

## EFFECTO DE DISTINTOS NIVELES DE PODA Y REPOSICIÓN HÍDRICA SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO, RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN DE BAYAS EN VIDES CV. CABERNET SAUVIGNON

Effect of different levels of pruning and water application on vegetative growth, yield and berry composition in grapes cv. Cabernet Sauvignon

Samuel Ortega-Farias<sup>1\*</sup>, Rodrigo Salazar Mejías<sup>1</sup>, y Yerko Moreno Simunovic<sup>2</sup>

### ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of different levels of pruning and water application on vegetative growth, yield and berry composition of grapevines (*Vitis vinifera* L.), located in Pencahue Valley, Maule Region, Chile (35°22' S lat; 71°47' W long), during the 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons. The cultivar used was a 10 yr-old Cabernet Sauvignon, drip irrigated and trained on a vertical shoot positioned system. Pruning levels were 12, 18 and 24 buds per plant. Irrigation levels applied were 40, 70 and 100% of real evapotranspiration of the vineyard (ET<sub>v</sub>) from setting to harvest. Results showed that increasing pruning severity resulted in a decrease in the Ravaz index from 4.3 to 2.9 in the first season, and a severe reduction of yield (between 41 and 53%) in both seasons. Only in the second season the reduction in water application decreased the yield from 3.0 to 1.8 kg pl<sup>-1</sup> and increased the total anthocyanin content in berries from 1 290 to 1 520 mg L<sup>-1</sup>. There was no significant interaction between pruning and irrigation levels for any of the seasons under evaluation.

**Key words:** pruning, irrigation levels, vegetative growth, yield, berry composition, Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera*.

### RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar el efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas en un viñedo (*Vitis vinifera* L.) ubicado en el Valle de Pencahue, Región del Maule, Chile (35°22' lat. Sur; 71°47' long. Oeste), durante las temporadas de crecimiento 2003-2004 y 2004-2005. Se usó un cultivar Cabernet Sauvignon de 10 años de edad, regado por goteo y conducido en espaldera vertical simple. Los distintos niveles de poda fueron 12, 18 y 24 yemas por planta. Los niveles de riego consistieron en la reposición del 40, 70 y 100% de la evapotranspiración real de la vid (ET<sub>v</sub>) aplicado durante el período de cuaja a cosecha. Los resultados mostraron que al incrementar la severidad de poda se obtuvo una disminución del índice de Ravaz desde 4,3 a 2,9 en la primera temporada y una reducción severa del rendimiento (entre un 41 y 53%) en ambas temporadas. Sólo en la segunda temporada, la reducción en la reposición hídrica disminuyó en forma significativa el rendimiento desde 3,0 a 1,8 kg pl<sup>-1</sup> e incrementó el contenido de antocianinas totales desde 1.290 a 1.520 mg L<sup>-1</sup> en las bayas. En ninguna de las dos temporadas de evaluación se registraron interacciones positivas importantes entre los factores poda y riego.

**Palabras clave:** poda, reposición hídrica, crecimiento vegetativo, rendimiento, composición de bayas, Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera*.

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

E-mail: sorteaga@utalca.cl \*Autor para correspondencia.

<sup>2</sup> Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Centro Tecnológico de la Vid y el Vino (CTVV), Casilla 747, Talca, Chile. Recibido: 2 de octubre de 2006. Aprobado: 27 de diciembre de 2006.

## INTRODUCCIÓN

Entre las prácticas tendientes a mejorar la calidad final de mostos y vinos está el control del vigor de las plantas mediante labores culturales de poda (por ejemplo, ajustando el número de yemas por metro lineal) y riego (estrategias de riego deficitario controlado) (Ferreira *et al.*, 1998; Acevedo *et al.*, 2004; Ortega-Farias *et al.*, 2004a). Estas labores pueden afectar el comportamiento de la vid en forma importante. Por ejemplo, determinar una muy baja carga de yemas podría implicar una disminución en la producción, con un consecuente aumento del diámetro de los brotes y un incremento generalizado del vigor, situación que podría acentuarse aún más con el corrimiento de racimos y un desequilibrio de la planta, donde la producción final de los vinos se vería afectada negativamente.

Recíprocamente, una excesiva carga de yemas conduce a una mayor densidad de brotes, carga frutal y área foliar, aumentando la competencia entre la fruta y los brotes, lo que ocasionaría una maduración desuniforme y una baja calidad de la fruta, además de una lignificación insuficiente y un debilitamiento de la planta (Reynier, 1989). Incrementos del ácido málico, potasio, y pH de las bayas están asociados al vigor excesivo, al igual que una disminución del color y sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), reduciendo significativamente la calidad del vino (Pszczółkowski y Bordeu, 1984). Además, la relación entre yemas retenidas y rendimiento no es lineal, lo que indica que un mayor número de yemas retenidas al momento de la poda no se traduce necesariamente en altos rendimientos, debido a que en muchos casos al aumentar la carga de yemas disminuye progresivamente el porcentaje de brotación de las mismas.

Por otra parte, diversos estudios han indicado que la calidad del vino disminuye con suministros hídricos excesivos, ya que aumenta la expresión vegetativa, incrementando el sombreado de los racimos, con un consecuente incremento de la acidez total y el pH del mosto, y una reducción significativa del color y de los fenoles totales en el vino (Williams y Matthews, 1990; Goodwin, 1995; Acevedo *et al.*, 2004). En relación a lo anterior, otras investigaciones han indicado que la aplicación de un déficit hídrico controlado puede tener efectos positivos sobre el proceso de maduración de las bayas y calidad del mosto (Koundouras *et al.*, 1997).

Sin embargo, el efecto final del déficit hídrico va a depender de su intensidad y del período fenológico en que se aplique (Goodwin, 1995).

En ensayos realizados para determinar el efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica en el cv. Shiraz, se observó que el rendimiento en las vides regadas se incrementó en forma significativa en la medida que el número de yemas retenidas fue mayor, no existiendo efecto sobre el rendimiento en aquellas plantas sin riego. Por otro lado, el riego incrementó el peso de poda, pero el nivel de poda no tuvo efecto sobre el peso final de sarmientos en las plantas bajo riego (Freeman, 1983). Plantas con mayor expresión vegetativa, debido a un exceso de agua aplicada y a podas con un alto número de yemas, retrasaron la acumulación de azúcar debido a un incremento en el rendimiento; además la acidez y el pH de las bayas fueron mayores que en aquellas vides sin suplemento hídrico. Esto redujo la proporción de pigmentos totales, afectando el color final del vino. Los resultados de este ensayo son el producto de cinco temporadas consecutivas de evaluación, donde se aplicaron tratamientos extremos de poda (20 y 160 yemas por planta) y suministro hídrico (0 y 60% de la evaporación de bandeja).

Considerando la escasa información existente sobre el efecto combinado de la poda y el suministro hídrico sobre el desarrollo, calidad y rendimiento del viñedo, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto combinado de tres niveles de poda y tres niveles de reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y composición de bayas de un viñedo cv. Cabernet Sauvignon.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo en una parcela experimental ubicada en el Valle de Pencahue ( $35^{\circ}22'$  lat. Sur;  $71^{\circ}47'$  long. Oeste; 150 m.s.n.m.), Región del Maule, durante las temporadas vitícolas 2003-2004 y 2004-2005. Se utilizó una parcela de 2,9 ha de cv. Cabernet Sauvignon de 10 años de edad, en un marco de plantación de 3,0 x 1,2 m, con vides regadas por goteo ( $3,5 \text{ L h}^{-1}$ ), conducidas en espaldera vertical simple (orientación Norte-Sur), podadas en cordón apitonado y con un peso promedio de poda, previo a la realización de este ensayo, de  $800 \text{ g pl}^{-1}$ .

El suelo presenta una textura franco arenosa y pertenece a la serie Cunculén (Aquic Palexeralfs); la profundidad efectiva de raíces se concentra en los primeros 60 cm. La densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente son 1,44 g cm<sup>-3</sup>, 30 m m<sup>-3</sup> y 11 m m<sup>-3</sup>, respectivamente. El clima es de tipo templado semiárido, caracterizado por un régimen térmico que varía en promedio, entre una máxima de 32,5 °C y una mínima de 5,5 °C en el período estival. El régimen hídrico presenta una precipitación promedio anual de 709 mm, un déficit hídrico de 863 mm con un período seco de siete meses.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas subdivididas (strip-plot) con un arreglo factorial de tratamientos (3 x 3). Los factores estudiados fueron poda y reposición hídrica con nueve repeticiones. Los niveles de poda fueron 12, 18 y 24 yemas por planta y los de reposición hídrica fueron 100, 70 y 40% de la evapotranspiración real del viñedo (ETv). Dichas reposiciones se efectuaron durante el período comprendido entre cuaja y cosecha con una frecuencia de dos riegos semanales, basado en los antecedentes entregados en la publicación de Ortega-Farias *et al.* (2004a). Cada repetición estuvo constituida por una superficie de 3.249 m<sup>2</sup> equivalente a 12 hileras, donde los distintos tratamientos de reposición hídrica se aplicaron a grupos de cuatro hileras, aplicando en éstas los tres niveles de poda señalados.

La ETv se obtuvo diariamente de la siguiente forma:

$$ETv = EB K_p K_c$$

donde EB = bandeja de evaporación (mm d<sup>-1</sup>); K<sub>p</sub> = coeficiente de bandeja (0,7); K<sub>c</sub> = coeficiente de cultivo. En este estudio los valores de K<sub>c</sub> utilizados para el cv. Cabernet Sauvignon fueron de 0,55 y 0,43 para los períodos fenológicos entre cuaja-pinta y pinta-cosecha, respectivamente (Ortega-Farias *et al.*, 2004b). Estos valores son utilizados en la zona de Pencahue para obtener vinos de calidad reserva en el cv. Cabernet Sauvignon. De esta forma el tiempo de riego se determinó mediante la siguiente expresión:

$$TR = \frac{ETv AU}{Ne Ea q}$$

donde TR = tiempo de riego (h); AU = marco de plantación (m<sup>2</sup>); Ne = número de emisores por plan-

ta; Ea = eficiencia de aplicación (0,9) y q = caudal del emisor (L h<sup>-1</sup>).

Para evaluar el efecto combinado de los distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre la expresión vegetativa, en el período de cosecha se midió el largo de sarmientos (cm) y número de nudos por sarmiento, y posterior a la cosecha el peso de poda (g), con lo que se determinó el peso por sarmiento (g). Adicionalmente, con la finalidad de conocer el estado de equilibrio de la vid en cada tratamiento, se realizó el procedimiento descrito por Smart y Robinson (1991), denominado método del cuadrante. Esta técnica consiste en atravesar, la pared vegetativa en forma perpendicular con una varilla metálica de 1 m de largo y 2 mm de diámetro, con la ayuda de una regleta de PVC perforada cada 10 cm, dispuesta en forma horizontal, paralela a la pared del follaje a la altura de los racimos. Con esta metodología, inmediatamente previo a la cosecha, se estimó el número de capas de hojas (NCH) y el porcentaje de racimos expuestos, los cuales se utilizaron para caracterizar el vigor de las distintas unidades experimentales considerando un total de 40 inserciones por cada unidad experimental.

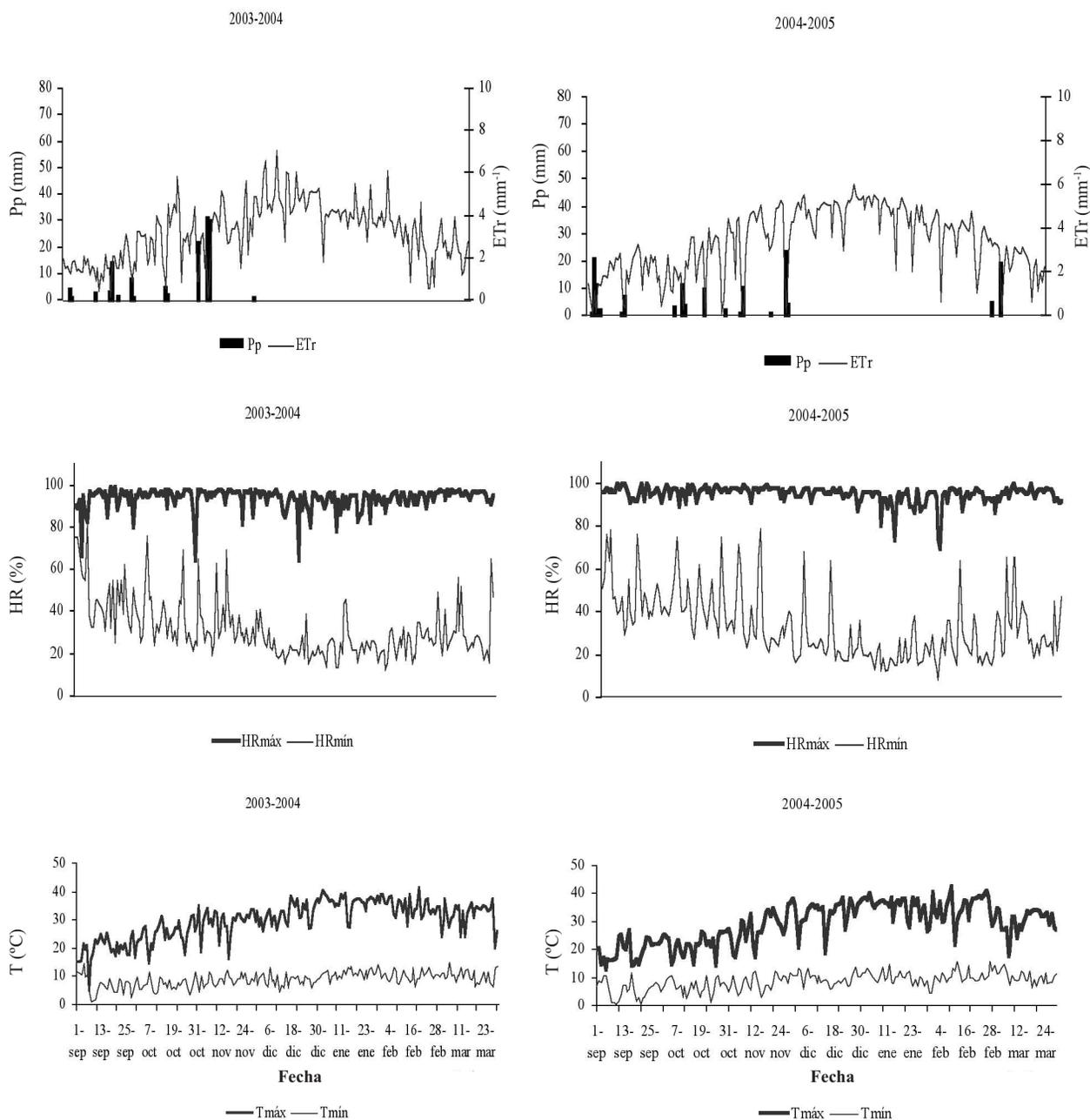
Al momento de la cosecha se midieron los componentes del rendimiento tales como la producción por planta (kg), número de racimos por planta (sin considerar pámpanos), número de racimos por brote, peso de racimos (g) y número de bayas por racimo. Con una muestra representativa de 200 bayas por cada repetición en cada tratamiento, se midió la composición de las bayas en base a la determinación de sólidos solubles (a través de refractometría), acidez total (neutralización con NaOH 0,1 N, expresado en g L<sup>-1</sup> de ácido sulfúrico) y pH (mediante potenciometría). Además, se determinó el diámetro de bayas (mm), la relación cutícula/pulpa y la concentración de antocianinas y polifenoles totales (mg L<sup>-1</sup>) en las bayas a través del método de Glories (Marquette, 1999). Posteriormente, y una vez realizada la poda invernal, se determinó el índice de Ravaz (kg de fruta/kg de poda) para cada uno de los tratamientos.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos en donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan con un intervalo de confianza de 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde brotación a cosecha en la primera temporada precipitaron 120,3 mm, de los cuales el 99,4; 0,4 y 0,2% se concentraron en los períodos de brotación-cuaja, cuaja-pinta y pinta-cosecha, respec-

tivamente (Figura 1). Por el contrario, en la segunda temporada, con un total de 131,4 mm, las precipitaciones se distribuyeron en forma más uniforme, con 61,5% del agua caída en el período de brotación-cuaja, un 20,9% en el período de cuaja-pinta, y un 17,6% en el período de pinta-cosecha. En



**Figura 1.** Precipitación (Pp), evapotranspiración de referencia (ETr), temperatura (máxima = Tmax y mínima = Tmin), y humedad relativa (máxima = HRmax y mínima = HRmin) registradas en el Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.

**Figure 1.** Precipitation (Pp), reference evapotranspiration (ETr), temperature (maximum = Tmax and minimum = Tmin), and relative humidity (maximum = HRmax and minimum = HRmin) recorded at Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.

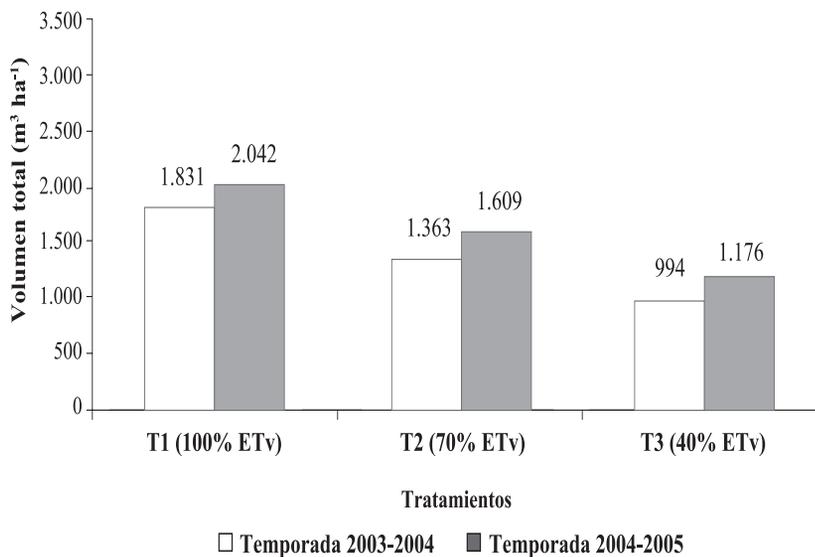
ambas temporadas se observó una mayor demanda hídrica en los meses de noviembre a febrero, con valores acumulados desde brotación a cosecha de evapotranspiración de referencia ( $E_{Tr} = EB K_p$ ) de 670 y 704 mm para el primer y segundo año de evaluación, respectivamente.

En relación a la temperatura y humedad relativa registradas durante las temporadas 2003-2004 y 2004-2005, se observaron temperaturas mínimas en septiembre de 0,8 y 0,4 °C y valores máximos en febrero de 41,2 y 42,7 °C, en ambas temporadas de estudio. La situación anterior contrasta con los valores de humedad relativa registrados, en donde los valores menores fueron observados en febrero (12 y 8%) para ambas temporadas. Por último, es importante señalar que se observó una relación directa entre los valores máximos de temperatura y los valores máximos de  $E_{Tr}$  en ambas temporadas de riego, siendo los meses de diciembre a febrero los de mayor demanda hídrica.

Los volúmenes totales de agua aplicada desde brotación a cosecha durante todo el período de riego en el tratamiento T1 (100%  $E_{Tv}$ ), en las temporadas 2003-2004 y 2004-2005, fueron de 1.831 y 2.042  $m^3 ha^{-1}$ , respectivamente (Figura 2). Acevedo *et al.* (2004) aplicaron volúmenes similares en

Cabernet Sauvignon en la zona de Pencahue con un clima templado semiárido. Por otra parte, Ferrera *et al.* (1998) y Gurovich (1998) aplicaron 4.480 y 4.762  $m^3 ha^{-1}$ , respectivamente, en Cabernet Sauvignon producido en condiciones semiáridas en la zona de Pirque y la Pintana, para el tratamiento 100%  $E_{Tv}$ , respectivamente.

En cuanto al crecimiento vegetativo (Cuadro 1), el análisis estadístico indicó que sólo existieron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) en el peso individual del sarmiento, y significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el largo del sarmiento, entre los tratamientos con distinta poda durante la primera temporada, observándose que aquellas plantas en las que se dejó un menor número de yemas, presentaron un mayor peso y largo de sarmiento, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Miller *et al.* (1996) y Smithyman *et al.* (2001), quienes observaron la misma tendencia. Esto se debe a que al limitar los puntos de crecimiento, las reservas de carbohidratos y las sustancias aportadas por las raíces son adecuadas para soportar la máxima tasa de crecimiento de los brotes. Por otro lado, en la medida que el número de puntos de crecimiento se incrementa, comienzan a competir entre ellos por los carbohidratos disponibles, agua, nutrientes y citoquininas (Miller *et al.*, 1996).



**Figura 2.** Volumen total de agua aplicada ( $m^3 ha^{-1}$ ) para los distintos tratamientos de reposición hídrica en vides cv. Cabernet Sauvignon en el Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.  $E_{Tv}$ : evapotranspiración real de la viña.

**Figure 2.** Total volume of water applied ( $m^3 ha^{-1}$ ) for the different treatments of water application in grapevines cv. Cabernet Sauvignon in the Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.  $E_{Tv}$ : real evapotranspiration of vineyard.

**Cuadro 1. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el crecimiento vegetativo en vides cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.**

**Table 1. Effect of different pruning levels and water application on vegetative growth in Cabernet Sauvignon grapevines, Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.**

Tratamiento	Largo sarmiento (cm)	Nº nudos	Peso de poda (g pl <sup>-1</sup> )	Peso por sarmiento (g)
2003-2004				
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>				
24	141,7 a	22,6	802,0	33,4 a
18	147,4 ab	23,0	717,5	39,9 b
12	154,8 b	28,8	732,8	47,7 c
Significancia	*	n.s.	n.s.	**
Reposición hídrica				
100% ETv	152,7	27,6	828,4	43,0
70% ETv	147,4	23,2	685,5	38,8
40% ETv	143,7	23,2	738,3	39,2
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2004-2005				
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>				
24	147,1	23,3	1.031,6 a	43,0
18	149,4	23,0	612,9 b	34,1
12	154,2	23,5	523,4 b	43,6
Significancia	n.s.	n.s.	**	n.s.
Reposición hídrica				
100% ETv	160,4	24,3	734,2	41,4
70% ETv	145,9	22,8	699,5	39,1
40% ETv	144,4	22,8	734,2	40,2
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Valores con distinta letra en las columnas indican que hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

n.s.: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

ETv: evapotranspiración real del viñedo.

No se encontraron diferencias significativas en peso de poda entre los distintos tratamientos de poda durante la primera temporada de evaluación. Freeman (1983) tampoco detectó diferencias entre los distintos niveles de poda en temporadas analizadas individualmente, y señaló que un cambio en la severidad de la poda afectaría más bien al peso promedio individual de los brotes y no necesariamente al peso total de poda por planta, tal como ocurrió durante la primera temporada de evaluación en este ensayo. No obstante, en el análisis combinado de los 5 años de datos del caso anterior, el peso de poda fue significativamente afectado por el nivel de poda, lo cual puede explicar los resultados obtenidos en la segunda temporada de esta investiga-

ción, en la cual se registraron diferencias altamente significativas, donde se obtuvo un mayor peso de poda a medida que fue mayor el número de yemas retenidas.

En relación a los tratamientos de reposición hídrica, no se encontraron diferencias significativas para el crecimiento vegetativo en este cultivar, a pesar de la aplicación de los distintos niveles de agua aplicada durante las dos temporadas de evaluación. Estos resultados discrepan de los obtenidos por Dry y Loveys (1999), quienes encontraron diferencias significativas en las variables de largo de brotes, largo de entrenudos y peso de poda para las aplicaciones de 100% ETv y 0% ETv durante el período

**Cuadro 2. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre la caracterización de la pared del follaje en vides cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.****Table 2. Effect of different pruning levels and water application on characterization of canopy in Cabernet Sauvignon grapevines, Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.**

Tratamiento	Temporada					
	2003-2004			2004-2005		
	Nº capas de hojas	Espacios (%)	Racimos expuestos (%)	Nº capas de hojas	Espacios (%)	Racimos expuestos (%)
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>						
24	2,1 a	2,3 a	39,9 a	2,2 a	3,6 a	62,2 b
18	1,7 b	5,4 b	65,2 b	1,4 b	17,0 b	67,1 b
12	1,4 c	12,6 c	87,7 c	1,2 b	19,0 b	87,1 a
Significancia	**	**	**	**	**	**
Reposición hídrica						
100% ETv	1,9 a	4,3 a	58,8	2,1 a	8,7 a	68,8 a
70% ETv	1,9 a	5,7 a	66,5	1,6 b	15,5 b	73,9 ab
40% ETv	1,5 b	10,3 b	64,5	1,3 b	15,4 b	83,6 b
Significancia	**	**	n.s.	**	*	*
Interacción A x B	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Valores con distinta letra en las columnas indican que hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

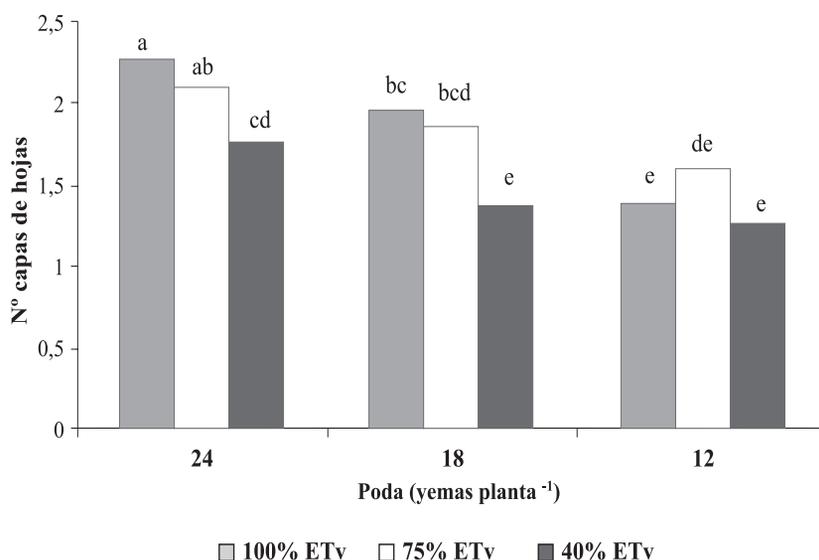
ETv: evapotranspiración real del viñedo; n.s.: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

comprendido entre cuaja y cosecha. Esto se debió a que los mayores tiempos de riego en este ensayo fueron aplicados en el período de pinta, momento en que los requerimientos hídricos de la vid son mayores; a su vez, en este momento se detiene el crecimiento de los brotes y comienza el proceso de lignificación de éstos (Smart y Coombe, 1983; Williams y Mathews, 1990), coincidiendo con los resultados obtenidos por Poni *et al.* (1994) y Ginestar *et al.* (1998a), quienes indicaron que la aplicación de déficit hídrico entre pinta y cosecha no tendría efectos significativos sobre el crecimiento de brotes.

Con respecto al número de capas de hojas, porcentaje de espacios y de racimos expuestos (Cuadro 2), se observó para las dos temporadas diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre los tratamientos de poda en las tres variables anteriormente mencionadas, encontrándose un mayor número de capas de hojas, menor porcentaje de espacios y de racimos expuestos en aquellas plantas donde se dejó un mayor número de yemas al momento de la poda, en comparación con aquellas donde se retuvo un menor número. Por otra parte, en los tratamientos de reposición hídrica se encontraron diferencias altamente significativas durante ambas tem-

poradas para el número de capas de hojas y el porcentaje de espacios durante la primera, y significativas ( $p \leq 0,05$ ) durante la segunda temporada. Finalmente, en el porcentaje de racimos expuestos se observaron diferencias significativas sólo en la segunda temporada, cuando las vides sometidas a un mayor déficit hídrico presentaron un menor desarrollo de follaje con la consecuente disminución en el número de capas de hojas, con un mayor porcentaje de espacios y de racimos expuestos. Además, en la primera temporada se presentó una interacción positiva para el número de capas de hojas (Figura 3), en la cual con una poda más severa y menores reposiciones hídricas se generó un menor número de capas de hojas. Ginestar *et al.* (1998a) también encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de reposición hídrica (0 y 50% ETv), observando un mayor porcentaje de racimos expuestos, en cosecha, para vides sin aplicación de agua de riego.

En cuanto a los componentes de rendimiento, se observaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) en rendimiento y número de racimos por planta entre los distintos tratamientos de poda durante ambas temporadas, y diferencias altamente significativas en la primera temporada para el ín-



**Figura 3. Efecto de los tratamientos con distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el número de capas de hojas en vides cv. Cabernet Sauvignon en el Valle de Péncahue. Temporada 2003-2004. ETv: evapotranspiración real de la viña.**

**Figure 3. Effect of different pruning levels and water application on the leaf layer number for grapevines cv. Cabernet Sauvignon in the Péncahue Valley. 2003-2004 growing season.**

\* Letras iguales indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos.  
ETv: real evapotranspiration of vineyard.

dice de Ravaz (IR) y peso de racimo, y para el número de racimos por brote en la segunda temporada (Cuadro 3). Al respecto se puede observar que las vides en las cuales se dejó un mayor número de yemas, presentaron un mayor número de racimos por planta, de menor peso, con un mayor rendimiento final en comparación a aquellas en que se retuvo un menor número de yemas. Esto último estaría explicando el mayor IR observado en las vides con un mayor número de yemas durante la primera temporada, debido a que en ésta los valores obtenidos en peso de poda para los distintos tratamientos no difirieron estadísticamente (Cuadro 1). Lo anterior no ocurrió en la segunda temporada, donde una disminución en rendimiento de la fruta por planta fue acompañada de una disminución importante en el peso de poda en los tratamientos evaluados, lo que no permitió encontrar diferencias en el IR. De este modo, es importante señalar que resultados obtenidos por Bravdo *et al.* (1985) indicaron que la mejor calidad de vino fue obtenida con valores de IR que variaron entre 3 y 10. Por el contrario, índices mayores a 10 resultaron en una situación de sobreproducción, en la cual las vides no fueron capaces de sustentar una adecuada madurez de la fruta.

En relación a la reposición hídrica, existieron diferencias significativas en ambas temporadas para el peso de racimos, diferencias altamente significativas en rendimiento y número de racimos por planta, y significativa para el número de racimos por brote durante la segunda temporada en los tratamientos con mayor reposición hídrica. Similares resultados fueron encontrados por Goodwin (1995), Nadal y Arola (1995) y Ferreyra *et al.* (1998), quienes observaron que el rendimiento disminuyó significativamente para el tratamiento sin riego en comparación con el 100% ETv. De la misma manera, y basados en resultados similares, Kliewer *et al.* (1983) señalan que el riego aumenta tanto el número de bayas por racimo como el de racimos por planta.

La mayor cantidad de variables con diferencias significativas encontradas entre los tratamientos de riego aplicados durante la segunda temporada, pudieron deberse a que el estrés hídrico promovería una mayor fertilidad de yemas, al producirse una mayor inducción de las mismas durante la temporada anterior, debido al menor sombreado en las plantas, provocado por un menor follaje (Kliewer *et al.* 1983).

**Cuadro 3. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre el rendimiento y sus componentes en vides cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.****Table 3. Effect of different pruning levels and water application on yield and its components in Cabernet Sauvignon grapevines, Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.**

Tratamiento	Nº racimos	Racimos por brote	Peso racimos (kg)	Nº bayas	Rendimiento (kg pl <sup>-1</sup> )	Índice de Ravaz
2003-2004						
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>						
24	35,3 a	1,5	0,11 a	117,3	3,4 a	4,3 a
18	23,9 b	1,3	0,12 b	115,9	2,4 b	3,5 b
12	16,9 c	1,4	0,14 b	111,6	1,6 c	2,9 b
Significancia	**	n.s.	**	n.s.	**	**
Reposición hídrica						
100% ETv	25,1	1,4	0,13 a	118,0	2,6	3,5
70% ETv	26,7	1,5	0,12 ab	113,2	2,5	3,6
40% ETv	24,3	1,3	0,11 b	113,6	2,3	3,5
Significancia	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2004-2005						
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>						
24	42,9 a	1,8 b	0,07	72,1	3,2 a	2,9
18	24,2 b	1,4 a	0,07	68,8	1,7 b	3,0
12	23,4 b	2,0 b	0,07	79,4	1,9 b	3,2
Significancia	**	**	n.s.	n.s.	**	n.s.
Reposición hídrica						
100% ETv	34,6 a	2,0 a	0,08 a	75,7	3,0 a	3,6
70% ETv	29,1 b	1,6 b	0,06 b	73,0	2,0 b	2,8
40% ETv	26,9 b	1,6 b	0,06 b	71,6	1,8 b	2,6
Significancia	**	*	*	n.s.	**	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Valores con distinta letra en las columnas indican que no hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

ETv: evapotranspiración real del viñedo; n.s.: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

El análisis estadístico indicó que en ambas temporadas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de reposición hídrica y poda para la acidez total, pH y sólidos solubles (Cuadro 4). Estos últimos resultados coinciden con los obtenidos por Freeman (1983), quien señaló que los distintos tratamientos de poda no tuvieron efecto sobre la acidez titulable y madurez a cosecha, durante cinco temporadas consecutivas de evaluaciones. Ortega-Farias *et al.* (2004a) no encontraron un efecto significativo del estrés hídrico sobre los sólidos solubles y pH. Por otro lado, Hepner *et al.* (1985), Naor *et al.* (1993), Koundouras *et al.* (1997) y Sipiorea y Gutierrez (1998) observaron una mayor concentración de sólidos solubles (°Brix) en tratamientos con menor reposición hídrica.

Con respecto a las variables de composición de bayas a la cosecha (Cuadro 5), no se observaron diferencias significativas entre los distintos niveles de poda ni de reposición hídrica durante la primera temporada de evaluación. Sin embargo, en la segunda temporada existieron diferencias significativas entre los tratamientos de poda para las antocianinas totales, observándose racimos con un mayor contenido de éstas en aquellos tratamientos con podas más severas. Este incremento en la concentración de antocianinas se puede deber a la mayor exposición de racimos a la radiación directa, debido a una menor expresión vegetativa (Ginestar *et al.*, 1998b; Acevedo *et al.*, 2004), como se observa en el Cuadro 2, en donde tratamientos con un menor número de capas de hojas y un mayor porcen-

**Cuadro 4. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre los componentes de madurez de las bayas en vides cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.**

**Table 4. Effect of different pruning levels and water application on grape maturity components in Cabernet Sauvignon grapevines, Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.**

Tratamiento	Acidez total	pH	Sólidos solubles (°Brix)
2003-2004			
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>			
24	3,2	3,6	24,6
18	3,1	3,6	24,5
12	3,0	3,6	24,8
Significancia	*	n.s.	n.s.
Reposición hídrica			
100% ETv	3,1	3,6	24,2
70% ETv	3,0	3,6	24,8
40% ETv	3,1	3,6	25,0
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.
2004-2005			
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>			
24	3,5	3,6	23,4
18	3,4	3,6	23,8
12	3,3	3,6	24,0
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.
Reposición hídrica			
100% ETv	3,5	3,6	23,4
70% ETv	3,5	3,6	23,9
40% ETv	3,3	3,6	24,0
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.

ETv: evapotranspiración real del viñedo; n.s.: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

taje de racimos expuestos presentan la mayor concentración de antocianinas totales, debido a un efecto directo de la radiación solar en la composición de las bayas, a través del aumento en la síntesis de pigmentos antociánicos debido al aumento de la temperatura en las bayas (Bergqvist *et al.*, 2001). No obstante lo anterior, es posible que los rangos de intensidad de poda estudiados no fueran lo suficientemente amplios como para establecer diferencias significativas en la composición de bayas, pues los tratamientos fueron adaptados al criterio productivo y comercial de la viña.

En cuanto al riego se encontraron diferencias significativas para el diámetro de baya, y diferencias altamente significativas para las antocianinas totales, donde vides sometidas a una menor reposición

hídrica presentaron bayas más pequeñas con una mayor concentración de antocianinas totales. De este modo, el mayor contenido de antocianinas se relaciona directamente con una mayor relación cutícula/pulpa de las bayas; tal como lo señalan Tregoat *et al.* (2002), quienes encontraron mayor concentración de polifenoles en bayas de menor peso y diámetro, aumentando de esta forma su relación cutícula/pulpa. Por otro lado, los resultados en los compuestos fenólicos en las bayas son similares a los obtenidos por Koundouras *et al.* (1997), Ginestar *et al.* (1998b), Choné *et al.* (2001), y Kennedy *et al.* (2002), quienes observaron una mayor concentración de fenoles y antocianinas en bayas de plantas sometidas a déficit hídrico controlado.

**Cuadro 5. Efecto de distintos niveles de poda y reposición hídrica sobre la composición de las bayas en vides cv. Cabernet Sauvignon, Valle de Pencahue. Temporadas 2003-2004 y 2004-2005.****Table 5. Effect of different pruning levels and water application on grape composition in Cabernet Sauvignon grapevines, Pencahue Valley. 2003-2004 and 2004-2005 growing seasons.**

Tratamiento	Diámetro de bayas (mm)	Relación cutícula/pulpa	Antocianinas totales (mg L <sup>-1</sup> )	Polifenoles totales (mg L <sup>-1</sup> )
2003-2004				
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>				
24	11,1	4,3	1.507	2.497
18	11,3	4,2	1.481	2.423
12	10,9	4,1	1.543	2.596
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reposición hídrica				
100% ETv	11,2	4,2	1.487	2.440
70% ETv	11,2	4,1	1.496	2.466
40% ETv	10,9	4,3	1.547	2.609
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2004-2005				
Poda, yemas pl <sup>-1</sup>				
24	10,1	4,6	1.364 b	2.377
18	10,1	4,7	1.354 b	2.457
12	10,0	4,9	1.506 a	2.338
Significancia	n.s.	n.s.	*	n.s.
Reposición hídrica				
100% ETv	10,4 a	4,8	1.294 a	2.340
70% ETv	9,9 b	4,6	1.411 ab	2.400
40% ETv	9,9 b	4,8	1.520 b	2.433
Significancia	*	n.s.	**	n.s.
Interacción A x B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Valores con distinta letra en las columnas indican que hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

ETv: evapotranspiración real del viñedo; n.s.: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

## CONCLUSIONES

En este estudio se encontró un efecto significativo de los tres niveles de poda (12, 18, y 24 yemas por planta) y los tres niveles de reposición hídrica (100, 70 y 40% de la evapotranspiración real de la viñedo, ETv) sobre las características del follaje en ambas temporadas de estudio. Al respecto, un mayor porcentaje de racimos expuestos y menor número de capas de hojas fueron asociados a una mayor poda y menor reposición hídrica. En forma similar, el rendimiento se redujo significativamente a medida que aumentó la poda (menor número de yemas por planta) en ambas temporadas; sin embargo, sólo en la segunda temporada de estudio se observó un efecto significativo de la reposición hídrica.

En relación a la acidez total, pH y sólidos solubles, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de poda y reposición hídrica para ambas temporadas. Con respecto al diámetro de bayas, relación cutícula/pulpa, antocianinas y polifenoles totales, no se observaron diferencias significativas entre los distintos niveles de poda ni de reposición hídrica durante la primera temporada de evaluación. Sin embargo, en la segunda temporada existieron diferencias significativas entre los tratamientos de poda y reposición hídrica sólo para las antocianinas totales, observándose racimos con un mayor contenido de éstas en aquellos tratamientos con podas más severa.

Finalmente, en este estudio no existió un efecto significativo de la interacción entre la poda y la repo-

sición hídrica sobre el crecimiento vegetativo, caracterización del follaje, componentes del rendimiento y composición de las bayas, excepto para el número de capas de hojas. En este caso, el mayor número de capas de hojas fue observado en el tratamiento con 24 yemas por planta y una reposición hídrica del 100% de la ETv.

## RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto FONDEF N° D0211045 y Viña San Pedro. También los autores desean agradecer a los ex-alumnos de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Talca, ingenieros agrónomos, Sres. César Acevedo, Marcelo Duarte y Marcos Carrasco, 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. Effect of three levels of water application during post-setting and post-veraison over vegetative development, productivity and grape quality on cv. Cabernet Sauvignon. *Acta Hort.* 646:143-146.
- Bergqvist, J., N. Dokoozlian, and N. Ebisuda. 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.
- Bravdo, B., Y. Hepner, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:132-139.
- Choné, X., C. Van Leeuwen, P. Chéry, and P. Ribéreau-Gayon. 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*). Vegetative development, must and wine composition (example of a Medoc top Estate vineyard, Saint Julien Area, Bordeaux, 1997). *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 22:8-15.
- Dry, P.R., and B.R. Loveys. 1999. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. *Vitis* 38:151-156.
- Ferreira, R., G. Sellés, J. Peralta, L. Burgos, y L. Valenzuela. 1998. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon en la producción y calidad del vino. Santiago, Chile. *Agric Téc. (Chile)* 62:406-417.
- Freeman, B.M. 1983. Effect of irrigation and pruning of Shiraz grapevines on subsequent red wine pigment. *Am. J. Enol. Vitic.* 34: 23-26.
- 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.
- 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.
- Goodwin, I.P. 1995. Irrigation of vineyard. A winegrape grower's guide to irrigation scheduling and regulated deficit irrigation. 56 p. Agriculture Victoria, Tatura, Australia.
- Gurovich, L. 1998. Aplicación del riego deficitario controlado en la vid y el efecto sobre la calidad de la uva y el vino. p. 58-81. In P. Pszczółkowski y K. Sonneborn (eds). Tópicos de actualización en viticultura y enología. Colección de Extensión. Pontificia Universidad Católica, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile.
- Hepner, Y., C. Bravdo, C. Loinger, S. Cohen, and H. Tabacman. 1985. Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:77-83.
- Kennedy, J., M. Matthews, and A.L. Waterhouse. 2002. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *Am. J. Enol. Vitic.* 53:268-274.
- Kliwer, W.M., G. Freeman, and C. Hossom. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignan vines. I. Degree of water stress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:186-196.
- Koundouras, S., C. Van Leeuwen, G. Seguin, et Y. Glories. 1997. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (exemple de Némée, Grèce, cépage Saint-George, 1997). *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 33:149-160.
- Marquette, B. 1999. La madurez fenólica. Conceptos básicos. p. 25-49. In Seminario Internacional de Microbiología y Polifenoles del Vino. Universidad de Chile, Depto. de Agroindustria y Enología, Santiago, Chile.

- Miller, D.P., G.S. Howell, and J.A. Flore. 1996. Effect of shoot number on potted grapevines. I. Canopy development and morphology. *Am. J. Enol. Vitic.* 47:244-251.
- Nadal, M., and L. Arola. 1995. Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid condition. *Vitis* 34:151-154.
- Naor, A., B. Bravdo, and Y. Hepner. 1993. Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon blanc yield, juice quality and water relations. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 14:19-25.
- Ortega-Farias, S., M. Duarte, C. Acevedo, Y. Moreno, and F. Cordova. 2004a. Effect of four levels of water application on grape composition and midday stem water potencial on *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Acta Hort. (ISHS)* 664:491-497.
- Ortega-Farias, S., C. Acevedo, A. Acevedo, and B. Leyton. 2004b. Talca Irrigation Management System (TIMAS) for grapevine. *Acta Hort. (ISHS)* 664:499-504
- 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.
- Pszczółkowski, T., y E. Bordeu. 1984. Posibles causas del deterioro de la calidad del vino en parronales y viñedos vigorosos. *Rev. Frut. (Chile)* 5(1):23-26.
- Reynier, A. 1989. *Manual de viticultura*. 382 p. 4ª ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Sipiora, M., and M. Gutiérrez. 1998. Effect of pre-veraison irrigation cutoff and skin contact time on the composition, color and fenolic content of young Cabernet Sauvignon wine in Spain. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol. 49:152-157.
- Smart, R., and M. Robinson. 1991. *Sunlight into wine. A handbook for wine-grape canopy management*. 88 p. Winetitles, Adelaida, Australia.
- Smart, R.E., and B.G. Coombe. 1983. Water relations of grapevines. p. 137-196. Vol. VII. *In* Kozlowski, T.T. (ed.). *Water deficits and plant growth*. Academic Press, New York, USA.
- Smithyman, R., R. Wample, and N. Lang. 2001. Water deficit and crop level influences on photosynthetic strain and blackleaf symptom development in Concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 52:364-375.
- Tregooat, O., C. Van Leeuwen, X. Choné, et J.P. Gaudillere. 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot, 2000, Bordeaux). *J. Int. Sci. Vigne Vin* 36:133-142.
- Williams, L.E., and M.A. Matthews. 1990. Grapevine. p. 1019-1055. *In* Stewart, B.A. and D.R. Nielsen (eds.). *Irrigation of agricultural crops*. Agronomy Series 30. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.