



**XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM  
ON PLANT WATER RELATIONS  
NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES**  
**Zaragoza 14-16 FEB 2024**

**Fiabilidad de la monitorización del contenido de agua del suelo para  
determinar el estado hídrico de la vid**

José Manuel Mirás Avalos<sup>1,\*</sup>

\*Correspondence: [jmmiras@cita-aragon.es](mailto:jmmiras@cita-aragon.es)

<sup>1</sup>UA-RAMA. Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente (Unidad asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España.

**Resumen:** La disponibilidad de agua es clave para el rendimiento de la viña y la calidad de la uva, por lo que monitorizar el estado hídrico de la vid es esencial para optimizar las prácticas vitícolas. Los sensores de capacitancia permiten determinar el contenido de agua en el suelo ( $\theta_s$ ); sin embargo, sus registros deben relacionarse con un indicador fiable del estado hídrico del cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fiabilidad de las medidas obtenidas con sensores de capacitancia como indicadores del estado hídrico de la vid bajo dos estrategias de gestión del suelo (laboreo y vegetación residente). Durante la campaña 2023, en un viñedo (*Vitis vinifera* L. cv. 'Riesling') en Salas Bajas (Huesca) se monitorizó  $\theta_s$  con sensores de capacitancia a tres profundidades: 10, 30 y 50 cm. El potencial hídrico de tallo a mediodía solar ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) se usó como indicador de referencia del estado hídrico de la vid. Los datos se analizaron mediante regresión, observándose que  $\theta_s$  a 10 y 30 cm se correlacionó significativamente con  $\Psi_{\text{tallo}}$ , con coeficientes de correlación ( $r$ ) superiores a 0,92. A 50 cm,  $r$  fue inferior (0,71), pero significativo. En las condiciones de este estudio, los sensores de capacitancia pueden ser útiles para determinar el estado hídrico de la vid a tiempo real.

**Palabras clave:** potencial hídrico de tallo, Riesling, sensor capacitancia, *Vitis vinifera* L.

## 1. Introducción

La disponibilidad de agua es uno de los factores más limitantes para la productividad del viñedo, especialmente en climas áridos y semiáridos (Medrano et al. 2015). El déficit hídrico puede afectar negativamente al rendimiento de la vid y a la acumulación de azúcares en la uva. Por otra parte, en zonas más húmedas, el estado hídrico es un factor clave en la maduración de la uva y la calidad del vino resultante (van Leeuwen et al. 2009). El estado hídrico del viñedo se puede modular con el riego, pero también con otras técnicas como la implantación de cubiertas vegetales, que ofrecen una amplia



# XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

gama de beneficios medioambientales (Celette et al. 2008). No obstante, la cubierta vegetal compite por el agua con el viñedo (Medrano et al. 2015).

Existe una gran variedad de métodos que permiten estimar el estado hídrico de la vid (Rienth y Scholasch 2019). Entre ellos, el potencial hídrico de tallo medido al mediodía solar ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) se considera el método de referencia debido a su estabilidad frente a variaciones ambientales en el momento de las medidas y su sensibilidad para detectar diferencias en el estado hídrico de plantas sometidas a diferentes tratamientos (Choné et al. 2001). Sin embargo, no permite obtener registros continuos de datos. Por el contrario, el contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta_s$ ) puede monitorizarse utilizando sensores de capacitancia, lo que puede permitir una estimación en tiempo real del estado hídrico del viñedo. No obstante, es necesario validar los registros de estos sensores con un indicador de referencia. Algunos estudios han mostrado que  $\theta_s$  y  $\Psi_{\text{tallo}}$  están estrechamente relacionados (Williams y Trout 2005), mientras que otros no detectaron relaciones significativas entre ambas variables (Asenjo y Yuste 2003).

El objetivo de este trabajo es evaluar la fiabilidad de los registros de  $\theta_s$  obtenidos con sondas de capacitancia sin una calibración específica previa como indicadores del estado hídrico de cepas de vid (*Vitis vinifera* L. cv. 'Riesling') bajo dos estrategias de gestión del suelo (laboreo y vegetación residente).

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Descripción del viñedo de estudio

El ensayo se llevó a cabo en el año 2023 en un viñedo particular de 1,8 ha localizado en Salas Bajas (Huesca), en la comarca del Somontano (42° 5' 33,5" N, 0° 5' 8,9" E, 440 m). Este viñedo se plantó en 2013 con *Vitis vinifera* L. cv. 'Riesling' injertada sobre 1103 Paulsen a un marco de 2,8 × 0,9 m (3968 cepas/ha). Las cepas se conducen en espaldera con un sistema de cordón simple y orientación este – oeste. El viñedo se maneja en condiciones de secano y, durante sus 5 primeros años de vida (2013-2017) se evitó el crecimiento de vegetación en las calles, mientras que durante los siguientes 5 años (2017-2022) se dejó crecer la vegetación residente, segándola al alcanzar una determinada altura. El 30 de mayo de 2023 se realizó un laboreo reducido (10-15 cm de profundidad) en 8 calles para determinar los efectos de esta práctica sobre el estado hídrico de la vid (Fig. 1). Esta operación se repitió a mediados de junio cuando el suelo estaba más húmedo debido a las lluvias registradas a finales de primavera.

El suelo es de textura franco-arenosa (62,9% arena, 23,2% limo y 13,9% arcilla), con un contenido medio en materia orgánica (1,97%) y pH básico (8,04). El  $\theta_s$  a capacidad de campo es 22,3% en volumen, mientras que  $\theta_s$  a una tensión de -1,5 MPa es 12,3% en



# XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

volumen. La capacidad de almacenamiento de agua en este suelo se estima en 145 mm para los primeros 80 cm de profundidad.

Para el período 2005-2022, la temperatura media anual es 8,4 °C, la precipitación y la evapotranspiración de referencia anuales ascienden a 462 y 1205 mm, respectivamente.



Figura 1. Calles del viñedo de estudio: cubierta vegetal (izquierda) y laboreo (derecha).

## 2.2 Monitorización del contenido de agua en el suelo y del potencial hídrico en la planta

Se instalaron dos conjuntos de sensores por tratamiento (laboreo y cubierta vegetal) para medir  $\theta_s$  (TEROS10, Meter Group Inc. Pullman, Washington, USA) a 10, 30 cm y 50 cm de profundidad en las filas de cepas. Los sensores se colocaron entre dos cepas, a una distancia aproximada de 40 cm del tronco de cada una. Se emplearon dataloggers (ZL6 Pro, Meter Group Inc. Pullman, Washington, USA) para registrar los datos.

Entre junio y septiembre, se tomaron medidas de  $\Psi_{\text{tallo}}$  en las dos cepas que se encuentran al lado de los sensores con el fin de correlacionarlas con los registros de  $\theta_s$ . Adicionalmente, se midió  $\Psi_{\text{tallo}}$  en otras 5 cepas por tratamiento para conocer el efecto de este sobre el estado hídrico de la vid. Las medidas se realizaron con una cámara de presión (Pump-Up, PMS Instruments Company, Albany, Oregón, USA) siguiendo las recomendaciones de Choné et al. (2001). Para ello, las hojas se envolvieron en bolsas zip cubiertas con papel de aluminio una hora antes de la medida. Se tomó una hoja sana y adulta del tercio medio del pámpano por cada cepa. La periodicidad de estas medidas fue mensual, realizándose en 4 fechas diferentes a lo largo del estudio.

## 2.3 Análisis de datos

En cada fecha de muestreo se verificó el efecto del manejo del suelo sobre el  $\Psi_{\text{tallo}}$  mediante un análisis de varianza. Las relaciones entre  $\theta_s$  y  $\Psi_{\text{tallo}}$  se determinaron mediante regresión lineal y cuadrática utilizando R versión 4.3.0 (R Core Team 2023).



# XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

### 3. Resultados

Durante el período de estudio (1 de junio a 1 de septiembre de 2023), la temperatura media en el viñedo de ensayo fue 24,5 °C (con una mínima absoluta de 10,7 °C y una máxima absoluta de 40,4 °C), la precipitación acumulada ascendió a 150,8 mm (129,8 mm registrados en junio) y la evapotranspiración de referencia alcanzó 583,9 mm.

La evolución de  $\Psi_{\text{tallo}}$  a lo largo de la campaña fue similar bajo las dos estrategias de gestión del suelo (Fig. 2), detectándose diferencias significativas tan solo a principios de agosto, cuando  $\Psi_{\text{tallo}}$  fue más negativo en el tratamiento con cubierta vegetal (Fig. 2).

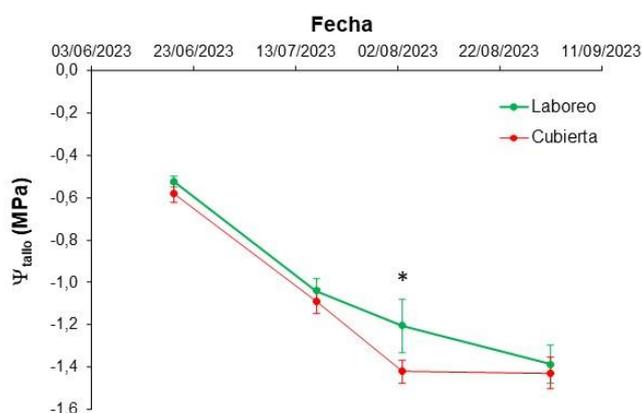


Figura 2. Evolución temporal del potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ) en cepas de la variedad 'Riesling' cultivadas bajo dos estrategias de gestión del suelo: laboreo y cubierta vegetal. El asterisco indica diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Los registros de  $\theta_s$  se correlacionaron significativamente con las medidas de  $\Psi_{\text{tallos}}$ , observándose el valor de  $r$  más elevado para la profundidad de 30 cm y el más bajo para la profundidad de 50 cm (Tabla 1). Las pendientes de las rectas de regresión apenas variaron en función de la estrategia de manejo del suelo (Fig. 3a). Cuando se combinan los datos de ambos tratamientos, una ecuación de segundo grado ofrece un coeficiente de determinación más elevado (Fig. 3b).

Tabla 1. Coeficientes de correlación lineal de Pearson obtenidos para los pares de datos de potencial hídrico de tallo a mediodía solar ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ) en vid y el contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta_s$ ) a tres profundidades. Se indica el p-valor de cada relación.

	$\theta_s$ 10 cm	$\theta_s$ 30 cm	$\theta_s$ 50 cm	$\theta_s$ 10 - 50 cm
$\Psi_{\text{tallos}}$	0,923	0,961	0,708	0,947
p-valor	< 0,001	< 0,001	0,01	< 0,001



# XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

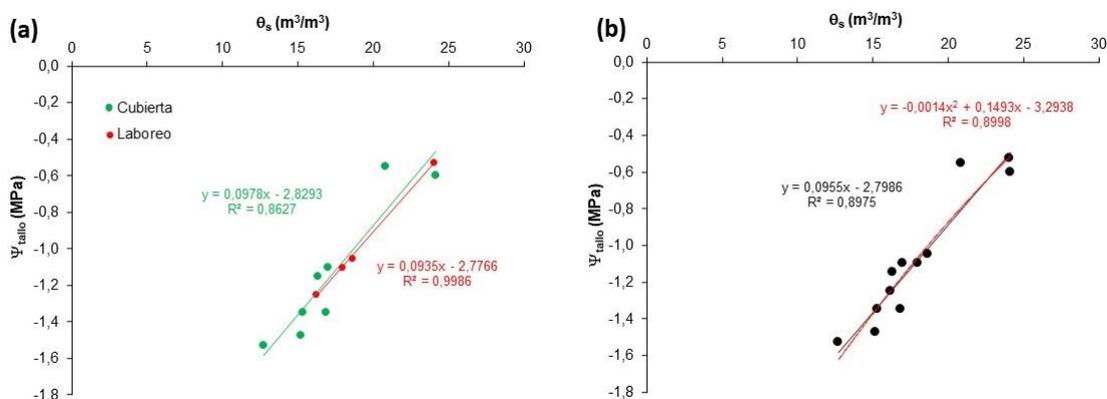


Figura 3. Relaciones entre el contenido de agua en el suelo ( $\theta_s$ ) promedio entre 10 y 50 cm de profundidad y el potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{tallo}$ ) en cepas de la variedad 'Riesling' cultivadas bajo dos estrategias de gestión del suelo: laboreo y cubierta vegetal. (a) Relaciones individualizadas por tratamiento de gestión del suelo y (b) relaciones generales con todos los datos disponibles.

## 4. Discusión

Bajo las condiciones de este estudio, la cubierta vegetal no provoca un estrés hídrico excesivo en la viña, ya que no se han apreciado diferencias significativas en los valores de  $\Psi_{tallo}$  entre las dos estrategias de gestión del suelo consideradas. Esto puede deberse a, por una parte, que se ha dejado libre de cubierta vegetal una zona debajo de la fila de cepas, donde se aloja la mayor parte del sistema radicular de la vid y, por otra parte, a que la viña capta el agua de capas más profundas del suelo a las que no alcanza el sistema radicular de la vegetación presente en la cubierta (Celette et al., 2008).

En este estudio, las medidas de  $\Psi_{tallo}$  se correlacionaron significativamente con  $\theta_s$ , siendo los valores de  $r$  más elevados cuando los registros se corresponden con los obtenidos a 30 cm de profundidad. Esto parece indicar que la mayor parte del agua captada por las raíces de la viña en este estudio procede de esa capa de suelo. Las relaciones obtenidas son lineales, al contrario que otros autores que observaron relaciones curvilíneas (Williams y Trout, 2005). Sin embargo, no siempre se ha podido detectar una relación significativa entre  $\theta_s$  y  $\Psi_{tallo}$  (Asenjo y Yuste, 2003), lo que parece estar debido a condiciones locales.

De acuerdo con la relación de la Fig. 3b, al 50% del volumen de agua disponible para la planta en este suelo ( $\approx 18\%$ ),  $\Psi_{tallo}$  sería  $-1,07$  MPa, por lo que, según van Leeuwen et al. (2009), la vid se encontraría sufriendo unas condiciones de estrés hídrico moderado.



# XVI SPANISH-PORTUGUESE SYMPOSIUM ON PLANT WATER RELATIONS NEW SOLUTIONS FOR ANCIENT CHALLENGES

Zaragoza 14-16 FEB 2024

## 5. Conclusión

En las condiciones de este ensayo, las medidas de  $\theta_s$  promediadas entre 10 y 50 cm de profundidad constituyen un indicador fiable de la disponibilidad de agua en el suelo y se encuentran estrechamente relacionadas con el estado hídrico del viñedo. Se ha observado que los registros a 30 cm de profundidad presentaron una correlación más estrecha con las medidas de  $\Psi_{\text{tallo}}$ , lo que sugiere que las raíces del viñedo extraen agua, fundamentalmente, de esta capa del suelo. Estos resultados ponen de manifiesto la enorme importancia de la elección de la profundidad a la que se instalan las sondas.

## Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT y ha sido financiado por MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1). Se agradece al gerente de la bodega Viñas del Vero por facilitar la realización de este trabajo en uno de sus viñedos.

## Referencias

- Asenjo JL, Yuste J (2003) Estimación del estado hídrico del suelo por tensiometría y volumetría y su relación con el estado hídrico del viñedo, *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*, 6, 177-180.
- Celette F, Gaudin R, Gary C (2008) Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping, *European Journal of Agronomy*, 29, 153-162.
- Choné X, van Leeuwen C, Dubourdieu D, Gaudillère JP (2001) Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status, *Annals of Botany*, 87, 477-483.
- Medrano H, Tomás M, Martorell S, Escalona JM, Pou A, Fuentes S, Flexas J, Bota J (2015) Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 499-517.
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>
- Rienth M, Scholasch T (2019) State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status, *OENO One*, 4, 619-637.
- van Leeuwen C, Trégoat O, Choné X, Bois B, Pernet D, Gaudillère JP (2009) Vine water status is a key factor in grapevine ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes?, *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 43, 121-134.
- Williams LE, Trout TJ (2005) Relationships among vine- and soil-based measures of water status in a Thompson Seedless vineyard in response to high-frequency drip irrigation, *American Journal of Enology and Viticulture*, 56, 357-366.