



Cuantificación e identificación de los fenómenos de transferencia de oxígeno a través de la barrica

Yang Qiu¹, Soizic Lacampagne¹, Marie Mirabel², Martine Mietton-Peuchot¹, Rémy Ghidossi¹

¹ Université de Bordeaux/ISW/Unité de recherche CEnologie EA 4577/USC 1366/Inra/Bordeaux INP, 210 chemin de Leyssotte, CS 50008, 33882 Villenave d'Ornon cedex, France

² Chêne & Cie, structure de R&D de la tonnellerie Taransaud, ZAC de la Garosse, 250 rue des droits de l'Homme, 33240 Saint-André-de-Cubzac, France

Debido a las particulares propiedades físicas y químicas de la madera de roble, la barrica es escenario de complejos fenómenos de transferencia. Gracias al desarrollo de un innovador permeámetro gas/líquido, se midieron los flujos de oxígeno de ambos lados de la célula y se pudo realizar un balance de materia completo de la barrica. Durante este trabajo de tesis, se demostró que la transferencia de oxígeno ocurre esencialmente en la inter-duela de las zonas de presiones débiles y que el fenómeno de desorción es preponderante en el aporte total de oxígeno.

En este estudio¹, los experimentos se realizaron según el balance de materia siguiente: O_2 transferido a través de la duela + O_2 transferido a través de la inter-duela + O_2 transferido por la interfaz tapón/barrica + O_2 desorbido del roble = O_2 consumido por los compuestos extraídos de la madera + O_2 consumido por el vino + O_2 residual. Numerosos autores ya han cuantificado los aportes de oxígeno totales y los estiman entre 20 y 27 mg.l⁻¹.año⁻¹ pero ningún estudio había permitido hasta entonces realizar un balance de materia completo^{2,3}. Con este fin, se desarrolló un innovador permeámetro que permite reproducir la transferencia de oxígeno a través de las barricas a escala de laboratorio (figura 1).

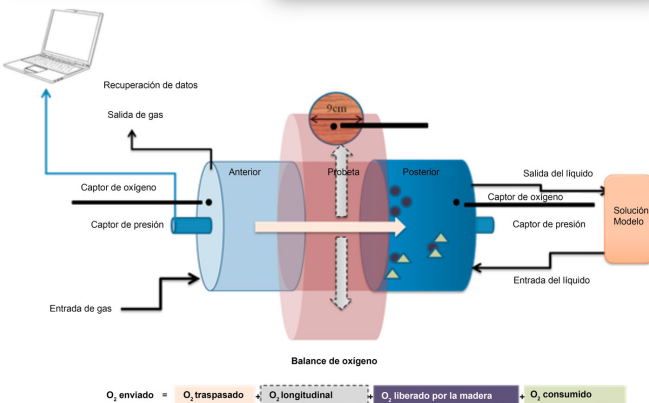
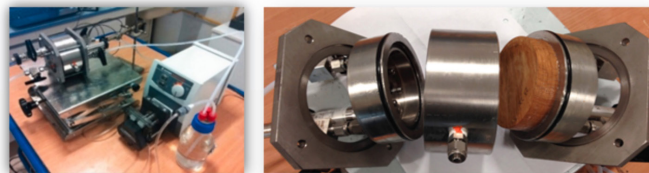


FIGURA 1. Célula experimental (fotografía y metodología) que permite cuantificar la transferencia de gas a través de la madera. Las muestras de roble fueron cortadas en duelas de roble (no tostadas, de grano fino) suministradas por el tonelero Taransaud. Estas median 9 cm de diámetro y 2,3 cm de espesor, ya sea enteras o cortadas en dos trozos por el medio para reproducir las juntas entre las duelas.

FIGURA 2. Metodología de estudio de la presión inter-duela. Este dispositivo fue especialmente concebido para evaluar la tasa de transferencia de oxígeno a través de los intersticios entre las duelas con el permeámetro. Un trozo de madera seleccionado fue cortado en dos, las dos mitades siendo presionadas una contra la otra en el sistema de sujeción.

Para reproducir las condiciones de operación en nuestra célula, fue necesario determinar las presiones inter-duelas. Se utilizaron bandas colorimétricas de presión (Prescale) en una barrica real para evaluar los gradientes existentes en esta. Los niveles de rojo permiten

determinar las fuerzas aplicadas a la inter-duela. Estas mismas presiones fueron reproducidas en el permeámetro con la ayuda de dos semi-duelas y de un brazo de sujeción calibrado para evaluar las transferencias de gas (figura 2).

Estas medidas mostraron netas disparidades, ya que en las piezas de los fondos existen presiones inter-duelas de más de 20 bar. Aquellas medidas en las piezas del cuerpo de la barrica van de 4 bar al centro de la duela a 14 bar en los extremos. A partir de este hallazgo, se reprodujeron estas presiones y se midieron las transferencias por el paso de oxígeno puro a través de las diferentes modalidades (duela entera y semi-duelas sobre las cuales se aplica una presión inter-duela definida). Se retuvo el oxígeno puro para evitar el artefacto ligado a la desorción de gas. En efecto, la saturación de un vino en oxígeno con aire es de 8,4 mg/L (a 20°C) pero de 42 mg/L con oxígeno



puro ya que la presión parcial es 5 veces más elevada. Así, tenemos la certeza de que el oxígeno puro realmente atraviesa la madera cuando las concentraciones sobrepasan los 8,4 mg/L y que esta tasa no es imputable a la desorción de aire. Se aplicaron presiones de 3, 8, 14 y 24 bar y se siguió la concentración de oxígeno a través del tiempo (figura 3).

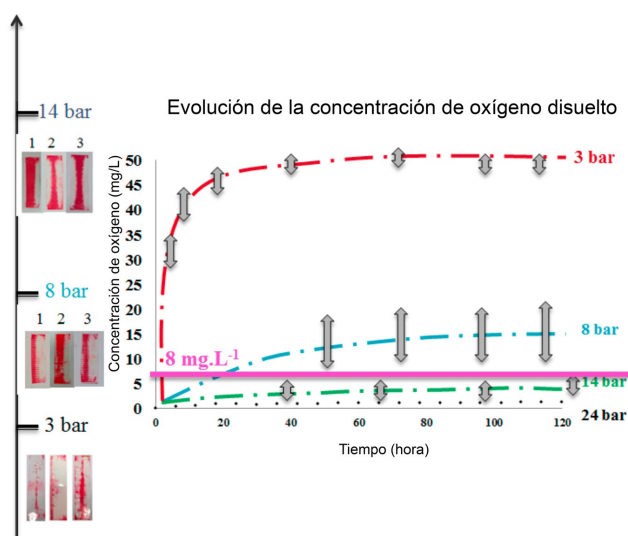


FIGURA 3. Transferencia de oxígeno por la inter-duela en diferentes modalidades (3, 8, 14 y 24 bar de presión de sujeción). Durante los trabajos de bodega, se observa a menudo que los puntos de contacto más débiles de una barrica se sitúan alrededor del agujero del tapón y al medio de las duelas, allí donde están más curvadas. Se puede observar una presión de 3 bar en estas zonas, mientras que presiones de 8, 14 y 20 bar existen principalmente a lo largo de toda una duela, con 20 bar a cada extremo.

Las medidas con el permeámetro permitieron demostrar que una presión de 24 bar aplicada a la inter-duela limita fuertemente la transferencia de oxígeno puro entre las semi-duelas. Una disminución de la presión aplicada a 14 bar y 8 bar facilitará la transferencia del gas ya que la condición de contacto es peor: al cabo de 5 días, bajo estas condiciones, la concentración del oxígeno disuelto puede alcanzar 10 mg/L. Con una presión de 3 bar aplicada en la inter-duela, la transferencia de oxígeno puede alcanzar 40 mg/L en 5 horas. Es de notar que la impermeabilidad de las piezas del fondo se asegura con presiones elevadas (25 a 30 bar en la inter-duela). La presión de 3 bar corresponde a la presión inter-duela del centro de la barrica.

Durante este trabajo se demostró igualmente que las condiciones de contacto duela / duela (rugosidad de superficie) tienen un impacto en los fenómenos de transferencia. En efecto, se debe mejorar el contacto considerando este parámetro para limitar los pasos preferenciales.

También se constató que la duela de roble completa (cuyo espesor es de entre 23 y 27 mm) es impermeable al gas cuando esta se encuentra en contacto con algún líquido. Por lo tanto, la transferencia de gas no ocurre a través de la madera. Esta impermeabilidad se debe a la vez a la estructura de la madera y a sus interconexiones. La presencia de las tildes observadas en el plano leñoso⁴ limita la transferencia longitudinal. Las conexiones limitantes son las perforaciones y las punciones que se encuentran embebidas durante la crianza. La madera de roble se vuelve de esta manera impermeable ya que los fenómenos difusivos son muy lentos en estas interconexiones.

Así, la permeabilidad de la barrica al aire depende principalmente de la calidad del contacto en la inter-duela (estado de superficie y presión). Parece ser que los puntos débiles de la barrica (transferencia principal de oxígeno) se sitúan en las presiones inter-duelas bajas (3 bar). Estos puntos se sitúan al medio de las duelas de la barrica. A plazo, podría parecer sensato para las tonelerías modificar el posicionamiento de los barrigales para poder fabricar barricas con una permeabilidad mejor regulada (presión homogénea a lo largo de la inter-duela).

La transferencia de oxígeno por desorción del gas contenido en la madera de roble es preponderante

Para cuantificar el conjunto de los parámetros de la ecuación, se determinó igualmente la desorción de oxígeno aportado por las duelas a la solución en contacto. Se utilizaron duelas en soluciones modelo con una relación superficie de madera/matriz equivalente a aquel encontrado en los casos de utilización de barrica (225 L, 2 m²). Los resultados muestran que la desorción del gas contenido en la madera de roble representa una parte consecuente de los 20-27 mg.L⁻¹.año⁻¹ que aporta una barrica en la crianza completa de un año (entre 35 y 50 %). Este fenómeno ocurre simultáneamente a la impregnación del líquido en la madera que interviene durante el primer mes. Esta impregnación se explica por el hecho de que el vino penetra en los vasos, lo que en unos cuantos días lo lleva hasta a 4 mm de profundidad (fenómeno rápido de impregnación) para alcanzar los 7 mm al cabo de 1 mes. Se constató una fuerte correlación entre esta cinética de impregnación y aquella de la liberación de oxígeno por desorción. Así, 10 mg/L son aportados al vino durante el primer mes, lo que representa una cantidad muy importante.

Durante este trabajo, se demostró igualmente que la transferencia de gas a nivel del tapón (silicona) no representa sino unos pocos mg/L, lo que es muy poco con respecto a los datos de la desorción y de la transferencia total. No obstante, estos valores dependen netamente del tipo de tapón y su utilización.

El conjunto de estos resultados permite comprender mejor los factores que influyen el fenómeno de transferencia de oxígeno durante la crianza en barrica, guiar mejor a los usuarios para el empleo de este contenedor y proveer buenos datos a los toneleros para mejorar sus procesos de fabricación. La gestión de los gases disueltos es primordial y necesita una atención particular sea cual sea el nivel de elaboración del vino.

Nuevos trabajos de investigación son necesarios

Estudios complementarios serían interesantes de realizar, tales como (i) el estudio de la influencia del contenido en alcohol sobre la cinética de la impregnación de la madera y sobre la desorción de oxígeno de la madera y (ii) el estudio de la influencia de la limpieza de la barrica sobre la desorción del oxígeno de la madera y la cinética de la impregnación. ■

Información extraída del artículo de investigación "Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter" (OENO One, 2018).

1 QiuY., LacampagneS., MirabelM., Mietton-PeuchotM., & GhidossiR. (2018). Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter. *OENO One*, 52(1). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.1.909>

2 Giraud, W. (2009). Étude physico-chimique de l'interface bois-vin pendant l'élevage en barriques (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

3 Nevares, I., & del Alamo-Sanza, M. (2015). Oak Stave Oxygen Permeation: A New Tool To Make Barrels with Different Wine Oxygenation Potentials. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(4), 1268-1275.

4 Hansmann, C. H., Wimmer, W. G. R., & Teisinger, A. (2002). Permeability of wood-A review. *Drevarsky Vyskum*, 47(4), 1-16.