

ESTIMACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO DEL SUELO POR TENSIOMETRÍA Y VOLUMETRÍA Y SU RELACION CON EL ESTADO HÍDRICO DEL VIÑEDO

J.L. Asenjo y J. Yuste

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Apdo. 172. 47080 Valladolid. aseizqjo@jcyL.es, yusbomje@jcyL.es

RESUMEN. El objetivo de este trabajo es valorar la utilidad de distintas técnicas de medida de humedad del agua en el suelo, reflectometría y tensiometría, y su relación con el potencial hídrico foliar, para la monitorización del riego en el viñedo. Se han aplicado distintos regímenes hídricos mediante riego por goteo en un viñedo experimental de la variedad Tempranillo durante un año, localizado en el valle del Duero. La humedad en el suelo se midió mediante dos técnicas: contenido medio en volumen de los primeros 60 cm de suelo mediante la técnica de *time domain reflectometry* (TDR) y potencial matricial del suelo a 30 cm y a 60 cm de profundidad mediante el uso de sondas Watermark®. El potencial hídrico foliar de base se utilizó como estimador del estado hídrico del viñedo. Se ha encontrado una mejor relación de las medidas de TDR con las de tensiometría a 30 cm que con las de 60 cm de profundidad, en consonancia con la forma de aplicación y las distintas dosis de riego aplicadas. Las medidas de TDR y de tensiometría a 60 cm apenas se relacionan con el potencial hídrico de la vid. Por el contrario, la relación entre el estado hídrico de la planta y el potencial matricial del suelo a 30 cm resulta muy estrecha. En las condiciones del ensayo, las medidas tensiométricas a 30 cm pueden ser una herramienta útil para la monitorización del riego.

ABSTRACT. The aim of this study was to evaluate two different methods of soil water content measurement and their relationship with the plant water status as an irrigation management tool in vineyards. Differential water regimes (no irrigation and drip irrigation) were applied to an experimental vineyard (cv. Tempranillo) for one year in the Valley of Duero river. The soil water status was measured by using two methods: average soil water content over the 0 to 60 cm depth measured by TDR and soil matric potential by 30 cm and 60 cm deep Watermark® probes. Predawn leaf water potential was used as indicator of vine water status. The relationship between the TDR and the 30 cm deep tensiometric measurements was found to be better than the 60 cm deep ones. The type of irrigation and the water amount applied were the responsible for this result. The TDR and the 60 cm deep tensiometric data do not show any relation with the vine water status. In contrast, the relation between the plant water status and the 30 cm

deep tensiometric measurements was shown to be adequate. In the trial conditions, the 30 cm tensiometric measurements were shown as an useful irrigation scheduling tool.

1. Introducción

La mayor parte del viñedo español se enfrenta durante su periodo vegetativo a una alta demanda evapotranspirativa y un escaso contenido de agua en el suelo, lo que provoca estados de estrés hídrico intenso. Así, la alimentación hídrica del viñedo se convierte en el factor más limitante para la obtención de cosechas regulares.

El riego en la vid tiene múltiples efectos. En cuanto al crecimiento vegetativo, Smart y Coombe (1.983) señalan que la mejora de la alimentación hídrica produce un aumento del vigor de las cepas, en concordancia con los datos suministrados por Yuste (1.995) y Cuevas (2.001) en estudios con el cv. Tempranillo en la zona centro de España. El rendimiento es más elevado en cepas regadas, así MacCarthy et al. (1.992) cuantificaron aumentos entre 0,16 t/ha y 0,7 t/ha por cada 10 mm de aumento en la dosis de riego. Los efectos del riego sobre la calidad de la uva descritos a lo largo de la bibliografía son variados y muchas veces contradictorios. En general riegos excesivos provocan retrasos en la maduración, menor acumulación de azúcares, mayor acidez y menor pH del mosto.

La consecuencia de una técnica de riego mal gestionada puede ser un exceso de rendimiento y una merma de la calidad de la uva. Por lo tanto, el manejo del riego, y con ello su monitorización, constituye la técnica más efectiva para obtener cosechas ajustadas, en cuanto a cantidad y calidad, a los requerimientos del mercado (MacCarthy, 1.998; Van Leeuwen, 2.003).

Las técnicas utilizadas en el viñedo para la monitorización del riego pueden basarse en las condiciones atmosféricas (estimación de la evapotranspiración), el control de la humedad del suelo y el seguimiento del estado hídrico de la planta. Las estrategias de monitorización del riego utilizadas en viticultura son de dos tipos:

I. Aquellas que consideran como punto de partida para la dosificación del riego, el balance hídrico del suelo calculado a partir de la estimación de la evapotranspiración

de referencia y la aplicación de coeficientes de cultivo, utilizando los estimadores de contenido de humedad del suelo y de estrés hídrico de la planta como ayudas para la toma de decisiones (Myburgh, 1.996).

II. Las estrategias basadas en la monitorización del contenido de agua del suelo, manteniendo la tensión matricial del suelo por encima de un determinado valor (“refill point”) que varía según el estado fenológico del viñedo y los objetivos de producción y calidad deseados (McCarthy, 1.998).

La medida del contenido volumétrico de agua en el suelo (θ_v) mediante el método de *Time Domain Reflectometry* (TDR), la del potencial matricial (Ψ_m) mediante tensiometría y la del potencial hídrico foliar como estimador del estado hídrico de la planta, son técnicas ampliamente usadas en las estrategias de monitorización del riego en el viñedo.

Parchomchuk et al. (1.997) evaluaron la técnica de TDR como herramienta para monitorizar el riego localizado en plantaciones de diversos frutales. Utilizaron sondas de 40 cm de longitud insertadas verticalmente en el terreno, de forma similar a la del ensayo que ocupa este trabajo, resultando satisfactorias sus experiencias de manejo del riego en plantaciones jóvenes de manzano donde consiguieron mantener con este método un valor mínimo de θ_v como media de los primeros 40 cm de suelo. Asimismo, obtuvieron una excelente relación entre las medidas de TDR como media de los 40 cm del perfil y medidas tensiométricas a 30 cm. En sentido contrario, para Bravdo y Proebsting (1.993) las medias del contenido de humedad del perfil en sistemas de riego localizado son poco representativas ya que el consumo de agua es más rápido en las capas superiores del suelo y la utilización de agua presente en capas más profundas se incrementa cuando se agotan las superiores. Estos autores afirman que la aplicación del riego basándose en estas medidas puede llevar a aumentar la humedad de capas profundas cuando todavía no están agotadas y llegar a producir percolaciones fuera del perfil y lavado de nutrientes.

Según Toome (2.002), las medidas tensiométricas utilizadas en la monitorización del riego de viñedo tienen la ventaja respecto a las volumétricas que pueden ser interpretadas rápidamente además de indicar el esfuerzo que debe realizar el viñedo para extraer el agua del suelo.

Uno de los indicadores del estado hídrico de la planta más utilizados en viticultura es el potencial hídrico foliar (Ψ_f), por ser un método preciso, fiable y de fácil utilización. Uno de los métodos más utilizados en el viñedo es el potencial hídrico foliar de base (Ψ_b), que se mide antes de la salida del sol en absoluta oscuridad. En estas condiciones los estomas están cerrados, cesa la transpiración de la vid y se produce una rehidratación de la planta en función del contenido de humedad del suelo. Este proceso provoca un reequilibrio entre el potencial matricial de suelo y el potencial hídrico de la planta. El potencial de base es un indicador más estable y fácil de interpretar que los potenciales hídricos foliares medidos a lo largo del día y además aporta información acerca de la disponibilidad de agua en la zona explorada por las raíces (Van Leeuwen,

2.003). Por otra parte, la relación entre el potencial foliar de base y la actividad fisiológica de la vid se encuentra descrita en los trabajos de Carbonneau (1.998), donde relaciona Ψ_b y el grado de estrés hídrico, y Deloire et al. (2.003), quien relaciona los potenciales hídricos foliares de base con el crecimiento vegetativo y con el proceso de maduración de la uva.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la utilidad de distintas técnicas de medida de humedad en el suelo mediante volumetría y tensiometría para la monitorización del riego en el viñedo. Con este fin, se ha estudiado la posible relación entre las medidas realizadas mediante TDR y sondas Watermark®, así como la relación entre las medidas obtenidas por estas técnicas y el estado hídrico de la vid representado por el potencial hídrico foliar de base.

2. Material y métodos

2.1. Localización

El ensayo se ha realizado durante el año 2002 en la finca Zamadueñas perteneciente al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Las plantas del viñedo experimental son del cv. Tempranillo injertadas sobre Ritcher 110, con una edad de 10 años. Las cepas han sido conducidas en doble cordón Royat. La orientación de las filas es Norte-Sur (+ 25° hacia Noreste-Suroeste).

En el suelo donde se encuentra el viñedo experimental se distinguen tres horizontes cuyas principales características se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas de los horizontes presentes en el suelo del viñedo experimental

Profundidad (cm)	Elementos gruesos (%)	Textura U.S.D.A.			Clase textural
		Arena	Limo	Arcilla	
0-20	70,7	45,3	19,4	35,3	AcAr
20-45	68,8	47,4	19,5	33,1	FrAcAr
45-100	74,8	61,4	9,5	29,1	FrAcAr

Se trata de un suelo con alta pedregosidad interna y superficial, sin limitaciones físicas ni químicas en profundidad, lo que le confiere un buen drenaje y una elevada velocidad de infiltración. La mayor parte del sistema radicular del viñedo se sitúa en los 60 cm más superficiales.

2.2. Dispositivo experimental

El diseño experimental para el estudio del régimen hídrico fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, y una parcela elemental de 9 u 11 cepas según la densidad plantación (baja densidad, con 2645 cepas/ha y alta densidad con 3953 cepas/ha). Se aplicaron distintos regímenes hídricos con el fin de generar variabilidad tanto en el estado hídrico del suelo como en el de las plantas. Los regímenes hídricos aplicados fueron: secano y regadío con dos dosis de riego diferentes. Estas dosis de riego fueron: 20% de ETo y 40% de ETo. Los tratamientos resultantes fueron: alta densidad y 40% ETo, alta densidad y 20% ETo, baja densidad y 20% ETo y baja densidad en secano.

La cantidad total de agua aplicada mediante el riego por goteo fue de 72 mm (0,2 ETo) y 142 mm (0,4 ETo) entre junio y septiembre, que son los meses de máxima necesidad hídrica del cultivo. Como media se regaron semanalmente 11 mm en el caso de plantas cuya dosis de riego era del 40% ETo y 5,5 mm en el caso de plantas regadas con el 20% ETo. La aplicación del riego fue localizada mediante goteo. Los goteros fueron autocompensantes de 4 l/h para conseguir la máxima uniformidad en la aplicación.

2.3. Determinaciones experimentales

Para estimar el estado de humedad del suelo se utilizaron dos tipos de medidas: volumétricas y tensiométricas. Para las medidas volumétricas se utilizó la técnica de TDR (*Time Domain Reflectometry*) mediante un equipo comercial Trase System Modelo 6050X1 (Soil Moisture corp. California, USA). Las líneas que sirvieron de transmisión electromagnética han sido dos sondas de 0.63 cm de diámetro y 60 cm de longitud, enterradas verticalmente en el suelo y separadas entre si 5 cm. Las sondas se instalaron desplazadas 10 cm de la vertical del gotero. Las medidas tensiométricas fueron realizadas con sondas Watermark®, cuyo rango de medida es 0-200 cbar. En cada punto de medida se instalaron sondas a 30 cm y 60 cm de profundidad. Las sondas se instalaron desplazadas 10 cm de la vertical del gotero. Las medidas de humedad en el suelo se realizaron semanalmente justo antes de cada ciclo semanal de riego.

El potencial hídrico foliar de base se ha medido mediante la técnica de la bomba de presión, con una cámara tipo Scholander. Las medidas se realizaron entre los meses de junio y septiembre en ausencia total de iluminación.

3. Resultados y discusión

3.1. Relación entre medidas volumétricas y tensiométricas

Se han relacionado las medidas de TDR y las de los tensiómetros a 30 cm y a 60 cm, obteniendo una población de pares de datos como se observa en las figuras 1 y 2.

Existe relación entre las medidas de potencial matricial del suelo a 30 cm y 60 cm y las medidas de TDR, siendo más intensa esta relación entre las medidas de tensiometría a 30 cm y las de TDR ($R^2=0,78$). La variabilidad en la dosis de riego provoca distintos volúmenes de suelo mojado y con ello distintas profundidades a las que llega la zona mojada por un gotero. Las sondas Watermark®, situadas a 60 cm de profundidad, en ocasiones no se ven afectadas por el aumento de humedad provocado por el riego, mientras que las sondas de TDR detectan dicho aumento de humedad. Esto conlleva una peor correlación entre el contenido de humedad medido mediante TDR (contenido volumétrico medio de 60 cm) y el potencial matricial a 60 cm de profundidad.

3.2. Medidas volumétricas y estado hídrico de la planta

Los resultados obtenidos cuando se intentaron relacionar las medidas de θ_v , como media de los 60 cm de perfil y el

potencial hídrico foliar de base indican que no existe una relación apreciable (Fig. 3).

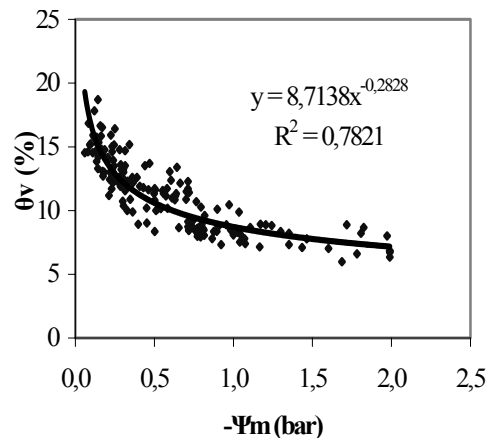


Fig. 1. Contenido medio de humedad en los 60 cm superiores del perfil (θ_v) medido mediante TDR y potencial matricial del suelo a 30 cm de profundidad (Ψ_m).

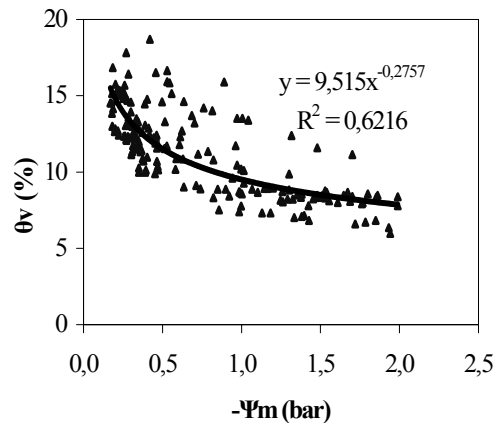


Fig. 2. Contenido medio de humedad en los 60 cm superiores del perfil (θ_v) medido mediante TDR y potencial matricial del suelo a 60 cm de profundidad (Ψ_m).

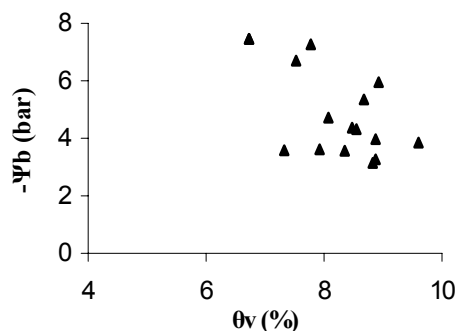


Fig. 3. Potencial hídrico foliar de base (Ψ_b) y contenido medio de humedad en los 60 cm superiores del perfil (θ_v).

El potencial hídrico foliar de base es proporcional al potencial matricial de la parte del perfil colonizada por el sistema radicular, que es la responsable de la alimentación hídrica de la vid (Van Leeuwen, 2003). Esto quiere decir que el contenido volumétrico de humedad de una parte del perfil, y por lo tanto de su potencial matricial, es el responsable de la influencia del suelo en el potencial hídrico foliar de base y no la media del contenido de

humedad de los primeros 60 cm. Los datos de contenido medio de humedad a lo largo de 60 cm no reflejan la variación del contenido de humedad que se produce en profundidad y, por lo tanto, tampoco reflejan el gradiente de potenciales matriciales implícito.

3.3. Medidas tensiométricas y estado hídrico de la planta

La correlación entre el potencial hídrico foliar de base y el potencial matricial del suelo a 30 cm indica una fuerte dependencia entre ellos (Fig. 4, izda.), mientras que las medidas de potencial matricial del suelo a 60 cm (Fig. 4, dcha.) no muestran ninguna relación con el potencial foliar de base.

El potencial matricial de la zona del perfil a 30 cm de profundidad es el factor que define la influencia del suelo en el estado hídrico de la planta en las condiciones del ensayo. Las causas que llevan a esto son dos: la distribución en profundidad del agua de riego dada por el sistema de riego localizado y la concentración de raíces en esa parte del perfil del suelo, estimulada a su vez por el modo de aplicación del riego. A la vista de estos resultados, si se hubieran realizado medidas hasta 30 cm de profundidad utilizando TDR y se hubieran relacionado con el potencial foliar de base, cabría haber esperado una relación similar a la obtenida con las medidas tensiométricas a 30 cm.

La zona situada a 60 cm, al no estar afectada de forma permanente por los aportes de agua de riego, no participa en la alimentación hídrica de la vid en la proporción que lo hace la de 30 cm y por lo tanto su influencia en el grado de hidratación de la planta no ha resultado significativa.

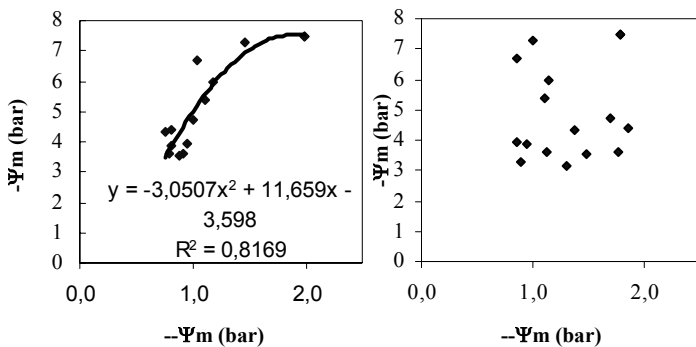


Fig. 4. Potencial hídrico foliar de base (Ψ_b) y potencial matricial del suelo (Ψ_m) a 30 cm (izquierda) y 60 cm (derecha) de profundidad.

4. Conclusiones

Existe una estrecha relación entre los valores de potencial matricial a 30 cm de profundidad y el contenido volumétrico medio de los primeros 60 cm de suelo. En el caso de cultivos donde no se requiera un estricto seguimiento del estado hídrico de las plantas podrían utilizarse indistintamente estas dos técnicas. Las medidas con sondas Watermark®, tienen la ventaja del menor coste, facilidad de manejo e una interpretación más inmediata.

El porcentaje medio de humedad en el perfil de 60 cm

apenas aporta información sobre el estado hídrico de la planta, por lo que tiene un uso muy limitado en la monitorización para el riego del viñedo. Los efectos inmediatos que tiene el estado hídrico de la vid sobre la calidad de la uva y el rendimiento del viñedo hacen que el contenido de humedad volumétrico medio del perfil no tenga utilidad en estrategias de control de riego.

En las condiciones del ensayo, las medidas de potencial matricial del suelo a 30 cm de profundidad constituyen un buen indicador de la disponibilidad de agua del suelo y, por lo tanto, se considera una herramienta eficaz para la monitorización del riego en el viñedo.

Las medidas de potencial matricial a 60 cm no se muestran como una herramienta precisa de monitorización del riego en las condiciones descritas por su falta de relación con el estado hídrico de la planta.

La diferencia encontrada en cuanto a la utilidad de las medidas tensiométricas a 30 cm y 60 cm indica la enorme importancia que tiene una elección de la profundidad donde se instalan las sondas. El conocimiento profundo del suelo y de la distribución del sistema radicular de la vid, son elementos básicos para el correcto manejo del riego.

Referencias

- Bravdo, B. y Proebsting, E.L. (2000). Use of drip irrigation in orchards. *HortTechnology* 3(1):44-49.
- Carbonneau, A. (1998). Irrigation, vignoble et produits de la vigne. En: *Traite de irrigation*, ed. J.R. Tiercelin. Paris, Tec & Doc, pp.25-37.
- Cuevas, E. (2002). Estudio de mecanismos de adaptación ecofisiológica de la vid (*Vitis vinifera* L., cv. Tempranillo) al déficit hídrico. Evaluación del consumo de agua y de las respuestas agronómicas en diferentes regímenes hídricos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 219 p.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Federspiel, B., Ojeda, H., Wan, Z. y Costanza, P. (2003). La vigne et l'eau. *Progrés Agricole et Viticole* 120 n° 4: 79-90.
- McCarthy, M.G., Jones, L.D. y Due, G. (1992). Irrigation – Principles and Practices. En: *Viticulture*, ed. B.G. Coombe y P.R. Dry, vol. 2, Practices. Adelaide, Winetitles, pp.104-128.
- McCarthy, M.G. (1998). Irrigation management to improve winegrape quality – nearly 10 years on. *The Australian grapegrower and Winemaker*, Annual Technical Issue: 65-71.
- Myburgh, P.A. (1996). Response of *Vitis vinifera* L. cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular reference to trunk growth parameters. *South African Journal for Enology and Viticulture* 17 (1): 3-14.
- Panchomchuk, P., Tan, C.S. y Berard, R.G. (1997). Practical use of time domain reflectometry for monitoring soil water content in microirrigated orchards. *HortTechnology* 7 (1):17-22.
- Smart, R.E. y Coombe, B. (1983). Water relations of grapevines. En: *Water deficits and plant growth*. Ed. T.T. Kozlowski, vol. 7. New York, Academic Press, pp.137-196.
- Toome, P. (2002). Soil moisture monitoring with gypsum blocks. Part 1: Gypsum blocks as an irrigation scheduling tool. *The Australian & New Zealand Grapegrower and Winemaker*. Noviembre 2002: 82-84.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Jaeck, M.E., Rabusseau, S. y Gaudillere, J.-P. (2003). Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation du raisin. *Bulletin de l'O.I.V.* : 369-379.
- Yuste, J. (1995). Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. 280 p.