TÓPICOS DE ACTUALIZACIÓN EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA
22 y 23 de Julio de 2004
Centro de Extensión, Pontificia Universidad Católica de Chile

Deshidratación Prematura de Bayas en cv. "Merlot": ¿Un desequilibrio hídrico del viñedo?

Samuel Ortega-Farias[1], César Acevedo[1], Yerko Moreno[2], Claudio Pardo[2].

[1]Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatologìa (CITRA); e-mail: sortega@utalca.cl. [2]Centro Tecnológico de la Vid y el Vino.
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Casilla 747-Talca.

1. INTRODUCCION

La deshidratación prematura de bayas en el cv. Merlot consiste en una rápida pérdida de agua desde la pinta en adelante, cuando la fruta no ha alcanzado aún la concentración de azucares mínimas para ser cosechas. En Australia, la deshidratación prematura de bayas se ha descrito en el cv. Syrah presentándose muy cerca de la cosecha, donde las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar hasta un 25%. En Chile, el deshidratado de bayas en el cv. Merlot comenzaría a manifestarse a partir de la pinta, estimándose reducciones del rendimiento que pueden varias entre un 20 % y 80 % (Pardo *et al.*, 2004). En este caso, bayas deshidratadas tienen una alta acidez, no toman color y permanecen rosadas hasta cosecha. Además, este problema puede producir perdidas importantes en la calidad del vino debido a la generación de aromas y sabores extraños en el mosto.

A pesar de la importancia que este problema reviste para la industria, las causas reales de la deshidratación prematura de bayas en el cv. Merlot aun son desconocidas, aunque este problema podría estar asociado a una interrupción del flujo de agua hacia la baya producto de una desorganización de los vasos xilemáticos. Este daño ocurriría en la época cercana a la pinta, donde el xilema dañado no sería capaz de reponer las pérdidas de agua de la baya por transpiración, lo cual induciría a una deshidratación de los frutos, especialmente en condiciones de alta demanda atmosférica. En estas condiciones se produciría un flujo neto de agua desde las bayas hacia el follaje, especialmente en condiciones donde el sistema radical es incapaz de satisfacer la demanda atmosférica.

En base a los argumentos, nosotros pensamos que el deshidratado de bayas podría estar relacionado al estatus hídrico de la vid, el cual esta determinado por las interacciones no lineales entre el suelo, cultivar y clima. Junto a lo anterior, el potencial hídrico de la planta podría estar indirectamente relacionado con el manejo agronómico del viñedo, donde el manejo del agua, la relación copa/raíz y carga frutal juegan un rol importante en la distribución del agua entre los racimos y el follaje. Por lo tanto, un estrés hídrico producido en el período cercano a la pinta puede inducir el deshidratado

prematuro de bayas, especialmente en condiciones de alta demanda atmosférica asociado a un riego deficiente y/o un desequilibrio del viñedo. En estas condiciones, se produce una pérdida neta de agua desde las bayas hacia el follaje, la cual no es recuperada debido a una reducción significativa de la conductividad hidráulica de los vasos xilemáticos dentro de la baya.

En base a lo anterior, este trabajo pretende indagar las posibles causas del deshidratado prematuro de bayas (cv. Merlot) en base a la experiencia práctica de los autores y resultados de investigaciones recientes realizadas en el CITRA y CTVV. Además, este trabajo presentará un estudio de caso en un viñedo comercial donde el deshidratado prematuro de bayas fue reducido significativamente a través de una correcta programación del riego en vides equilibradas.

2. Bases teóricas de la aparición del deshidratado de bayas

Las causas reales de la deshidratación prematura de bayas en el cv. Merlot aun son desconocidas, aunque este problema podría estar asociado a un desequilibrio hídrico entre los racimos y el follaje en el período cercano a pinta**.** Creasy *et al*. (1993) y Rogiers *et al*. (2001) indicaron que la deshidratación prematura de bayas se debería a un daño del xilema después de pinta, lo cual reduciría significativamente el flujo de agua hacia la baya. De acuerdo a lo anterior, este fenómeno sería explicado por la interrupción y pérdida de conductividad hidráulica del xilema dentro de la baya desde pinta en adelante, siendo desde ese instante las pérdidas por evaporación mayores a los aportes de agua desde el floema, produciéndose de esta manera la deshidratación prematura de las bayas (Mc Carthy, 1999; McCarthy and Coombe, 1999). Este desequilibrio entre los flujos de entrada y salida de agua podría verse más acentuado por la interrupción del transporte en el floema en el período cercano a la cosecha (Figura 1). Lo anterior se basa en dos hechos a considerar: (1) la baya se comporta como reservorio y entrega agua hacia la planta cuando la demanda evaporativa del ambiente es muy elevada y no existe una adecuada suplementación hídrica hacia el interior de la planta y por otro lado, (2) las membranas de las células de la pulpa sufren daños a partir de la pinta (descompartamentalización), con lo cual pierden su capacidad de mantenerse turgentes y recuperar el agua consumida por transpiración

Figura 1. Síntoma de deshidratado de bayas intermedio y severo en cv. Merlot.

Hidráulicamente, el flujo de agua entre los vasos xilemáticos de los brotes y bayas se puede cuantificar usando la siguiente expresión:

$$J_{vw} = - Lw (\psi^{o} - \psi^{i}) \quad (1)$$

donde J_{vw}= densidad de flujo volumétrico entre el brote y las bayas (m^3 m^{-2} s^{-1} ó m s^{-1}), Lw = conductividad hidráulica de los vasos xilemáticos (m s^{-1} ó MPa^{-1}); ψ^{o} = potencial hídrico del xilema dentro de la baya (MPa); ψ^{i} = potencial hídrico del brote (MPa). Esta expresión nos indica que el agua se mueve debido a un gradiente de potencial hídrico (energía libre) entre los brotes y las bayas del racimo. El signo negativo, nos indica que el agua se mueve desde un mayor a menor potencial hídrico.

Es importante mencionar que el crecimiento de las bayas se caracteriza por una curva doble sigmoídea, donde existen dos períodos de rápido crecimiento separados por un período intermedio donde el volumen de la baya crece poco o no crece (Figura 2). McCarthy (1997) indicó que la deshidratación en el cv. Syrah comienza en la fase final de la curva (aproximadamente entre 80-90 días después de floración), iniciándose una disminución del peso de las bayas llegando a su posterior deshidratación (ver línea discontinua Figura 2). Para el caso Chileno, la deshidratación de bayas en el cv. Merlot comienza a partir del estado de la pinta con bayas que no cambian de color, que mantienen una alta acidez y que se van deshidratando a medida que avanza la temporada (Moreno et al., 2004).

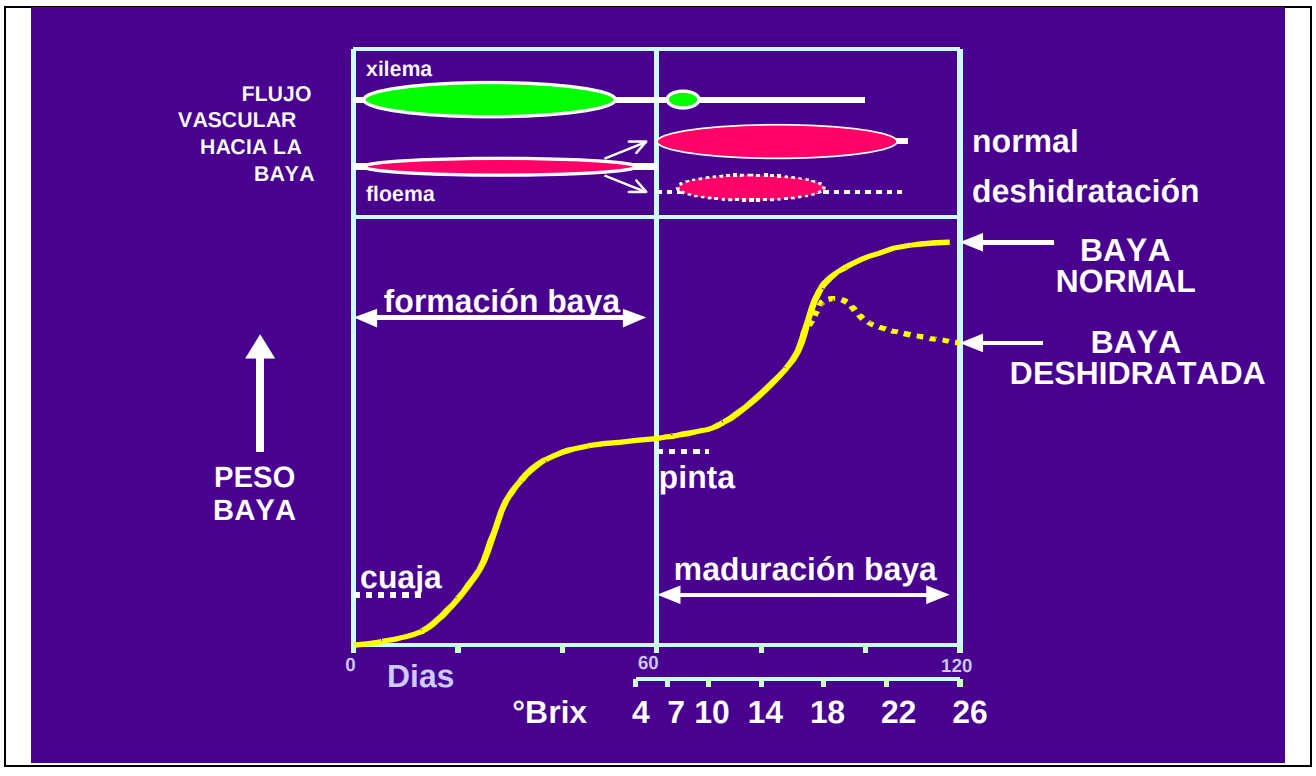

Figura 2. Curva de crecimiento de la bayas y Conductividad del xilema y Floema (Fuente: Coombe y McCarthy, 1999).

3. Factores predisponentes de la deshidratación prematura de bayas (DPB)

De acuerdo a las explicaciones anteriores, nosotros pensamos que el DPB en el cv. Merlot podría estar asociado a un desequilibrio hídrico del viñedo, el cual esta condicionado por las interacciones entre el suelo, clima y manejo agronómico (riego, relación copa/raíz, carga, etc). A continuación se detallan estos factores predisponentes:

3.1 Clima

Las condiciones climáticas determinan la demanda atmosférica por vapor de agua y por ende el consumo de agua de la vid, donde la transpiración es su principal componente. La energía física que interviene en el proceso de transpiración produce una succión (presión hidrostática negativa) en el xilema que permite el movimiento del agua desde el suelo al interior de las raíces, para luego pasar a las hojas y frutos en donde el agua puede ser transpirada hacia la atmósfera (Van Zyl, 1984). De este modo, cuando la demanda hídrica de la atmósfera es mayor que la capacidad de las raíces para satisfacer esta demanda por agua, la planta sufre un estrés hídrico induciendo una serie de proceso fisiológicos que determinan, por un lado, una reducción de la transpiración y a su vez una redistribución del agua desde frutos a la parte vegetativa. Lo anterior va a depender de la intensidad del estrés hídrico y del estado fenológico en que se aplique. En el caso del cv. Merlot, un estrés hídrico puede inducir a la deshidratación de bayas cuando este es producido entre cuaja y pinta, especialmente en condiciones donde las raíces no son capaces de satisfacer la demanda hídrica de la atmósfera. Según Rogiers *et al*., (2001), el deshidratado de bayas en el cv. Syrah podría ser atribuible a que la transpiración excede el flujo de agua hacia las bayas, lo cual produciría una pérdida de peso. Esta pérdida de peso comenzaría a manifestarse después que la baya alcanza el máximo volumen, alrededor de los 80-90 días después de floración (Figura 2). Este desbalance se produciría porque los períodos de rápida ganancia de peso de la baya coinciden con los períodos de alta demanda atmosférica por vapor de agua. En el caso del cv. Merlot, nuestra experiencia indica que el DPB se produciría entre 20 y 25 días antes de pinta; aunque esta aseveración debería ser ratificada científicamente.

La distribución del agua entre el follaje y los racimos esta gobernado por el estado energético del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera y por la demanda hídrica de la atmósfera. A continuación haremos una breve explicación teórica sobre estos conceptos.

a) Estado energético del agua en el sistema suelo-vid-atmósfera.

El estado energético del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera puede ser descrito por los potenciales hídricos del suelo, planta y vapor de agua en el aire. Los potenciales hídricos del vapor de agua y de suelo se pueden cuantificar a través de las ecuaciones (2) y (3), respectivamente.

$$\psi_{wv} = \frac{RT}{V_w} Ln(HR) \qquad (2)$$

$$\psi_s = a \cdot e^{-b*\theta} \qquad (3)$$

donde Ψ_{wv} = potencial hídrico del vapor de agua (Pa); Ψ_s = potencial hídrico del suelo (Pa); R = constante universal de los gases (8,314 J mol^{-1} K^{-1}); T = temperatura del sistema (°K); Vw = volumen parcial molal del agua ($1{,}805*10^{-5}$ m^3 mol^{-1}); HR = humedad relativa (fracción); θ = humedad volumétrica del suelo (%); a y b = coeficientes empíricos que dependen del tipo de suelo.

En viticultura, los potenciales hídricos de la hoja y xilema son utilizados para describir el estado energético del agua en la planta y establecer estrategias de riego. Al respecto, Ortega-Farias *et al*., (2004a) y Duarte (2003) sugirieron utilizar el potencial hídrico del xilema del medio día (Ψ_x) para describir el estatus hídrico de un viñedo sometido a un riego deficitario controlado.

El Cuadro 1 indica el Ψ_{wv} (ecuación 2) y el efecto del riego deficitario controlado sobre los potenciales hídricos del suelo (ecuación 3) y del xilema (Ψ_x) en un viñedo comercial cv. Cabernet sauvignon. En vides con y sin estrés hídrico, este estudio indicó que existió un enorme gradiente de potencial hídrico entre el suelo y la atmósfera, indicando que se produjo una gran succión (presión hidrostática negativa) en los vasos xilemáticos del tronco y brotes. En el caso de las vides sin estrés hídrico, el Ψ_x (-0.8 MPa) fue menor que el Ψ_s (-0.24 MPa), sugiriendo un movimiento de agua desde las raíces hacia la planta debido a la succión en el xilema. En las vides con estrés hídrico, el Ψ_x (-1.15 MPa) fue mayor que el Ψ_s (-1.49 MPa), lo cual nos siguiere que no existió movimiento de agua desde el suelo a la planta y por lo tanto se produciría una distribución de agua desde los racimos al follaje. En general, la distribución de agua en la planta va a depender de la intensidad y duración del estrés hídrico.

En base a nuestra experiencia y para evitar deshidratado de bayas, el Ψ_x en el cv. Merlot no debería ser inferior a -0,95 MPa a partir de la segunda etapa de crecimiento de la baya (Figura 1); aunque es altamente recomendable comprobar este valor crítico a través de ensayos de campo en el viñedo. Viñedos equilibrados y con un sistema radical bien desarrollado podrían soportar potenciales de xilema aún menores.

Cuadro 1. Potencial hídrico del suelo(Ψ_s), xilema (Ψ_x) y vapor de agua (Ψ_{wv}) en pinta, cv. Cabernet Sauvignon (Viña San Pedro, Pencahue VII Regiòn)[1]

Estado hídrico	Ψ_s (MPa)	Ψ_x (MPa)	Ψ_{wv} (MPa)
Sin estrés	-0,24	-0.80[2]	-83
Con estrés	-1,49	-1,15	-83

[1] proyecto financiado por FONDECYT N°1030314.
[2] medido al medio día usando una cámara de presión (Bomba Scholander).

b) Evapotranspiración real del viñedo (ETreal)

El efecto combinado de las variables climáticas (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar) sobre la demanda hídrica del viñedo puede ser estimado a través de la siguiente expresión (Ortega-Farias *et al*., 2004b):

ETreal = ETo * Kc * Ks = ETo * Kr (4)

donde: ETo= evapotranspiración de referencia (mm d^{-1}); Kc= coeficiente de cultivo; Ks= coeficiente de estrés hídrico; Kr= coeficiente de riego. Al respecto, el Kr debe ser calibrado localmente pues este coeficiente es altamente dependiente del tipo de suelo, cultivar y objetivos de producción (Ortega-Farias et al., 2003). Lo anterior es ilustrado en la Figura 3, donde se puede observar que el Kr para el cv. Merlor fue superior que el cv. Cabernet Sauvingon durante toda la temporada de crecimiento de la vid. En este caso, el agricultor aplicó para el cv. Merlot un valor de Kr que varió entre 0,3 y 0,4 entre los meses de Diciembre y Enero.

Figura 3. Coeficiente de riego para los cultivares Cabernet Sauvignon (Sectores 1, 2 y 4) y Merlot (Sector 3) (Molina VII Región). (Fuente: Ortega-Farias *et al*., 2003).

La ETo se puede cuantificar usando el modelo de Penman-Montieth (Ortega-Farias *et al*., 2004c; Allen *et al*., 1998):

$$ETo = \frac{0{,}408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_a} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34U_2)} \quad (5)$$

donde Rn= flujo de radiación neta (MJ m^{-2} h^{-1}); G= flujo de calor del suelo (MJ m^{-2} h^{-1}); Δ= pendiente de saturaciòn la curva presión de vapor versus temperatura del aire ($kPa \cdot {}^{\circ}C^{-1}$); γ= constante sicrométrica (kPa $°C^{-1}$); e_s= presión de vapor en saturación (kPa); e_a= presión parcial del vapor de agua (kPa) ; T_a= temperatura de aire (K); U2= velocidad del viento a 2 metros de altura (m s^{-1}).

La ETo para cada período fenológico de la vid es presentada en la Figura 4, donde se puede observar que la máxima demanda de agua ocurrió entre cuaja y pinta. En este caso, los máximos valores de ETo fueron observados en Diciembre, aproximadamente 30 días después de cuaja. Estos resultados coinciden con Rogiers *et al*. (2001), quienes indicaron que los períodos de rápida ganancia de peso de la baya coinciden con los períodos de alta demanda atmosférica por vapor de agua.

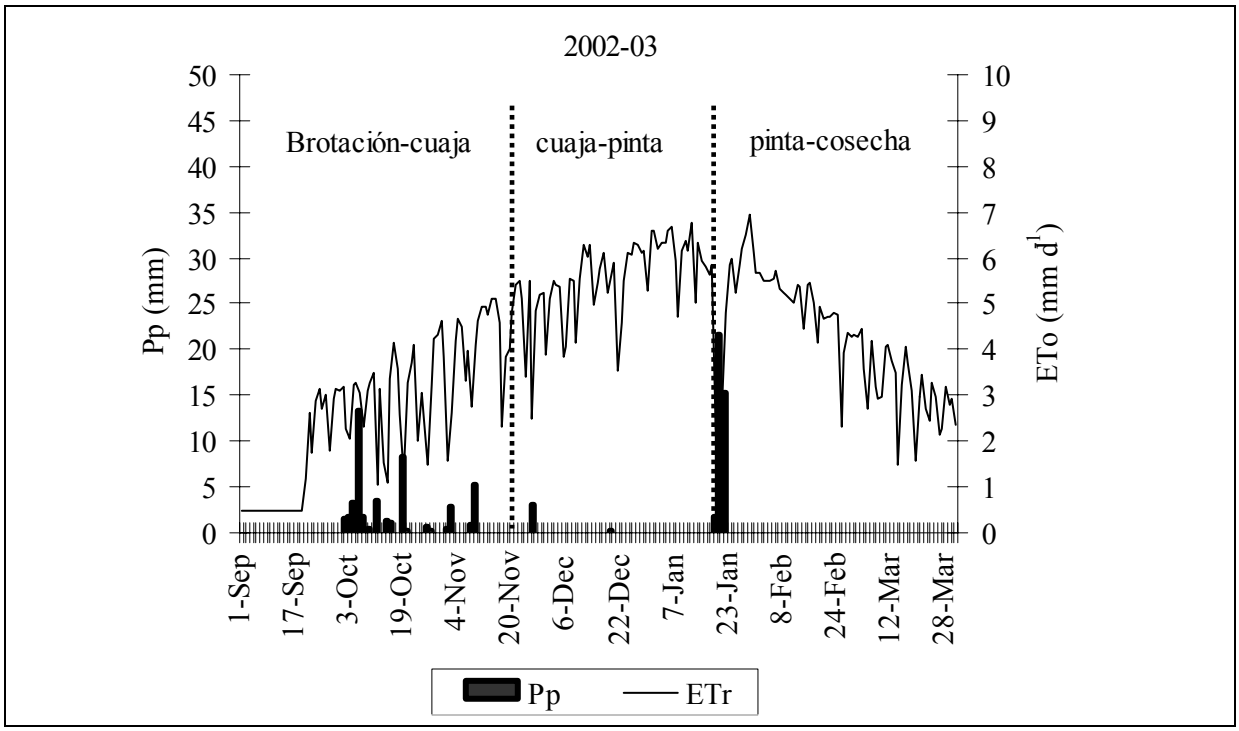

Figura 4. Evapotranspiración de referencia (ETo) y precipitaciones (Pp) por período fenológico (Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca).

3.2 Suelo

En la programación del riego, el suelo es considerado como un reservorio que tiene una cierta capacidad para almacenar agua. Lo anterior, se denomina capacidad de estanque (CE), el cual depende de la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente (Da) y profundidad efectiva de raíces (Pr). Según Ortega-Farias *et al*. (2003), la evaluación de la variabilidad espacial de la CE del suelo es fundamental para sectorizar el riego adecuadamente y con ello realizar una programación del riego en forma diferenciada dentro del viñedo. A modo de ejemplo, la Figura 5 nos muestra un mapa de un viñedo que tiene tres tipos suelos con diferentes capacidades para almacenar agua. Además, esta información permitiría al agricultor decidir correctamente la distancia entre goteros, caudal de goteros, tiempo de riego y frecuencia de riego.

En el caso del cv. Merlot regado por goteo, es fundamental realizar un estudio de la capacidad de estanque del bulbo de mojado para cuantificar el agua disponible en la zona efectiva de raíces (Figura 6). De este modo, la capacidad de estanque de un bulbo de mojado se puede determinar de la siguiente forma:

$$CE_{bm} = V_b \quad \frac{(CC - PMP) * Da * Cr}{100} \tag{6}$$

CE_{bm} = capacidad de estanque del bulbo mojado (L); V_b = volumen de mojado del suelo (L); CC = capacidad de campo (%); PMP = punto de marchitez permanente (%); Da = densidad aparente (g cm^{-3}); Cr = criterio de riego (fracción). El criterio de riego permite estimar la humedad crítica del suelo sobre la cual debería mantenerse los niveles de humedad del bulbo para no afectar negativamente la calidad y rendimiento del viñedo (Ortega-Farias *et al*., 2004b)

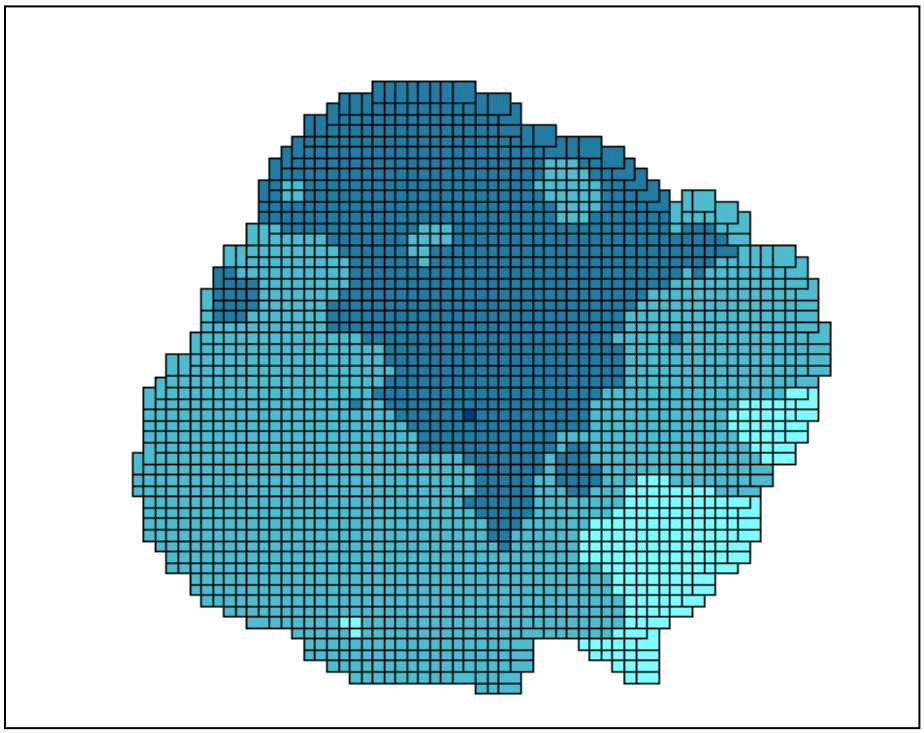

Figura 5. Sectorización de viñedo en base a la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. La capacidad de estanque decrece desde el color azul oscuro a azul claro. (Fuente: Ortega-Farias *et al*. 2004d).

El volumen de mojado va depender de la textura del suelo (arena, limo y arcilla), estructura, materia orgánica, presencia de piedras y de tosca y del grado de compactación del suelo. De esta manera, la distancia entre goteros va a depender de la textura del suelo y del tamaño del bulbo de mojado (Figure 7). La estimación de Vb se puede hacer en forma visual determinando el ancho y la profundidad máxima de mojamiento (Figura 6). También, existen una serie de programas computaciones que son capaces de simular el Vb en base a la textura del suelo y tipo de gotero.

Figura 6. Estudio de bulbo de mojado, distribución de raíces y toma de muestras en terreno (cv. Merlot).

A modo de ejemplo, un estudio de bulbo de mojado es presentada en el Cuadro 2, donde se puede observar que un viñedo comercial (cv. Merlot) presenta tres tamaños de bulbos. En este caso, los bulbos de mojado presentaron grandes diferencias en sus capacidades de estanque, las cuales variaron entre 4.3 L pl^{-1} y 47,1 L pl^{-1}. Junto a ello, este estudio sugiere la necesidad de realizar una frecuencia de riego diferenciada en el viñedo para evitar falta o exceso de agua. De acuerdo a nuestra experiencia, la mayor incidencia de DPB ha sido encontrada en viñedos regados homogéneamente sin considerar la variabilidad espacial del suelo, capacidad de estanque del bulbo y demanda hídrica del viñedo.

Otro aspecto importante a considerar es la infiltración, que en situaciones extremas puede reducir el almacenamiento de agua en el suelo en hasta un 80 %. Lo anterior va a depender de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación del suelo. Según nuestra experiencia, la aplicación de materia orgánica (orujo) puede mejorar sustancialmente la infiltración del agua en el suelo en un período de 2 a tres años.

En resumen, la incidencia del DPB en un viñedo se podría reducir cuando el suelo presenta un buen traslape de los bulbos de mojado, lo cual permitiría una buena disponibilidad de agua para las raíces. Esto se puede lograr haciendo un estudio de la variabilidad espacial de la capacidad de estanque del suelo para aplicar el agua en forma diferenciada en el viñedo. Sin embargo, todas las medidas anteriores pueden fracasar si el viñedo esta desequilibrado y presenta una alta relación copa/raíz.

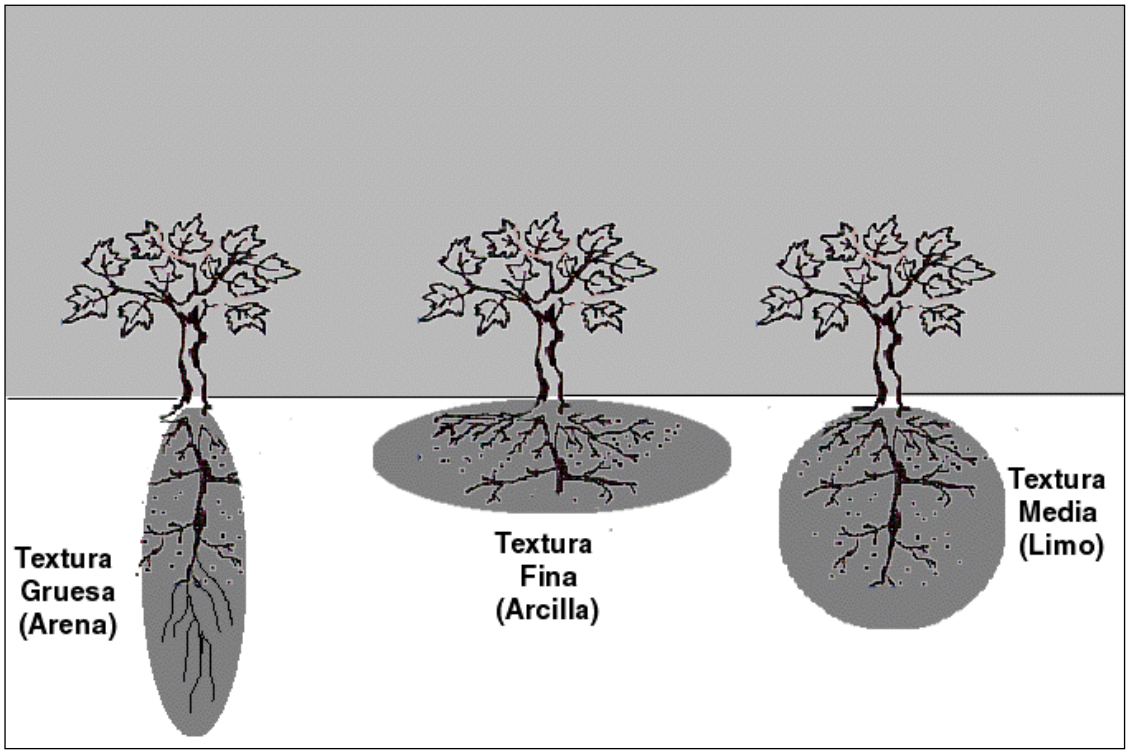

Figura 7. Forma y distribución del bulbo de mojado, según la textura de suelo.

Cuadro 2. Estudio de bulbo de mojado y número de riego por período fenológico, cv. Merlot (Molina, VII Región)

Tamaño	Diámetro de bulbo (m)	Capacidad de estanque (L)	Número de riego por período fenológico		
			brotación-cuaja	cuaja-pinta	pinta-cosecha
2002-03					
Bulbo pequeño	0,45	4,3	5	33	52
Bulbo intermedio	0,60	10,2	2	13	17
Bulbo grande	1,00	47,1	0	3	4

3.4 Manejo Agronómico

Un correcto manejo vitícola del viñedo permite mantener un viñedo equilibrado y por ende un buen balance hídrico entre los racimos y el follaje. A continuación se van a presentar algunos resultados preliminares sobre el efecto de la relación copa/raíz sobre el deshidratado de bayas:

a) Relación copa/raíz

En condiciones de alta demanda hídrica sería factible esperar que una planta mal abastecida de agua y/o con una alta relación copa / raíz (gran superficie de transpiración y una pequeña cantidad de raíces de abastecimiento) extraiga una mayor cantidad de agua de las bayas provocando su deshidratación prematura. De este modo, estudios recientes han indicado que una planta con una relación copa/raíz más baja (ya sea por disminución física o funcional del área foliar) debería presentar un potencial hídrico menos negativo (planta menos estresada) y por lo tanto una menor incidencia de deshidratación (Moreno et al., 2004; Pardo 2004). Estudios realizado en un viñedo ubicado en los Niches (VII Región) indicaron que plantas con una mayor relación copa/raíz (117,6 cm^2 de hojas por número de raíces) presentaron un potencial hídrico del xilema mas negativo y una mayor incidencia de deshidratado prematuro de bayas (Cuadro 3 y 4). Al respecto, Pardo *et al*., (2004) indicó que el potencial hídrico del xilema se hizo mayor (menos negativo) al implementar chapodas del 50 y 75% del área foliar de las plantas, alcanzando valores cercanos a -0,38 MPa. Según, Moreno et al (2003), el nivel de chapoda realizada en este estudio no sería una alternativa viable de manejo a nivel productivo, pero permite demostrar que al controlar la expresión vegetativa y alterar la relación copa/raíz es posible disminuir la deshidratación de bayas. Este estudio reafirma la importancia de estudiar el bulbo de mojado y la distribución de las raíces en el suelo.

Cuadro 3. Área foliar, relación copa/raíz y potencial hídrico del xilema, cv Merlot (Niches, 2002-03)[1]

	Área foliar por planta (cm^2)	Relación copa/raíz (cm^2 hoja/N raíces[2])	Potencial hídrico (-MPa)[3]
T1 Testigo	43.224 a	117,6 a	-0,60 a
T2 50% Area Foliar	25.132 b	70,4 c	-0,38 b
T3 75% Area Foliar	28.971 b	80,2 bc	-0,39 b
T4 Desbrota tardía	43.486 a	107,4 ab	-0,63 a

[1] Fuente: Pardo, 2004, Moreno et al., 2004.
[2] nùmero de raìces < 2 mm estimada en un perfil se suelo de 60 cm;
[3] mediciones realizada cuando aparecieron los primero síntomas.

Cuadro 4. Incidencia y severidad de deshidratación prematura medida en cosecha, cv. Merlot (Los Niches - Curicó, 2003)[1].

Tratamientos	Incidencia		Severidad deshidratación en racimo [4]
	Plantas afectadas[2] (%)	Racimos afectados[3] (%)	
T1 Testigo	62,5 b	24,2 b	1,6 a
T2 50% Area Foliar	22,9 a	5,4 a	1,2 a
T3 75% Area Foliar	31,3 a	3,9 a	1,3 a
T4 Desbrota tardía tronco	83,3 b	33,0 b	1,9 a

[1] Fuente: Pardo, 2004; Moreno et al., 2004.
[2] Son aquellas plantas que tienen al menos 1 racimo con un porcentaje ≥ 33 % de bayas afectadas
[3] Son aquellos racimos que presentan un porcentaje ≥ 33 % de bayas afectadas .
[4] Según escala donde: 0= 0 % de bayas afectadas, 1=1-33 % de bayas afectadas, 2= 34-66 % de bayas afectadas, 3= 67-99% de bayas afectadas, 4 = 100% de bayas afectadas.

b) Programación del riego

La programación del riego es una metodología que permite determinar el nivel óptimo de agua a aplicar en cada período fenológico de la vid, de acuerdo a las interacciones específicas de suelo, planta, clima, las cuales son integradas a través de modelos bio-matemáticos. Esta técnica consiste en establecer la frecuencia (¿Cuándo regar?) y tiempo de riego (¿Cuánto regar?) de acuerdo a sectores homogéneos de suelo y vigor del viñedo (Figura 5). Para programar el riego es esencial estimar tanto la evapotranspiración real de la vid y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo en la zona de raíces (ecuaciones 3, 4 y 5). La programación del riego es entonces un procedimiento que permite establecer el momento oportuno del riego y la cantidad exacta de agua a aplicar en un viñedo equilibrado y con una adecuada relación copa/raíz.

A continuación se presenta un estudio de caso donde se demuestra que una correcta programación del riego aplicado en un viñedo equilibrado puede reducir sustancialmente la incidencia del deshidratado prematuro de bayas

4. Estudio de caso en un viñedo comercial, cv. Merlot

El estudio de caso corresponde a un viñedo comercial con una alta incidencia de deshidratado prematuro de bayas. En este caso, el cv. Merlot tiene 5 años de edad y esta plantado a una densidad de 2,0 x 1,0 m, regado por goteo (4,0 L h^{-1}), conducido en espaldera simple con orientación este-oeste y podado en cordón apitonado. Para solucionar el problema se establecieron parcelas experimentales en el viñedo con el objetivo de desarrollar valores críticos de humedad de suelo, potenciales hídricos del xilema y Kr. Paralelamente, en el viñedo se procedió a tomar muestras de suelo para determinar las propiedades físico-hídricas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y valor crítico de riego) con el objetivo de cuantificar la capacidad de estanque del suelo. Con este análisis, además, se procedió a establecer el criterio de riego (humedad crítica) por sobre el cual debiera permanecer la humedad del suelo para evitar problemas de deshidratación prematura en bayas. Adicionalmente, en el medio del viñedo se instaló una estación meteorológica y se realizaron monitoreos de humedad del suelo durante toda la temporada y mediciones periódicas del potencial hídrico del xilema al medio día, para evaluar el estatus hídrico del viñedo.

En la primera temporada de estudio (2001-02) el viñedo presentó una pérdida de rendimiento de alrededor del 60 %, el cual fue asociado a valores de Kr equivalente a 0,25 en la etapa de pinta (ver ecuación 3). Con esta estrategia de riego, el viñedo en pinta presentó una humedad volumétrica del suelo de 15 % y un potencial hídrico del xilema de -1,35 MPa (Cuadro 5). Al respecto, la Figura 8 indica que el viñedo comercial sufrió un fuerte estrés hídrico desde el 14 de enero y hasta el 5 de marzo. En este período, los niveles de humedad del suelo (Figura 7a) fueron inferiores a la humedad crítica y los valores de ψ_x variaron entre -1.1 MPa y -1.55 MPa (Figura 8b). Estos resultados, nos permiten inferir que el viñedo sufrió un desequilibrio hídrico (distribución de agua desde las bayas al follaje) producto de un estrés hídrico severo entre la cuaja y 10 días después de pinta.

Cuadro 5. Humedad volumétrica del suelo, potencial hídrico del xilema y coeficiente de riego en pinta asociado a porcentaje de perdida de rendimiento por el deshidratado prematuro de bayas, cv. Merlot.

Temporada	θ (%)	ψ_x (MPa)	Kr	Pérdidas de rendimiento (%)
2001-02	15,0	-1,35	0,30	60
2002-03	19,0	-1,13	0,40	10 a 20
2003-04	23,9	-0,97	0,60	5

En base al diagnóstico realizado en la primera temperada, el servicio de programación del riego del CITRA recomendó realizar las siguientes acciones:

1. Realizar un estudio del patrón de bulbo de mojado en el viñedo, con la finalidad de poder determinar de forma efectiva la frecuencia de riego a utilizar.
2. Subir camellones en la sobrehilera, con la finalidad de mejorara la capacidad de estanque del suelo.
3. Incorporara materia orgánica sobre el camellón, con el objetivo de mejorara retención de humedad en la zona del bulbo de mojado.
4. Aplicar frecuencias de riego diarias
5. Instalar 2 goteros por planta (descarga 2 L h^{-1}) para lograr un mejor traslape de bulbos.
6. Ajustar la carga en base al vigor de las plantas
7. Aumentar los valores de Kr.

Con las recomendaciones anteriores, en la temporada 2002-03 se observó que los niveles de humedad volumétrica del suelo oscilaron alrededor de la humedad crítica, con un valor mínimo de 16 % entre el 10 y 14 de enero del 2003 (Figura 8a). Sin embargo, los valores de ψ_x fueron inferiores a -1 MPa para el período comprendido entre el 25 de Noviembre 2002 y 1 de Marzo del 2003 (Figura 9b). En este caso el viñedo presentó una pérdida de rendimiento de alrededor del 10 % (Cuadro 5); sin embargo es importante recordar que la temporada 2002-2003 fue de baja incidencia de deshidratado de bayas.

En la temporada 2003-04, el viñedo presentó una pérdida de rendimiento de alrededor del 5 % y los niveles de humedad de suelo para toda la temporada variaron entre la capacidad de campo y el nivel crítico de humedad (Figura 10a). Por otro lado, los valores ψ_x oscilaron alrededor de – 1 MPa (Figura 10b), valor crítico de potencial de xilema bajo el cual el viñedo podría presentar deshidratado prematuro de bayas. Es importante recordar que en esta temporada, los viñedos de la zona presentaron una incidencia importante de deshidratado, el cual afectó negativamente los rendimientos.

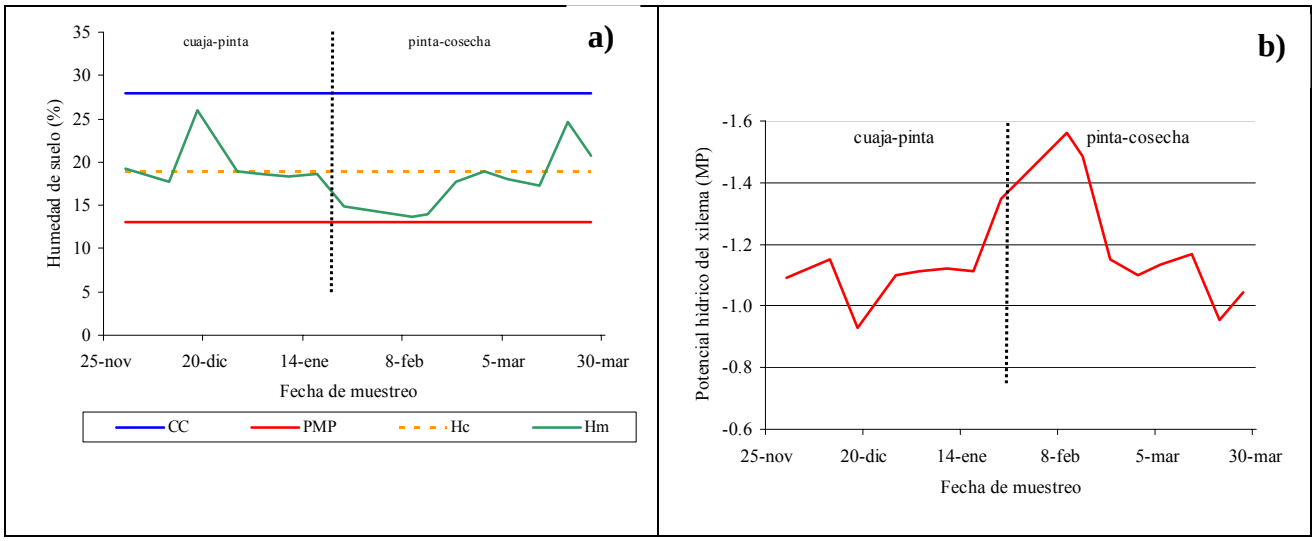

Figura 8. Evolución de la humedad volumétrica del suelo (Hm) y potencial hídrico del xilema, cv. Merlot (Temporada 2001-02). Los valores volumétricos de la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y humedad crítica (Hc) son presentados como una referencia.

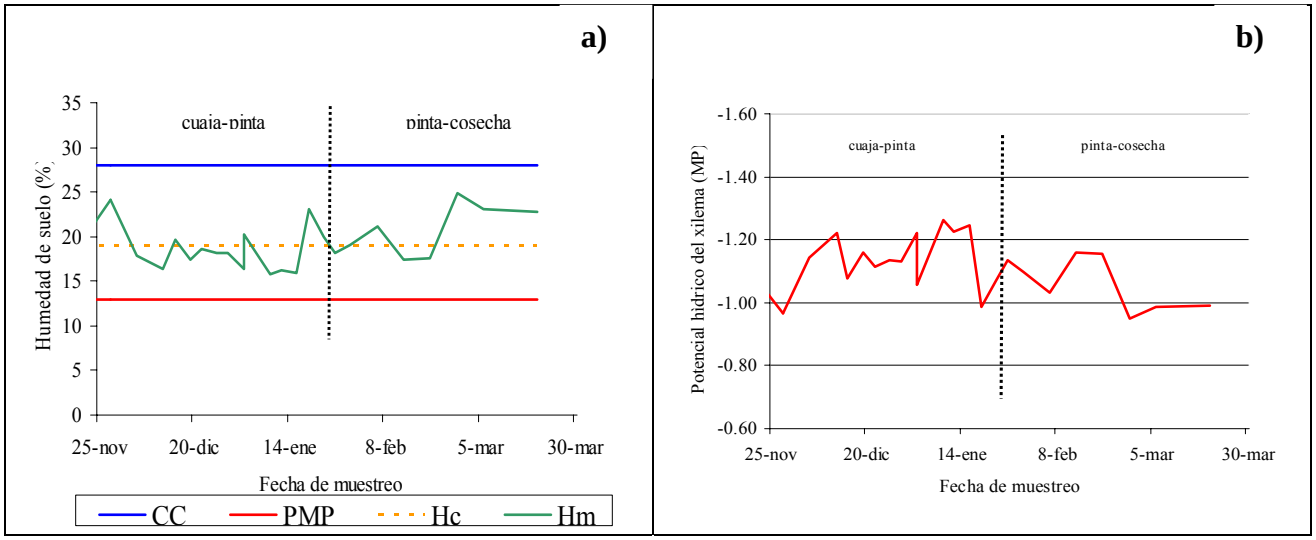

Figura 9. Evolución de la humedad volumétrica del suelo y potencial hídrico del xilema, cv. Merlot (Temporada 2002-03). Los valores volumétricos de la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y humedad crítica (Hc) son presentados como una referencia.

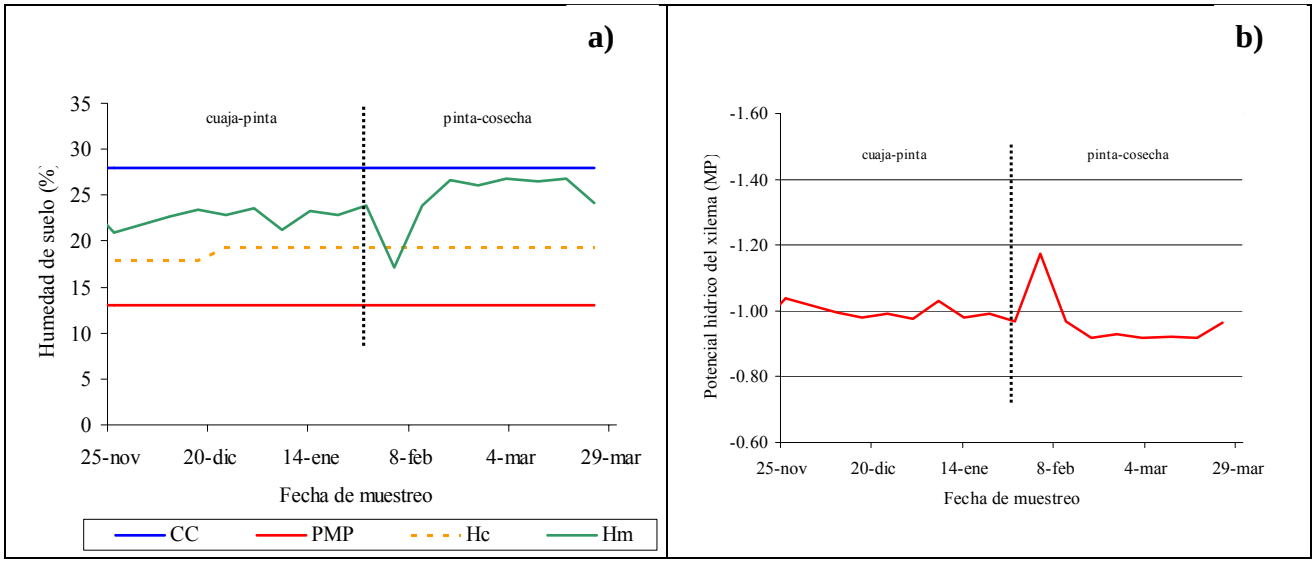

Figura 10. Evolución de la humedad volumétrica del suelo y potencial hídrico del xilema, cv. Merlot (Temporada 2003-04). Los valores volumétricos de la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y humedad crítica (Hc) son presentados como una referencia.

5. Déficit hídrico controlado en el cv. Merlot.

Durante la temporada agrícola 2003-2004 se realizó un ensayo de riego deficitario controlado en el cv. Merlot con la finalidad de reducir el tamaño de bayas y mejorar el color de las uvas. En este caso, la idea es aplicar un estrés hídrico durante la primera etapa de crecimiento de la baya (Figura 2) con la finalidad de reducir tamaño de bayas y vigor del viñedo. Los tratamientos para este ensayo fueron los siguientes:

Tratamiento 1 (T1): regar con una frecuencia diaria y una reposición hídrica del 100% de la ETreal (ecuación 3) durante todo el período de crecimiento de la vid.

Tratamiento 2 (T2): regar con una frecuencia diaria y una reposición hídrica del 70% de la ETreal desde cuaja hasta pinta y luego reponer el 100% de la ETreal hasta cosecha.

Tratamiento 3 (T3): regar con una frecuencia diaria y una reposición hídrica del 40% de la ETreal desde cuaja hasta pinta y luego reponer el 100% de la ETreal hasta cosecha.

Cuadro 6. Efecto del estrés hídrico post-cuaja sobre el rendimiento (Rd), diámetro de bayas (Db), antocianas totales (At), índice de polifenoles totales (IPT) y deshidratado prematura de bayas (DPB) (Temporada 200-04, Molina VII Región).

Tratamiento de riego	Rd (kg pl^{-1})	Db (mm)	At (mg L^{-1})	IPT (280)	DPB (%)
T1	3,04	12,9 b	1145,0 b	38,6 b	4,65
T2	3,09	12,6 b	1336,4 a	49,8 a	2,85
T3	3,05	12,2 a	1310,7 a	41,8 b	5,8
Significancía	n.s	*	*	*	n.s

Los resultados preliminares de este estudio son presentados en el cuadro 6. En este cuadro se puede observar que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para el rendimiento y DPB. Sin embargo, el análisis indica que existieron diferencias significativas en el diámetro de bayas, antocianas totales e índice de polifenoles totales. En este caso, los tratamientos T2 y T3 presentaron el menor tamaño de bayas y la mayor concentración de Antocianinas totales. Estos resultados coinciden con Acevedo *et al*., (2004), quienes indicaron que el estrés hídrico aplicado entre cuaja y pinta puede reducir significativamente el diámetro de bayas e incrementar la concentración de compuestos fenólicos en mostos y vinos del cv. Cabernet sauvignon.

Estos resultados estaría indicando la factibilidad de aplicar estrategias de riego deficitario controlado para mejorar color de bayas en el cv. Merlot sin inducir el DPB. Es importante recordar que en este ensayo, el DPB no superó el 6 % contrastando con los severos problemas de deshidratado observados en varios viñedos de la VI y VII regiones.

Recomendaciones finales

En viñedos ya establecidos las medidas de corrección del problema van a variar dependiendo de la causa que origine el desbalance entre el desarrollo del follaje y el desarrollo de raíces en el suelo, siendo en muchos casos necesario un trabajo que incorpore más de una medida correctiva. Dentro de los cambios que han dado resultado en viñedos que han logrado atenuar/solucionar el problema es posible mencionar:

- Establecimiento de cultivos entrehilera como avena, con la finalidad de disminuir el exceso de agua primaveral del perfil de suelo lo antes posible después de las lluvias de invierno.
- Establecimiento de drenajes para atenuar el efecto de napas freáticas altas.
- Establecimiento de camellones para aumentar el volumen de suelo explorado por las raíces en caso de que exista un impedimento físico (suelos delgados por presencia de tosca superficial)
- Aplicación de enmiendas orgánicas (guano y orujos fermentados) sobre el camellón con el objetivo de estimular el crecimiento de raicillas en suelos delgados o muy pesados, de forma de mejorar las condiciones de oxigenación y la capacidad de estanque del suelo.

- En los sectores de suelo con mala infiltración lateral, aumentar el número de goteros por planta (2 goteros por planta de 2 L pl^{-1}) con el objetivo de lograr un mejor traslape de bulbos, y así poder colonizar un mayor volumen de suelo por raicillas.
- Control plagas y enfermedades que afecten el normal desarrollo de las raíces.
- Uso racional de la fertilización nitrogenada de manera de evitar un excesivo vigor en primavera, que pueda agravar el problema de DPB durante el período de pinta.
- Planificación cuidadosa del riego, de forma de evitar grandes crecimientos primaverales y períodos de estrés entre pinta y cosecha
- Manejo adecuado de la poda y del follaje con el objetivo de tener un viñedo equilibrado sin excesos de vigor.

Agradecimiento

Los autores quieren agradecer a las viñas San Pedro, Tarapacá y Anakena por su constante contribución en los trabajos de investigación que realizan nuestros centros. Además, parte de los resultados preliminares presentados en este ensayo fueron financiados con los aportes de los proyecto FONDECYT N° 1030314 y FONDEF N° DO2i1045

BIBLIOGRAFIA

1. 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 quality grapes on cv. Cabernet sauvignon. Acta Hort. (ISHS) 646: 143-146.

FALTA Allen *et al*., 1998.

2. Coombe, B. 1992. "Research on development and ripening of the grape berry". Am.J.Enol.Vitic., 43:101-110.
3. Creasy, G. y P. Lombard. 1993. "Vine water stress and peduncle girdling effects on pre- and post-veraison grape berry growth and deformability". Am.J.Enol.Vitic., 44:193-197.
4. Duarte M. 2003. Determinación de umbrales del potencial hídrico del xilema en condiciones de riego deficitario controlado en vides cv. Cabernet Sauvignon. Tesis para optar al grado de Magister en Hortofruticultura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca.
5. McCarthy, M. 1997."The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). Aus.J.Grape and Wine Res. 3:102-108.
6. McCarthy, M. 1999."Weight loss from ripening berries of Shiraz grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Shiraz)". Aus.J.Grape and Wine Res. 5:10-16.
7. McCarthy, M. y B. Coombe. 1999."Is weight loss in ripening grape berries cv. Shiraz caused by impeded phloem transport". Aus.J.Grape and Wine Res. 5:17-21.
8. Moreno Y., Pardo, C., y Ortega, S. 2003. Deshidratación Prematura de Bayas en cv. "Merlot". Seminario: VINITECH 2003. 10-12 de Julio en local Estación Mapocho Santiago.
9. Moreno Y., Pardo, C., y Ortega, S. 2004. Deshidratación Prematura de Bayas en cv. "Merlot": posibles causas y soluciones del problema. Vendimia.

10. Ortega-Farias, S., Rigetti, T., Sasso, F., Acevedo, C., Matus, F. and Moreno, Y. 2003. Site-specific management of irrigation water in grapevines. IX Latin American Congress on Viticulture and Enology; Symposium on Precision Viticulture, 55-71. Pontificia Universidad de Católica de Chile, Santigo.
11. Ortega-Farias, S., Rigetti, Acevedo, C., Matus, F. and Moreno, Y. 2004d. Irrigation management decision system (IMDS) for vineyards (Region VI and VII of Chile). International Seminar on role and importance of integrated soil and water management for orchards development (vineyards and olive tress). Mosciano S. Angelo, Italy.
12. Ortega-Farias, S., Rojas, V., Valdés, H., and Gonzaléz, P. 2004c. Evaluation of the FAO Penman-Monteith method to estimate reference evapotranspiration in the Maule region of Chile. En prensa en Acta Horticulturae
13. Ortega-Farias, S., Duarte, M., Acevedo, C., Moreno, Y., and Córdova, F. 2004a. Effect of tour levels of water application on midday stem water potencial and grape composition, cv. Cabernet sauvignon. En prensa en Acta Horticulturae.
14. -Ortega-Farias, S., Acevedo, C., Acevedo, A. and Leyton, B. 2004b. Talca irrigation management system (TIMAS) for grapevine. En prensa en Acta Horticulturae
15. Pardo, C., Moreno Y. y Ortega-Farias, S. 2004. Deshidratación prematura de bayas en vid vinífera, cv. Merlot; I. Efecto de la relación copa/raíz. Tesis de Magíster en Horticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. En prensa.
16. -Rogiers, S., M. Keller, B. Holzapfel y J. Virgona. 2000. "Accumulation of potassium and calcium by ripening berries on field vines of *Vitis vinifera* (L.) cv. Shiraz". Aus.J.Grape and Wine Res. 6:240-243.
17. -Rogiers, S., J. Smith, R. White, M. Keller, B. Holzapfel y J. Virgona. 2001. "Vascular function in berries of *Vitis vinifera* (L.) cv. Shiraz". Aus.J.Grape and Wine Res. 7:46-51.
18. Van Zyl. J. 1984. Response of Colombard grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. S. Afr. J. Enol. Vitic., 5: 19-28.