

ORIGINAL

Marcadores de longevidad y envejecimiento en los vinos. Gestión de oxígeno en bodega

Elvira Zaldivar¹, Santiago Garde Mendiola³, Raquel González Ascacibar⁴, Cristina Bernedo⁵, Victor Acedo⁶, Antonio Palacios^{1y2}

(1) Laboratorios Excell Ibérica S.L. C/ Planillo N° 12, 26006 Logroño, La Rioja; Tel. 941-445106, excelliberica@labexcell.com. www.labexcell.com. (2) Universidad de La Rioja. (3) Bodegas del Medievo S.L. (4) Bodegas Santalba S.A. (5) Bodegas Valdemar S.A. (6) Victor Acedo S.L.

Recibido 12 de marzo de 2017 / Aceptado 24 de marzo de 2017 / Publicado 1 de septiembre de 2017

1. INTRODUCCIÓN

El oxígeno es un factor clave en el proceso de elaboración de los vinos. Interviene de forma crucial en el proceso enológico completo, desde la recogida de la uva hasta el embotellado del vino. Los procesos en los que interviene han sido estudiados y analizados desde hace ya unos cuantos años, entendiéndose que con mayor o menor intensidad, el oxígeno determina el desarrollo del proceso de elaboración y define las características sensoriales finales de los vinos.

A diferencia de lo que sucede con otros productos agroalimentarios, la exposición controlada al oxígeno es fundamental para producir vinos de calidad. En la práctica, la oxigenación de mostos y vinos durante su procesamiento es muy recomendable, por lo que el producto está constantemente siendo expuesto al contacto con el aire. Por ende, la gestión del oxígeno y las reacciones de óxido-reducción son parte de los principales retos que los enólogos deben afrontar durante la producción y el envejecimiento de los vinos (Laurie y Clark, 2010).

Una gestión inadecuada del oxígeno puede producir interrupciones en el proceso de la fermentación. Los aportes indeseados de oxígeno por el tránsito del vino en

bodega (despalillado-estrujado, prensado, remontado, descube, trasiego, filtración, centrifugación, embotellado, etc.), así como el exceso o defecto de oxígeno durante la crianza de los vinos pueden ser causa de aparición de defectos organolépticos. De forma contraria, cuando el vino está expuesto a concentraciones moderadas de oxígeno, se han reportado beneficios como la estabilización del color, la reducción de la astringencia y el amargor (Singleton 1987, Castellari *et al.* 1998, Atanasova *et al.* 2002), además del empleo de menores dosis de sulfuroso. Sin embargo, cuando la exposición al oxígeno es substancial o sucede sin la presencia de protectores o inhibidores de la oxidación, el vino sufre transformaciones organolépticas muy significativas que pueden perjudicar su calidad final (Boulton *et al.* 1996, Danilewicz 2003, Waterhouse y Laurie, 2006).

Es inevitable además que en cada etapa del proceso de elaboración se añada cierta cantidad de oxígeno, pudiéndose alcanzar niveles incluso de saturación. En condiciones normales de bodega este oxígeno es consumido principalmente por el SO₂ libre y por los componentes oxidables del vino. En la **tabla 1** se muestran las fuentes de oxígeno según los procesos enológicos de bodega y sus valores medios:

Operación	Aporte de O ₂ [mg/L]	Fuente bibliográfica
Trasiego	2 – 6	Vivas (1997)
Homogenización	2 – 4	Agrovin (2009)
Bombeo (en función de la bomba)	0,2 – 3*	INRA (2001)
Microfiltración	0,2 – 4*	INRA (2001)
Filtración tangencial	1,5	Vidal <i>et al.</i> (2001-2004)
Centrifugación	1,2	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Estabilización tartárica en continuo	4,0	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Trasiego de barricas	1,75	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Embotellado	0,3 – 1,3	INRA (2001)

Tabla 1: aporte de oxígeno en diferentes operaciones de bodega.*Comienzo del proceso.

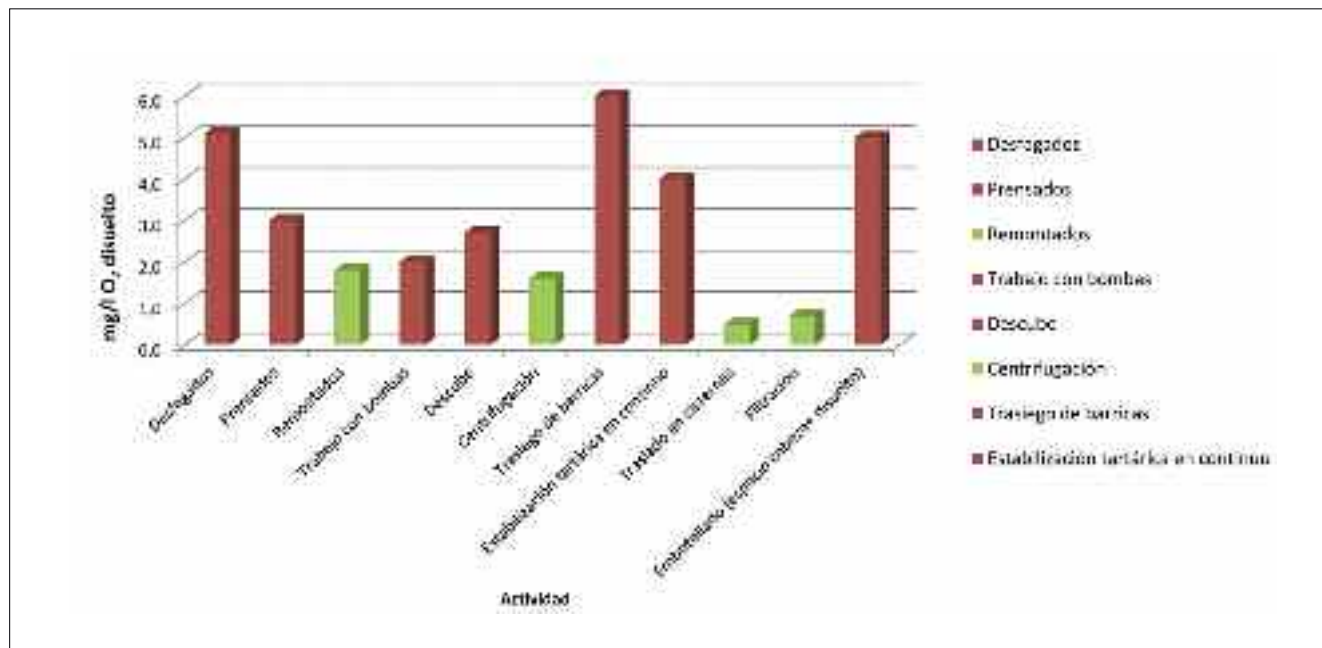


Figura 1: comparativa del oxígeno incorporado en diferentes tareas de bodega.

La solubilidad del oxígeno en el vino depende de la presión, temperatura y grado alcohólico. A 20° C y a presión atmosférica son necesarios 8,4 mg/L para llegar a saturación (Moutounet y Mazauric; 2001). Así, por ejemplo, durante la estabilización tartárica por frío al alcanzar temperaturas inferiores a los 0°C se incrementa la solubilidad del oxígeno, pudiendo alcanzar niveles superiores a 12 mg/L tras una agitación enérgica.

Otro punto muy crítico es el del embotellado. En el momento del llenado se intenta dejar unos niveles de SO₂ libre en vino lo suficientemente elevados como para que el vino se conserve en el tiempo sin deteriorarse ni oxidarse. Esta tarea resulta muy delicada, ya que niveles bajos acortan la vida útil del producto y los elevados pueden aportar olores químicos desagradables e irritantes.

Existen tres principales fuentes de oxígeno una vez el vino se encuentra en la botella:

1. Espacio de cabeza: este oxígeno se consume en mes y medio aproximadamente y las cantidades pueden variar de 0,6 a 3 mg/L (Vidal J.C. et al. 2004).
2. Oxígeno disuelto: el que se consume en unas dos semanas aproximadamente y puede variar de 0,9 a 6 mg/L (Vidal J.C. et al. 2004).
3. Oxígeno que entra a través del tapón: en función del tipo de tapón, este proceso que resulta inevitable tiene una duración variable de meses a años. Se considera que la transferencia de oxígeno (OTR) a través del tapón es de unos 0,2-15 µL/día en tapones no defectuosos. En tapones de rosca la transferencia es mucho menor. Se sabe además que cada mg de O₂ disuelto es capaz de

consumir 4 mg de SO₂ libre. Por ello es fundamental limitarlo antes del embotellado, para que el vino así pueda evolucionar más lentamente respetando la integridad de los aromas y el color, sobre todo en vinos blancos y rosados. Esto también permitirá a la bodega embotellar con niveles más bajos de sulfuroso libre, lo que es un reto fundamental hoy en día. Así, teniendo en cuenta el contenido de oxígeno disuelto en el vino, el del espacio de cabeza, la permeabilidad del cierre el contenido en dióxido de azufre libre, se podría estimar de alguna forma el periodo de vida útil de un vino.

2- IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS EN BODEGA

Estudios previos, como los realizados por Vidal *et al.* y Castellari *et al.* pusieron de manifiesto que existen diferentes niveles en el aporte de oxígeno dependiendo de las operaciones concretas a las que se le somete al vino, como se puede observar en la figura 1, donde se marcan en rojo las actividades consideradas de mayor riesgo en procesos oxidativos.

Así, se constata que existen actividades o puntos críticos con mayor riesgo de provocar oxidación en el vino, su identificación es importante para proteger el vino en su justa medida. Estos puntos críticos podrían resumirse en la siguiente lista:

-*Prensado*: durante el desarrollo de esta actividad se puede llegar a incorporar hasta 5 mg/L de oxígeno disuelto.

-*Trasiegos con bombas*: la mayor velocidad de trabajo de

las bombas es un factor que repercute positivamente en la eficiencia del trabajo en bodega, pero negativamente en el aporte de oxígeno, ya que los altos caudales pueden alcanzar niveles de incorporación de oxígeno de hasta 3,0 mg/L.

-*Trasiego de barricas*: esta operación supone un gran aporte de oxígeno al vino que se encuentra en el proceso de envejecimiento. En el lavado y trasiego habitual se ha observado una incorporación de oxígeno de hasta 6 mg/L.

-*Filtración por tierras*: consiste en la formación de un lecho de tierras filtrantes donde quedan retenidas las impurezas del vino. Se utiliza para el devaste y abrillandado del vino. Los niveles medios de oxígeno aportados en este punto son de 2 mg/L.

-*Transporte en cisternas*: cuando las cubas no están llenas, el incremento de oxígeno puede alcanzar valores de hasta 1,4 mg/L.

-*Embotellado*: existe una gran variabilidad en el oxígeno incorporado en el momento del embotellado dependiendo de cómo estén regulados los caños y el sistema de vacío. El oxígeno puede oscilar en rangos de 2,1 a 5,4 mg/L.

3- MARCADORES DE OXIDACIÓN PREMATURA

La identificación de marcadores de procesos oxidativos que estimen la capacidad de longevidad de los vinos y que ayuden a definir un periodo adecuado de consumo preferente es de suma importancia, pues da asistencia para optimizar el recorrido comercial hasta el consumidor, lo que es un factor de gran competitividad sobre

todo a nivel de la distribución internacional del vino.

En relación a los marcadores y sus niveles en vino, actualmente existen investigaciones en las que se señalan una serie de compuestos químicos involucrados en procesos de oxidación, tales como acetales, metional y sotolón. Existe actualmente un conocimiento parcial de los compuestos involucrados en la degradación oxidativa (Pons *et al.*, 2013; Lavigne *et al.*, 2008 y Pons *et al.*, 2008). Existe por ejemplo bibliografía que señala a algunos compuestos químicos como responsables del aroma a hidrocarburos o petróleo (1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno o TDN y aminoacetofenona o AAF) o aromas desagradables a plástico (Estireno) o aromas a cera o jabonosos (ácidos grasos formados en paradas de fermentación).

Entre los marcadores oxidativos más conocidos, se podrían señalar los siguientes:

- *Acetaldehído*: con aromas a manzana cocida y maderizados. Su umbral de percepción sensorial se ha establecido en 15 mg/L.
- *2-Aminoacetofenona*: producido por la degradación del ácido indol-acético. Su presencia provoca la aparición de aromas de flor de acacia y plástico.
- *Indol*: con aromas herbáceos y vegetales.
- *Fenilacetaldehído*: provoca deterioro oxidativo con aromas de jacinto y rosas marchitas.
- γ -*Lactonas*: octa, nona, deca y dodeca lactona, que provocan aromas de melocotón complotado y maduro, excepto en el caso de la γ -octalactona, cuyo aroma característico es de coco.



ELABORACIÓN DE AROMAS Y EXTRACTOS NATURALES PARA:

VINOS AROMATIZADOS, SANGRÍAS, TINTOS DE VERANO, BEBIDAS REFRESCANTES A BASE DE VINO, VERMUTS, APERITIVOS Y LICORES.

- Compromiso y calidad: más de 50 años de tradición familiar en el sector nos avalan.
- Proyectos personalizados.
- Soluciones Inmediatas.

FABRICACIÓN Y TOSTADO SELECTIVO DE VIRUTAS, CHIPS Y PRODUCTOS DE ROBLE

tel. 96 174 25 02 - fax. 96 174 25 03
 info@mompoproductosaromaticos.com
 www.mompoproductosaromaticos.com - www.chipsderoble.com

Gama Fermol®

La levadura más adecuada para tu vino.



NOVEDADES 2017

LAS NUEVAS LEVADURAS AROMÁTICAS



Fermol® LIME



Fermol® TROPICAL



Fermol® FLEUR

AEB IBÉRICA S.A.U. Av. Can Companyà, 13 08755 Castellbisbal (Barcelona)
Tel: +34 93 772 02 51 - Fax: +34 937 72 08 66 - Email: aebiberica@aebiberica.es



www.aeb-group.com

AEB®
IMPROVEMENT THROUGH BIOTECHNOLOGY

Vino blanco Sauvignon blanc 2016	(5D) Después de filtración con N ₂	(3D) Después de filtración sin N ₂
Fenilacetaldehído	0,7	1,7
TDN	0,1	0,1
β-Damascenona	1,2	1,4
β-Ionona	0,05	0,06
γ-Nonalactona	1,5	1,8
γ-Decalactona	0,7	0,4
δ-Decalactona	0,5	0,6
γ-Dodecalactona	nd	nd
Indol	0,8	0,9
2'-Aminoacetofenona	nd	nd

nd (no detectado) < LD/ Resultados en µg/L.

Tabla 2: marcadores de oxidación en vino blanco con y sin inertización en su elaboración.

- δ-Decalactona: lactona que provoca la aparición de notas a albaricoque maduro.
- β-Damascenona: con notas de fruta sobremadura.

4- PARTE EXPERIMENTAL: MARCADORES EN VINOS CON Y SIN INERTIZACIÓN

Una primera experiencia consistió en elaborar un vino blanco de la variedad Sauvignon blanc, caracterizada por su tendencia oxidativa, mediante dos vías: protocolo tradicional, donde no se toma ninguna medida de protección contra la oxidación durante el prensado de la uva y la flotación del mosto (depósito 3D) y otra elaboración con medidas de inertización en ambos procesos, incluyendo la propia filtración del vino (depósito 5D). En la [tabla 2](#) se muestran los marcadores de oxidación presentes al final de la fermentación alcohólica. En general, podemos observar valores superiores en el depósito 3D, como es el caso del fenilacetaldehído y de la γ-nonalactona. Se puede indicar entonces que las medidas de inertización con nitrógeno resultaron efectivas frente a la protección del vino y el aumento de su vida útil.

Se debe tener en cuenta que en el punto de partida del recorrido oxidativo del vino, cuanto menos oxidado se encuentre, mayor será su capacidad de envejecimiento al adquirir mayor longevidad. Es fácil imaginar que si el mosto y el vino recién obtenido es protegido mediante inertización, éste se encontrará más protegido frente a la oxidación y por lo tanto, aumentará su vida útil conservando durante más tiempo sus propiedades organolépti-

cas positivas, como se puede ver claramente en la [figura 2](#), donde los marcadores de oxidación aumentan mucho después de la filtración del vino sin protección de nitrógeno.

5- PARTE EXPERIMENTAL: MARCADORES EN VINOS A DIFERENTES TEMPERATURAS Y POSICIONES DUANTE SU CRIANZA EN BOTELLA

Con el objetivo de determinar la evolución que experimentan los marcadores responsables de aromas a oxidación y fruta sobre madura, se tomaron 28 botellas del mismo vino (DO Ca Rioja Reserva 2009) y se distribuyeron en dos ubicaciones con diferentes temperaturas (fluctuante exterior y controlada en botellero), así como en dos posiciones (boca abajo y de pie), manteniéndose así durante un año. Se analizaron los marcadores de oxidación al inicio y una vez transcurrido un año. En la [tabla 3](#) y en la [figura 3](#) se muestran las tasas de crecimiento de los marcadores que aumentaron su concentración. Se observó un aumento sobre todo de acetaldehído, γ-dodecalactona, γ-nonalactona y γ-decalactona.

Las tasas de crecimiento muestran como las variaciones de temperatura son más determinantes a la hora de aumentar marcadores que la posición de guarda de las botellas, sobre todo durante los dos primeros meses posteriores al embotellado, como puede apreciarse en la [figura 4](#), donde el oxígeno (disuelto y en espacio de cabeza) va desapareciendo a la vez que es consumido por el vino provocando su oxidación.

Elvira Zaldivar, Fernando Rodríguez, David Carrillo, Antonio Palacios

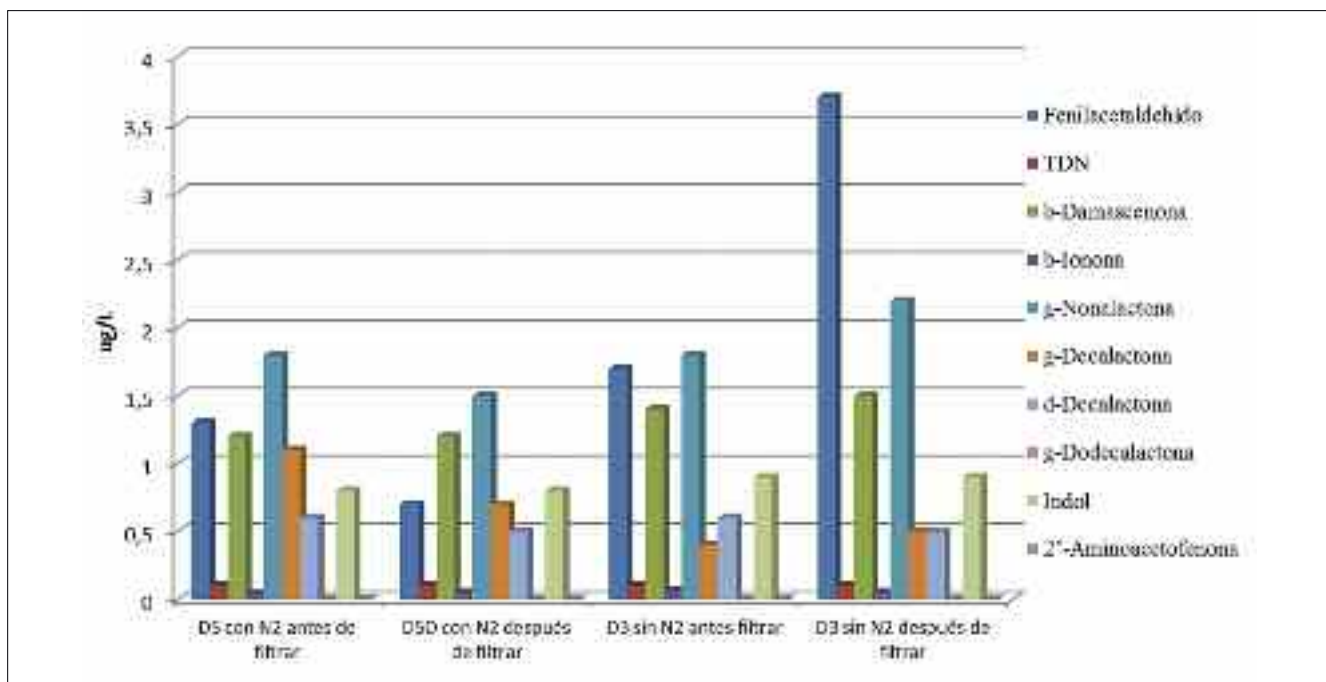


Figura 2: marcadores de longevidad y envejecimiento prematuro en vino blanco de la variedad Sauvignon blanc elaborado con y sin inertización.

Tasa crecimiento	δ-Decalactona	γ-Dodecalactona	γ-Nonilactona	Acetaldehído
Exterior 12 meses	2,23	4,48	1,14	1,11
Botellero 12 meses	2,19	4,35	1,00	1,06
Boca arriba 12 meses	1,46	2,88	0,92	0,91
Boca abajo 12 meses	1,48	3,01	1,02	1,00

Tabla 3: tasa de crecimiento en marcadores con respecto a los niveles iniciales tras 12 meses en diferentes posiciones y ubicaciones para un vino DO Ca RiojaReserva 2009.

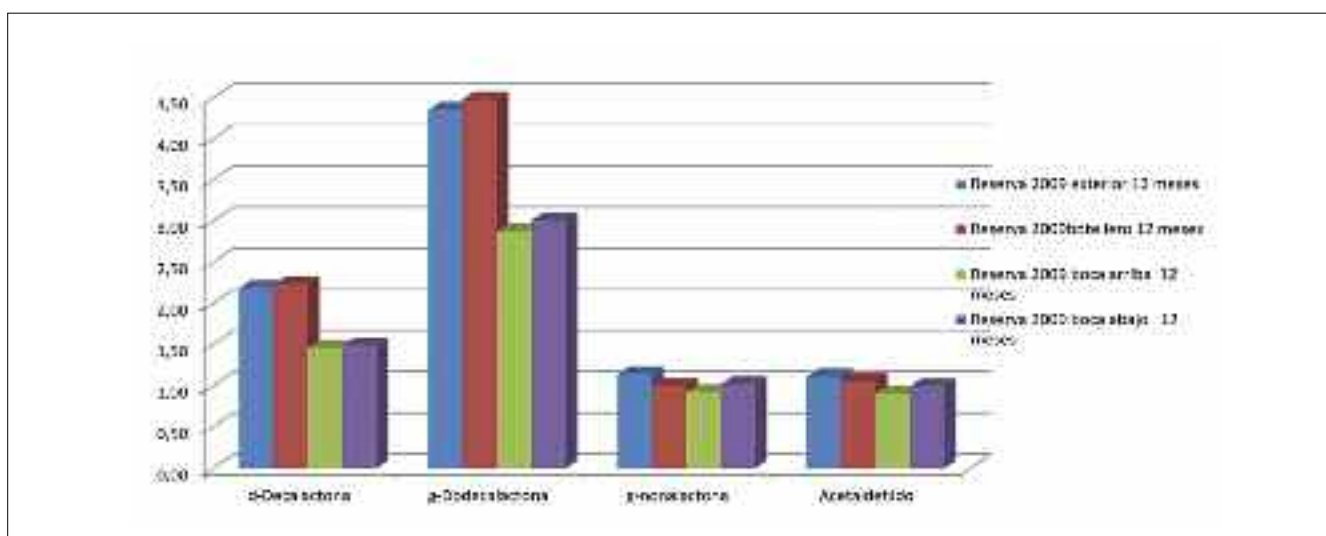


Figura 3: tasa de crecimiento en marcadores de longevidad con respecto a los niveles iniciales tras 12 meses en diferentes posiciones y ubicaciones para un vino DO Ca Rioja Reserva 2009.

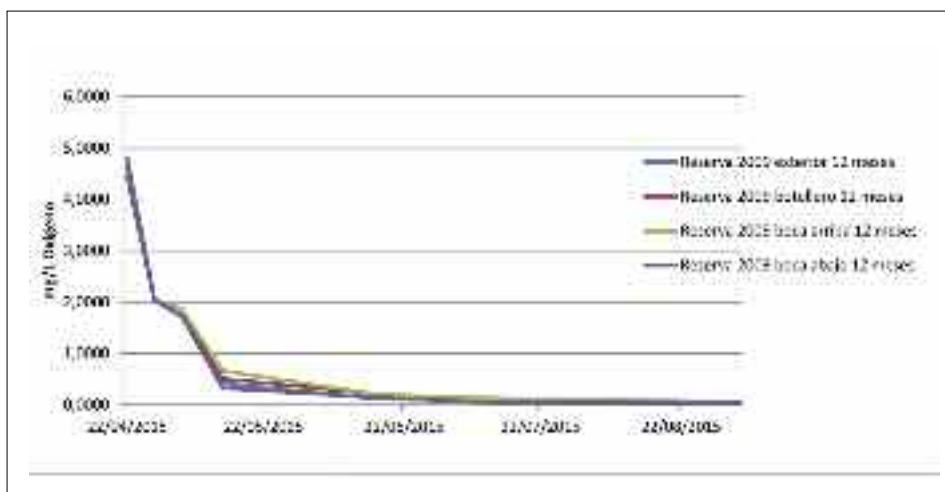


Figura 4: evolución del oxígeno total empaquetado (disuelto y en espacio de cabeza) en un vino DO Ca RiojaReserva 2009 almacenado a diferentes temperaturas y posiciones.

6- PARTE EXPERIMENTAL: MARCADORES EN VINOS CON Y SIN INERTIZACIÓN Y EN ENVEJECIMIENTO ACCELERADO

Para evaluar en qué medida aparecen marcadores de envejecimiento prematuro durante la crianza del vino, se sometió a un estudio de envejecimiento acelerado dos tipos de vinos blancos, el primero embotellado sin inertización y el segundo embotellado mediante inertización con Nitrógeno. A los dos tipos de vinos se les sometió a diferentes temperaturas de conservación (4 y 45° C) simulando diferentes cinéticas de envejecimiento durante 45 días. Una vez finalizado el proceso de envejecimiento se analizaron los marcadores de envejecimiento prematuro en comparación con el mismo vino conservado a temperatura ambiente (18-20° C). Posteriormente se evaluaron los vinos mediante análisis sensorial descriptivo y técnicas estadísticas factoriales discriminantes (Análisis de Componentes Principales, ACP).

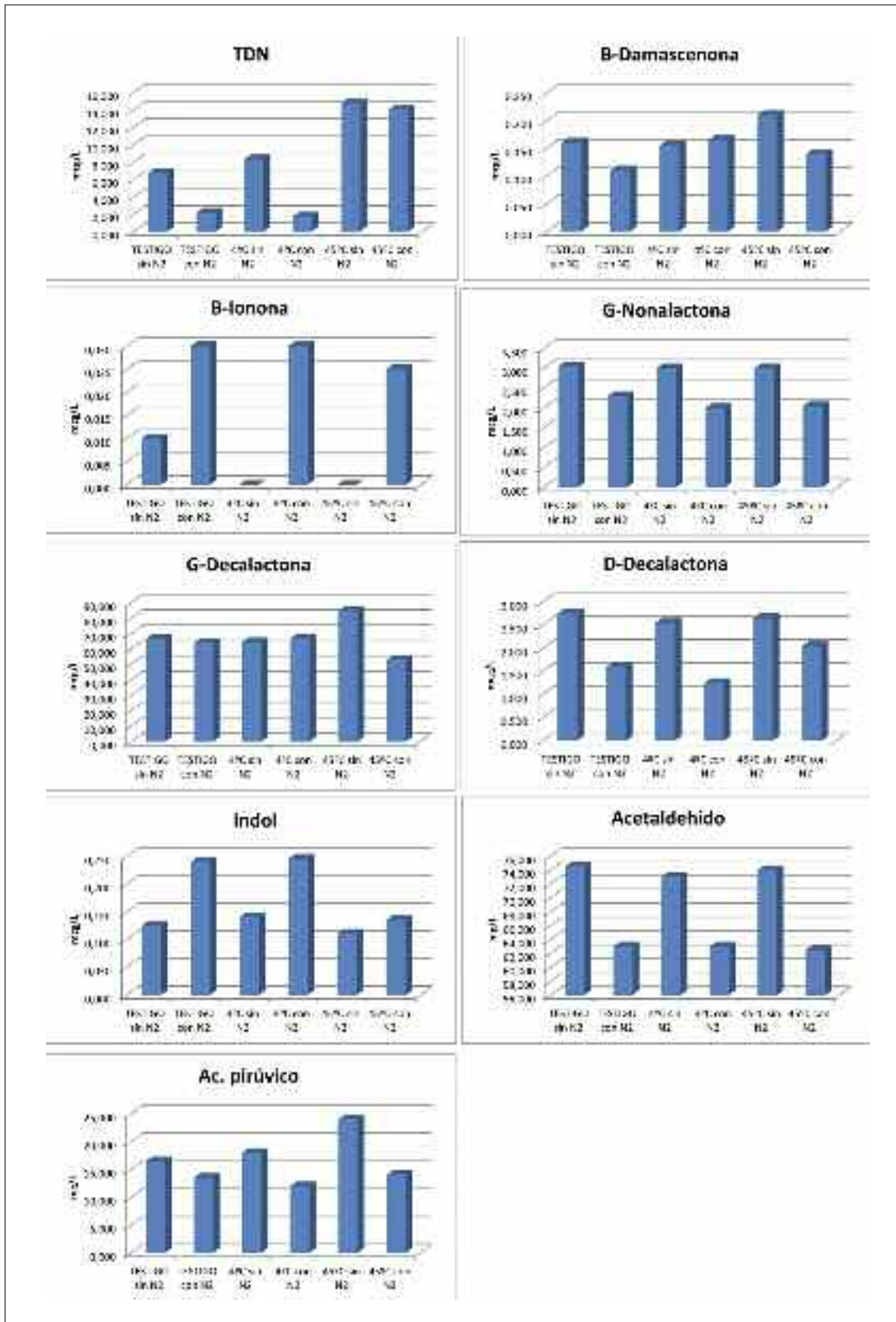
Respecto a los distintos marcadores de longevidad y envejecimiento prematuro se pueden sacar las siguientes conclusiones (ver figuras 5-13). El 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (TDN) con aromas de hidrocarburos y queroseno aumenta más sin protección de nitrógeno. Sin embargo, en crianzas largas (conservación a 45°C) las concentraciones tienden a igualarse al final de la crianza. Respecto a la β -damascenona, este marcador es el más independiente frente al tiempo de envejecimiento como a la protección con nitrógeno, aunque se acumula en mayor medida sin protección. Todo lo contrario de lo que ocurre con la β -ionona, que aumenta drásticamente su concentración cuando existe protección con nitrógeno y siendo independiente del tiempo de crianza.

Respecto a las Lactonas (γ -nonalactona, γ -decalactona y δ -decalactona), éstas tienen un comportamiento bastante similar entre ellas, aumentan significativamente su concentración cuando no hay protección frente a la oxidación, pero no lo hacen tanto con el tiempo de envejecimiento. El acetaldehído muestra una cinética parecida a la de las lactonas comentadas anteriormente. Aumenta mucho, incluso más que éstas últimas, cuando no hay protección frente al oxígeno, siendo independiente del tiempo de envejecimiento, lo que a priori es bastante sorprendente. Por otra parte, el ácido pirúvico, que muestra cinéticas parecidas e incluso paralelas a las del acetaldehído, es sensible tanto a la inertización con nitrógeno, aumentando cuando el vino está desprotegido, como al tiempo de envejecimiento, mostrando un aumento significativo a medida que éste aumenta. Es bueno recordar que ambos compuestos son muy reactivos frente al sulfuroso libre.

Por último el indol, compuesto que muestra un comportamiento un tanto extraño, ya que aumenta con la protección de nitrógeno como lo hace la β -ionona, y disminuye durante el tiempo de crianza. Estos dos compuestos, a diferencia del resto, podrían considerarse marcadores de longevidad en lugar de envejecimiento, lo que aumenta el valor práctico de este tipo de analíticas desarrolladas por Laboratorios Excell Ibérica.

La [figura 5-13](#) muestra las proyecciones en el plano factorial de los marcadores de longevidad y envejecimiento prematuro cuantificados en los dos tipos de vinos. Se puede observar como los vinos embotellados con y sin nitrógeno se encuentran muy bien diferenciados, dado que aparecen en cuadrantes opuestos según la componente F2. También

Elvira Zaldivar, Fernando Rodríguez, David Carrillo, Antonio Palacios



Figuras 5-13: marcadores de longevidad y envejecimiento prematuro en vino blanco embotellado con y sin N₂ y sometidos a envejecimiento acelerado.

Marcadores de longevidad y envejecimiento en los vinos; gestión de oxígeno en bodega

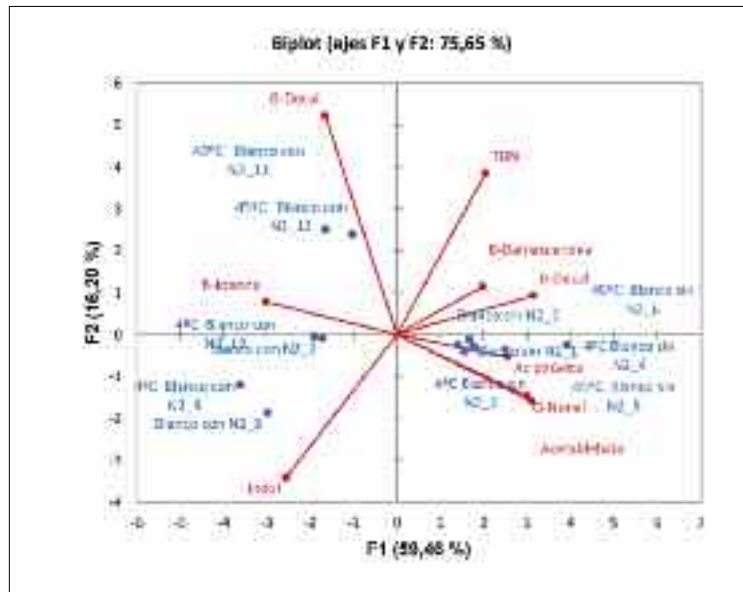


Figura 14: ACP de los marcadores de envejecimiento prematuro en vinos blancos embotellados con y sin N₂ sometidos a envejecimiento acelerado.

Ratios de aumento marcadores	TBN	β -Damascona	B-ionona	α -Nonal	γ -Decalactona	δ -Decalactona	linal	Acetaldehído	Ac. pirruico
42C sin N ₂	1,69	-0,01	-0,01	-0,05	-1,95	0,20	-0,02	-1,50	1,50
47C con N ₂	-0,45	0,06	0,00	-0,30	2,90	-0,35	-0,01	0,00	-1,50
45C sin N ₂	11,90	0,05	-0,01	-0,05	31,00	-0,10	-0,02	-0,50	7,50
45C con N ₂	8,00	0,03	-0,01	-0,25	-19,00	0,45	-0,11	-0,50	0,30

Tabla 4: ratios de crecimiento de marcadores con respecto al vino testigo tras incubación de 45 días a diferentes temperaturas. Resultados expresados en $\mu\text{g/L}$.

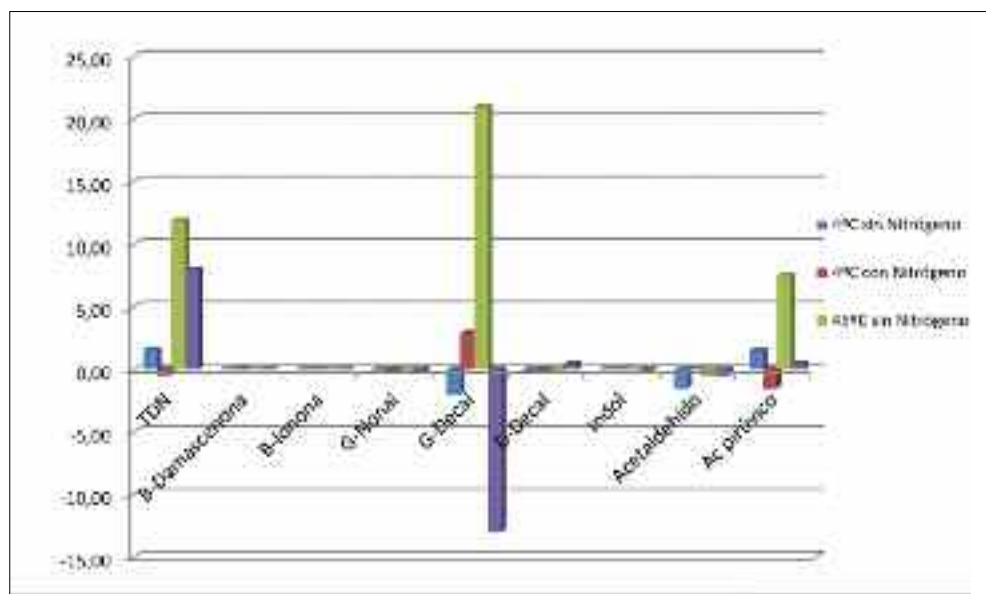


Figura 15: ratios de aumento en marcadores de los vinos embotellados con y sin inertización y envejecimiento acelerado con respecto al vino testigo.

Elvira Zaldivar, Fernando Rodríguez, David Carrillo, Antonio Palacios

podemos observar como la mayor parte de los compuestos responsables del envejecimiento prematuro se agrupan alrededor de los vinos del estudio embotellados sin N₂ (ver **figura 14**). Así, vemos como el vino embotellado con N₂, pero envejecido durante 45 días a 45° C, se ve caracterizado por el aumento de la γ -decalactona, que aporta notas a fruta sobremadura y de evolución.

No es extraño además, que el indol y la β -ionona aparezcan juntos en la parte derecha y positiva del eje factorial F1, opuestos a casi el resto de marcadores de envejecimiento, por ello se les consideró anteriormente como marcadores de longevidad.

Todos los vinos mantenidos a altas temperaturas muestran un mayor aumento en los niveles de marcadores oxidativos. Sin embargo, se puede observar como ciertos compuestos como TDN, γ -decalactona y el ácido pirúvico experimentan un menor aumento en los vinos inertizados que en aquellos que no han sido protegidos, como puede apreciarse en la **tabla 4**, que recoge los ratios de aumento de marcadores de oxidación frente a la mues-

tra testigo. El estudio de marcadores de envejecimiento prematuro al que se sometieron los vinos embotellados con y sin medidas de inertización muestra como aquellos vinos inertizados con nitrógeno tienen menores concentraciones de marcadores de envejecimiento, así como los vinos sometidos a altas temperaturas muestran un aumento de los mismos. Se puede observar también como los compuestos TDN, γ -decalactona y ácido pirúvico experimentan un menor aumento en los vinos inertizados que en aquellos no protegidos.

El estudio de marcadores de envejecimiento prematuro al que se sometieron los vinos embotellados con y sin medidas de inertización muestra como aquellos vinos inertizados con nitrógeno tienen menores concentraciones de marcadores de envejecimiento, así como los vinos sometidos a altas temperaturas muestran un aumento de los mismos. Se puede observar también como los compuestos TDN, γ -decalactona y ácido pirúvico experimentan un menor aumento en los vinos inertizados que en aquellos no protegidos (ver **figura 15**).

PROVEGET 100 PURA ACCIÓN CLARIFICANTE

Proveget 100 es un clarificante vegetal obtenido de proteína de guisante que mejora la limpidez y suaviza la astringencia tánica sin modificación del equilibrio polifenólico. Es un tratamiento apropiado en elaboraciones de alta gama, respetando color, estructura y expresión aromática. **Proveget 100** es un producto libre de alérgenos.

AGROVIN
Comprometidos con la Enología

www.agrovin.com

Marcadores de longevidad y envejecimiento en los vinos; gestión de oxígeno en bodega

Actividad	Bodega sin inertización (ppm O ₂)	Bodega sin inertización Acumulación de O ₂ disuelto combinado	Bodega con inertización (ppm O ₂)	Bodega con inertización Acumulación de O ₂ disuelto combinado
Desfagados	5,1	5,1	0,4	0,4
Frensados	2,0	8,1	1,5	1,9
Romantados	1,8	9,9	1,8	3,7
Trabajo con bombas	2,0	11,9	1,0	4,7
Descube	2,7	14,6	0,4	5,1
Centrifugación	1,6	16,2	1,0	6,1
Traslado 1 cada 6 meses- 24 meses	4,0	20,2	1,0	7,1
Mozado de barricas 1	1,8	22,0	0,5	7,6
Traslado 2 cada 6 meses- 24 meses	4,0	26,0	1,0	8,6
Uedad de barricas 2	2,0	27,7	0,5	9,1
Traslado 3 cada 6 meses- 24 meses	4,0	31,7	1,0	10,1
Uedad de barricas 3	1,0	33,5	0,5	10,6
Traslado 3 cada 6 meses- 24 meses	4,0	37,5	1,0	11,6
Uedad de barricas 3	1,8	39,2	0,5	12,1
Estabilización tartarica en continuo	4,0	43,2	2,0	14,1
Traslado en cisternas	0,5	43,7	0,1	14,2
Filtración	0,7	44,4	0,6	14,8
Embotellado (espacio cabeza- disuelto)	5,0	49,4	1,5	16,3
TOTAL	49,4		16,3	
Datos estimados (no se dispone de mediciones)				

Tabla 5: modelización de la incorporación de oxígeno en un vino con y sin medidas correctivas.

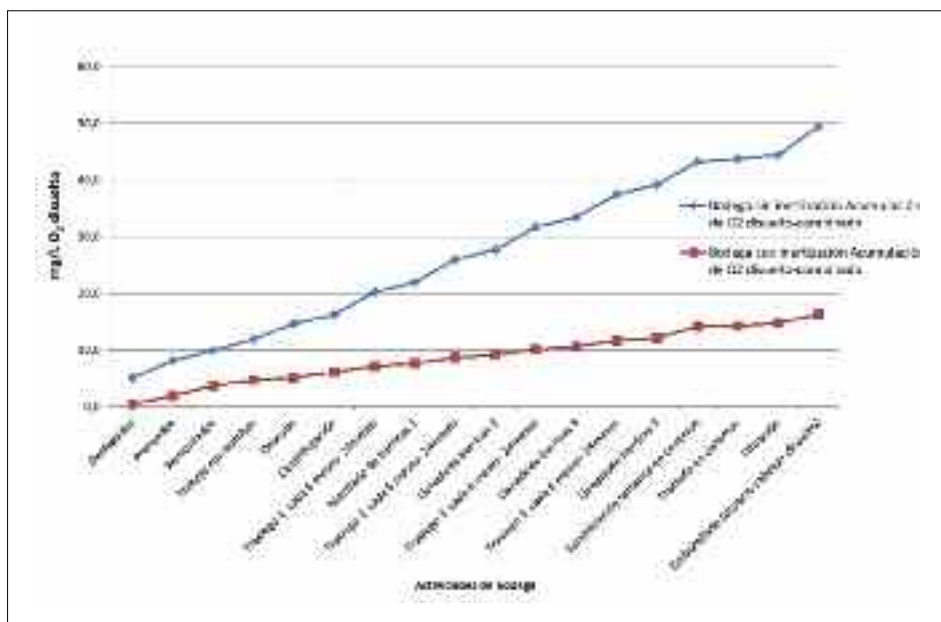


Figura 16: comparativa del oxígeno acumulado en un vino elaborado con y sin inertización.

7-MODELIZACIÓN DE LOS APORTES DE OXÍGENO EN BODEGA

Una idea de cómo puede influir la correcta aplicación de buenas prácticas en la gestión de oxígeno en bodega nos la puede dar la siguiente modelización (ver [tabla 5](#)) tomando los datos medios encontrados en las diferentes

operaciones realizadas en bodegas con y sin protección mediante inertización.

Para realizar esta simulación se ha partido de un hipotético vino siguiendo un proceso de elaboración típico de bodega desde la entrada del mosto hasta el embotellado del vino tras su envejecimiento en bodega y botella. No

sorprende observar en la **figura 16**, donde se representa la acumulación de oxígeno, como ambos vinos van separándose en su camino en función del oxígeno que va consumiendo sus compuestos antioxidantes. Procesos como el desfogado, centrifugado, trasiego y embotellado afectan de forma importante a la memoria oxidativa del producto. Comparativamente, el vino elaborado sin ningún tipo de medida correctiva ha acumulado en su vida un total de 49 ppm frente a las 16 ppm del vino elaborado con inertización.

8. DISCUSIÓN

Los mercados internacionales demandan vinos de largo recorrido, pero todo es perecedero y caduca, hasta el mejor de los vinos. La gran mayoría de los vinos que hay en el mercado no están hechos para largas guardas, muchos son elaborados para beberse jóvenes y algunos para conservarse en el tiempo según estilos y mercados, pero no hasta la eternidad. En realidad, los vinos diseñados para largas crianzas y que tienen una estructura adecuada para soportar el envejecimiento durante largos periodos temporales y/o tránsitos espaciales, conllevan elaboraciones muy rigurosas que suponen grandes esfuerzos tecnológicos, económicos y humanos.

En general, la calidad de los vinos está íntimamente relacionada con su capacidad de maduración, sobre todo una vez que abandonan su lugar de nacimiento, la bodega. Si el vino no está lo suficiente bien acondicionado a nivel de cierres, capacidad antioxidante, volumen de llenado, aislamientos térmicos y un largo etc., o no posee la composición química lo suficientemente robusta como para aguantar las duras condiciones del camino, morirá en el intento y el consumidor final se sentirá defraudado, ya que éste no tiene por qué saber cómo llegó hasta sus manos, ni a que tuvo que enfrentarse en su largo viaje.

La longevidad de los vinos depende de varios factores, entre ellos, la estructura coloidal y sus interacciones con los compuestos volátiles, además de su acidez y pH. Otro aspecto muy importante es la ausencia o baja concentración de compuestos azufrados, tales como mercaptanos y sulfuros. También el exceso de compuestos volátiles como ciertos aldehídos, fenoles o aromas herbáceos, acortan la vida aromática del vino, así como los aromas sobre-maduros.

El envejecimiento de un vino no es más que un proceso lento de oxidación. Por lo que parece obvio pensar que la capacidad de envejecimiento de un vino dependa de su capacidad para hacer frente a esta oxidación, entonces del contenido, calidad y equilibrio de sus componentes. Tal y como hemos visto en los resultados presentados, algunos compuestos químicos denominados marca-

dores de longevidad y envejecimiento aumentan por acciones de la oxidación, provocando aromas característicos de vino evolucionado con notas de fruta sobremadura, tales como el TDN, acetaldehído y algunas lactonas.

En nuestra mano está por tanto elaborar vinos con una mayor vida útil, que prolonguen su estancia en el mercado manteniendo la misma calidad organoléptica con la que fueron elaborados. El conocimiento del contenido de marcadores de longevidad y envejecimiento de un vino en particular, unido a la adecuada gestión del oxígeno en bodega, puede ayudar a optimizar el mercado internacional según vida útil del vino y sus tránsitos comerciales.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Vidal, J.C. & Moutounet, M.; (2009). La Maîtrise des apports d'oxygène au conditionnement. *Revue Française d'Œnologie*, (229), 19-29.
- Castellari, M.; Simonato, B.;Tornielli, G.B.; Spinelli, P.&Ferrarini, R.; (2004). Effects of different enological treatments on dissolved oxygen in wines. *Italian journal of food science*, Nº16(3).
- Volade, M.; Tribout-Sohier, I.;Bunner, D.; Pierlot, C.;Moncomble, D. &Tusseau, D.;(2006). Les apports d'oxygène en vinification et leurs impacts sur les vins (2ème partie). *Le Vignerons champenois*, 127(9), 60-95.
- Boulet, J.C.; Moutounet, M.; Vidal, J.C.& Toitot, C.; (2004). Comparison of methods for measuring oxygen in the headspace of a bottle of wine. *International Journal des Sciences de la Vigne et du Vin*, Nº 38(3), 191-200.
- Falkenburg, N.; (1986). Practical application of mixed gases in wineries. *The AustralianGrapegrower&Winemaker*, 55-58.
- GLORIES Y.; (1987). Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie. GuimberteauEd. SpécialConnaissVigneVin., Nº 81.
- Vidal, J.C.; Dufourcq, T.; Boulet, J.C. & Moutounet, M.; (2001). Les apports d'oxygene au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site. 1ª partie. *Revue Francaise de Oenologie*, 24-31.
- Boulet, J.C.;Moutounet, M.; Vidal, J.C. &Toitot, C.; (2004). Comparison of methods for measuring oxygen in the headspace of a bottle of wine. *International Journal des Sciences de la Vigne et du Vin*. Nº 38(3), 191-200.
- Fornairon-Bonnefond, C.; Aguera, E.; Deytieux, C.; Sablayrolles, J.M.;& Salmon, J.M.; (2003). Impact of oxygen addition during enological fermentation on sterol contents in yeast lees and their reactivity towards oxygen. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Nº95(5), 496-503.