

# Unas pocas palabras sobre el potencial hídrico foliar de la vid

>>> La mayoría de los viñedos son cultivados con un suministro de agua limitado, lo que acarrea consecuencias para la fisiología de la vid, el crecimiento de las bayas y la composición/calidad versus estilo de vino. Evaluar el estado hídrico de la parra es crucial para entender el funcionamiento de esta y para optimizar las estrategias de mitigación de sequías, tales como el riego. En este sentido, los métodos de potencial hídrico foliar, en particular los potenciales hídricos pre-amanecer y de tallo, son relevantes para cuantificar el estado hídrico de la parra, y generalmente se utilizan como referencia para calibrar otros métodos y/o para el riego de precisión. <<<

## ■ Potencial hídrico foliar, una herramienta para evaluar el estado hídrico de la parra

Entre las herramientas disponibles para medir el estado hídrico de la parra<sup>1</sup>, el método del potencial hídrico usando una cámara de presión (Figura 1) ha sido el método estándar en investigación y desarrollo. También ha sido de gran utilidad para calibrar otras tecnologías, con el fin de evaluar el estado hídrico de la parra o del suelo, incluyendo los sensores de humedad del suelo, sensores de flujo de savia, instrumentos infrarrojos, etc. Se han establecido umbrales de referencia contundentes para determinar el estado hídrico de la parra, principalmente a través del potencial hídrico foliar pre-amanecer (PHFP)<sup>2</sup> y del potencial hídrico de tallo (PHT)<sup>3,4</sup>. Las fuertes relaciones entre el potencial hídrico foliar, el estado hídrico del suelo y el funcionamiento de la planta explican por qué la medición del estado hídrico de la planta (duración e intensidad del déficit hídrico) es tan importante a lo largo de todos los estados fenológicos<sup>5,6,7</sup>. No obstante, esta herramienta, confiable y validada, depende del muestreo apropiado a nivel de parcela.

## ■ Los tres potenciales hídricos foliares (PHFP, PHFM y PHT)

Los potenciales hídricos foliar pre-amanecer, foliar a mediodía y de tallo (respectivamente, PHFP, PHFM y PHT) se miden en hojas arrancadas, utilizando una cámara de presión, siguiendo una técnica descrita por Scholander (1965)<sup>8</sup>. El método consiste en aplicar presión a las hojas con un gas inerte. El potencial hídrico se estima en base a la presión requerida para forzar la salida de la savia del xilema desde las células mesófilas. Mientras más grande sea la presión requerida para exudar la savia del xilema por el pecíolo, más negativo es el potencial hídrico foliar (figura 2). Los potenciales hídricos de tallo y foliar pre-amanecer se expresan en bar o en MPa, siempre como valores negativos.

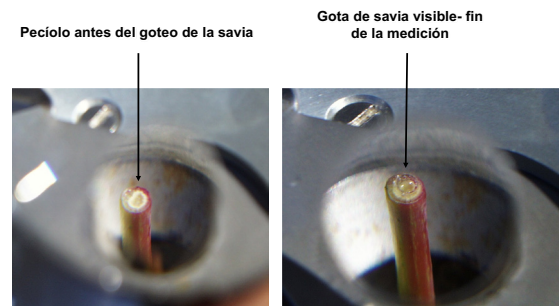
### → Potencial hídrico foliar pre-amanecer (PHFP)

El método de referencia usado en la actualidad para referirse al estado hídrico de la vid es la medición del potencial hídrico pre-amanecer (PLWP;  $\psi_{phfp}$ ), el cual se realiza de una a dos horas antes de la salida del sol, cuando el estado hídrico de la vid está en su punto máximo.



**Figura 1.** Ejemplo de cámara de presión usada para medir el potencial hídrico foliar (foto de A. Deloire, Sudáfrica).

Las mediciones del potencial hídrico pre-amanecer presentan la ventaja de ser estables, independientes de las condiciones climáticas, y altamente relacionadas con el estado hídrico del suelo en las vecindades de las raíces. Los valores umbrales para el PHFP han sido propuestos por Carbonneau (1998)<sup>2</sup>, lo que facilita la evaluación del grado de déficit hídrico experimentado por la planta (tabla 1). Estos valores son el resultado de más de 20 años de observaciones en numerosos viñedos y para diferentes cultivares. El PHFP es la referencia para la mayoría de los cultivares en interacción con la unidad de terroir. Se debe considerar, pero, que las mediciones de PHFP pueden conducir a una subestimación del déficit hídrico en viñedos con una capacidad de retención hídrica muy baja, y aquellos con riego por goteo.



**Figura 2.** El potencial hídrico foliar se determina a partir de la presión requerida para forzar la salida de savia del xilema desde las células mesófilas de una hoja arrancada, usando un gas inerte. Cuando la gota de savia del xilema es visible en la superficie del pecíolo, se finaliza la medición y se lee la presión en el manómetro. La medición dura unos pocos segundos.

De hecho, las mediciones de PHFP después de un evento de riego breve pueden sugerir una humedad del suelo adecuada, a pesar de que la mayoría de la zona radicular se enfrente a condiciones de sequedad, resultando así en un declive rápido e inesperado del estado hídrico de la parra. La tabla 2 provee una guía de las respuestas fisiológicas de la parra y de la maduración de las bayas a medida que el PHFP disminuye.

**Tabla 1.** Potencial hídrico foliar pre-amanecer y estado hídrico de la vid<sup>2</sup>. Las respuestas fisiológicas y bioquímicas de la parra a estos umbrales dependerán del cultivar, el estado fenológico y la duración del déficit hídrico (1 bar = 0,1 MPa = 100 KPa).

Clases	Potencial hídrico foliar pre-amanecer ( $\psi_{phfp}$ , MPa)	Nivel de privación de agua o estrés
1	0 MPa $\geq \psi_{phfp} \geq -0,3$ MPa	Sin déficit hídrico
2	-0,3 MPa $> \psi_{phfp} \geq -0,5$ MPa	Déficit hídrico suave a moderado
3	-0,5 MPa $> \psi_{phfp} \geq -0,8$ MPa	Déficit hídrico moderado a severo
4	$< -0,8$ MPa	Déficit hídrico severo a alto (=estrés)

**Tabla 2.** Valores umbral del potencial hídrico foliar pre-amanecer ( $\Psi_{\text{phfp}}$ , MPa) posibles consecuencias para el funcionamiento de la parra. Debe notarse que los valores umbral pueden variar según los diferentes cultivares de vid<sup>1</sup>.

$\Psi_{\text{phfp}}$ (MPa)	Periodo vegetativo	Fotosíntesis	Desarrollo de la baya	Maduración de la uva
0 a -0,3	normal	normal	normal	normal
-0,3 a -0,5	reducido	normal a reducida	normal a reducido	normal o estimulada
-0,5 a -0,8	reducido a inhibido	reducida a inhibida	reducido a inhibido	reducida a inhibida
< -0,8	inhibido	inhibida	inhibido	reducida a inhibida

### → Potencial hídrico foliar a mediodía (PHFM)

El potencial hídrico foliar a mediodía (PHFM) es una medición del estado hídrico de la planta durante el día. Es un método que permite la medición de una respuesta hídrica a corto plazo (por ejemplo en un rango horario) de la reacción de la parra con respecto a un cambio en la absorción radicular de agua y la transpiración foliar (interacción contenido hídrico del suelo x demanda meteorológica x transpiración foliar x cultivar/portainjerto). La medición del potencial hídrico foliar a mediodía no se recomienda como ayuda al soporte para la toma de decisiones en horarios de riego, puesto que es altamente sensible a las fluctuaciones del microclima que rodea a las hojas.

### → Potencial hídrico de tallo (PHT)

El potencial hídrico de tallo se mide en hojas que son envueltas con una lámina de plástico y papel de aluminio por al menos 30 minutos antes de la medición. El empaquetado de las hojas previene su transpiración y su potencial hídrico alcanza el equilibrio con el potencial hídrico en los tallos. La medición del potencial hídrico de tallo es una manera de obtener un indicador más integral en comparación al potencial hídrico a medio día, y es menos propenso al microclima de las hojas. No obstante, los valores del potencial hídrico de tallo están altamente correlacionados con la demanda meteorológica y el flujo de transpiración global de la planta<sup>3</sup>. El potencial hídrico de tallo se mide generalmente entre las 13:30 y las 15:30, cuando el estado hídrico de la planta está en su mínimo. Se ha observado que el potencial hídrico de tallo es más estable a lo largo del tiempo y a través de los sarmientos o la canopia que el potencial hídrico foliar a mediodía. También es más sensible a los déficits de agua suaves o a los déficits de agua en suelos con una humedad heterogénea (en interacción con el enraizado de la parra) que la medición del potencial hídrico pre-amanecer<sup>3</sup>. Las relaciones entre el PHT y el PHFP son más lineales a partir de -0,6 a -0,8 MPa de PHFP, pero el PHT es difícil de interpretar más allá de un cierto nivel de déficit hídrico ( $\Psi_{\text{SWP}} < -1.4$  MPa) a medida que se cierran los estomas. Aún así, la tabla 3 entrega algunos valores de referencia útiles para la mayoría de los cultivares y unidades de terroir<sup>4</sup>.

**Tabla 3.** Potencial hídrico de tallo (medido entre las 13:30 y las 15:30), y posible relación con el nivel de déficit hídrico de la parra. La tabla propone umbrales para la mayoría de los cultivares y unidades de terroir. Sin embargo, las recomendaciones deben ser consideradas en el contexto del tipo de suelo, profundidad y contenido hídrico, prácticas agrícolas, clima y cultivares.

Clase	PHT ( $\Psi_{\text{PHT}}$ , MPa)	Nivel de déficit hídrico de la parra
1	$\geq -0,6$	Sin déficit hídrico
2	-0,7 a -1,1	Déficit hídrico suave a moderado
3	-1,2 a -1,6	Déficit hídrico moderado a severo (según el cultivar)
4	< -1,6	Déficit hídrico severo a alto (estrés)

## ■ Gestión operacional del viñedo usando PHFP y PHT

El estado hídrico recomendado para la parra de acuerdo a los estados fenológicos basados en los PHFP y PHT

son: desborre-floración: clase 1; cuajado-envero: clases 1 a 2; envero-vendimia: clases 1 a 3, dependiendo del rendimiento deseado y del estilo de vino. La clase 4 debiese ser evitada, ya que puede acarrear daños a la planta y a sus células. Para la gestión operacional de los viñedos usando datos de potenciales hídricos medidos con cámara de presión, varios factores deben ser considerados, i.e. (a) la diversidad y heterogeneidad del terreno; (b) el tiempo que llevó ejecutar las mediciones (1-2 minutos por hoja y 4-6 hojas para una medida promedio; el número de mediciones por terreno es variable de acuerdo a la heterogeneidad de la situación); (c) el tamaño del viñedo (tiempo necesario para trasladarse entre terrenos); (d) los potenciales hídricos foliares pre-amanecer se efectúan justo antes de la salida del sol, lo que limita el tiempo de muestreo; y (e) las precipitaciones el día antes de la medición, o temperaturas extremas (e.g. ola de calor) durante el día de la medición, probablemente influenciarán los resultados del potencial hídrico foliar.

## ■ El mensaje final

Los potenciales hídricos de tallo y foliar se usan en muchos países vitícolas para manejar el riego y para adaptar la irrigación a un cultivar específico. Es un método útil para el riego de precisión con la finalidad de ahorrar agua. El PHFP y el PHT son indicadores fisiológicos clave del estado hídrico de la parra y representan la base para la calibración de otras herramientas de ayuda a la toma de decisiones (sensores de flujo de savia, termómetros IR, sondas de humedad del suelo...). También proveen métodos para entender la fisiología de la parra y la composición de las bayas en relación al estado hídrico de la vid. La disponibilidad de agua, que afecta el estado hídrico de la parra y por lo tanto el funcionamiento-fisiología de la vid, la composición de las uvas y el estilo/calidad del vino, es el resultado del suelo (tipo, profundidad y manejo) y del clima (demanda meteorológica y precipitaciones). La disponibilidad de agua es, en otras palabras, un factor abiótico crucial en regiones vinícolas en las que no se riega. ■

Alain Deloire<sup>1</sup>, Anne Pellegrino<sup>1</sup>, Suzy Rogiers<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup> Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France  
<sup>2</sup> NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

1 Rienth M., Scholasch T., 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status, *OENO One*, 4, 619-637.

2 Carbonneau A. 1998. Qualitative aspects, 258 – 276. In. Proc. XX-Vllth World Congress of Vine and Wine, Bratislava. *Traité d'irrigation*, Tiercelin J.R., Lavoisier Tec et Doc ed., 1011 p.

3 Choné X., van Leeuwen C., Dubourdieu D. & Gaudillère J.P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87 (4), 477-483.

4 Deloire A., Heyns D., 2011. The Leaf Water Potentials: Principles, Method and Thresholds. *Wineland*, 119-121, September 2011.

5 Van Leeuwen C. & Seguin G. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (Vitis vinifera variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 28, (2), 81-110.

6 Pellegrino, A., Lebon, E., Voltz, M., Wery, J., 2004. Relationships between plant and soil water status in vine (Vitis vinifera L.). *Plant Soil* 266, 129-142.

7 Deloire A., Ojeda H., Zebic O., Bernard N., Hunter J.J., Carbonneau A., 2005. Influence of grapevine water status on the wine style, *Le Progrès Agricole et Viticole*, 2005, N° 21, 455 – 462.

8 Scholander P. F., Hammel H. T., Brandstreet E. T. & Hemmingsen E. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.