

## El uso del sulfato de cobre en los viñedos ecológicos: ¿afecta este fungicida a las levaduras y bacterias enológicas?

En 2017, la superficie del viñedo ecológico se había triplicado en los 10 años anteriores y ahora aproximadamente el 5 % del viñedo mundial cuenta con la certificación ecológica (Figura 1). Este crecimiento también se refleja en el consumo del vino ecológico, no solo en Europa sino también en todo el mundo, donde por ejemplo, en Suecia ha aumentado el 51 %, en Francia el 36 % y en Australia el 120 %.

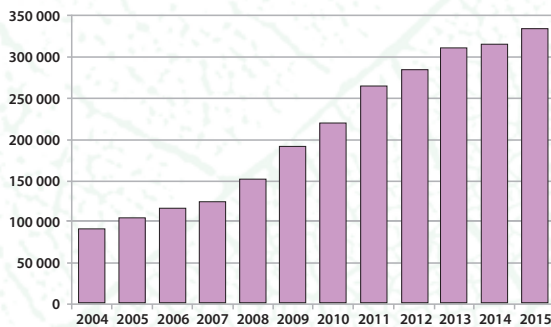


Figura 1. La evolución del viñedo ecológico en el mundo  
Fuente: "La Bio dans le monde", Agence Bio 2017

Los compuestos de cobre, normalmente el sulfato de cobre mezclado con cal, han venido siendo utilizados por los productores de vino desde finales de 1800 para combatir los hongos y las bacterias en los vinos. Para los productores ecológicos, que no pueden utilizar otros aerosoles fungicidas, el sulfato de cobre sigue siendo una herramienta efectiva contra el mildiu. El uso de este fungicida también ha aumentado con la expansión de este tipo de agricultura, dada la creciente producción de los viñedos orgánicos en el mundo. Como consecuencia, es posible descubrir que este metal pesado pase del viñedo a la bodega durante todas las fases del proceso de vinificación. La cantidad hallada varía. Por ejemplo, si comparamos un viñedo al que no se le ha aplicado ningún tipo de aerosol a base de cobre, es probable que el nivel de cobre esté por debajo de los 0,5 mg/L. Si se utilizan aerosoles a base de cobre, entonces el nivel de este puede variar dependiendo del número de aplicaciones, la dosis total aplicada y del tiempo transcurrido desde la última aplicación y la vendimia. Por tanto, el contenido de cobre en el mosto puede oscilar entre menos de 1 mg/L hasta más de 15 mg/L.

### Cómo afecta el cobre a la fermentación alcohólica y a la levadura enológica

Se sabe que este metal en elevadas concentraciones puede ser tóxico para las levaduras y las bacterias al interactuar con los ácidos nucleicos de las células y los centros activos de las enzimas, aunque se considera que el sitio inicial principal de la acción del Cu es la membrana plasmática. Puede afectar al crecimiento y a la actividad celular, especialmente si los niveles son altos, por encima de los 10,2 mg/L (Ohsumi et al., 1988), dando lugar a fermentaciones lentas (Azenha et al., 2000), y puede tener un efecto en la formación de compuestos aromáticos, sobre todo tioles. El impacto del Cu afecta no solo a las bacterias o a las levaduras seleccionadas sino también a la flora indígena, aunque no parece que unas especies se vean más afectadas que otras (IFV, 2019).

Se realizó un estudio de caracterización para entender cómo se comportan nuestras levaduras enológicas seleccionadas bajo diferentes condiciones y concentraciones de cobre, de manera que los productores que desean inocular fermentación alcohólica para sus vinos ecológicos, puedan hacerlo sin ningún problema posible

El primer paso consistió en evaluar el impacto del cobre en la levadura enológica en mosto sintético; el cobre añadido en una dosis de 7,5 mg/L mostró diferentes sensibilidades, pero el impacto se observó sobre todo durante la fase de latencia de la FA. A medida que aumentaba la concentración del cobre, también lo hacía su efecto. Pero en general, el tiempo necesario para completar la fermentación fue parecido de unas cepas de levaduras a otras.

En estudios realizados en mosto real, las levaduras enológicas fueron testadas con concentraciones de cobre en un rango de 7,5 mg/L a 30 mg/L. El comportamiento de las levaduras en mosto real fue una réplica del observado en el mosto sintético. Hubo una ligera variación entre las diferentes levaduras testadas, especialmente en la fase de latencia, pero en concentraciones de cobre por encima de aquellas generalmente encontradas en mostos procedentes de viñedos a los que se les ha aplicado el aerosol con cobre (Figura 2A y 2B).

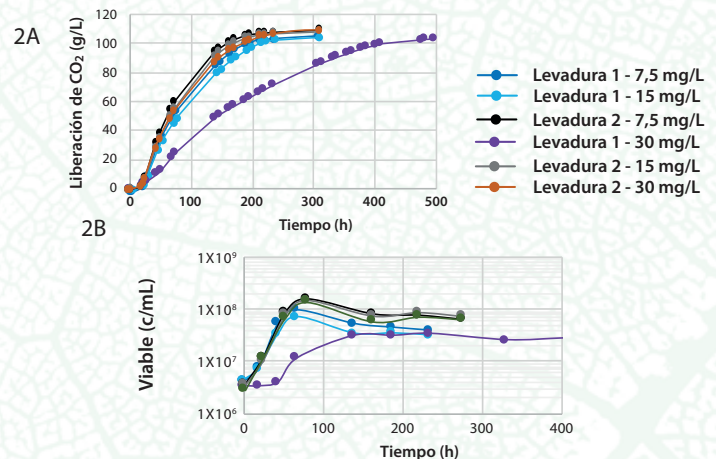


Figura 2A - B. Velocidad de fermentación (A) y viabilidad (B) en mosto Chardonnay (2017) con 2 diferentes levaduras enológicas inoculadas en dosis de 25 g/hL y con distinta concentración de Cu

En cuanto a la viabilidad celular, el patrón es similar al de algunas levaduras enológicas que muestran mayor sensibilidad y son más lentas a la hora de multiplicarse y sobrevivir con altas concentraciones (30 mg/L) pero con el tiempo acaban recuperándose hacia el final de la fermentación. La concentración de Cu con la que la levadura enológica se ve afectada es mayor que aquellas que se encuentran habitualmente en el vino.

La producción de acidez volátil también sigue el mismo patrón, aunque ya se observa un efecto con 15 mg/L, y también depende de la cepa de la levadura, como se observa en la Figura 3.

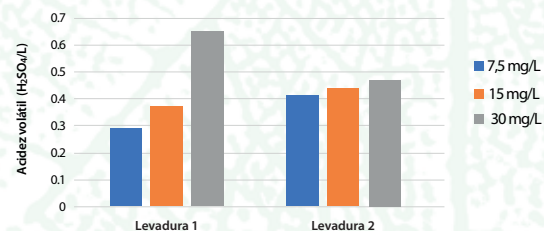


Figura 3. Producción de acidez volátil durante la FA por 2 levaduras enológicas diferentes con distintas concentraciones de Cu

De esta manera, es improbable que los niveles de cobre por debajo de 15 mg/L afecten a la velocidad de fermentación y a la viabilidad de nuestras levaduras enológicas pero sí que influyen en la fase de latencia. Sin embargo, si se dan también otros factores inhibidores (p. ej. residuos agroquímicos, ácido acético, etanol alto, pH alto o bajo, etc.), entonces es posible que estos niveles de cobre puedan afectar a la velocidad de fermentación. Por ejemplo, un estudio realizado sobre el impacto del pH junto con los niveles de cobre en la viabilidad celular y la producción del ácido volátil, parece indicar que existe una relación entre el mayor pH y la mayor concentración de cobre en el descenso de la viabilidad celular (Figura 4) así como en el incremento de la acidez volátil (Figura 5). Con la fuerte influencia que está teniendo el cambio climático en el pH del vino y en la acidez (mayor pH, menor acidez), cabe suponer que si las concentraciones de cobre son mayores (> 10 mg/L), se debe prestar más atención para asegurar una correcta gestión de la fermentación por medio de la rehidratación y la nutrición de la levadura adecuada.

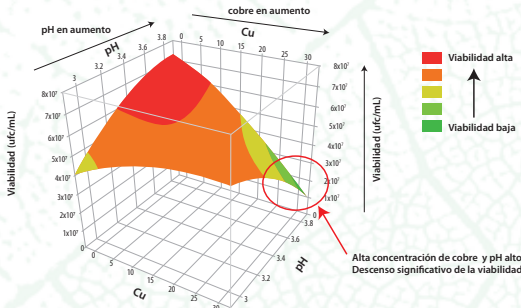


Figura 4. Impacto del aumento de concentración de Cu y de pH en la viabilidad de la levadura enológica

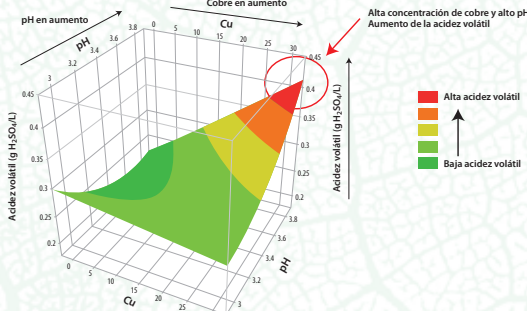


Figura 5. Impacto del aumento de la concentración de Cu y del pH en la producción de acidez volátil.

## Cómo afecta el cobre a la fermentación maloláctica y a las bacterias enológicas

Se aplicó un método similar para estudiar el impacto del cobre en la fermentación maloláctica y en las bacterias enológicas. Se observaron patrones semejantes en las bacterias enológicas durante la co-inoculación, en cuanto que, a menos que la concentración de Cu sea muy alta, por encima de los niveles típicos de los mostos (> 15 mg/L), las bacterias enológicas y la fermentación maloláctica no se ven muy afectadas. Cuando la concentración es alta, parece ser algo específico de la cepa (Figura 6). Sin embargo, por debajo de 15 mg/L, no hay efecto. Esto es parecido tanto para la co-inoculación como para la inoculación secuencial en los vinos tintos. En la inoculación secuencial, como las bacterias enológicas son inoculadas en una matriz de vino donde también entran en juego otros factores, y también porque el Cu residual se encuentra dentro de la normativa de la OIV (< 1 mg/L), no tuvo impacto en nuestras bacterias enológicas en lo que la FML y a la viabilidad se refiere. En los vinos blancos, cuando las concentraciones de Cu en el mosto están por encima de 7,5 mg/L, algunas bacterias enológicas pueden verse afectadas, por eso se recomienda utilizar una inoculación secuencial en lugar de la co-inoculación.

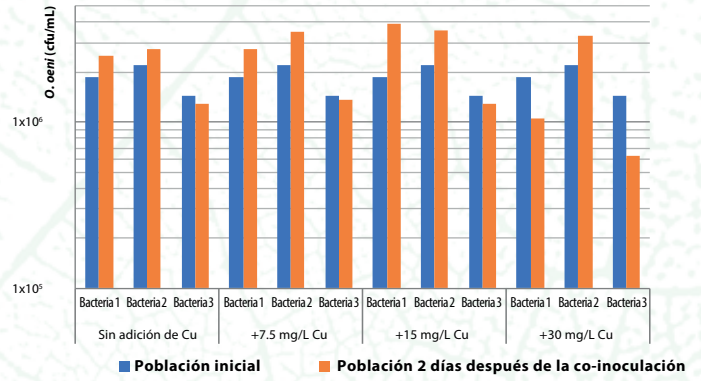


Figura 6. Población bacteriana (ufc/mL)-Inicial y 2 días después de la co-inoculación

## Protección sensorial bajo alta concentración de Cu

Se ha demostrado que el cobre reacciona con los tioles, de tal manera que puede influir en los aromas varietales de los vinos, especialmente en esas variedades en las que los tioles desempeñan un papel principal, como en el Sauvignon Blanc. Puesto que la producción de los tioles depende de la cepa de la levadura enológica, en un estudio realizado en colaboración con el ICV se ha demostrado que incluso con una concentración muy baja de Cu (0,8 a 1,8 mg/L), puede tener un impacto significativo en los tioles (Figura 7). También hemos probado que puede afectar a la biosíntesis del Cu algunos ésteres y alcoholes superiores como se muestra en la Figura 8, especialmente con concentraciones bastantes altas de Cu (>15mg/L).

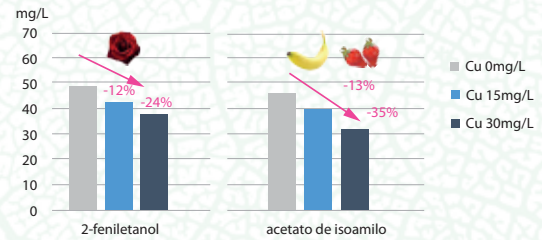


Figura 7. Producciones de ésteres durante la FA con distintas concentraciones de Cu

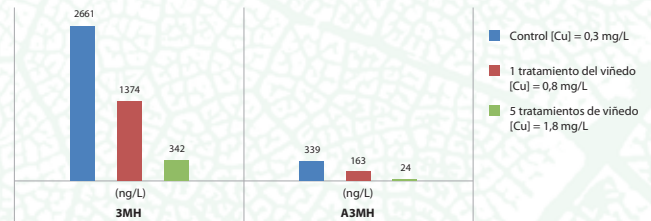


Figura 8. Concentración de tioles volátiles en el vino al final de la FA (Garnacha rosada)

## Resumen

Las levaduras y bacterias enológicas no parecen verse afectadas de manera significativa por las concentraciones de Cu por encima de 15 mg/L, salvo en el caso de la fermentación maloláctica en los vinos blancos, donde las concentraciones superiores a los 7,5 mg/L pueden tener un impacto en la FML. El pH alto y las altas concentraciones de Cu pueden tener efecto en la viabilidad de la levadura enológica y en la fase de latencia. Puesto que el Cu afecta a la membrana plasmática de las células de la levadura, es una buena práctica protegerla durante la rehidratación con esteroides altos que contengan producto (tipo GoFerm™) y una nutrición orgánica apropiada. El cobre no influye en algunos compuestos aromáticos tales como los tioles a bajos niveles y algunos ésteres a mayores niveles de concentración. La acidez volátil, que puede alterar la calidad del vino, también se ve afectada por las concentraciones más altas de Cu, especialmente bajo condiciones de pH alto. Es importante recordar que otros factores (pH, SO<sub>2</sub>, temperatura, alcohol, etc.) podrían interactuar y aumentar el impacto del cobre en los microorganismos. Nuestras levaduras y bacterias enológicas seleccionadas se pueden utilizar en la elaboración ecológica y pueden ayudar a asegurar una fermentación completa al mismo tiempo que se maximiza su potencial sensorial.