



Sociedad  
Española  
de **Ciencias  
Hortícolas**

**91**

**Octubre 2022**



# **ACTA DE HORTICULTURA**

**Comunicaciones Técnicas  
Sociedad Española de  
Ciencias Hortícolas**

## **IV Jornadas del Grupo de Viticultura**

**Editores:**

**Gonzaga Santesteban  
Nazareth Torres**

**26-28 de octubre 2022, Pamplona/Iruña**

## **SESIÓN 2. Ecofisiología vitícola: respuesta a estreses bióticos y abióticos**

### **Estimación del estado hídrico de la vid mediante un modelo de balance hídrico del suelo: Calibración y validación para la variedad Monastrell**

J.M. Mirás-Avalos <sup>1\*</sup>, E.P. Pérez-Álvarez <sup>2</sup>, D.S. Intrigliolo <sup>3</sup>

<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 (Aragón).

<sup>2</sup> Viticultura y Enología Aplicadas (VIENAP). Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV, CSIC-UR-GLR). Finca La Grajera, Ctra. de Burgos Km. 6 (LO-20 - salida 13), 26007, Logroño (La Rioja).

<sup>3</sup> Departamento de Ecología. Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE, CSIC-UV-GVA). Ctra. CV-315, km 10.7, 46113-Moncada, Valencia (Comunidad Valenciana).

\*J.M. Mirás-Avalos: [jmmiras@cita-aragon.es](mailto:jmmiras@cita-aragon.es)

#### **Resumen**

**El objetivo de este trabajo es calibrar y validar en la variedad Monastrell un modelo de balance hídrico del suelo que predice el potencial hídrico de tallo a mediodía ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ), indicador empleado para gestionar el riego de la vid (*Vitis vinifera* L.). El modelo requiere información sobre el suelo de la parcela y la plantación del viñedo, así como de la meteorología de la zona. Esta herramienta se calibró con datos de un viñedo de la variedad Monastrell localizado en Yecla (Murcia). La validación se llevó a cabo bajo diferentes regímenes hídricos durante dos campañas (2020 y 2021). La bondad de ajuste del modelo se cuantificó mediante: error absoluto (EA), error cuadrático medio relativo (ECMR) e índice de concordancia (d). Además, se correlacionaron los  $\Psi_{\text{tallo}}$  medidos y los simulados. El modelo se calibró satisfactoriamente (EA = 0,087 MPa; ECMR = 0,184 y d = 0,91), pero tendió a proporcionar valores más negativos que los medidos en campo, especialmente al inicio de la campaña. El modelo fue capaz de reproducir la evolución temporal del  $\Psi_{\text{tallo}}$  durante la campaña tanto bajo riego como seco. Si el usuario ajusta el modelo con la primera medida de  $\Psi_{\text{tallo}}$ , los indicadores de bondad de ajuste mejoran ostensiblemente (EA = 0,013 MPa, ECMR = 0,025 y d = 1). Por tanto, este modelo puede ser una herramienta útil para la gestión del riego en la variedad Monastrell.**

**Palabras clave:** Evapotranspiración, potencial hídrico de tallo, viticultura sostenible.

#### **INTRODUCCIÓN**

La toma de decisiones para una gestión eficiente del viñedo requiere considerar multitud de factores que determinan la producción y la calidad de la uva (Knowling et al., 2021). La disponibilidad de agua afecta en gran medida a la producción y a la composición de la uva, por lo que la gestión eficiente del riego es de extrema importancia para la viticultura, en especial bajo el contexto actual de cambio climático (Mirás-Avalos y Araujo, 2021). Para alcanzar un manejo eficiente del riego, se requiere la estimación precisa de las necesidades hídricas del viñedo. Sin embargo, determinar indicadores del estado hídrico del



viñedo es tedioso y caro, por lo que se necesitan herramientas fiables y sencillas para su estimación. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es calibrar y validar un modelo de balance hídrico para la variedad Monastrell; este modelo ofrece estimaciones del potencial hídrico de tallo al mediodía, uno de los indicadores para gestionar el riego más empleados en viticultura.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del viñedo experimental

Los datos experimentales se recogieron entre 2019 y 2021 en un viñedo privado de la variedad Monastrell (*Vitis vinifera* L.) injertada sobre 110-R, con un marco de plantación de  $2,7 \times 2,7$  m ( $1.372$  cepas  $\text{ha}^{-1}$ ). El viñedo se localiza en Yecla, Murcia, España ( $38^{\circ} 35,22'$  N,  $1^{\circ} 4,7'$  O, y  $558$  m sobre el nivel del mar). El suelo es de textura franco arcillo arenosa, calizo y con bajo contenido en materia orgánica ( $0,77$  %). El clima de la zona es mediterráneo continentalizado. El viñedo se regó de forma deficitaria siguiendo el criterio de los propietarios y una zona se mantuvo en secano. Los datos obtenidos en 2019 se utilizaron para calibrar el modelo, mientras que los de 2020 y 2021 se emplearon para validarlo. Semanalmente, se determinó el potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) al mediodía (11:30 a 12:30 h) en seis cepas representativas de cada tratamiento empleando una cámara de presión. Las hojas se introdujeron en bolsas de plástico cubiertas con papel de aluminio una hora antes de la medida.

### Datos de entrada

Los datos meteorológicos diarios necesarios para rodar el modelo (radiación solar, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa máxima y mínima, velocidad del viento, déficit de presión de vapor y evapotranspiración de referencia) se tomaron de la estación meteorológica gestionada por el Servicio de Información Agraria de Murcia (<http://siam.imida.es>) más próxima al viñedo de estudio (JU52, Pinillos). Se midieron las características del viñedo necesarias para operar el modelo: localización geográfica, altitud, orientación, marco de plantación y dimensiones del dosel vegetal (altura, anchura y proporción de huecos). Asimismo, se recopilieron datos sobre el suelo del viñedo: fracciones texturales, densidad aparente, contenido en materia orgánica y profundidad. Otros parámetros de entrada necesarios para describir los procesos de evaporación del agua desde el suelo y las integrales térmicas necesarias para alcanzar el crecimiento máximo del dosel vegetal se obtuvieron a partir de la bibliografía (Brisson y Perrier, 1991; Lebon et al., 2003).

### Descripción del modelo

El modelo de balance hídrico utilizado se basa en el publicado por Lebon et al. (2003), que considera la evaporación directa del agua desde el suelo y la transpiración de las cepas de manera independiente, expresándose todos los flujos de agua en mm. El modelo se inicia con el suelo a capacidad de campo y el contenido de agua en el suelo se actualiza diariamente, calculando el agua transpirable en el suelo ( $\text{TSW}_d$ ) restante como:

$$\text{TSW}_d = (\text{TSW}_{d-1} + P_d - \text{ES}_d - \text{TV}_d) \quad (1)$$

Donde:  $\text{TSW}_{d-1}$  es el agua transpirable que permanece en el suelo desde el día anterior,  $P_d$ ,  $\text{ES}_d$  y  $\text{TV}_d$  son, respectivamente, la precipitación, la evaporación directa de agua desde el suelo y la transpiración de la cepa en el día de cálculo.

La transpiración de la cepa está relacionada con la radiación global absorbida por el dosel vegetal, que se calcula a partir de las dimensiones del dosel y las características de la plantación de acuerdo con Riou et al. (1989). El efecto del estrés hídrico sobre la transpiración de la cepa se simula con una función bilineal (Lebon et al., 2003). La



evaporación directa de agua desde el suelo se estima con el modelo propuesto por Brisson y Perrier (1991).

A partir de este balance hídrico se calcula el potencial hídrico foliar antes del amanecer ( $\Psi_{\text{alba}}$ ), que se transforma en  $\Psi_{\text{tallo}}$  empleando una relación obtenida a partir de datos de ocho variedades de vid españolas ( $n = 392$ ,  $R^2 = 0,5987$ ):

$$\Psi_{\text{tallo}} = 1,1523 \times \Psi_{\text{alba}}^2 + 2,7327 \times \Psi_{\text{alba}} - 0,2175 \quad (2)$$

### Análisis estadístico

Las relaciones entre valores de  $\Psi_{\text{tallo}}$  observados y simulados se evaluaron mediante regresión lineal, empleando el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson. La bondad de ajuste de las salidas del modelo se evaluó mediante tres indicadores (Yang et al., 2014): error absoluto (EA), error cuadrático medio relativo (ECMR) e índice de concordancia (d).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una correlación significativa entre valores de  $\Psi_{\text{tallo}}$  medidos y simulados para el conjunto de datos de calibración (regadío en 2019), el EA fue inferior al 10% y  $d$  fue elevado (Tabla 1). A pesar de cierta falta de precisión, la representación de la dinámica temporal de los valores de  $\Psi_{\text{tallo}}$  (Fig. 1a) es adecuada, aunque el modelo tiende a proporcionar valores más negativos hacia finales de campaña. En cuanto a la validación del modelo, las estimaciones de  $\Psi_{\text{tallo}}$  mostraron un elevado nivel de concordancia con los datos observados (Tabla 1). Sin embargo, los indicadores de bondad de ajuste presentaron una gran variabilidad dependiendo del escenario simulado (Tabla 1). Así, “ $r$ ” varió entre 0,97 y 0,99, EA entre -0,18 y 0,12 MPa, ECMR entre 0,03 y 0,33, y  $d$  entre 0,84 y 1. Las discrepancias entre valores medidos y simulados pueden deberse a varios factores como el empirismo de algunas rutinas (cálculo del potencial hídrico de la vid a partir del contenido de agua en el suelo) y la necesidad de una parametrización más precisa del modelo, especialmente el cálculo de la radiación interceptada por el dosel vegetal (Riou et al., 1989) y la evaporación de agua desde el suelo (Brisson y Perrier, 1991). A pesar de estas discrepancias, el modelo proporcionó estimaciones fiables de  $\Psi_{\text{tallo}}$  para la variedad Monastrell bajo las condiciones de estudio, especialmente cuando se ajustó con el primer valor de  $\Psi_{\text{tallo}}$  medido durante la campaña (Fig. 1b). Además, el modelo presenta ventajas para su uso práctico en la toma de decisiones para la gestión de viñedos con respecto a otros modelos (Knowling et al., 2021).

En conclusión, se calibró y validó un modelo de balance hídrico para estimar el  $\Psi_{\text{tallo}}$  en la variedad Monastrell. El modelo fue capaz de estimar satisfactoriamente la dinámica de  $\Psi_{\text{tallo}}$  bajo diferentes regímenes hídricos. El ajuste del modelo utilizando el valor medido de  $\Psi_{\text{tallo}}$  a inicios de campaña proporcionó unas estimaciones muy precisas. Por lo tanto, este modelo podría convertirse en una herramienta útil para gestionar el riego en el viñedo y llevar a cabo zonificaciones en función del estado hídrico esperado. En el caso de que en el viñedo objetivo existiese una zonificación debida a diferentes características del suelo, conociéndose estas, el modelo puede rodarse independientemente para cada zona, obteniendo estimaciones más precisas del estado hídrico del viñedo, al considerar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto (PDC2021-121210-C21) financiado por MICIN/AEI



## REFERENCIAS

- Brisson, N. y Perrier, A. 1991. A semiempirical model of bare soil evaporation for crop simulation models. *Water Resour. Res.* 27(5):719-727.
- Knowling, M.J., Bennett, B., Ostendorf, B., Westra, S., Walker, R.R., Pellegrino, A., Edwards, E.J., Collins, C., Pagay, V. y Grigg, D. 2021. Bridging the gap between data and decisions: A review of process-based models for viticulture. *Agric. Syst.* 193:103209.
- Lebon, E., Dumas, V., Pieri, P. y Schultz, H.R. 2003. Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance in vineyards. *Funct. Plant Biol.* 30:699-710.
- Mirás-Avalos, J.M. y Araujo, E.S. 2021. Optimization of vineyard water management: Challenges, strategies, and perspectives. *Water* 13(6):746.
- Riou, C., Valancogne, C. y Pieri, P. 1989. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne – vérification expérimentale. *Agronomie* 9:441-450.
- Yang, J.M., Yang, J.Y., Liu, S. y Hoogenboom, C. 2014. An evaluation of the statistical methods for testing the performance of crop models with observed data. *Agric. Syst.* 127:81-89.

## Tablas

Tabla 1.- Indicadores de bondad de ajuste del modelo de balance hídrico del viñedo para cada escenario considerado en este estudio. Abreviaturas: r = coeficiente de correlación de Pearson; EA = Error absoluto; ECMR = Error cuadrático medio relativo; d = índice de concordancia. Las unidades son MPa excepto para r y d, que son adimensionales. El asterisco indica que el modelo se ajustó con la primera medida en campo de potencial hídrico.

Año	Tratamiento	Indicadores de bondad de ajuste				
		Ecuación	r	EA	EMCR	d
2019	Regadío	$Y = 0,9277x$	0,98	0,087	0,184	0,91
2020	Secano	$Y = 1,1953x$	0,98	-0,166	0,296	0,89
	Regadío	$Y = 1,2224x$	0,97	-0,183	0,330	0,84
2021	Secano	$Y = 0,9153x$	0,99	0,119	0,135	0,99
	Secano *	$Y = 1,0149x$	0,99	-0,014	0,075	1,00
	Regadío *	$Y = 0,9823x$	0,99	0,013	0,025	1,00

## Figuras

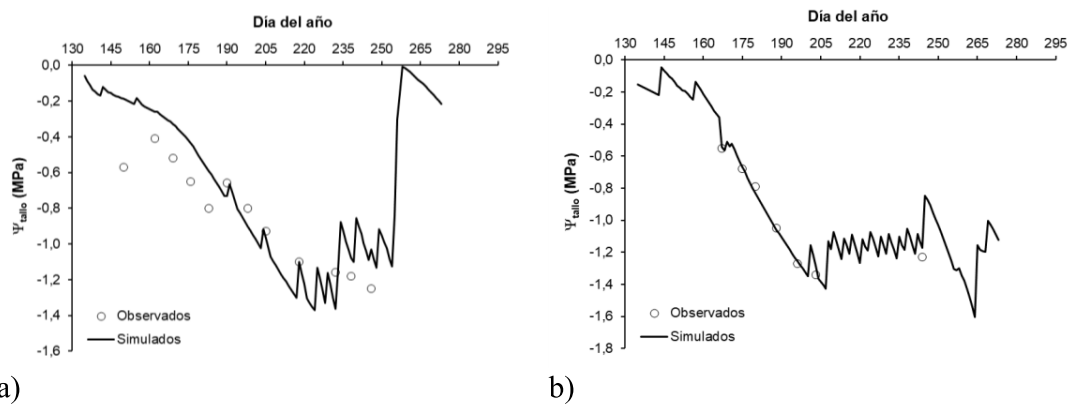


Fig. 1. Evolución temporal de los valores observados y simulados de potencial hídrico de tallo a mediodía ( $\Psi_{\text{tallos}}$ ) para la variedad Monastrell bajo condiciones de regadío en Yecla en 2019 (a) y 2021 (b).