



# Enología 2.015

Innovación vitivinícola

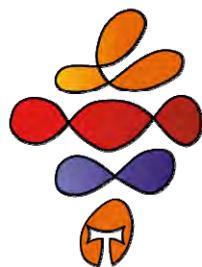


GIENOL  
Grupos de  
investigación  
enológica

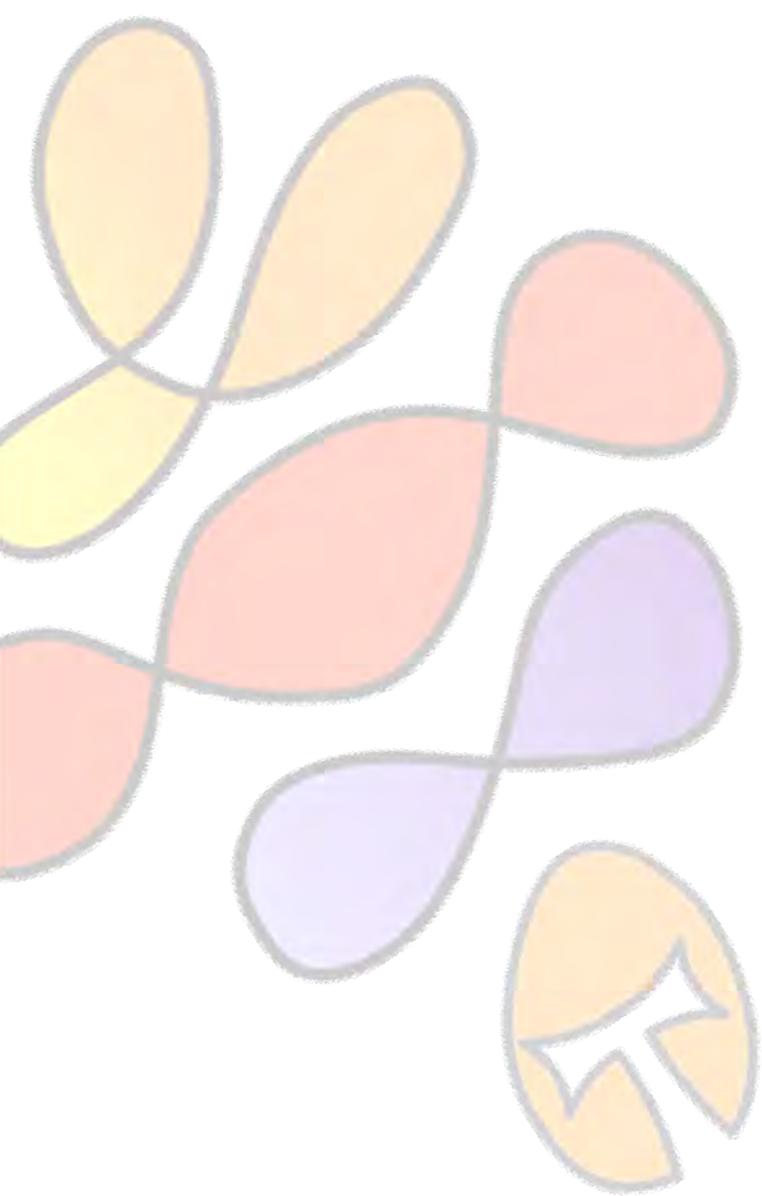


# Enología2.015

Innovación vitivinícola



**GIENOL2.015**  
Grupos de  
investigación  
enológica



**EDITORES:**

Josep Guasch i Torres  
Olga Busto Busto  
Montserrat Mestres i Solé  
Laura Aceña Muñoz  
Jaume Capdevila i Aranda

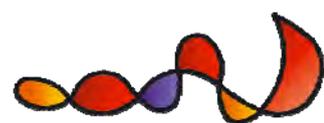
**DISEÑO Y MAQUETACIÓN:**

Alba Valls Trepas  
Eva Borràs Iglesias  
Sergi Fernández Pascual  
Jaume Capdevila i Aranda

Segunda edición: septiembre 2015

ISBN: 978-84-8424-378-6

Servei de Publicacions de la URV  
Campus Centre · Av. Catalunya, 35 · 43002 Tarragona  
<http://www.publicacionsurv.cat/>



## **PRÓLOGO**

Pocos frutos hay tan agradecidos como la uva. Pocos productos acompañados del misterioso encanto del vino al que da lugar. Cada proceso es original. Cada copa, la culminación del trabajo de un equipo de personas implicado en la consecución de un alimento clave para nuestro mediterráneo país.

De la cepa a la copa. Este libro recoge el amplio y significativo elenco de estudios recientemente realizados por los grupos de investigación de la red GIENOL. Estudios estratégicos en una coyuntura económica que ha conducido, necesariamente, a la optimización de los respectivos enfoques de viticultores, enólogos e investigadores, en aras de conseguir que los vinos españoles hagan gala de serlo en un mercado internacional cada vez más competitivo.

Confiamos en que el lector satisfaga su interés por conocer en qué trabajamos en la Red GIENOL para contribuir a la mejora de la calidad de uno de nuestros alimentos más emblemáticos, desde los tiempos de Noé.

Olga Busto Busto

# VISUALIZACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LA HUMEDAD DE LA MADERA DE LAS BARRICAS DE ROBLE DURANTE LA CRIANZA DE VINOS

**Roberto Martín, Sara Hernández, María del Álamo-Sanza, Ignacio Nevares**

Universidad de Valladolid, UVaMOX, ETS Ingenierías Agrarias (Avda. Madrid, 44, 34001 Palencia, España)

[inevares@iaf.uva.es](mailto:inevares@iaf.uva.es)

## RESUMEN:

Este trabajo presenta los primeros resultados del desarrollo de un dispositivo que reproduce el escenario bodega y que permite visualizar el avance del frente de humedad en la madera, durante el proceso de envejecimiento. Para ello se ha medido la variación del pH de la madera con un sistema de medida equipado con sensores luminiscentes que permiten trabajar de forma no destructiva y no invasiva. La relación entre la modificación del pH de la madera y su humedad permite visualizar el proceso de impregnación de la madera durante el envejecimiento.

**Palabras clave:** humedad, pH, madera, sensor óptico

## 1. Introducción

Las especies de roble *Quercus petraea* y *Quercus alba* son utilizadas en tonelería por sus características físico-mecánicas. Una diferencia importante entre estas dos especies es la permeabilidad a los fluidos, que está condicionada por la presencia de tilos, menos abundantes y de paredes más finas en el roble francés que en el americano, lo que condiciona el corte en hendidura de los primeros. Durante el envejecimiento de vinos en barricas, la madera se va humectando provocando cambios en su permeabilidad a los fluidos (1).

En este trabajo se ha estudiado la evolución de la humedad de la madera durante el envejecimiento mediante el control de la variación de su pH de manera no invasiva ni destructiva. Para ello, se ha diseñado y construido un dispositivo que reproduce el escenario bodega, provisto de sensores luminiscentes con un indicador sensible a la cantidad de hidrogeniones. La evaluación se ha realizado mediante el análisis ratiométrico de la imagen que se obtiene dividiendo la intensidad aportada por el canal de medida y el de referencia, lo que permite establecer una medida relativa para contrarrestar interferencias. El sistema desarrollado ha permitido visualizar como se producía el aumento de la humedad de la madera desde el lado en contacto con el líquido hasta su interior. También se ha visualizado como el avance del frente de agua libre disuelve las sustancias de la madera modificando el pH. Estas sustancias extraídas con carácter ácido provocan la disminución del pH, tanto de la madera como del líquido, lo que permite de forma indirecta conocer la humedad de la madera.

## 2. Material y métodos

**Maderas.** Suministradas por la tonelería Duero (Aranda de Duero, Burgos) de *Q. petraea* con tostado medio. Se han mantenido en la sala de barricas con  $15 \pm 1$  °C y un  $85 \pm 2$  % de humedad relativa.

**Humedad de la madera.** Se han mantenido maderas de ambos tipos en 9 ambientes con diferente humedad relativa para alcanzar diferentes 9 niveles de humedad de equilibrio de la madera entre el 2,4 y el 24,1 %, confirmando su humedad relativa según la norma (EN13183-1).

**pH de la madera por método óptico.** El equipo de medida ha sido facilitado por la empresa Presens GmbH, equipado con un sensor (SF-HP5R), una cámara VisiSens DU02, y el software VisiSens A2 para la adquisición y tratamiento de imágenes. El equipo fue previamente calibrado empleando diferentes soluciones tampón de pH 3 a 5. La medida ha sido realizada en un dispositivo especialmente diseñado y construido que reproduce las condiciones de barrica.

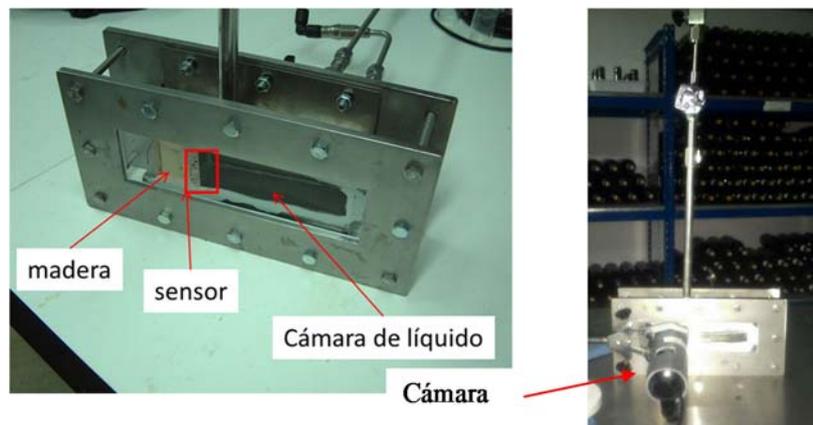


Figura 1. Dispositivo para realizar el seguimiento de la humedad de madera.

### 3. Resultados

**Medida del pH de la madera.** En el momento de llenado de la celda, el pH de la disolución era de 5. En la imagen figura 2, la línea verde separa la madera de roble (izquierda) y la disolución (derecha), se observa que el agua que está en contacto con la madera tiene unos colores naranjas, pH entre 2,5-3,1. El primer milímetro de madera también tiene colores naranjas, pero a partir de ese punto su pH es más bajo, predomina el color rojo (pH=1,9-2,5). Transcurridas 8 horas el frente de humedad alcanza el primer milímetro. Al tratarse de roble francés el avance de la humedad sigue siempre el radio medular. El pH hasta 1 mm esta entre 3,8 y 4,4. A partir de ahí hasta el 1,5 mm el pH es de 2,5 a 3,1 y el resto de la madera tiene un pH de 1,3 a 2,5. (figura 3).

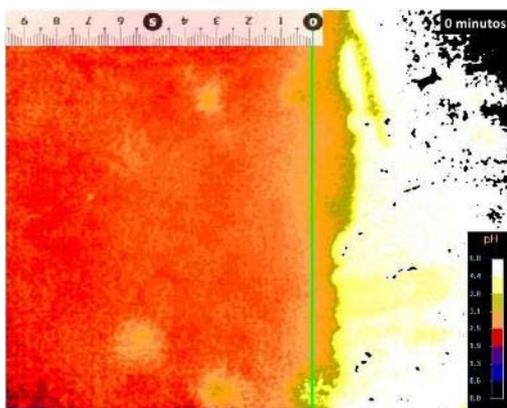


Figura 2

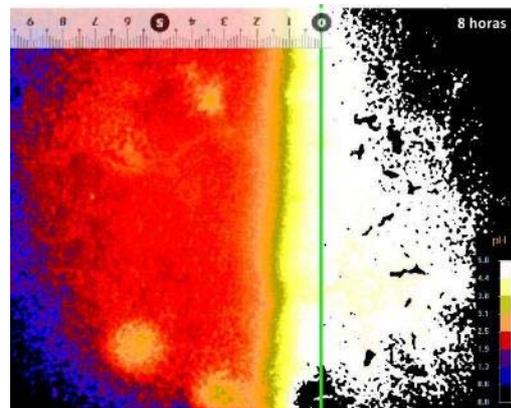


Figura 3

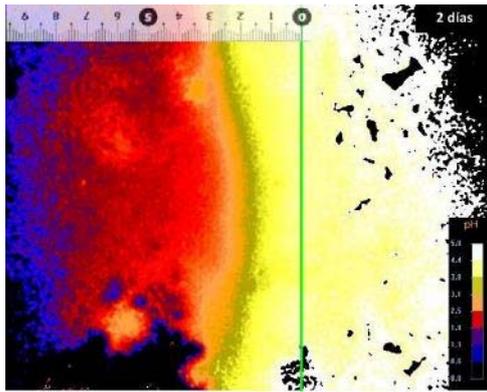


Figura 4

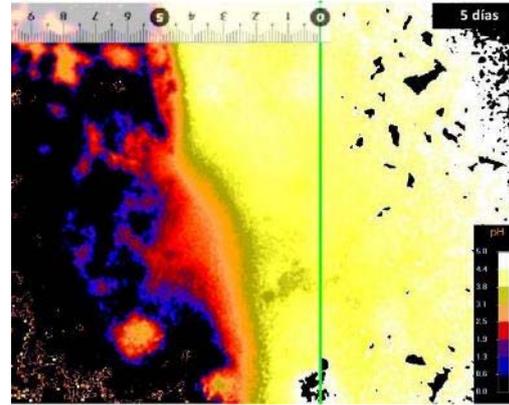


Figura 5

A los 2 días (figura 4) se observa que la disolución ha penetrado hasta los 3 mm de profundidad dominados por colores amarillos, pH 3,8 a 4,4. El pH del frente de humedad tiene colores más verdosos, pH=3,1. La madera después del frente de humedad está entre 2,5-3,1. En el resto de la madera se observa una gran diferencia con la imagen anterior, ya que esta tiene colores más rojizos (pH=1,9-2,5) y más azules (pH=0,6-1,3). Al disolver los compuestos de la madera su pH disminuye. Tras 5 días el frente de humedad alcanza los 5 mm, siguiendo el radio medular y por ello en la zona inferior el frente solo ha penetrado 2 mm. En la imagen se observa que no solo el pH de la madera ha cambiado, también el de la disolución, disminuyendo hasta valores de 3,8. El pH de los 5 mm de madera y el de la disolución es el mismo (figura 5).

Relación entre la humedad y el pH. La relación entre la variación del pH de la madera y su humedad puede ser empleada para medir la impregnación de la madera en contacto con un líquido. Por ello, se ha realizado una calibración del sistema con trozos de la misma madera sometida a 6 distintas humedades a los que se han realizado cinco medidas fotografías y se ha realizado un análisis ratiométrico. La calibración se ha aplicado a las imágenes previamente realizadas obteniéndose entonces la escala de humedad comprendida entre 1 y 25%, que es el punto de saturación de la fibra en las condiciones de trabajo.

En la figura 6 se observa que la humedad de la madera en el frente de humedad tiene color verdoso %H=15. En el primer milímetro la humedad es de 12%. El agua está penetrando por los poros de la madera y su pH el primer milímetro es de 2,5. Se observa el frente de humedad ha avanzado 1 mm siguiendo el radio medular, al tratarse de roble francés, en el frente la humedad esta entre 15-18% (figura 7). A medida que el frente de humedad avanza el pH de la madera pasa de las tonalidades naranjas (pH=2,5) del principio a colores rojizos (pH=1,9) (figura 8).

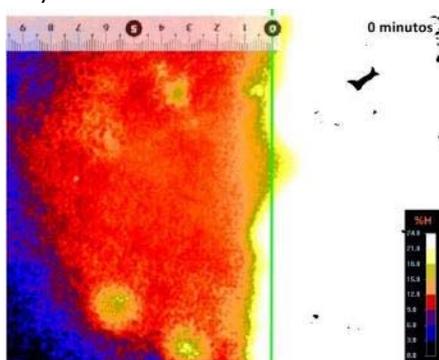


Figura 6

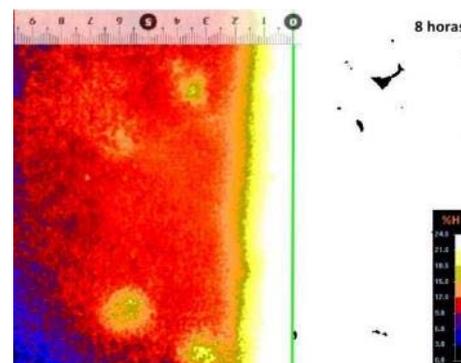


Figura 7

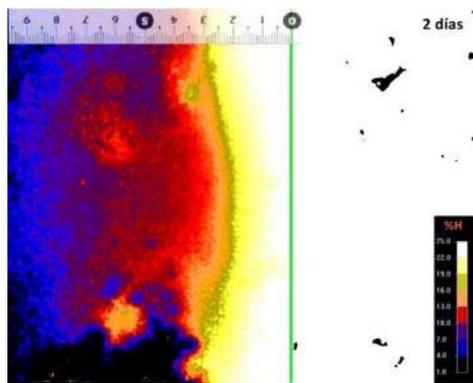


Figura 8

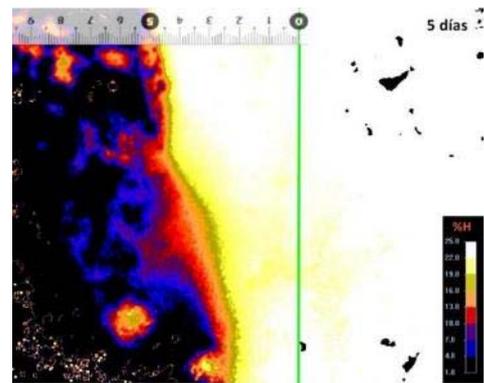


Figura 9

A los dos días el frente de humedad llega hasta los 2-3 mm, con una humedad entre 18-21% y un pH =4,4. Entre los 3 y 4 mm la humedad es de 9-12% con un pH 2,5-3,1. A partir de los 5 mm de espesor predomina la coloración morada y azul, una humedad mucho más baja 3-6%. Después de 5 días (Figura 9) el frente de humedad ha alcanzado los 4-5 mm aproximadamente (%H= 21-24%). Cuando nos alejamos hacia el interior de la madera adquiere tonalidades rojizas (%H=12%) y empiezan a aparecer los tonos azulados (%H=4-7). El pH de la madera también empieza a adquirir tonos azules en los últimos milímetros (pH=0,6)

#### 4. Conclusiones

Se ha observado que a medida que la humedad de la madera aumenta debido a su contacto con el líquido en una de sus caras, el frente de agua libre avanza y disuelve compuestos de la madera. Estas sustancias extraídas con carácter ácido provocan la disminución del pH, tanto de la madera como del líquido. En la madera francesa se observa que el avance de la humedad está muy influenciado por la geometría estructural de la madera y es paralelo al radio medular. El mayor avance de la humedad se produce en las primeras 8 horas, después aumenta más lentamente, encontrándose que tras 5 días el frente ha alcanzado un máximo de 5-6 mm. El sistema puesto a punto se comporta razonablemente bien, ya que las correlaciones entre el pH y el contenido en humedad de la madera son buenas.

El aspecto más relevante es la capacidad del sistema para conocer el alcance del frente con un nivel de humedad, por encima de su punto de saturación de la fibra a partir del que empieza a haber agua libre dentro de la madera, de forma no destructiva, valores que por otro lado están en el límite de medida de los sistemas resisivos o capacitivos.

#### 5. Bibliografía

1. del Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. 2014. Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8892-8899.
2. Sara Hernández. 2014. Medida del grado de humectación de la madera mediante el control de la variación de su pH. TFG-Universidad de Valladolid.

#### 6. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Tonelería Duero, a la JCyL (VA124U14) y al MINECO (AGL2011-26931 y AGL2014-54602-P) por la ayuda recibida.