

## **ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DE LA VIÑA A LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE “PARTIAL ROOTZONE DRYING” (PRD).**

**J. Girona**

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA),  
Àrea de Tecnologia Frutícola. Centre UdL-IRTA  
Avda Rovira i Roure, 177. 25198-Lleida.  
e-mail joan.girona@irta.es

*Extraído de las actas de la jornada técnica organizada por la Station Régionale ITV Midi-Pyrénées sobre Las Innovación en Viticultura / Enología el 15 diciembre 2005 en Toulouse*

### **Resumen**

La rentabilidad económica del cultivo de la viña para vino tanto depende de la producción total (kg/ha) como de la calidad de la uva producida. En muchas zonas donde se cultiva la viña, el balance hídrico (lluvia – demanda hídrica del cultivo) es altamente deficitario, y tan solo con aportes de agua de riego se pueden obtener producciones económicamente interesantes. No obstante un exceso de agua de riego tiene un impacto negativo sobre la calidad. La técnica del “Partial Rootzone Drying”(PRD) se ha propuesto como una estrategia que permite mantener buenas producciones, reduciendo el vigor excesivo de las cepas, no afectando el tamaño del grano y mejorando, generalmente, la calidad de los vinos resultantes. Aunque existen diferentes ensayos experimentales que prueban la bondad del PRD frente a un riego convencional, no parecen estar lo suficientemente estudiadas las posibles implicaciones que otros motivos (volumen de suelo mojado, mayor eficiencia del sistema de riego al aplicar el agua, mejor ajuste del agua aportada a la demanda real del cultivo, etc.) diferentes a los expresados por los promotores científicos del PRD (señales químicas producidas en las raíces, incremento de las raíces finas, etc.). En este trabajo se analizan diferentes trabajos y se discuten las posibles causas por la que se observa este buen comportamiento del PRD.

### **INTRODUCCIÓN**

El cultivo de la viña para la elaboración de vinos presenta una peculiaridad importante referente a los efectos de los aportes de agua de riego, que son necesarios para obtener buenas producciones, aunque a la vez deben ser “moderados” para evitar que el “exceso de agua de riego” pueda afectar negativamente sobre la calidad del vino resultante. Esta afirmación, que especialmente en el manejo de viñas comerciales es una realidad, presenta en un análisis más científico una gran indenificación sobre lo que significa el término moderación.

Existe un buen número de trabajos que ilustran los efectos del déficit hídrico en diferentes fases del ciclo anual en viña, y sus repercusiones en producción, crecimiento vegetativo y composición del mosto (Matthews, et al., 1987 y 1990; Matthews y Anderson, 1988 y 1989; McCarthy, 1997 y 2000) y que Goodwin (2002) sintetiza en un trabajo de revisión. Además de aportar información científica relevante, estos trabajos ponen de manifiesto el posible interés práctico que puede tener el aplicar estreses moderados en ciertos momentos del ciclo anual. Con este objetivo se han propuesto diferentes estrategias de riego, de las cuales, las de Riego Deficitario Controlado (RDC)(Chalmers et al., 1981; Mitchell et al., 1984), Riego Deficitario Sostenido (RDS)(Girona et al., 2002a) y “Partial Rootzone Drying” (PRD)(Loveys et al., 2000) serian las más destacadas. En todas estas estrategias se pretende genéricamente reducir el crecimiento vegetativo, mejorar la producción, mejorar la calidad del mosto obtenido y disminuir el gasto de agua de riego.

En el presente trabajo se hace una revisión de la información disponible sobre PRD, y una análisis de los posibles factores involucrados en las respuestas obtenidas.

## REPASO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.

### Sistemas de riego.

La figura 1 ilustra diferentes modalidades de sistemas de riego localizado, donde se diferencian los diseños que corresponden a dos estrategias de riego: tradicional y PRD. El riego localizado tradicional (o el más habitualmente utilizado en el riego de la viña) con uno o dos laterales por fila de cepas, presenta un volumen de suelo mojado mucho mayor en el caso de dos laterales, y mantiene abiertos de forma permanente todos los laterales y emisores cuando el sistema está en funcionamiento. El diseño para PRD, con dos laterales por fila de cepas, mantiene un lateral abierto y otro cerrado, y los alterna con una frecuencia quincenal, de tal forma que mantiene una porción de la raíz en suelo húmedo y otra en suelo seco, o en proceso de pérdida de disponibilidades hídricas.

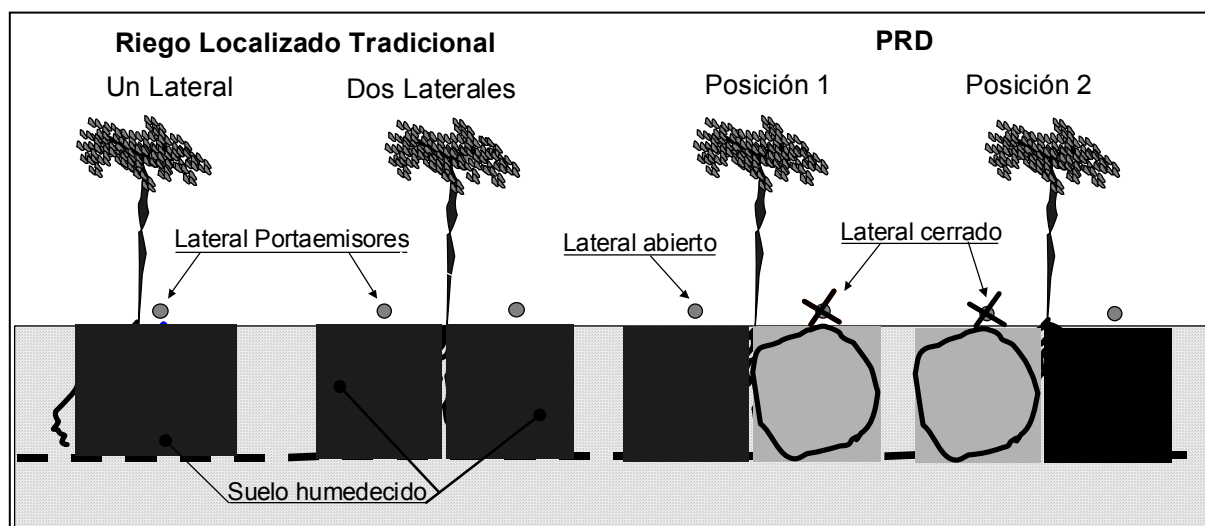


Figura 1. Esquema del diseño de sistemas de riego localizado para el riego localizado tradicional y el PRD.

### Primeros trabajos en PRD.

Para conseguir las condiciones alternantes de suelo húmedo y suelo seco que se busca en el PRD, los primeros ensayos se realizaron en maceta, dividiendo la raíz en dos partes y colocando cada parte en una maceta diferente (figura 2A)(Stoll et al., 2000), mientras que cuando se trasladaron los experimentos al campo, éste se acondicionó con unas láminas de plástico que separaban las dos partes de las raíces (figura 2B)(Dry et al., 1996; Stoll et al., 2000).

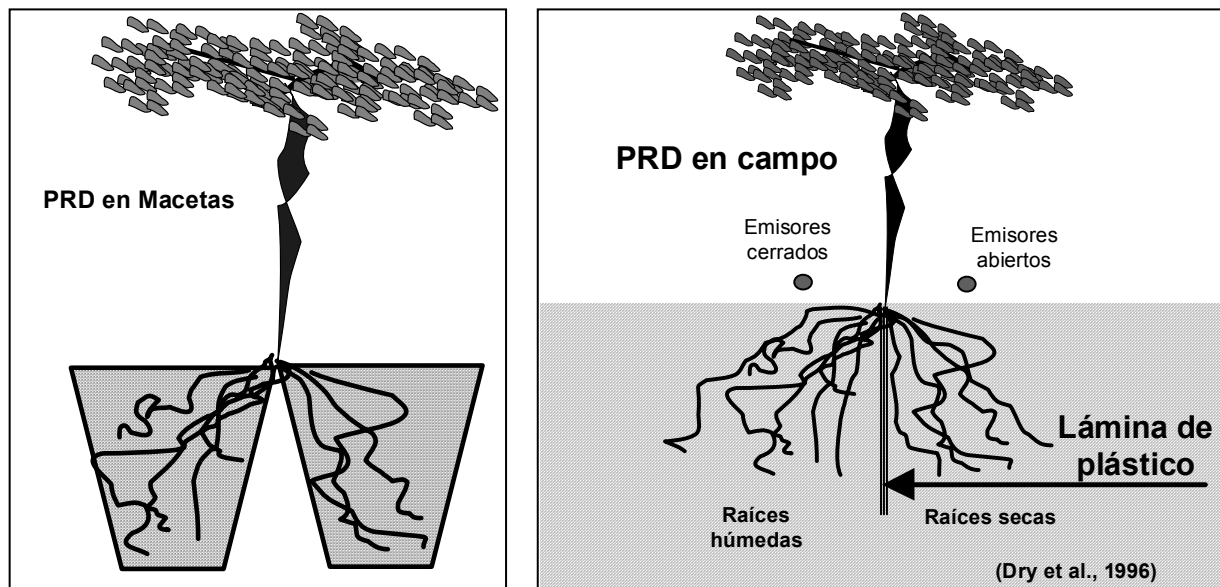


Figura 2. Diseños experimentales (A) PRD en maceta y (B) PRD en campo, según Dry et al., (1996).

Los primeros resultados de estudios fisiológicos para analizar la respuesta de la planta al PRD indican que al cambiar el lado (o maceta) que se riega, existe una rápida bajada del contenido hídrico del suelo en la maceta no regada, que va acompañada de un incremento puntual del ácido abscísico (ABA) y una reducción también puntual de la conductancia estomática ( $g_s$ ) (Stoll et al., 2000), y se observa también una puntual bajada del crecimiento vegetativo (Dry et al., 2000). Todos estos efectos tienen una vuelta a valores normales pocos días después, no obstante el potencial hídrico de hoja ( $\Psi_h$ ) no se ve alterado por estos cambios (Dry et al., 2000) (tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento relativo de los parámetros fisiológicos de la vid a la técnica del PRD y una estrategia de riego total, en maceta o condiciones de campo con confinamiento de raíces (Stoll et al., 2000; Dry et al., 2000)

Parámetro	Comportamiento
Contenido hídrico del suelo ( <b>CHS</b> )	↓
Conductancia estomática ( <b><math>g_s</math></b> )	↕
Ácido Abscísico ( <b>ABA</b> )	↕
Crecimiento vegetativo ( <b>Cr-Veg</b> )	↕
Potencial hídrico de hoja ( <b><math>\Psi_h</math></b> )	≡

Los símbolos expresados en la tabla indican: Flecha grande = cambio unidireccional importante en el sentido de la flecha; Flechas pequeñas juntas = cambio en un sentido seguido de recuperación en el sentido opuesto y aproximadamente de la misma magnitud; Igual = No existe cambio apreciable en el parámetro.

Estos resultados concuerdan con los trabajos de Zhang y Davies (1989) en los que se analizaba el papel del ABA como regulador del cierre estomático y del crecimiento vegetativo al producirse el desecamiento de una parte del suelo. Es importante, no obstante indicar que el pico de ABA, así como el resto de cambios indicados con doble flecha en la tabla 1, se produjeron en el plazo de 4 ó 5 días, y que pocos días después habían vuelto a la normalidad en el caso de las macetas. Cuando los ensayos se realizaban en el campo, esta respuesta (mucho más limitada) se producía en el plazo de horas (Stoll et al., 2000).

### Efectos del PRD sobre la producción.

Al analizar los resultados productivos de diferentes trabajos de PRD en viña (tabla 2) se puede observar como cuando se disminuyen los aportes hídricos al 50% se mantiene la producción, mientras que cuando no se disminuyen las cantidades de agua de riego, se registra un aumento considerable de producción. Todo ello con efectos mínimos o no existentes en la calidad del mosto obtenido.

*Tabla 2. Comparativa de la respuesta productiva PRD y riego localizado tradicional*

Parámetro	Cultivar →	CS <sup>(1)</sup>	Sh <sup>(1)</sup>	CS <sup>(2)</sup>	Mon <sup>(3)</sup>
Riego (mm)		↓ 50%	=	↓ 50%	=
Producción		=	↑	=	↑
Calidad		=	=	=	↑
Crecimiento vegetativo (Cr-Veg)		↓		↓	↑
Conductancia estomática (g <sub>s</sub> )		↓		↓	=
Potencial hídrico de hoja (Ψ <sub>h</sub> )					=

Los símbolos expresados en la tabla indican: Flecha grande = cambio unidireccional importante en el sentido de la flecha; Flecha pequeña = cambio unidireccional reducido o de magnitud indicada; Igual = No existe cambio apreciable en el parámetro. CS = Cabernet Sauvignon; Sh = Shiraz; Mon = Monastrell; (1) Dry et al., 2000; (2) Dry et al., 1996; (3); De La Hera et al., 2002.

Estos ensayos se realizaron en campo y pertenecen a diferentes variedades y situaciones geográficas, pero en ninguno de ellos se hace mención explícita a que se produjeran los efectos de incremento de ABA y reducción de g<sub>s</sub> y crecimiento vegetativo en la línea de lo observado en los experimentos de macetas. Únicamente en el trabajo de Stoll et al., (2000) se hace referencia a que en condiciones de campo también se podía detectar un cambio en el contenido de ABA, aunque muchísimo menor que el observado en condiciones de maceta.

Hay que considerar que el diseño del PRD introduce algunas variaciones importantes por lo que se refiere al manejo del agua, como son un incremento muy importante del volumen de suelo mojado y una reducción drástica en algunos casos del agua de riego aportada. Bajo estas condiciones cabe preguntarse si en realidad lo que el PRD hace es que debido al mayor volumen de suelo mojado y se mejora la eficiencia de aplicación de agua de riego, lo que coincidiría plenamente con los resultados de la tabla 2.

### Otros ensayos de PRD en viña.

Los diseños originales para PRD con dos laterales separados de la línea de cepas pueden presentar un problema de manejo y circulación por la parcela, por lo que se han propuesto soluciones de diseño de sistemas de riego alternativas a la original situando los dos laterales juntos, con los emisores situados alternativamente entre cepas (figura 3), con lo que el PRD no se produce entre los lados perpendiculares a la fila de cepas, sino entre los dos lados de la cepa en la misma fila (como ilustra la figura3).

En un ensayo de PRD con la variedad Merlot (Girona et al., 2002b) se observa como con la reducción del riego en un 60% no se ve afectada la producción, incrementando ligeramente la calidad del mosto obtenido, a la vez que se reduce el crecimiento vegetativo (tabla 3). Fisiológicamente se observa una reducción ligera, pero mantenida a lo largo del ciclo anual, del potencial hídrico de hoja, y una casi nula afección sobre la conductancia estomática. Estos mismos resultados podrían esperarse, como mínimo durante el primer año de ensayo, en una estrategia de riego deficitario sostenido (Girona et al., 2002a).

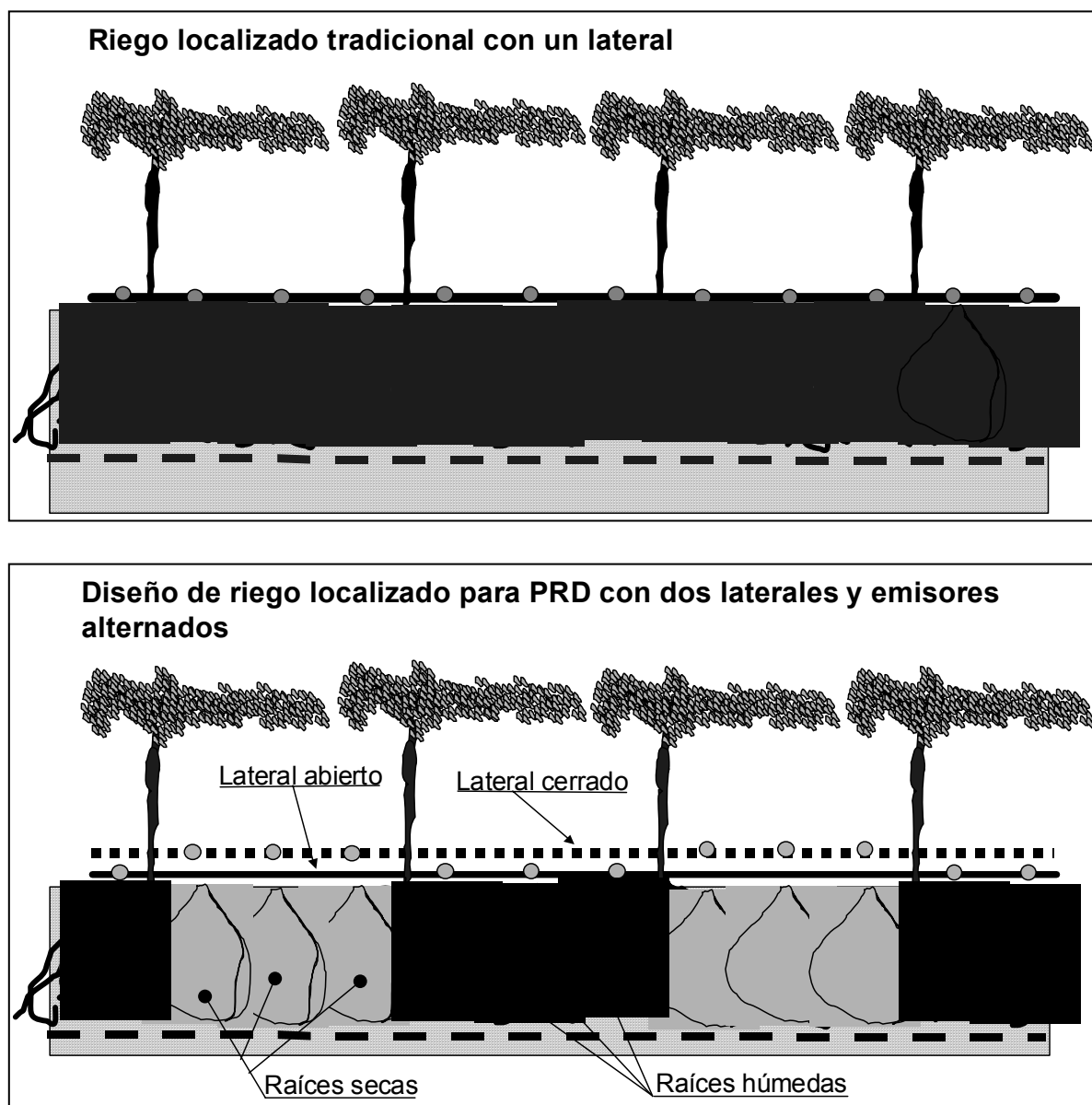


Figura 3. Sistemas de riego localizado A) tradicional con un lateral y B) específico para PRD con dos laterales y emisores alternados entre cepas.

Estas sospechas sobre las causas que realmente motivan la respuesta de la viña al PRD se ven acentuadas con los resultados del trabajo de Santos et al. (2002), donde utilizando la variedad "Castelao" obtiene prácticamente los mismos resultados al aplicar PRD y RDS, ambos con una reducción del 50% de los aportes hídricos aplicados al tratamiento de referencia. Obsérvese además como existe un efecto mucho mayor al no aplicar riego (NR) (tabla 3).

Tabla 3. Comparativa de la respuesta productiva PRD y riego localizado tradicional en un ensayo de la variedad Merlot, junto a RDS (Riego Deficitario Sostenido) y No riego en un ensayo de la variedad Castelao.

Parámetro	Cultivar →	Merlot <sup>(1)</sup>		Castelao <sup>(2)</sup>	
		PRD	PRD	RDS	NR
Riego (mm)		↓ 60%	↓ 50%	↓ 50%	0
Producción		==	↓	↓	↓
Calidad		↑	↓	↓	==
Crecimiento vegetativo (Cr-Veg)		↓	↓	↓	↓
Conductancia estomática (g <sub>s</sub> )		==			
Potencial hídrico de hoja (□ <sub>h</sub> )		↓			

Los símbolos expresados en la tabla indican: Flecha grande = cambio unidireccional importante en el sentido de la flecha; Flecha pequeña = cambio unidireccional reducido o de magnitud indicada; Igual = No existe cambio apreciable en el parámetro. (1) Girona et al., 2002b; (2) Santos et al., 2002.

## DISCUSION

En los trabajos originales de PRD se propone que el beneficio de esta técnica se centra en la inducción del aumento de ABA que ocasiona un cierre estomático (g<sub>s</sub> ↓) y limita el crecimiento vegetativo, mientras que el potencial de hoja (□<sub>h</sub>) no se ve afectado. Estos resultados, que se presentan muy ligeramente en los ensayos productivos realizados por los promotores de esta técnica, no se han observado en otros ensayos de campo en condiciones de suelo menos “controladas” que los utilizados en los ensayos previos. No obstante, existe una característica común a todos ellos y es que con reducciones importantes de agua de riego se pueden obtener las mismas producciones que al utilizar el riego de referencia, e incluso que se puede aumentar la producción utilizando la misma cantidad de agua de riego. Si utilizando PRD se observa una mejora substancial en la eficiencia en el uso del agua, pero no se puede relacionar esta mejora con la variación del estado fisiológico de la planta, y especialmente su contenido en ABA, posibles escenarios que nos expliquen estos resultados podrían ser:

- Existe un incremento en la eficiencia de aplicación de agua de riego (debido al mayor volumen de suelo húmedo).
- Existe un incremento de raíces activas que aseguran una mayor actividad radicular que beneficia el estado hídrico de la parte aérea.
- Existe una sobre irrigación con referencia a la demanda real de la viña, ya sea por que tienen una copa muy pequeña o porque la carga de frutos es lo suficientemente baja para que no exista una demanda y competencia entre ellos.
- Existe poca información que nos permita explicar estos resultados, especialmente las interacciones posibles entre los escenarios anteriores.

En un intento de dar respuesta a este último escenario se analizan todas las situaciones posibles que podrían darse al combinar los factores diferenciales que se han observado entre el PRD y el riego convencional:

- Volumen de suelo mojado.
- Volumen de agua aplicada en riego.
- Alternancia de suelo humedecido por el riego.

Este análisis (tabla 4) nos permite detectar que la comparación de PRD <sup>(2)</sup> en la tabla 4) con riego tradicional <sup>(7)</sup> en la tabla 4), según se realizó en los ensayos iniciales (tanto los de maceta como los de campo), es una comparación múltiple ya que los factores alterados son los tres enumerados anteriormente, y que por ello es realmente difícil poder asignar los

posibles beneficios del PRD a una sola causa. También se observa que de todas las combinaciones posibles más del 50% están por explorar

*Tabla 4. Situaciones posibles en la combinatoria de los factores que intervienen al comparar PRD y riego localizado tradicional*

	Volumen de suelo mojado			
	Normal		Doble	
	PRD	Tradicional	PRD	Tradicional
Riego Total <sup>(2)</sup>	¿? <sup>(1)</sup>	REF <sup>(2)</sup>	✓ <sup>(3)</sup>	¿? <sup>(4)</sup>
Riego Deficitario	✓ <sup>(5)</sup>	¿? <sup>(6)</sup>	✓ <sup>(7)</sup>	¿? <sup>(8)</sup>

<sup>(2)</sup> Riego total basado en la aplicación del 100% de la ETC.; El signo ✓ identifica los casos estudiados y comparados con el referencia (REF). ¿? Se utiliza para los casos no estudiados. <sup>(1)</sup>, <sup>(2)</sup>, ... El número en cada situación se utiliza en el texto como referencia explícita.

Parecería interesante disponer de información suficiente que nos permitiera comparar resultados de todos los casos presentados en la tabla 4, y a su vez que esta información proviniese de un cultivo en las mismas condiciones (situación geográfica, tipo y profundidad de suelo, variedad, edad de la plantación, densidad de plantación, conducción de la viña, carga de frutos (racimos, uvas), etc.) ya que estas condiciones pueden ser más importantes en el resultado que los casos de análisis de la tabla 4. De entre todas las situaciones posibles hay algunas de ellas que se corresponden con casos más comunes, como son RDS (que se correspondería al caso <sup>(6)</sup> en la tabla 4) y el riego con microaspersión (que se correspondería al caso <sup>(4)</sup> en la tabla 4).

Desde una visión práctica se podría concluir que el PRD ha mejorado la eficiencia productiva del agua aportada por riego en la mayoría de casos estudiados aunque las razones diferentes razones por las que el PRD funciona en los diferentes casos (y condiciones de cultivo) analizados no sea coincidente. No obstante, desde una visión más técnico-científica quizás el aporte más importante del PRD es simplemente poner de manifiesto que el manejo adecuado de las disponibilidades hídricas de la viña, así como en otros cultivos, es de vital importancia para orientar la producción. El PRD, como en su día ocurrió con el RDC, son una avanzadilla en el conocimiento de cómo jugar con el estrés hídrico de la planta para obtener unos resultados específicos, aunque existan, especialmente desde un aspecto más agronómico, o vitícola es este caso, grandes lagunas de conocimiento práctico.

## Bibliografía

- Chalmers, D.J., Mitchel, P.D. y L. Van Heek, 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3):307-312.
- De La Heras Orts, M.L., Pérez Prieto, L.J., Fernández, J.I., Martínez Cutillas, A., López Roca, J.M., Gómez Plaza, E., 2002. Partial Rootzone Drying (PRD). Una experiencia española para la variedad "Monastrell". *Fruticultura Profesional* nº 131: 70-76
- Dry, P., Loveys, B., Botting, D. y Düring, H., 1996. Effects of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water. *Proceedings of the Ninth Australian Wine Industry Technical Conference*. Adelaide: 128-131.
- Dry, P., Loveys, P.R., Stoll, M., Steward, D., y McCarthy, M.G., 2000. Partial rootzone drying – an update. *The Australian Grapegrower and Winemaker*. Annual Technical Issue 2000. 35-39.
- Girona, J., Mata, M., Del Campo, J., y Arbonés, A., 2002 (a). Vineyard response to different irrigation strategies. First year results. VII Congress of the European Society of Agronomy, Cordoba 2002. 93-94.

- Girona, J., Civit, J., Marsal, J., Mata, M., Arbonés, A., Del Campo, J., Esteve, J., y Ferré, J., 2002 (b). Respuesta de la variedad "Merlot" a la técnica del PRD. Resultados del primer año. Informe.
- Goodwin, I., 2002. Water management – a tool for vineyard managers. Manuscript.
- Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M. y McCarthy, M.G., 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Hort.* 537:187-197.
- Matthews, M.A., Anderson, M.M. y Schultz, H.R., 1988. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis* 26:147-160.
- Matthews, M.A. y Anderson, M.M., 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to season water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* 39(4):313-320.
- Matthews, M.A. y Anderson, M.M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* 40(1):52-60.
- Matthews, M.A., Ishii, R., Anderson, M.M. y O'Mahony, M., 1990. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51:321-335.
- McCarthy, M.G., 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 3:102-108.
- McCarthy, M.G., 2000. Development variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6(2):136-140.
- Mitchell, P.D., Jerie, P.H. y Chalmers, D.J., 1984. The effects of regulated deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:604-606.
- Santos, T.P., Souza, C.R., Canceição, N., Amaral, P., Lopes, C.M., Rodríguez, M.L., Maroco, J.P., Pereira, J.S. y Chaves, M.M., 2002. Grapevines responses to different irrigation strategies – Growth, yield and fruit quality. *Proceedings Symposium Hispano-Luso de Relaciones Hídricas*. Pamplona.
- Stoll, M., Loveys, B. y Dry, P., 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany* 51(350):1627-1634.
- Zhang, J. y Davies, W.J., 1989. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable to plant to measure the water status of the soil. *Plant, Cell and Environment* 12:73-81.