stem water potential (SWP) measured at noon. 1999/2000.

Las barras verticales representan la desviación estándar.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Para períodos sin restricciones hídricas, el SWP presentó valores que variaron entre -0,4 y -0,8 MPa (Figura 2). Estos valores fluctuaron entre -0,6 y -0,9 MPa cuando se repuso sólo el 40% de la ETc (T2). En las plantas que no recibieron riego hasta pinta (T3), el SWP varió entre -0,75 MPa en noviembre hasta un valor mínimo de -1,2 MPa en febrero, antes de restablecer el riego (100% ETc), los que concuerdan con los informados por Williams y Matthews (1990).

Las mayores diferencias entre tratamientos se produjeron durante los períodos en que se suprimió totalmente el riego antes de pinta, donde las diferencias entre T1 y T3 alcanzaron a -0,7 MPa. Después de pinta las diferencias entre T1 y T4 alcanzaron sólo a -0,20 MPa. Esta menor diferencia se podría explicar por una mayor incidencia del efecto costero (aumento de la humedad relativa del aire) que se produce en la zona de Casablanca a partir del mes de febrero. Grimes y Williams (1990) obtuvieron resultados similares al encontrar diferencias máximas, en promedio de -0,7 MPa, entre tratamientos con y sin riego.

Cuando se restableció el suministro de agua, en el tratamiento T3, después de un largo período sin regar, el SWP se recuperó lentamente, alcanzando diferencias mínimas con el T1 sólo hacia fines de febrero (Figura 2). La lenta recuperación del potencial en plantas con déficit hídrico, una vez restablecido el régimen de aplicación de agua de 100% de ETc en T3, no está clara, pero podría deberse a que el período sin agua produjo la inactivación de raíces en las capas superiores del suelo o a una disminución de la capacidad conductora del xilema como consecuencia de cavitaciones en el sistema conductor (Matthews *et al.*, 1987, Williams y Matthews, 1990).

Además, la falta de humedad en el suelo durante el período sin riego puede llegar a producir una fuerte disminución de la conductividad hidráulica del suelo (Hillel, 1998), lo que también contribuye a aumentar la resistencia del flujo de agua en la rizósfera, una vez que se reponen las aplicaciones de agua. Por otra parte, en la misma figura (Figura 2) se puede apreciar que los SWP medidos a mediodía después del período de pinta fueron

mayores que los medidos antes de pinta, incluso en el tratamiento que no recibió riego en este período (T4). Esto se podría atribuir a las condiciones climáticas imperantes a partir del mes de febrero, las cuales se caracterizaron por presentar días con mayor humedad relativa y menores temperaturas, reduciéndose de esta forma la demanda evaporativa de la atmósfera.

Rendimiento y crecimiento

Los rendimientos obtenidos en los distintos tratamientos durante las temporadas de investigación se indican en el Cuadro 3. Durante las tres temporadas los mayores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento T1 (100% ETc), y los menores en el tratamiento T3 que no recibió riego entre brotación y pinta, período que coincidió con el mayor desarrollo de las bayas. Los tratamientos T2 y T4 presentaron producciones intermedias, sin diferencias significativas entre ellos.

En el Cuadro 3 se puede observar, también, el efecto del estrés hídrico en el crecimiento de las plantas. El largo de brotes así como el índice de área foliar (IAF) se vieron afectados sólo en los tratamientos T2 (50% de ETc) y T3, que fueron sometidos a déficit hídricos desde inicios de la temporada de crecimiento, período en el cual se presentó una disminución del SWP en estos tratamientos. En plantas con potenciales hídricos del orden de -1 a -1,2 MPa, se obtienen disminuciones del crecimiento de brotes (Williams y Matthews, 1990). Por otro lado, tanto en T1 como en T4 (Figura 1) los SWP se mantuvieron siempre por sobre -1MPa, incluso en el período en que T4 no recibió riego, lo cual explica por qué el crecimiento vegetativo y el diámetro de bayas no se habría visto afectados en este último tratamiento.

Cuadro 3. Efecto del déficit hídrico en el rendimiento y crecimiento de vid cv. Chardonnay.
Table 3. Effect of the water stress on the yield and growth of grapes cv. Chardonnay.

Trat.	Rendimiento (t ha ⁻¹)			Diámetro de la baya (mm)			Largo de brote (cm)			IAF
	1998/99	1999/2000	2000/01	1998/99	1999/2000	2000/01	1998/99	1999/2000	2000/01	
T1	11,0a	20,0a ^{1/}	14,4a	12,6a	13,2a	12,3a	128,9a	134,0a	133,7a	0,90a
T2	11,0a	14,6b	12,6b	12,4a	12,5b	11,8ab	118,1b	119,9b	122,2b	0,87a
T3	8,9a	11,4c	8,8c	11,7b	12,1c	11,6b	109,5c	110,3c	106,3c	0,80b
T4	10,2a	15,2b	12,4b	11,9b	13,2a	12,3a	131,4a	128,5a	135,3a	0,87a

^{1/} Letras distintas en cada columna indican diferencia significativa (DMS 95%).

IAF: índice de área foliar.

T1: Aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: Aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: Sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: Aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Análisis químicos del vino

El grado de madurez de la uva y el grado alcohólico del vino no registraron diferencias entre tratamientos, debido a que la cosecha se realizó cuando la uva alcanzó los 22 - 23 °Brix. Sin embargo, en ambas temporadas el tratamiento con déficit hídrico después de pinta (T4) alcanzó la madurez de cosecha antes que el resto de los tratamientos. Goodwin y Macrae (1990) también encontraron un adelanto de la maduración con déficit hídrico moderado.

No se encontraron efectos sobre el pH y acidez total producto de los tratamientos (Cuadro 4). Los resultados difieren de los obtenidos por Goodwin y Macrae (1990), Matthews *et al.* (1990), y Ferreyra *et al.* (2002) en vinos tintos, quienes encontraron mayor acidez titulable en el mosto y en el vino en tratamientos con déficit hídrico, en comparación al testigo con riego continuo. Por otra parte, en el presente ensayo tampoco se encontraron diferencias significativas en el contenido total de fenoles ni en el matiz del vino (Cuadro 5). Estos resultados contrastan con lo

observado en las variedades tintas, donde los fenoles y antocianinas aumentan significativamente en los tratamientos con estrés hídrico (Ferreira *et al.*, 2002). Bravdo *et al.* (1984), Matthews y Anderson (1988) y Puyo (1992) encontraron que en variedades tintas el contenido de fenoles aumenta en 30 y 15% con déficit hídrico antes y después de pinta, respectivamente, en relación con tratamientos con riego continuo. En los vinos blancos, sin embargo, los fenoles presentes en el

mosto no fueron afectados por los tratamientos de riego. Esto puede deberse a que los fenoles se concentran en la cutícula de la uva, que no es parte en la vinificación de los vinos blancos.

Los tratamientos descritos anteriormente no afectaron el matiz del vino. Matthews *et al.* (1990) y Puyo (1992) tampoco encontraron diferencias en cuanto al matiz en vinos tintos.

Cuadro 4. Efecto del déficit hídrico en el pH y acidez total del vino.

Table 4. Effect of the water stress on pH and total acidity of wine.

Tratamiento	pH			Acidez total gramos ac. sulf / litro de vino		
	1998/99	1999/2000	2000/01	1998/99	1999/2000	2000/01
T1	3,14 a ^{1/}	3,14 a	3,24 a	5,3 a	5,9 a	3,8 a
T2	3,18 a	3,14 a	3,26 a	4,1 a	5,5 ab	3,9 a
T3	3,14 a	3,11 a	3,27 a	5,0 a	5,0 b	3,9 a
T4	3,17 a	3,16 a	3,23 a	4,4 a	5,2 ab	4,0 a

^{1/} Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Cuadro 5. Efecto del déficit hídrico en la composición química del vino.

Table 5. Effect of the water stress on chemical composition of the wine.

Tratamiento	Fenoles totales (DO ¹ 280 nm)			Matiz DO ¹ (420 + 520 nm)	
	1998/99	1999/00	2000/01	1999/00	2000/01
T1	0,95 a ²	0,76 a	0,58 a	2,8 a	4,2 a
T2	0,96 a	0,76 a	0,62 a	2,7 a	4,0 a
T3	0,91 a	0,80 a	0,60 a	3,4 a	3,7 a
T4	0,91 a	0,78 a	0,63 a	2,9 a	4,0 a

¹ DO = densidad óptica.

² Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Características sensoriales de los vinos

Los vinos se elaboraron en un proceso de microvinificación, por lo cual la calidad obtenida no es equivalente a la que se obtiene en los procesos normales de vinificación. Previo al análisis sensorial de los vinos se realizó un test triangular entre repeticiones. En dicha prueba no se encontraron diferencias significativas, lo que quiere decir que los jueces consideraron

homogéneas las repeticiones de cada tratamiento, por lo tanto, se eligió un bloque al azar para realizar la degustación de los vinos.

En el Cuadro 6 se presenta un resumen del análisis sensorial, donde se aprecia que los tratamientos no incidieron en las características organolépticas del vino, salvo la intensidad. Estos resultados difieren de los obtenidos en los vinos tintos,

donde los vinos de mejor calidad se obtienen de vides sujetas a algún nivel de estrés hídrico, debido a la menor producción y tamaño de baya (Dry *et al.*, 2001; Ferreyra *et al.*, 2002). Sin embargo, coinciden con los obtenidos por Dry *et al.* (2001), quienes indicaron que la estrategia RDI es más aplicable a las variedades tintas que a las blancas, ya que para estas últimas el control del crecimiento

vegetativo y el tamaño de la baya se considera menos importante en la calidad final del vino.

Los tratamientos de riego sólo afectaron la intensidad, específicamente lo referido a aromas. Los aromas fueron menos intensos cuando las plantas fueron sometidas a estrés en el período comprendido entre brotación y pinta.

Cuadro 6. Efecto del déficit hídrico en las características organolépticas del vino. 2000/01.

Table 6. Effect of the water stress on organoleptic characteristics of the wine. 2000/01.

Tratamiento	Olfato		Paladar					
	Franqueza	Intensidad	Franqueza	Intensidad	Cuerpo	Armonía	Persistencia	Sensación final
T1	4,83 a ¹	5,17 a	5,06 a	5,21 a	4,57 a	4,03 a	4,45 a	4,43 a
T2	3,53 a	4,10 b	3,79 a	4,49 a	4,09 a	2,85 a	3,73 a	3,95 a
T3	2,42 a	3,80 b	4,23 a	4,62 a	4,17 a	3,82 a	4,3 a	3,57 a
T4	5,05 a	5,17 a	4,92 a	5,06 a	4,15 a	4,33 a	4,4 a	4,15a

¹ Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple para variables no paramétricas de Nemenji $P \leq 0,05$.

Escala: 0: negativo, 2: ordinario, 4: insuficiente, 5: suficiente, 6: bueno, 7: muy bueno, 8: excelente.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Reservas nutricionales

En este trabajo se evaluó el efecto de los tratamientos de riego en el estado nutricional de las plantas a través del análisis de reservas en el sistema radicular durante el receso invernal (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto del estrés hídrico en el nivel de reservas de carbohidratos en raíces de vid.

Table 7. Effect of the water stress on the level of carbohydrate reserves in grapevine roots.

Tratamiento	Almidón (%)	
	1999	2000
T1	31,9 a ¹	28,9 a
T2	24,8 b	24,1 b
T3	22,4 b	23,2 b
T4	19,1 b	16,1 c

¹ Valores seguidos de igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Duncan $P \leq 0,05$.

T1: aplicación de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

T2: aplicación de agua equivalente al 40% de la ETc durante toda la temporada.

T3: sin aplicación de agua desde brotación a pinta y reposición del 100% de ETc hasta la cosecha.

T4: aplicación de agua equivalente al 100% de ETc entre brotación a pinta y suspensión del riego desde pinta hasta la cosecha.

Las reservas de N (arginina), P y K en raíces no fueron afectadas significativamente por los tratamientos de riego (datos no presentados). Sin embargo, sí lo fueron las reservas de carbohidratos medidas durante el receso invernal. Cualquier disminución de la cantidad de agua aplicada (Cuadro 2) se refleja en una disminución de las reservas de carbohidratos en raíces, respecto al testigo (Cuadro 7). Las disminuciones más dramáticas se presentaron en el T4, las cuales en ambas temporadas fueron inferiores a todos los otros tratamientos, incluso disminuyeron de un año a otro. Este tratamiento no recibió riego desde pinta a cosecha, por lo que este hecho podría haber afectado la movilización de los azúcares hacia las raíces, a pesar de que el nivel de estrés llegó a niveles que pueden ser considerados como moderados. En uva de mesa, al menos, se ha determinado que el movimiento de los azúcares a la raíz, que darán origen a los carbohidratos de reserva, se efectúa a partir de pinta (Ruiz, 2000). Estos antecedentes indicarían que una restricción del agua de riego entre pinta y cosecha, si no es adecuadamente manejada, podría debilitar las plantas en forma considerable, sobre todo si esta disminución del agua de riego es permanente en el tiempo.

CONCLUSIONES

- La disminución del aporte hídrico redujo en forma significativa el crecimiento vegetativo, diámetro de bayas y el índice de área foliar, lo que se tradujo en una disminución del rendimiento.
- Los déficit hídricos no afectaron significativamente la acidez titulable y la concentración de fenoles en el vino.
- En las condiciones del ensayo, el estrés hídrico no afectó significativamente la calidad del vino de vid cv. Chardonnay.
- El potencial hídrico xilemático se mostró como un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas y puede ser útil para controlar el estrés hídrico en vides viníferas.
- El déficit hídrico, sobre todo después de pinta, afectó negativamente la acumulación de reservas de carbohidratos en las raíces.

LITERATURA CITADA

- Allen, G., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. 300 p. Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Bradford, K.J., and T.C. Hsiao. 1982. Physiological response to moderate water stress. 747 p. *In* O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler (eds.). *Physiological Plant Ecology II*. Springer - Verlag, Berlin, Germany.
- Bravdo, B., Y. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabackman. 1984. Effect de l'irrigation et de l'alimentation minérale sur la qualité du moût et des vins. *Bull de l' O.I.V.* 57:729-740.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy, and M. Stoll. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 35:129-139.
- Doorenbos, J., and W. Pruitt. 1977. Crop water requirements. 144 p. *Irrigation and Drainage Paper* 24. FAO, Rome, Italy.
- Ferreira, E.R., G. Sellés, A.J. Peralta, R.L. Burgos, y B.J. Valenzuela. 2002. Efectos de la restricción del riego en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica (En Prensa)*.
- Goodwin, I., and I. Macrae. 1990. Regulated deficit irrigation of Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal* 5:131-133.
- Grimes, D., and L. Williams. 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson seedless grapevines. *Crop Sci.* 30:255-260.
- Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. 771 p. Academic Press, San Diego, USA.
- Jackson, D., and P. Lombard. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:409-430.
- Kirk, R.E. 1968. *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*. 577 p. Brooks/Cole Publishing Company, Belmont, California, USA.
- Matthews, M., M. Anderson, and H. Shultz. 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet Franc. *Vitis* 26:147-160.
- Matthews, M., and M. Anderson. 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera*: Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39:313-320.
- Matthews, M., R. Ishii, M. Anderson, and M. O'mahony. 1990. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *J. Sci. Food Agric.* 51:231-335.
- McCready, M., J. Guggolz, V. Silveira, and S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. *Anal. Chem.* 22:1156-1158.
- Meyer, W., and D. Reickosky. 1985. Enclosing leaves for water potential measurement and its effect on interpreting soil-induced water stress. *Agric. For. Meteorol.* 35:187-192.
- Nadal, M., and L. Arola. 1995. Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid conditions. *Vitis* 34:151-154.
- Poni, S., A. Lakso, J. Turner, and R. Melious. 1993. The effects of pre and post veraison water stress on growth and physiology of potted Pinot noir grapevines at crop levels. *Vitis* 32:207-214.
- Puyo, M. 1992. *Influencia de diferentes regimenes de riego sobre el desarrollo vegetativo, productividad, maduración y calidad de vinos Cabernet Sauvignon*. 101 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.

- Reynolds, A., and A. Naylor. 1994. Pinot noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *HortScience* 29:1505-1510.
- Ruiz, R. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones con diferentes niveles de producción en el Valle Central regado de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 60:379-398.
- Schultz, H., and M. Matthews. 1993. Growth, osmotic adjustment, and cell- wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop Sci.* 33:287-294.
- Stevens, R., and G. Harvey. 1996. Soil water depletion rates under large grapevines. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2:155-162.
- Taylor, B.K., and B. Van Den Ende. 1969. The nitrogen nutrition of peach tree. IV Storage and mobilization of nitrogen in mature trees. *Aust. J. Agric. Res.* 20:869-881.
- Ureta, F. 1984. Manual de análisis de vino. 300 p. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.
- Ussahatanonta, S., D. Jackson, and R. Rowe. 1996. Effects of nutrient and water stress on vegetative and reproductive growth in *Vitis vinifera* L. *Aust. J. Grape and Wine Res.* 2:64-69.
- Williams L.E., and M.A. Matthews. 1990. Chapter 34 Grapevine. p. 1019-1055. *Agronomy Series 30. In* B.A. Stewart and D.R. Nielsen (eds.). *Irrigation of agricultural crops*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Winkel, T., and S. Rambal. 1993. Influence of water stress on grapevines growing in the field: from leaf to whole plant response. *Aust. J. Plant Physiol.* 20:143-157.