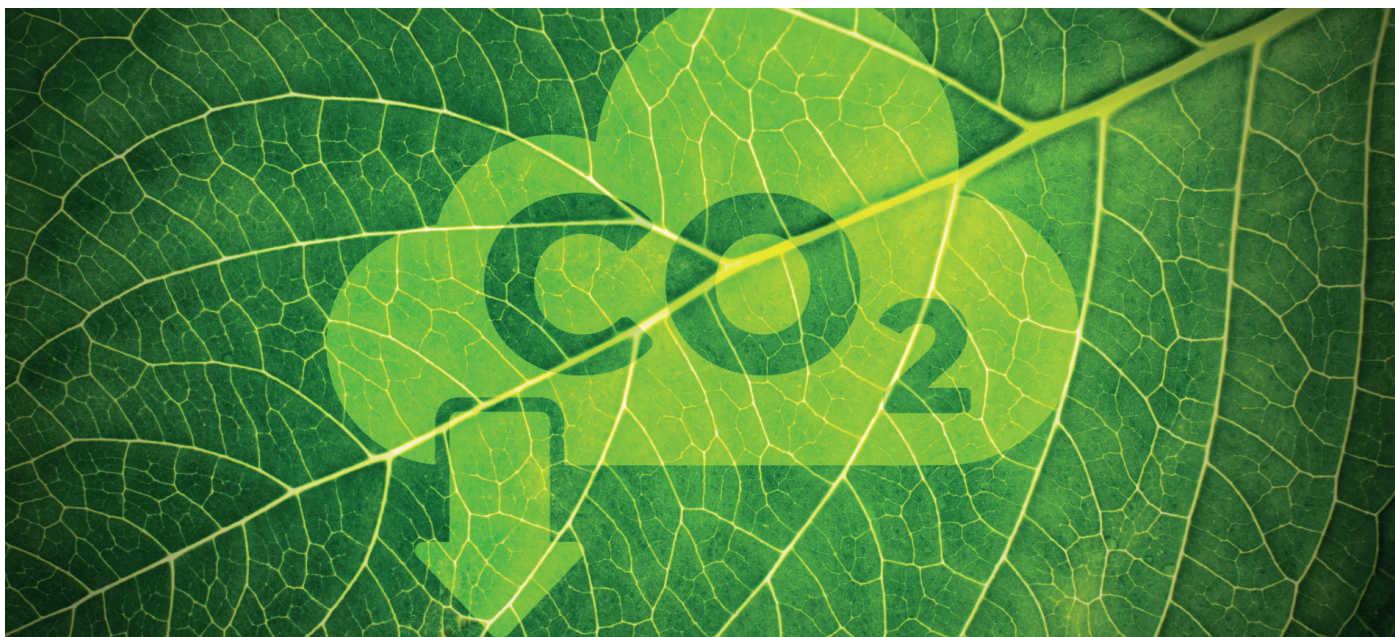


LAFFORT® INFO



FERMENTACIÓN DE VINOS BLANCOS A TEMPERATURAS MÁS ALTAS

Por Fernando Córdova

RESUMEN

Durante décadas, la elaboración de vinos blancos, rosados y vinos base para espumosos ha dependido de un uso intensivo del frío para asegurar frescor, expresión aromática y protección frente a la oxidación (Oelofse et al., 2024). Este enfoque está hoy bajo presión debido al cambio climático, el aumento de los costos energéticos y las crecientes exigencias sobre la infraestructura de bodega.

Este artículo presenta los resultados de un ensayo controlado en bodega que demuestra que la temperatura de fermentación puede aumentarse a 22°C sin comprometer la calidad del vino. Mediante una estrategia de inoculación secuencial con dos cepas seleccionadas, ZYMAFLORE® OMEGA^{LT} y ZYMAFLORE® KLIMA, se redujo el tiempo de fermentación en un 60% y el consumo energético en un 22%. Al mismo tiempo, los vinos mostraron un frescor igual o superior, impulsado por la acidificación biológica.

Estos resultados ofrecen a las bodegas una herramienta práctica para mejorar la eficiencia, reducir la demanda energética y reforzar la fiabilidad operativa durante vendimias cálidas.

REFRIGERACIÓN Y CALIDAD DEL VINO

Desde hace mucho tiempo, el uso del frío se considera esencial para producir vinos blancos, rosados y vinos base para espumosos de alta calidad. La fermentación controlada entre 12 y 18°C ayuda a preservar el frescor, potenciar los aromas frutales y florales y limitar las reacciones oxidativas.

Las temperaturas de fermentación por encima de este umbral, dependiendo de la variedad de uva y de las cepas de levadura utilizadas, pueden dar lugar a vinos blancos con menor expresión frutal y menor frescor.

CUANDO EL FRÍO SE CONVIERTE EN UNA LIMITACIÓN

Durante vendimias cálidas en determinadas regiones vitivinícolas, son frecuentes temperaturas ambientales de 30 a 35°C. En estas condiciones, los sistemas de refrigeración deben funcionar de forma continua para mantener bajas temperaturas de fermentación. Esto genera varios desafíos. El consumo eléctrico se incrementa de forma considerable. Los equipos de frío operan cerca de sus límites mecánicos. Y al fermentar con baja temperatura, la cinética fermentativa se hace más lenta y los depósitos de fermentación se convierten en cuellos de botella, reduciendo el rendimiento operativo de la bodega.

La industria ya ha adoptado alternativas al uso intensivo del frío en otras etapas de la elaboración, por ejemplo, sustituyendo la estabilización por frío por coloides protectores para mejorar la estabilidad tartárica. La pregunta clave, por tanto, es si existe también una alternativa al uso intensivo del frío durante la fermentación.

UTILIZAR EL METABOLISMO DE LA LEVADURA COMO HERRAMIENTA DE PROCESO

En lugar de centrarse únicamente en el control de temperatura, este enfoque dirige la atención hacia los factores biológicos que impulsan la fermentación. El metabolismo de la levadura puede utilizarse activamente para modular la acidez, el frescor y el rendimiento fermentativo. La estrategia consiste en seleccionar cepas de levadura que mejoren las cualidades sensoriales mediante la producción de ácidos y compuestos aromáticos.

LAFFORT® INFO

LA ESTRATEGIA DE DOS LEVADURAS

Durante la vendimia 2025 se realizó un ensayo de fermentación a distintas temperaturas en una bodega, utilizando mosto de Chardonnay en Chile. Se seleccionaron dos cepas de levadura por sus funciones complementarias.

- **ZYMAFLORE® OMEGA^{LT}** (*Lachancea thermotolerans*) produce ácido L-láctico a partir de los azúcares durante la fermentación, aumentando así la acidez titulable y disminuyendo el pH del mosto.
- **ZYMAFLORE® KLIMA** (*Saccharomyces cerevisiae*) es una cepa única que preserva o produce ácido málico a partir de los azúcares durante la fermentación y favorece la producción de vinos frescos, aromáticos y equilibrados (Vion et al., 2023).

DISEÑO DEL ENSAYO Y CONDICIONES DE FERMENTACIÓN

Las fermentaciones se realizaron en depósitos de 200 litros, por triplicado, bajo tres condiciones diferentes.

T0
Protocolo estándar. Fermentación a 17°C utilizando una cepa de levadura convencional, comúnmente empleada para fermentaciones de Chardonnay a nivel mundial. La duración de la fermentación fue de 12 a 14 días.

T1
Inoculación secuencial con **ZYMAFLORE® OMEGA^{LT}** seguida de **ZYMAFLORE® KLIMA** a 17°C. La duración de la fermentación fue de 10 a 11 días.

T2
Inoculación secuencial con **ZYMAFLORE® OMEGA^{LT}** seguida de **ZYMAFLORE® KLIMA** a 22°C. La duración de la fermentación fue de 6 días.

Todos los depósitos se llenaron con el mismo mosto y recibieron las mismas adiciones de nutrientes. El control (**T0**) fue acidificado (químicamente) con 2 g/L de ácido tartárico para igualar la formación potencial de acidez de las dos levaduras bioacidificantes. El control de temperatura fue automatizado, y la temperatura y la concentración de azúcares se registraron tres veces al día.

¿QUÉ CAMBIÓ EN LA BODEGA?

El uso de **ZYMAFLORE® OMEGA^{LT}** y **ZYMAFLORE® KLIMA** ya redujo la duración de la fermentación en aproximadamente tres días en comparación con el protocolo estándar cuando ambos tratamientos se realizaron a 17°C. El efecto más marcado se observó cuando la temperatura de fermentación se incrementó a 22°C. En las condiciones

T2, el tiempo total de fermentación se redujo en un 60%. Esto mejora directamente la rotación de depósitos y la capacidad operativa de la bodega durante la vendimia.

CALIDAD DEL VINO A 22°C

Una preocupación habitual con temperaturas de fermentación más altas es el riesgo de producir vinos con menor expresión frutal y menor frescor. Una evaluación sensorial informal realizada por más de 40 enólogos no encontró diferencias en la calidad percibida entre los vinos fermentados con **OMEGA^{LT}** y **KLIMA** a 17°C y a 22°C.

De hecho, los vinos del tratamiento **T2** mostraron una estructura ácida más robusta que el control a 17°C. Estos resultados demuestran que el frescor no depende únicamente de la temperatura de fermentación.

Los resultados de este ensayo respaldan los hallazgos de estudios previos (Beghi et al., 2023; Deed et al., 2017; Giovenzana et al., 2016, 2023; Schwinn et al., 2019). Ensayos anteriores con **KLIMA** mostraron un aumento en la producción de tioles varietales cuando la fermentación se realizó a 21°C en comparación con 17°C (Hranilovic et al., 2024), lo que podría explicar parcialmente el incremento de frescor observado con esta cepa.

REDUCCIÓN DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN EN LA PRÁCTICA

La eficiencia del sistema de refrigeración se mide mediante el coeficiente de rendimiento (COP). Operar a 22°C en lugar de 17°C reduce la presión de descarga del compresor, lo que significa que el equipo de refrigeración funciona con menor estrés mecánico. En la práctica, esto puede reducir el tiempo de funcionamiento del equipo de frío de unas 22 horas al día a aproximadamente 12 horas bajo condiciones de vendimia cálida en regiones como Mendoza, San Juan, Maipo o Curicó.

Una menor carga del sistema reduce el consumo energético y disminuye significativamente el riesgo de fallos mecánicos durante el pico de vendimia.

GANANCIAS ENERGÉTICAS Y DE SOSTENIBILIDAD

Al reducir tanto el gradiente de temperatura como el tiempo total de enfriamiento, se pueden lograr ahorros energéticos directos. Para un depósito de 50.000 litros, se calcularon ahorros aproximados de 297 kWh. Esto corresponde a una reducción de emisiones de carbono de alrededor de 0,6 kg de CO₂ por hectolitro, o 1,7 g de CO₂ por botella. Estas reducciones apoyan objetivos de sostenibilidad y fortalecen los informes ambientales.

KPI	INDICATOR	IMPACTO REAL	VALOR ESTRATÉGICO
Tiempo de ciclo	-60%	De 15 días a 6 días	Tripla la rotación de activos en bodega
Intensidad energética	-22% kWh/hL	Ahorro de ~300 kWh por depósito	Reducción directa de costes operativos (OPEX)
Huella de carbono	-113 kg CO ₂	1,7 g de CO ₂ menos por botella	Argumento premium de venta para mercados de exportación
Estrés por frío	-50% horas punta	Menor carga en horas de calor extremo	Resiliencia: evita fallos del sistema en febrero
Calidad enológica	Equivalente	pH estable y perfil aromático fresco	Cero sacrificio de calidad por eficiencia

Tabla 1. Comparación: Estándar (17°C) vs Optimizado (22°C + Biotecnología)
Base de cálculo: Depósito de 50.000 L en una zona climática mediterránea/semiárida (febrero).

LAFFORT® INFO

ADAPTACIÓN A CONDICIONES CLIMÁTICAS REGIONALES

Las regiones con fuerte amplitud térmica diaria, como el Valle de Uco, Elqui y Casablanca, pueden beneficiarse aún más de este enfoque mediante el uso de free cooling nocturno.

En regiones más cálidas como San Juan, San Rafael, Maipo y Curicó, mantener temperaturas de fermentación por debajo de 17°C puede superar la capacidad de los sistemas de refrigeración durante los periodos de máxima demanda. Aumentar la temperatura de fermentación devuelve margen operativo y mejora la fiabilidad del sistema.

El análisis de estrés térmico mostró que fermentar a 22°C redujo el número de horas por día en las que los sistemas de refrigeración operaron al 100% de capacidad en hasta un 50%.

REGIÓN VITIVINÍCOLA	T° MÁX (FEB)	HORAS/DÍA AL 100% (T0 - 17°C)	HORAS/DÍA AL 100% (T4 - 22°C)	DIAGNÓSTICO DE RIESGO
San Juan / Mendoza Este	36°C	20 - 22 h	12 - 14 h	Crítico: T0 arriesga parada de FA por sobrecalentamiento
Isla de Maipo / Curicó	33°C	16 - 18 h	10 - 12 h	Alto: T0 exige el equipo al límite de su vida útil
Valle de Uco / San Rafael	30°C	12 - 14 h	6 - 8 h	Moderado: T4 permite mantenimiento preventivo
Casablanca / Elqui / Limarí	27°C	10 - 12 h	4 - 6 h	Eficiente: T4 aprovecha el enfriamiento pasivo

Tabla 2. Tabla de estrés térmico: Capacidad del sistema de refrigeración (febrero)

Basado en un depósito de 50.000 L, asumiendo temperaturas máximas promedio de febrero para cada zona.

BENEFICIOS ECONÓMICOS

Más allá del ahorro energético, los beneficios económicos son importantes. La utilización de los depósitos se triplica de forma efectiva al acortar los ciclos de fermentación de 15 días a seis días. Los equipos de refrigeración trabajan menos horas bajo carga, lo que extiende su vida útil. Las fermentaciones más cortas también reducen el número de ventanas de riesgo en las que pueden aparecer problemas. Estas mejoras se logran sin ampliar la infraestructura de la bodega.

MENSAJES CLAVE PARA BODEGAS

Este trabajo demuestra que la temperatura de fermentación y el frescor del vino no son inseparables. Cuando se aplica una estrategia adecuada de levaduras, la fermentación a 22°C puede producir vinos tan frescos y aromáticos como, o incluso mejores que, aquellos fermentados a temperaturas más bajas.

La inoculación secuencial con ZYMAFLORE® OMEGA^{LT} y ZYMAFLORE® KLIMA permite a las bodegas mejorar la eficiencia, reducir la demanda energética y reforzar la fiabilidad operativa durante vendimias cálidas.

El frío deja de ser una limitación que dicta el diseño del proceso. Pasa a ser una variable controlada, utilizada cuando es necesario y reducida cuando la biología puede realizar el trabajo de forma más eficiente.