

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AGUA APLICADA EN POSCUAJA Y EN POSPINTA SOBRE LA CALIDAD DEL VINO cv. CABERNET SAUVIGNON

Effects of different levels of water application in post-setting and post-veraison on wine quality cv. Cabernet Sauvignon

César Acevedo O.¹, Samuel Ortega-Farías.^{1*}, Claudio Hidalgo A.¹, Yerko Moreno S.² y Fernando Córdova A.²

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of different levels of water application during post-setting and post-veraison on wine quality of cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) during the 2000-2001 and 2001-2002 growing seasons. The vineyard is located in the Penciahue Valley, VII Region of Chile (35°22' S lat; 71°47' W long). The 7 year-old vineyard was drip irrigated and trained in a vertical shoot positional system. Irrigation treatments were the application of 40, 70 and 100% of the real evapotranspiration (ETreal) during post-setting and post-veraison. The results showed that the best combination for wine quality was obtained by restricting water applications to 40% ETreal during post-setting and 70% ETreal during post-veraison, with significant increments in the global quality and wine sensory attributes. On the contrary, the worst wine quality (higher titratable acidity and low total concentrations of phenols and anthocyanins) was obtained with a water application of 100% of the ETreal during the whole growing period.

Key words: water stress, wine quality, Cabernet Sauvignon, irrigation.

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento para evaluar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica aplicados en poscuaja y en pospinta sobre la calidad del vino en el cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) durante la temporada de crecimiento 2000-2001 y 2001-2002. El viñedo está localizado en el Valle de Penciahue, VII Región de Chile (35°22' lat. Sur; 71°47' long. Oeste). El viñedo de 7 años de edad fue regado por goteo y conducido en espaldera simple. Los tratamientos de riego consistieron en la aplicación de 40, 70 y 100% de la evapotranspiración real de la vid (ETreal) durante los períodos de poscuaja y de pospinta. Los resultados mostraron que la mejor combinación de calidad de vinos fue obtenida al aplicar restricciones hídricas del 40% durante poscuaja y 70% durante pospinta, con incrementos significativos de la calidad global y atributos sensoriales del vino. Por el contrario, la menor calidad de vino (alta acidez titulable y baja concentración de polifenoles y antocianinas totales) fue obtenida con una aplicación de agua del 100% de la ETreal para todo el período de crecimiento.

Palabras clave: estrés hídrico, calidad del vino, Cabernet Sauvignon, riego.

¹ Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), Casilla 747, Talca, Chile.

² Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Centro Tecnológico de la Vid y el Vino (CTVV), Casilla 747, Talca, Chile. E-mail: sortega@utalca.cl * Autor para correspondencia.

Recibido: 28 de abril de 2004. Aceptado: 29 de noviembre de 2004.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el sector vitícola nacional ha experimentado un gran crecimiento, especialmente en la producción de vinos orientados a la exportación. Dicho crecimiento se ha basado fundamentalmente en la producción de vinos de mayor calidad, que han logrado un espacio y un reconocimiento en mercados internacionales. Se ha observado que el manejo del riego ha tenido un efecto directo en el incremento de la calidad. Por este motivo se han llevado a cabo diversas investigaciones, en donde se han aplicado diferentes cargas de agua con la finalidad de analizar su efecto sobre la calidad de los vinos (Ferreira *et al.*, 2002). Asimismo, se ha visto que existe una influencia considerable del régimen hídrico sobre las características químicas y organolépticas del vino (Penavayre *et al.*, 1991; Jackson y Lombard, 1993; Reynolds y Naylor, 1994). Lo anterior concuerda con lo obtenido por varios autores, quienes observaron diferencias importantes en la composición química de mostos y vinos, proveniente de plantas regadas con distintas cargas de agua (Matthews y Anderson, 1989).

Varios investigadores han señalado que la acidez total de mostos y vinos es mayor cuanto más cantidad de agua se repone durante la temporada (Montse y Arola, 1995). Otros, señalan que vides (*Vitis vinifera* L.) sometidas a riegos en forma calendario, presentan mayor acidez de vinos que aquellas con riegos controlados (Wildman *et al.*, 1976). Sin embargo, Ferreira *et al.* (2002) encontraron que vides bajo riego permanente hasta pinta y luego sin riego hasta cosecha obtuvieron los valores más altos de acidez. Al mismo tiempo, vides sometidas a déficit hídricos durante toda la temporada tienden a aumentar los valores de pH en el vino (Goodwin y Macrae, 1990; Ginestar *et al.*, 1998b). Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias de pH en el vino entre vides con y sin estrés hídrico (Wildman *et al.*, 1976).

Otro aspecto importante de analizar es el efecto del déficit hídrico sobre el color del vino; en tal sentido, se encontró que los valores más altos fueron obtenidos en vides con restricción hídrica (Freeman, 1983). El déficit hídrico puede ser utilizado para aumentar la concentración de compuestos fenólicos en los cultivares de uva tinta (Freeman y Kliewer, 1983; Ginestar *et al.*, 1998a.). Este aumento en la concen-

tración de antocianinas puede llegar incluso hasta un 44% en plantas sometidas a déficit hídrico, debido al aumento de la relación cutícula/pulpa de la baya (Matthews *et al.*, 1990). Lo anterior ocurre debido a la disminución del diámetro de la baya, lo cual causa un aumento en el grosor de la película, que es donde se concentran estos pigmentos (Sun *et al.*, 1999).

Observaciones a nivel de campo han mostrado un aumento importante de la calidad del vino en tratamientos con restricción hídrica (Freeman y Kliewer, 1983). Bravdo *et al.* (1984) determinaron que el exceso de riego durante el período de pinta y maduración influye en forma negativa sobre la calidad del mosto y del vino, esencialmente debido a la estimulación del crecimiento vegetativo que le otorga sabores herbáceos indeseables al vino. Por otro lado, Kliewer *et al.* (1983) reportaron un efecto positivo de aplicaciones abundantes de riego durante el período de maduración de las bayas.

Finalmente, es importante destacar que las referencias acerca del efecto del riego sobre la calidad de mostos y vinos son contradictorias, ya que dependen de la magnitud y del momento en que se aplique la restricción de agua. Debido a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica en poscujaja y en pospinta sobre la composición y calidad del vino en vides cv. Cabernet Sauvignon de la zona de Penciahue, Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de evaluar el efecto del déficit hídrico aplicado sobre la calidad de los vinos de un viñedo ubicado en el valle de Penciahue, VII Región (35°22' lat. Sur; 71°47' long. Oeste; 150 m.s.n.m.), se realizó un ensayo en una parcela experimental de 2.590 m², durante las temporadas agrícolas 2000-2001 y 2001-2002. Se utilizó un viñedo de 7 años de edad cv. Cabernet Sauvignon, plantado a una densidad de 3,0 x 1,2 m, regado por goteo (3,5 L h⁻¹), conducido en espaldera simple con orientación norte-sur y podado en cordón apitonado con 24 brotes por planta. El rendimiento promedio fue de 9 t ha⁻¹ con un índice de área foliar de 1,8 m² m⁻².

Los riegos se realizaron dos veces a la semana desde noviembre a marzo, y los tiempos de riego se determinaron de acuerdo a los valores de evapotrans-

piración real del viñedo (ETreal). Los valores diarios de ETreal se calcularon de la siguiente forma:

$$ET_{real} = ETr * Kc \quad (1)$$

donde, ETr = evapotranspiración de referencia usando la evaporación de bandeja (mm d^{-1}) con un coeficiente de bandeja (K_p) de 0,7; K_c = coeficiente de cultivo. En este estudio los valores de K_c fueron de 0,3; 0,5 y 0,65 para los períodos entre brotación-cuaja, cuaja-pinta y pinta-cosecha, respectivamente. Estos valores de K_c son utilizados en la zona de Pencahue para obtener vinos de calidad varietal, en el cv. Cabernet Sauvignon (Samuel Ortega-Farías. 2000. Universidad de Talca, Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología. Comunicación personal).

El clima es de tipo templado semiárido, con una temperatura media máxima y mínima de 32,6 y 5,5°C, respectivamente. El régimen hídrico presenta una precipitación promedio anual de 709 mm, un déficit hídrico de 863 mm, con un período seco de 7 meses (CIREN-CORFO, 1994). El suelo presenta una textura franco arenosa perteneciente a la serie Cunculén (Aquic Palexeralfs), donde la profundidad efectiva de raíces se concentra en los primeros 60 cm, debido a la presencia de una estrata compactada que impide el crecimiento de raíces y la infiltración de agua bajo esa profundidad. Para los primeros 60 cm de profundidad, la densidad aparente (g cm^{-3}), capacidad de campo (mm) y punto de marchitez permanente (mm), fueron de 1,44; 180,0 y 66,0, respectivamente.

El ensayo correspondió a un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial de 3 x 3, donde se evaluaron tres niveles de reposición hídrica en poscuaja y tres niveles en pospinta, 40, 70 y 100% de la evapotranspiración real del viñedo (ETreal), respectivamente (Cuadro 1). Así, el diseño generó un total de nueve tratamientos con tres repeticiones cada uno. A su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por 30 plantas (incluidos los bordes). Los resultados de las mediciones de calidad de vinos fueron sometidos a un análisis de varianza, y en los casos donde ésta resultó significativa se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de confianza de 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

En la parte central de la parcela experimental se instaló una Estación Meteorológica Automática (EMA) (Adcon Telemetry GmbH A730, Klosterneuburg, Austria), que fue usada para medir temperatura del aire (T_a), humedad relativa (HR), velocidad del viento (V_v), radiación solar (R_s) y precipitaciones (Pp), en intervalos de 15 min. Adicionalmente, se realizaron mediciones del contenido de agua del suelo a través de la técnica de reflectometría (Time Domain Reflectometry, Trase System 6050X1, Santa Bárbara, California, EE.UU.) (Figura 1), para lo cual se utilizó un criterio de riego de 60% de agotamiento antes de cada riego. Para esto se instalaron 27 pares de guías de 60 cm de largo, insertando un par de guías en cada repetición del ensayo.

Para caracterizar el estado hídrico de la planta durante el ensayo, se midió el potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_x) mediante una cámara de presión (PMS Instruments Co., model 600, Corvallis, Oregon, EE.UU.). Para las mediciones de Ψ_x se seleccionaron dos hojas maduras y totalmente expandidas por parcela, las que se envolvieron en una bolsa de plástico y se cubrieron con papel de aluminio 2 h antes de realizar la medición. Estas mediciones se realizaron un día antes del riego en los estados fenológicos de cuaja, pinta y antes de cosecha.

Cuadro 1. Tratamientos de riego durante los períodos de poscuaja y pospinta, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Pencahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 1. Irrigation treatments during post-setting and post-veraison periods, cv. Cabernet Sauvignon (Pencahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Tratamientos	Reposición hídrica	
	Cuaja-pinta	Pinta-cosecha
T1	100% ETreal	100% ETreal
T2	100% ETreal	70% ETreal
T3	100% ETreal	40% ETreal
T4	70% ETreal	100% ETreal
T5	70% ETreal	70% ETreal
T6	70% ETreal	40% ETreal
T7	40% ETreal	100% ETreal
T8	40% ETreal	70% ETreal
T9	40% ETreal	40% ETreal

Para evaluar el efecto de los tratamientos de riego sobre las características sensoriales del vino se realizó un panel sensorial constituido por ocho enólogos entrenados. Previo al análisis estadístico de la evaluación sensorial, los datos se normalizaron según el procedimiento estadístico propuesto por Amerine y Roessler (1980), que consiste en dividir el valor asignado a una muestra por la media geométrica de todas las muestras analizadas. Este procedimiento se realizó de forma independiente para cada una de las características sensoriales analizadas. Una vez normalizados los datos, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de confianza de 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

Se cosechó un total de 30 kg de uva por cada repetición en cada tratamiento, posteriormente el mosto se extrajo utilizando una máquina molidora descobajadora (Della Toffola, Italia) e inmediatamente se aplicaron 10 g hL⁻¹ de metabisulfito de potasio (K₂SO₂). La fermentación se llevó a cabo en contenedores de policarbonato con capacidad de 20 L, a temperatura controlada, agregando levaduras seleccionadas *Saccharomyces cerevisiae* var. *bayanus*. La mezcla se homogeneizó y fermentó a temperatura controlada entre 23 y 26°C.

El desarrollo de la fermentación se controló midiendo densidad y temperatura tres veces al día cada 8 h. El descube se realizó a sequedad, cuando el vino alcanzó una densidad de 992-994. Inmediatamente después del descube se realizó la fermentación maloláctica (FML), en contenedores de 5 L, para posteriormente proceder a la corrección del anhídrido sulfuroso con 30-35 mL L⁻¹.

Una vez finalizado el proceso de microvinificación, se realizaron los siguientes análisis: (1) grado alcohólico, mediante determinación de etanol por destilación y aerometría; (2) densidad, determinada por el método aerométrico; (3) polifenoles totales, determinados por densidad óptica a 280 nm; (4) intensidad de color, determinada mediante densidad óptica medida a 420, 520, 620 nm; (5) matiz, obtenido mediante el cociente entre la absorbancia a 420 nm y la absorbancia a 520 nm; (6) acidez volátil, por el método Blarez, basado en el arrastre de los ácidos volátiles mediante una corriente de vapor; y (7) fermentación maloláctica, por medio de cromatografía de papel.

Para la evaluación sensorial se utilizó la ficha base de cata propuesta por Peynaud y Blouin (2000), que incluye las siguientes variables: calidad global, color (intensidad), aromas (herbáceo e intensidad) y gusto (acidez, cuerpo y astringencia).

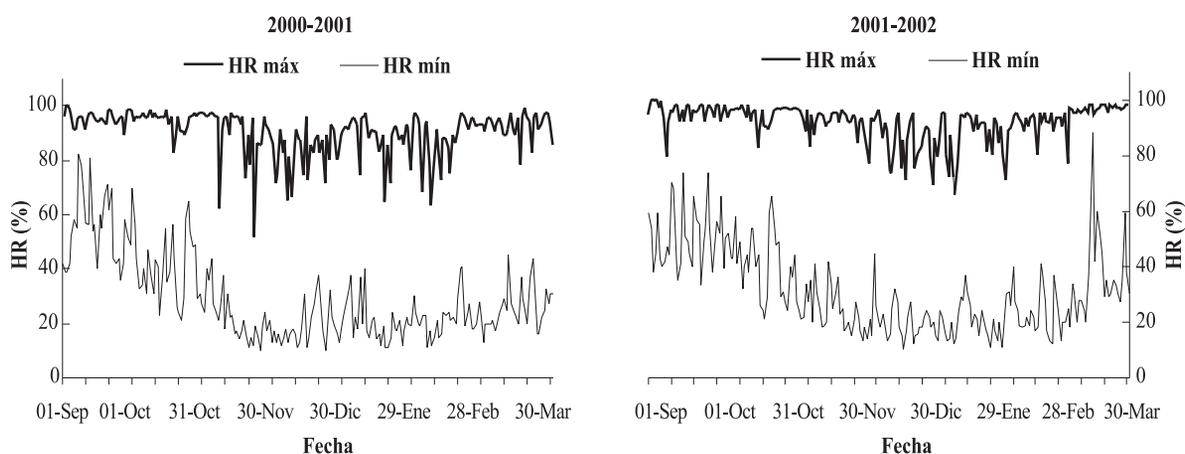


Figura 1. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín) durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002. Valle de Pencahue, VII Región, Chile.

Figure 1. Evolution of maximum (HR max) and minimum (HR min) relative humidity during the 2000-2001 and 2001-2002 seasons. Pencahue Valley, VII Region, Chile.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se presenta la evolución de la precipitación y evapotranspiración de referencia (ET_r) durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002. Entre brotación y cosecha en la primera temporada, precipitaron 178,2 mm de agua, de los cuales el 96,4 y 3,6% cayeron en los períodos de brotación-cuaja y pinta-cosecha, respectivamente. Sin embargo, la distribución de la precipitación de la segunda temporada fue de 17,4% en el período de brotación-cuaja, y de 82,6% en el período previo a cosecha, con una precipitación total de 84,3 mm. Por otro lado, los valores más altos de ET_r fueron encontrados entre los meses de noviembre y enero, con valores acumulados de 405 y 453 mm, en ambas temporadas, respectivamente. Entre brotación y cosecha, la ET_r acumulada fue de 605 mm para la temporada 2000-2001, y 678 mm para la temporada 2001-2002.

La precipitación efectiva caída durante la primera temporada (2000-2001) en el período previo a brotación, aportó un total de 824 m³ ha⁻¹. Esta situación retrasó el inicio de la temporada de riego, la cual comenzó el 08 de diciembre de 2000. Este hecho contrasta con el inicio de la temporada de riego 2001-2002, que partió 22 días antes. Sin embargo, hay que señalar que durante la segunda temporada se registró una precipitación de 69 mm en el mes de marzo, que habría influido en una menor aplicación de agua durante este período en comparación con la temporada anterior.

En ambas temporadas los menores valores de humedad relativa fueron observados en enero (Figura 1). Se observaron las máximas temperaturas en enero, con valores de 41,2 y 40,8°C, respectivamente, y las mínimas en septiembre con -1,2 y 0°C, respectivamente (Figura 3). Por último, es importante señalar que existió una relación directa entre los valores máximos de temperaturas y los consumos máximos de agua diarios (ET_r) en ambas temporadas, siendo los meses de diciembre y enero los de mayor demanda hídrica.

Para verificar la efectividad de los tratamientos de riego, se estudió la evolución del contenido de agua en el suelo durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002 (Figura 4). En ella, se observan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en los períodos de cuaja y pinta, donde los valores más altos de humedad de suelo se registraron en el tratamiento 100% ET_r en ambas temporadas (Cuadro 2). En este caso, el contenido de agua del suelo presentó valores de 146,4 y 123,9 mm en cuaja y en pinta para la primera temporada, y de 131,1 y 137,3 mm en la segunda temporada, respectivamente. En ambos casos, los valores de humedad de suelo para el tratamiento 100% ET_r se mantuvieron en un 60% de la humedad aprovechable (HA) durante toda la temporada. En el tratamiento 40% ET_r este valor fluctuó en torno al 35% de la HA. De esta forma, los mayores valores de humedad de suelo reflejaron el mayor nivel de agua aplicado en dichos tratamientos, asimismo, los tra-

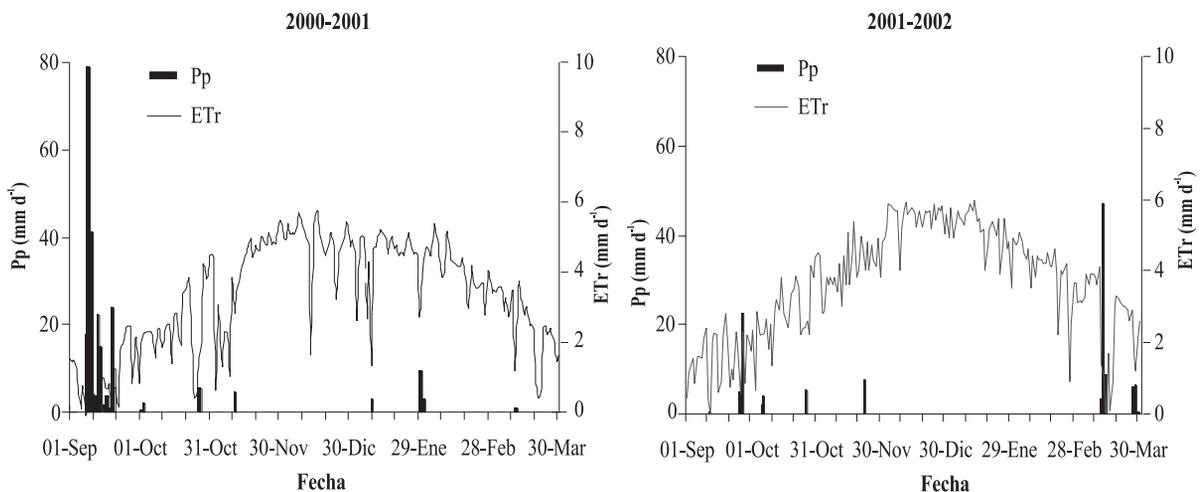


Figura 2. Evolución de las precipitaciones (Pp) y evapotranspiración de referencia (ET_r) durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002. Valle de Pencahue, VII Región, Chile.

Figure 2. Evolution of rainfall (Pp) and reference evapotranspiration (ET_r) during the 2000-2001 and 2001-2002 growing seasons. Pencahue Valley, VII Region, Chile.

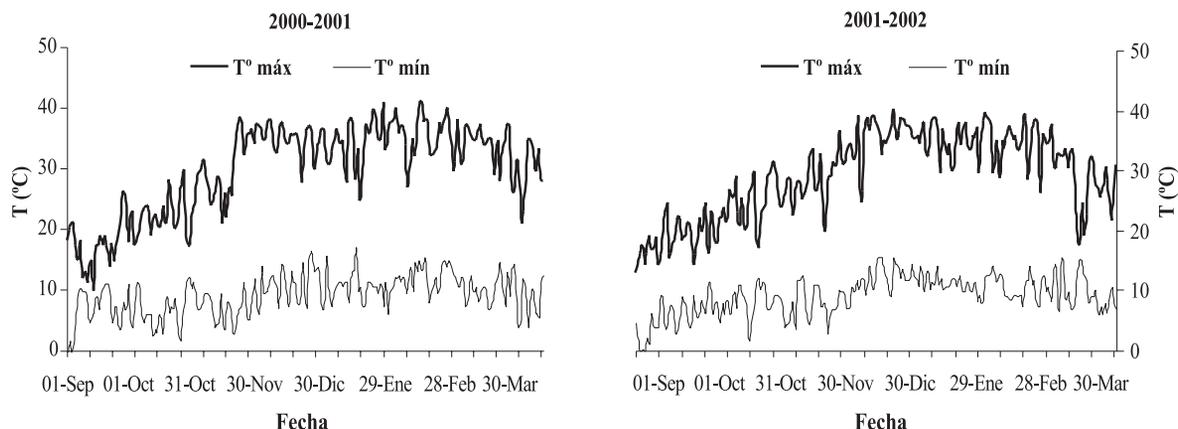


Figura 3. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín) durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002. Valle de Penciahue, VII Región, Chile.

Figure 3. Evolution of maximum (T° max) and minimum (T° min) temperature during the 2000-2001 and 2001-2002 seasons. Penciahue Valley, VII Region, Chile.

tamientos de menor riego (40% ETreal) presentaron los menores contenidos de agua del suelo durante la temporada, con valores promedio de 109 y 107 mm, respectivamente.

El Ψ_x no presentó diferencias significativas entre los tratamientos durante el período de cuaja en

ninguna de las dos temporadas, debido a que el inicio del riego en ambas temporadas fue posterior a estas mediciones (Cuadro 3). Sin embargo, el Ψ_x durante el período de cuaja de la primera temporada, fue mayor que el de la segunda, lo que se debió a una mayor precipitación caída durante el período previo a brotación. Por otro lado, los distintos nive-

Cuadro 2. Contenido de agua en el suelo en cuaja, pinta y 10 días antes de cosecha, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Penciahue, VII Región. Temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 2. Soil water content at berry set, veraison and 10 days before harvest, cv. Cabernet Sauvignon (Penciahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Reposición hídrica	Contenido de agua en el suelo (mm)					
	2000-2001			2001-2002		
	Cuja	Pinta	10 días antes de cosecha	Cuja	Pinta	10 días antes de cosecha
(A) Cuaja - pinta						
100% ETreal	146,4 a	123,9 a	117,6	131,1 a	137,3 a	112,9
70% ETreal	134,1 b	107,7 b	116,3	120,5 b	124,3 a	110,9
40% ETreal	113,8 c	100,6 b	114,3	118,5 b	99,2 b	105,0
Significancia	**	**	ns	*	*	ns
(B) Pinta - cosecha						
100% ETreal	137,3 a	122,3 a	128,2 a	126,3	123,5	114,0
70% ETreal	135,8 a	110,4 ab	124,4 a	124,4	120,2	110,8
40% ETreal	121,2 b	99,6 b	95,6 b	117,0	117,1	104,0
Significancia	**	**	*	ns	ns	ns
Interacción (A x B)	**	ns	ns	ns	ns	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de separación de medias de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns : no significativo; *: significativo ($p < 0,05$); **: altamente significativo ($p < 0,01$).

ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

Cuadro 3. Potencial hídrico del xilema del mediodía en cuaja, pinta y 10 días antes de cosecha, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Penciahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).**Table 3. Midday stem water potential at berry set, veraison and 10 days before harvest, cv. Cabernet Sauvignon (Penciahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).**

Reposición hídrica	Potencial hídrico del xilema al mediodía, Ψ_x (MPa)					
	2000-2001			2001-2002		
	Cuaja	Pinta	10 días antes de cosecha	Cuaja	Pinta	10 días antes de cosecha
(A) Cuaja - pinta						
100% ETreal	- 0,65	- 1,03 a	- 1,06 a	- 0,73	- 0,98 a	- 1,03 a
70% ETreal	- 0,69	- 1,18 b	- 1,22 b	- 0,74	- 1,10 ab	- 1,21 b
40% ETreal	- 0,70	- 1,26 c	- 1,41 c	- 0,76	- 1,24 c	- 1,36 c
Significancia	ns	**	*	ns	*	*
(B) Pinta - cosecha						
100% ETreal	- 0,68	- 1,05 a	- 1,08 a	- 0,71	- 1,03 a	- 1,05 a
70% ETreal	- 0,70	- 1,21 b	- 1,29 b	- 0,73	- 1,16 b	- 1,33 b
40% ETreal	- 0,71	- 1,38 c	- 1,58 c	- 0,75	- 1,29 c	- 1,51 c
Significancia	ns	**	*	ns	**	*
Interacción (A x B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de separación de medias de LSD ($p \leq 0,05$).

Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

les de agua aplicada se reflejaron en diferencias significativas en las mediciones de Ψ_x realizadas en el período de pinta y cercano a cosecha, donde aquellas plantas en que se repuso el 40% ETreal, presentaron los Ψ_x más bajos en pinta, con valores entre -1,26 y -1,38 MPa en la primera temporada, y entre -1,24 y -1,29 MPa en la segunda temporada. Por otro lado, cercano a cosecha se observaron valores de Ψ_x entre -1,41 y -1,58 MPa y entre -1,36 y -1,51 MPa en la primera y segunda temporada, respectivamente, para el tratamiento con 40% ETreal. Por su parte, el tratamiento 100% ETreal mantuvo valores estables en ambas temporadas, presentando en pinta valores de -1,06 y -0,98 MPa durante la primera y segunda temporada, respectivamente, mientras que cercano a cosecha se observaron valores promedios de -1,05 MPa en ambas temporadas. Es importante señalar que diversos autores han señalado que valores de Ψ_x en vides con estrés hídrico moderado pueden alcanzar -1,2 MPa y valores menores a -1,5 MPa cuando el estrés hídrico es severo (Schultz y Matthews, 1993; Williams y Araujo, 2002). Finalmente, las diferencias observadas en el Ψ_x entre los distintos tratamientos de reposición hídrica concuerdan con las diferencias encontradas en el contenido de agua del suelo, donde se refleja que una restricción en el

contenido de agua en el suelo trae consigo Ψ_x más bajos, lo cual coincide con lo observado por Williams y Araujo (2002) y Padgett-Johnson *et al.* (2003).

Con respecto al análisis químico del vino (grado alcohólico, pH y acidez total) (Cuadro 4), durante la temporada 2000-2001, solamente la variable de grado alcohólico presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en el período de poscujaja. El mayor grado de alcohol correspondió al tratamiento de 40% ETreal (14,2 A°), mientras que el valor menor se observó en el tratamiento de 100% ETreal (13,3 A°). Estos resultados se complementan con los obtenidos por Acevedo *et al.* (2004), quienes encontraron una mayor concentración de sólidos solubles en el mosto de tratamientos con menor reposición hídrica. Además, concuerdan con los obtenidos por Ginestar *et al.* (1998b), quienes señalan que las plantas sometidas a déficit hídrico aceleran su proceso de acumulación de azúcar en las bayas a causa de un follaje más abierto, debido a una menor competencia con los brotes, lo que aumentaría el grado alcohólico final del vino. Por el contrario, para la temporada 2001-2002 no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables de composición química del vino (Cuadro 4), debido a las

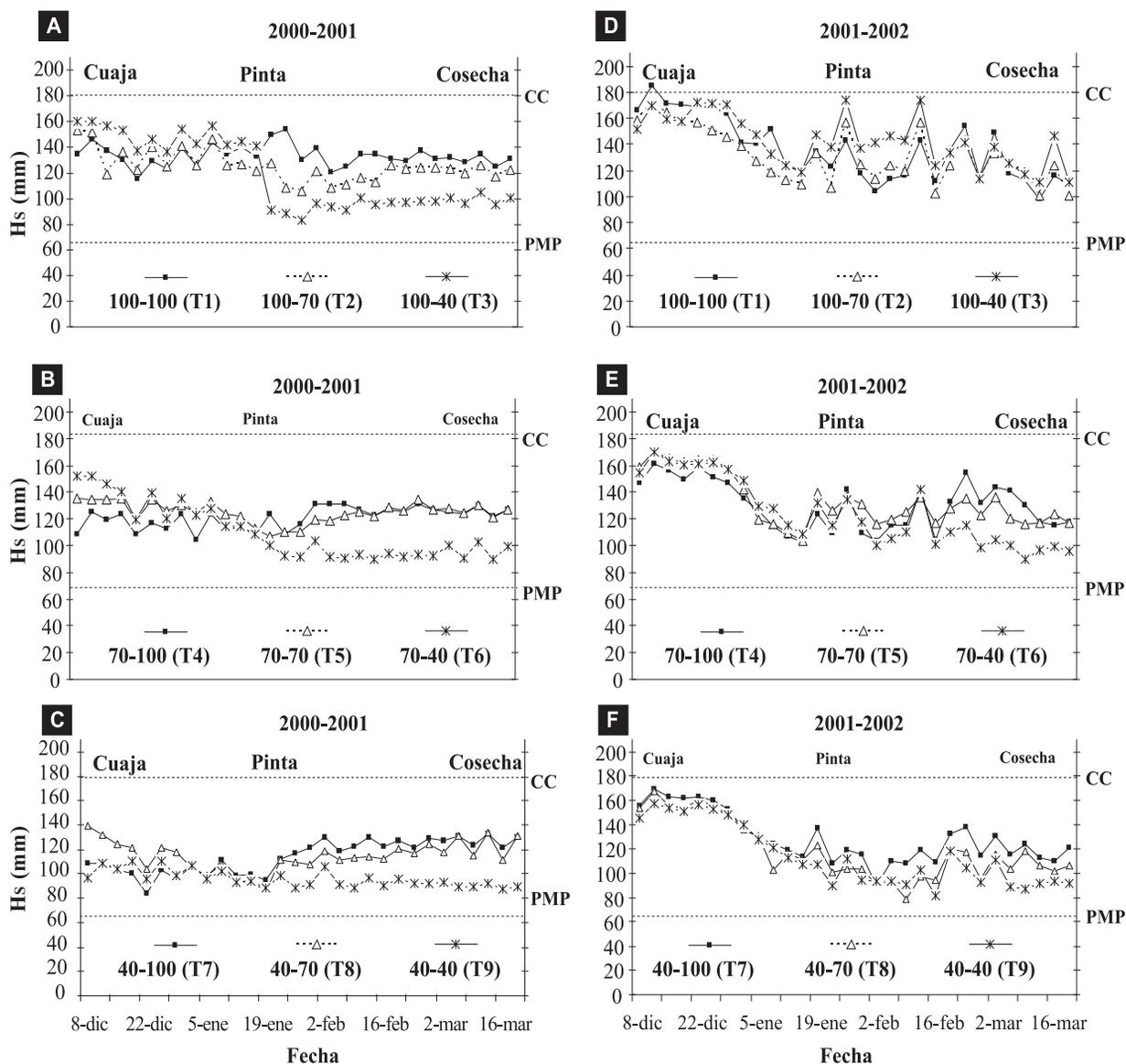


Figura 4. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (Hs, mm) para diferentes niveles de reposición hídrica (tratamiento desde T1 a T9) durante las temporadas 2000-2001 y 2001-2002, cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue, VII Región, Chile. Los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se incluyen como referencia.

Figure 4. Evolution of soil water content (Hs, mm) for different levels of water application (treatments from T1 to T9) during the 2000-2001 and 2001-2002 growing seasons, cv. Cabernet Sauvignon, Pencahue Valley, VII Region, Chile. Values of field capacity (CC) and permanent wilting point (PMP) are included as references.

precipitaciones caídas durante la segunda temporada en el período previo a cosecha, las cuales habrían anulado las posibles diferencias en las variables analizadas en cosecha.

Por otro lado, los mayores valores de acidez total fueron observados en los tratamientos con mayor

reposición hídrica (100% ET_{real}). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en mostos donde un mayor desarrollo vegetativo de las plantas permitiría una menor penetración de luz y en consecuencia una menor degradación de los ácidos presentes en racimos de plantas con mayor aporte de agua. De este modo, la menor acidez obtenida en el

tratamiento 40% ETreal, se complementa con los resultados obtenidos por Acevedo *et al.* (2004), quienes encontraron una menor acidez en el mosto proveniente de plantas con un menor largo de brotes y un menor número de capas de hojas. Sin embargo, difieren de los resultados obtenidos por Montse y Arola (1995) y Ferreyra *et al.* (2002), quienes encontraron una mayor acidez total del vino en los tratamientos sin aplicación de agua en comparación a los regados en forma permanente durante toda la temporada.

El pH del vino tampoco mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de riego. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Matthews y Anderson (1989) y Ferreyra *et al.* (2002), quienes no encontraron diferencias significativas en el pH del vino entre los distintos tratamientos de riego, y difiere de los obtenidos por Neja *et al.* (1977) en cv. Cabernet Sauvignon, quienes observaron que riegos excesivos incrementarían el pH de mostos y vinos.

En el Cuadro 5 se puede observar que existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos para el índice de polifenoles totales (IPT) e índice de

intensidad colorante (IC), en ambas temporadas de estudio. Al respecto, el tratamiento 40% ETreal presentó el mayor porcentaje de polifenoles totales, con índices de 51,6 y 60,0, respectivamente. Por el contrario, el menor índice fue observado en el tratamiento 100% ETreal (42,1 y 47,2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Matthews y Anderson (1989), Montse y Arola (1995) y Ferreyra *et al.*, 2002, quienes observaron un incremento de los polifenoles del vino en los tratamientos con menores tasas de riego entre cuaja y pinta, respecto a tratamientos con riego permanente durante el mismo período.

Por otro lado, los mayores índices de intensidad colorante (IC) fueron observados en el tratamiento 40% ETreal, con valores de 12,01 y 15,71 en poscuaja para las temporadas 2000-2001 y 2001-2002, respectivamente. Para estas temporadas los menores índices fueron encontrados en el tratamiento 100% ETreal, con valores de 10,69 y 13,13, respectivamente, debido a que los tratamientos sometidos a déficit hídrico presentarían bayas con una mayor relación cutícula/pulpa (Ginestar *et al.*, 1998b), que incidirían en forma directa sobre la mayor cantidad de compuestos fenólicos encon-

Cuadro 4. Influencia de diferentes regímenes hídricos durante poscuaja y pospinta sobre el grado alcohólico, acidez total y pH del vino, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Pencahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 4. Influence of different irrigation treatments during post-setting and post-veraison on alcohol degree, total acidity and pH of the wine, cv. Cabernet Sauvignon (Pencahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Análisis químico del vino						
Reposición hídrica	2000-2001			2001-2002		
	Grado alcohol (A°)	Acidez total (g L ⁻¹ H ₂ SO ₄)	pH	Grado alcohol (A°)	Acidez total (g L ⁻¹ H ₂ SO ₄)	pH
(A) Cuaja - pinta						
100% ETreal	13,3 b	3,60	3,65	12,81	3,60	3,81
70% ETreal	13,5 b	3,49	3,72	13,13	3,40	3,92
40% ETreal	14,2 a	3,35	3,72	13,09	3,52	3,82
Significancia	*	ns	ns	ns	ns	ns
(B) Pinta - cosecha						
100% ETreal	13,9	3,57 a	3,76	13,03	3,36	3,85
70% ETreal	13,8	3,21 b	3,66	13,13	3,59	3,88
40% ETreal	13,7	3,14 b	3,65	12,87	3,56	3,83
Significancia	ns	*	ns	ns	ns	ns
Interacción (A x B)	Ns	ns	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$).

Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

trados en el vino. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Freeman (1983), Matthews y Anderson (1989), Matthews *et al.* (1990). En relación al matiz, no se observaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos de riego para ninguna de las dos temporadas de estudio; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ferreyra *et al.* (2002).

Con respecto a las características sensoriales del vino (Cuadro 6), existieron diferencias significativas entre los tratamientos para calidad global y cuerpo del vino durante el período de poscujaja, en las dos temporadas de estudio. Al respecto, el tratamiento con mayor restricción hídrica en poscujaja (40% ETreal) presentó la mayor calidad global y cuerpo, mientras que los menores valores fueron obtenidos en el tratamiento 100% ETreal durante el mismo período. Por otro lado, y en concordancia con los resultados anteriores, los mayores defectos del vino fueron observados en el tratamiento 100% ETreal. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Goldfarb (1995) y Ferreyra *et al.* (2002), quienes indicaron que los vinos con menores defectos fueron obtenidos en tratamientos sin riego du-

rante el período de poscujaja, mientras que los mayores defectos fueron obtenidos al aplicar 100% ETreal durante toda la temporada.

En el caso de la intensidad colorante global se observaron diferencias significativas sólo en el período fenológico de pospinta, tanto en la temporada 2000-2001 como en la temporada 2001-2002. Al respecto, los tratamientos donde se aplicó déficit hídrico (40 y 70% ETreal) presentaron los mayores valores de intensidad colorante, debido a la mayor concentración de antocianinas totales presentes en las bayas durante el mismo período, lo que habría favorecido una mayor extracción de color desde las cutículas, lo que concuerda con la diferencia encontrada en el análisis químico del vino (índice de intensidad colorante del vino (Cuadro 5), las que habrían sido detectadas por el panel sensorial; de este modo la mayor intensidad colorante puede ser asociada directamente a un mayor color del vino. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ginestar *et al.* (1998b), quienes encontraron una mayor concentración de polifenoles totales en los vinos provenientes de bayas sometidas a déficit hídrico durante el período de cuaja-cosecha, debido a una mayor relación cutícula/pulpa en las bayas.

Cuadro 5. Influencia de diferentes regímenes hídricos durante poscujaja y pospinta sobre el índice de polifenoles totales (IPT), intensidad colorante (IC) y matiz del vino, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Pencahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 5. Influence of different irrigation treatments during post-setting and post-veraison on total polyphenol index (IPT), color intensity (IC) and color hue of the wine, cv. Cabernet Sauvignon (Pencahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Reposición hídrica	Composición química de vinos					
	2000-2001			2001-2002		
	IPT DO (280)	IC DO (420+520+620)	Matiz DO (420/520)	IPT DO (280)	IC DO (420+520+620)	Matiz DO (420/520)
(A) Cuaja - pinta	42,18 b	10,69 b	0,59	47,26 b	13,13 b	0,57
100% ETreal	49,02 a	10,71 b	0,62	53,68 b	14,08 b	0,60
70% ETreal	51,64 a	12,10 a	0,63	60,05 a	15,71 a	0,62
40% ETreal	**	*	ns	**	**	ns
Significancia						
(B) Pinta - cosecha	46,18	9,57 b	0,64	48,30	13,32	0,56
100% ETreal	48,40	11,37 a	0,60	51,61	14,82	0,60
70% ETreal	48,26	12,47 a	0,61	50,83	14,78	0,62
40% ETreal	ns	**	ns	ns	ns	ns
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interacción (A x B)						

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$).

Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$). DO = densidad óptica. ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

En relación al gusto no se observaron diferencias estadísticas significativas para la astringencia del vino en ninguno de los tratamientos de riego (Cuadro 6). Sin embargo, la acidez del vino fue mayor en aquellos tratamientos donde se aplicó el 100% ETreal durante el período de poscujaja y pospinta, en ambas temporadas de riego. Esta diferencia puede atribuirse a un mayor desarrollo vegetativo en los tratamientos con mayor reposición hídrica (100% ETreal), que provocaría un mayor sombreado de los racimos, con un consecuente incremento de la acidez final del vino (Goodwin y Macrae, 1990; Acevedo *et al.*, 2004).

Finalmente, en el Cuadro 7 se presentan los resultados de los descriptores de aromas varietales más típicos, donde se puede observar que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de riego, a excepción del aroma vegetal fresco en los vinos provenientes de tratamientos donde se aplicó 100% ETreal durante el período de poscujaja. Este aroma a vegetal fresco es característico en vinos provenientes de plantas con follajes exuberantes, que traspasan este aroma indeseado al vino (Poni *et al.*, 1994; Ginestar *et al.*, 1998b).

Cuadro 6. Influencia de diferentes regímenes hídricos durante poscujaja y pospinta sobre las características sensoriales del vino, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Penciahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 6. Influence of different irrigation treatments during post-setting and post-veraison on sensorial characteristics of wine, cv. Cabernet Sauvignon (Penciahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Reposición Hídrica	Calidad global ^v	Defectos del vino ^w	Int. olfativa global ^x	Int. colorante global ^y	G u s t o		
					Astringencia ^z	Cuerpo	Acidez
2000-2001							
(A) Cuaja-pinta							
100% ETreal	3,0 b	4,3	4,0	3,3 b	3,2	4,0 b	5,6 a
70% ETreal	4,7 a	3,1	3,8	4,8 a	4,4	4,9 a	4,3 b
40% ETreal	5,3 a	4,2	4,5	4,6 a	4,0	5,1 a	4,1 b
Significancia	*	ns	ns	*	ns	*	*
(B) Pinta-cosecha							
100% ETreal	3,7	5,8 a	3,8	3,8	4,7	4,2	4,9 a
70% ETreal	3,9	3,2 b	4,3	4,1	3,9	4,8	4,2 b
40% ETreal	4,2	3,0 b	4,2	4,2	3,2	4,1	4,3 b
Significancia	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
Interacción (A x B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2001-2002							
(A) Cuaja-pinta							
100% ETreal	4,3	2,6	4,3	5,3 b	4,3	4,0 b	3,3 b
70% ETreal	4,2	3,0	4,3	5,6 ab	4,7	4,2 b	4,1 a
40% ETreal	4,9	2,8	4,5	6,1 a	4,7	4,6 a	3,8 ab
Significancia	*	ns	ns	*	ns	**	*
(B) Pinta-cosecha							
100% ETreal	4,2	4,3	4,4	5,4	4,3	4,0	3,3
70% ETreal	4,6	3,8	4,4	5,7	4,5	4,3	3,7
40% ETreal	4,5	2,6	4,3	6,0	4,8	4,4	3,9
Significancia	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Interacción (A x B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$).

Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

^v Calidad global de 1 a 7 (1 = inaceptable, 7 = excelente).

^w Defecto del vino 1 a 7 (7 = inaceptable, 1 = excelente).

^x Intensidad olfativa global de 1 a 7 (1 = inaceptable, 7 = excelente).

^y Intensidad colorante global de 1 a 7 (1 = inaceptable, 7 = excelente).

^z Astringencia, cuerpo, acidez de 1 a 7 (1 = pobre, 4 = adecuada, 7 = excesiva).

ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

Cuadro 7. Influencia de diferentes regímenes hídricos durante poscujaja y pospinta sobre las características aromáticas del vino, cv. Cabernet Sauvignon (Valle de Pencahue, VII Región, temporadas 2000-2001 y 2001-2002).

Table 7. Influence of different irrigation treatments during post-setting and post-veraison on aromatic characteristics of wine, cv. Cabernet Sauvignon (Pencahue Valley, VII Region, 2000-2001 and 2001-2002 seasons).

Reposición Hídrica	Aroma vegetal		Aroma Frutal	Aroma Floral ^z	Aroma Especies
	Fresco ^x	Seco ^y			
2000-2001					
(A) Cuaja-pinta					
100% ETreal	4,6 a	3,7	3,0	3,0	3,1
70% ETreal	3,8 ab	3,2	3,6	2,8	3,4
40% ETreal	3,2 b	3,6	3,4	2,2	3,7
Significancia	*	ns	ns	ns	ns
(B) Pinta-cosecha					
100% ETreal	4,1	3,9	2,9	2,2	3,4
70% ETreal	3,7	3,2	3,3	2,7	3,5
40% ETreal	3,9	3,0	3,4	2,7	3,6
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Interacción (A x B)	ns	ns	ns	ns	ns
2001-2002					
(A) Cuaja-pinta					
100% ETreal	3,3	3,3	4,1	2,5	3,2
70% ETreal	3,3	3,7	3,9	2,6	3,5
40% ETreal	3,6	3,5	4,3	3,0	3,5
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns
(B) Pinta-cosecha					
100% ETreal	3,3	3,4 a	4,3	2,6	3,3
70% ETreal	3,6	4,0 a	3,9	2,7	3,3
40% ETreal	3,3	3,1 b	4,0	2,8	3,5
Significancia	n.s	**	n.s	n.s	n.s
Interacción (A x B)	ns	ns	ns	ns	ns

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$).

Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

^x Aroma vegetal fresco, seco, cocido de 1 a 7 (1 = pobre, 4 = adecuado, 7 = excesivo).

^y Aroma frutal seco, rojo de 1 a 7 (1 = pobre, 4 = adecuado, 7 = excesivo).

^z Aroma floral, especies de 1 a 7 (1 = pobre, 4 = adecuado, 7 = excesivo).

ETreal: evapotranspiración real del viñedo.

CONCLUSIONES

En la temporada 2000-2001, las aplicaciones de agua de un 40 y 70% de la ETreal durante poscujaja y pospinta, respectivamente, disminuyeron en forma significativa la acidez total e incrementaron en forma consistente el grado alcohólico del vino. En esta temporada, sin embargo, los niveles de agua aplicada no incidieron significativamente en el pH del vino. En la temporada 2001-2002 no se encon-

traron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para las variables anteriores, debido a un efecto de dilución producido por las abundantes precipitaciones caídas cinco días antes de la cosecha.

En relación al color del vino, los polifenoles totales e intensidad colorante fueron mayores para la aplicación de agua de un 40% de la ETreal durante el período de poscujaja en ambas temporadas. Sin

embargo, las diferentes láminas de riego no afectaron significativamente el matiz del vino. Finalmente, la calidad global del vino se vio favorecida por disminuciones consistentes en los defectos del vino, en todos los tratamientos donde se aplicaron restricciones hídricas del 40% durante poscujaja y 70% durante pospinta.

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue financiada en parte por Viña San Pedro, el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) y Centro Tecnológico de la Vid y el Vino (CTVV). También los autores desean agradecer a los exalumnos de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Talca, Srs. Alejandro Galleguillos y Juan Pablo Vásquez por su participación en la colección de datos y mantención de la parcela experimental.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, C., S. Ortega-Farías, and Y. Moreno. 2004. Effects of three levels of water application during post-setting and post-veraison over vegetative development, productivity and grape quality on cv. Cabernet sauvignon. *Acta Hortic.* 646:143-146.
- Amerine, M., and E. Roessler. 1980. Wines: their sensory evaluation. p. 189-203. 2nd ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco, California, U.S.A.
- Begg, J., and N. Turner. 1970. Water potential gradients in field tobacco. *Plant Physiol.* 46:343-346.
- Bravdo, B., Y. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. 1984. Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignan vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 35:247-252.
- CIREN CORFO. 1994. Estudio agrológico del valle de Péncahue, VII Región. Descripción de clima, suelos, materiales y símbolos. 122 p. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Santiago, Chile.
- Ferreira, R., G. Sellés, J. Peralta, L. Burgos, y J. Valenzuela. 2002. Efecto de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. *Agric. Téc. (Chile)* 62:406-417.
- Freeman, B.M. 1983. Effects of irrigation and pruning of Shiraz grapevines on subsequent red wine pigment. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:26-26.
- Freeman, B.M., and W. Kliewer. 1983. Effect of irrigation, crops level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grapes and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:197-207.
- Ginestar, C., J. Eastham, S. Gray, and P. Lland. 1998a. Use of sap flow sensor to schedule vineyard irrigation. I. Effect of post-veraison water deficit on water relations, vine growth, and yield of Shiraz grapevine. *Am. J. Enol. Vitic.* 49:413-420.
- Ginestar, C., J. Eastham, S. Gray, and P. Lland. 1998b. Use of sap flow sensor to schedule vineyard irrigation. II. Effect of post-veraison water deficit on composition of Shiraz grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 49:421-427.
- Goldfarb, A. 1995. Cabernet Sauvignon. Improving quality with managed irrigation. *Grapegrowing*. Sep-Oct: p. 22-26.
- Goodwin, I., and I. Macrae. 1990. Regulated deficit irrigation of Cabernet Sauvignon grapevines. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal* 5:131-133.
- 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.
- Kliewer, W.M., B.M. Freeman, and C. Hossom. 1983. Effect of irrigation. Crops level and potassium fertilization on Carignan vine. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:186-196.
- Matthews, M.A., and M.M. Anderson. 1989. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: response to seasonal water deficit. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:313-318.
- 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.
- Montse, N., and I. Arola. 1995. Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid conditions. *Vitis* 34:151-154.
- Neja, R.A., W.E. Wildman, R.S. Ayer, and A. Kasimatis. 1977. Grapevines response to irrigation and trellis treatment in the Salinas Valley. *Am. J. Enol. Vitic.* 18:16-26.

- Padgett-Johnson, M., L.E., Williams, and M.A. Walker. 2003. Vine water relations, gas exchange, and vegetative growth of seventeen *Vitis* species grown under irrigated and non irrigated conditions in California. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 128:269-276.
- Penavayre, M., R. Morlat, A. Jacquet, et F. Bimont. 1991. Influence des terroirs sur la croissance et le développement de la vigne en millésime exceptionnellement sec. *Journal de Sciences de la Vigne et du Vin* 25:119-131.
- Peynaud, E., y J. Blouin. 2000. *El gusto del vino: el gran libro de la degustación*. 406 p. 3ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Poni, S., A.N. Lakso, J.R. Turner, and R.E. Melious. 1994. The effect of pre- and post-veraison water on growth and physiology of potted Pinot noir grapevines at crop level. *Vitis* 32:207-214.
- 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.
- Schultz, H., and M. Matthews. 1993. Growth, osmotic adjustments, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop Sci.* 33:287-294.
- Sun, B.S., T. Pinto, M.C. Leandro, J.M. Ricardo-Da-Silva, and M.I. Spranger. 1999. Transfer of catechins and proanthocyanidins from solid parts of the grape cluster into wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 50:179-184.
- Wildman, W.E., R.A. Neja, and N.A. Kasimatis. 1976. Improving grape yield and quality with controlled irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* 27:168-174.
- Williams, L.E., and F.J. Araujo. 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.