



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Empleo de la barrica en la elaboración de vinos blancos:
demanda de los enólogos y nuevos retos

Autor/es

OLALLA GARCÍA SOTO

Director/es

ZENAIDA GUADALUPE MÍNGUEZ y DAVID GONZÁLEZ MARCOS ,

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario en Tecnología, Gestión e Innovación Vitivinícola

Departamento

AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Curso académico

2018-19



Empleo de la bodega en la elaboración de vinos blancos: demanda de los enólogos y nuevos retos, de OLALLA GARCÍA SOTO (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

Trabajo de Fin de Máster

**Empleo de la barrica en la
elaboración de vinos blancos:
demanda de los enólogos y
nuevos retos**

Autora

Olalla García Soto

Tutores: Zenaida Guadalupe Mínguez y David González Marcos

MÁSTER:

Máster en Tecnología, Gestión e Innovación Vitivinícola (761M)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2018/2019

Agradecimientos

Agradecer a mis tutores, Zenaida Guadalupe Minguez y David González Marcos, por su disponibilidad, paciencia y ayuda en todo momento.

Agradecer también a las ocho bodegas y las dos tonelerías que han participado en este estudio, concretamente a Javier Fernández de “El Coto de Rioja”, Luis Valentín de “Valenciso”, Martín Sáenz de “Fincas de Azabache”, Fernando Bordejé de “Bodegas Bilbainas”, Pablo Tascón de “Bodegas Nivarius”, Adriana Laucirica de “Tobelos”, Miguel Merino de “Bodegas Miguel Merino”, José María Sáez, tonelero de “López-Heredia”, Elena Antón de “Tonelería Murua” y de nuevo a David González, de “Gómez Cruzado”, por su amabilidad y disponibilidad, por haber conseguido sacar un momento para contestarme a las preguntas que les formulaba.

Y, por último, a mis familiares y amigos, por ayudarme, apoyarme y animarme con el máster y, en especial, con este proyecto.

Índice de contenido

1. Introducción y objetivos del trabajo	7
2. Revisión bibliográfica	9
2.1. <i>Historia y situación actual de la barrica</i>	9
2.2. <i>La madera</i>	10
2.3. <i>Estructura y propiedades físicas de la madera de roble</i>	12
2.4. <i>Composición química de la madera de roble</i>	15
2.4.1. Elagitaninos y polifenoles	15
2.4.2. Compuestos volátiles procedentes del roble y su impacto organoléptico	15
2.5. <i>Empleo de la barrica en la elaboración de los vinos</i>	19
2.5.1. Fermentación alcohólica en barrica	19
2.5.2. Crianza en barrica	20
2.5.3. La crianza en barrica en la DOCa Rioja	22
2.6. <i>Riesgos que pueden tener lugar durante la crianza en barrica</i>	24
2.7. <i>Modificaciones en el vino durante la crianza en barrica</i>	25
2.7.1. Modificaciones del color	25
2.7.2. Modificaciones gustativas	27
2.7.3. Modificaciones aromáticas	29
2.8. <i>Tipos de recipientes de madera y su impacto en el vino</i>	30
2.9. <i>Años de uso de la barrica y su impacto en el vino</i>	31
2.10. <i>Origen de la madera y su impacto en el vino</i>	32
2.11. <i>Secado de la madera y su impacto en el vino</i>	34
2.12. <i>El grado de tostado y su impacto en el vino</i>	34
2.13. <i>El tiempo de crianza y su impacto en el vino</i>	36
3. Estudio de campo	37
3.1. <i>Entrevista a los directores técnicos</i>	37
3.1.1. Bodegas	37
3.1.2. Entrevistas y cuestionario	40
3.2. <i>Entrevista a las tonelerías</i>	40
3.2.1. Tonelerías	40
3.2.2. Entrevistas y cuestionario	41
4. Resultados y discusión	42
4.1. <i>Bodegas</i>	42
4.2. <i>Tonelerías</i>	44
5. Conclusiones y nuevos retos	45
6. Referencias bibliográficas	47
7. Anexos	54

Índice de tablas

Tabla 1. Principales especies del género <i>Quercus</i> presentes en Europa	10
Tabla 2. Principales especies del género <i>Quercus</i> presentes en América	12
Tabla 3. Compuestos volátiles en vinos, sus descriptores y sus umbrales de detección	16
Tabla 4. Compuestos aromáticos aportados al vino por la madera de roble, descriptores aromáticos y umbrales de percepción en vino	29

Índice de figuras

Figura 1. Áreas de distribución de <i>Quercus petraea</i> y <i>Quercus robur</i> en España	11
Figura 2. Corte transversal de un tronco de roble	13
Figura 3. Diferencias en los anillos de crecimiento en función del tipo de corte de las duelas	13
Figura 4. Esquema de los fenómenos durante la crianza de los vinos en barrica de roble	21
Figura 5. Diferencias entre la obtención de duelas por hendido y aserrado	32

Resumen

El empleo de barricas en la elaboración y crianza del vino se ha llevado a cabo desde la antigüedad; inicialmente, como medio de transporte y, posteriormente, con el fin mejorar la calidad del vino, estabilizándolo y confiriéndole una mayor complejidad y mejora sensorial.

Con este Trabajo Fin de Máster se pretende estudiar el empleo de la barrica para la elaboración de vinos blancos, mediante la realización de un estudio bibliográfico; además de conocer las opiniones e inquietudes de los enólogos, llevando a cabo un estudio de campo con entrevistas a diferentes bodegas y tonelerías. Se pretende además proponer nuevos retos en este ámbito de la enología.

En el estudio bibliográfico se explican las posibilidades del empleo de barricas en la elaboración de vinos blancos, tanto en la fermentación como en la crianza, y las modificaciones que producen en el vino. Además, se analiza el impacto que generan las variaciones que pueden tener estos recipientes de madera, como son el origen de la madera, el tipo de recipiente, el tipo de secado, el grado de tostado, los años de uso de la madera y el tiempo de crianza.

El estudio de campo se llevó a cabo mediante entrevistas a diferentes directores técnicos de bodegas de la DOCa Rioja y a tonelerías. La mayoría de los enólogos coincidió en los beneficios de la fermentación y posterior crianza de los vinos blancos en barricas, prefiriendo en su mayoría los robles de poro fino, comúnmente Q. petraea, normalmente de origen francés con un tostado ligero pero profundo, que aporte al vino complejidad y una mejora en el perfil sensorial, sin ocultar los aromas varietales.

Como nuevos retos para la elaboración de vinos blancos en barrica se proponen tres: (i) la utilización de grandes volúmenes como recipientes de elaboración y crianza como son los fudres y bocoyes; (ii) la utilización de maderas de distinto origen como la acacia, el cerezo, el pino o el castaño entre otros, que puedan aportar matices diferenciales a los vinos elaborados; y (iii) el estudio y desarrollo de tipos de tostados específicos para la elaboración de variedades blancas que aporten las mejoras que ofrece la madera y a su vez respeten las características varietales de cada tipo de vino.

Abstract

The use of barrels in the production and aging of wine has been carried out since ancient times, first as a shipping method and later in order to improve the wine quality, stabilizing it and giving it complexity and a sensory improvement.

The aim of this project is to study the use of the barrel for the production of white wines, by carrying out a bibliographical study, in addition to knowing the demand of the winemakers, carrying out a field study with interviews to wineries and cooperage and propose new challenges in this field of enology.

In the bibliographical study, the possibilities of barrel use in the elaboration of white wines are explained, such as fermentation and aging, and the changes that occur in the wine after these. Moreover, the impact generated by the variations that these wooden containers can have, such as the origin of the wood, the type of container, the type of drying, the degree of toasting, the years of use of the wood and the time of breeding.

The field study was carried out through interviews with the different technical directors of wineries from DOCa Rioja and cooperages, coinciding mostly in the benefits of fermentation and subsequent aging of white wines in barrels, preferring mostly fine-pored oaks, commonly *Q. petraea*, normally of French origin with a light but deep toasting, that contributes to the wine complexity and an improvement in the sensory profile, without hiding the varietal aromas.

Three new challenges are proposed for the production of white wines in barrels: (i) the use of large volume containers for processing and aging, such as fudres and bocoyes; (ii) the use of wood from different origins such as acacia, cherry, pine or chestnut among others, which can provide differential nuances to the wines produced; and (iii) the study and development of specific toast types for the production of white varieties that provide the improvements offered by the wood and respect the varietal characteristics of each type of wine.

1. Introducción y objetivos del trabajo

Aunque la conservación del vino en barrica data de la época de los romanos, es en el año 1836 cuando se fabrican y diseñan en Burdeos las primeras barricas de 225 litros, denominadas bordelesas.

El uso de la barrica en la elaboración de vinos cae en desuso cuando aparecen otros materiales como el cemento y el acero inoxidable. Sin embargo, a partir de los años 90, el uso de las barricas ha resurgido convirtiéndose en una moda mundial.

El uso de la barrica no solo ha resurgido para la elaboración de vinos tintos, sino también para vinos blancos, tal y como habían estado haciendo históricamente nuestros antepasados, aportando al vino blanco una mayor finura y elegancia. Además, también se está estudiando el aporte de otras fuentes de madera para la crianza del vino, no solo de diferentes tipos de roble, sino también de diferentes especies como son el castaño, la acacia o el cerezo, con unos resultados bastante interesantes para diferenciar los vinos en un mercado cada vez algo más homogeneizado por la tecnología.

El **objetivo principal** de este trabajo de fin de máster es estudiar el empleo de la barrica para la elaboración de vinos blancos, además de conocer la demanda e inquietudes de los enólogos a este respecto, y proponer nuevos retos en este ámbito de la enología.

Para ello se han desarrollado los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un **estudio bibliográfico** de revisión de los trabajos de investigación más actuales y novedosos en relación con la elaboración de vinos en barrica, tanto en fermentaciones como en crianza, centrándose especialmente en el estudio vinos blancos.
- Realizar un **estudio de campo** con el objetivo de conocer la opinión e inquietudes de diferentes enólogos de la Denominación de Origen Calificada Rioja (DOCa Rioja) que realizan elaboraciones de vinos blancos en barrica (tanto fermentaciones como envejecimiento). En este estudio se han seleccionado ocho bodegas de la DOCa Rioja que elaboran vinos blancos en barrica, y se ha entrevistado a sus directores técnicos para conocer las diferentes formas de elaborar que se llevan a cabo y los diferentes aspectos en relación con los vinos elaborados en estas barricas. Se analiza como resultan estas elaboraciones, que ventajas y características especiales aportan.
- Realizar un **estudio de campo** con el objetivo de conocer la opinión de las tonelerías elaboradoras de las barricas. Para ello se ha entrevistado a los directores técnicos de dos tonelerías seccionadas por sus características especiales. Se pretende conocer que puede aportar el tonelero con su barrica a la elaboración de blancos, y cuáles son los aspectos más relevantes de las barricas destinadas a la elaboración de

vinos blancos y los retos que les proponen los enólogos de las diferentes bodegas.

- Analizar los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados y proponer nuevos retos y estudios.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Historia y situación actual de la barrica

Los primeros datos que se conocen de la crianza del vino datan del tercer milenio a.C. por la necesidad de transportar los vinos desde las zonas de producción, Siria y Armenia, área considerada como originaria de la vid, hasta las de consumo en Mesopotamia, donde no se daba el cultivo de la vid y el vino era considerado un producto de lujo.

Inicialmente el vino viajaba en ánforas de barro cocido de 10 litros de capacidad. Posteriormente, para tratar de solucionar el problema de fragilidad que tenían las tinajas y ánforas de barro, se comenzó con el uso de pellejos u ordes de cuero, que, sin embargo, aportaban al vino sabores y olores indeseables (Hidalgo, 2011).

Es en época romana cuando se comienza a usar toneles de madera para el transporte de vino. Esos recipientes comprendían desde barricas, barriles, botas, toneles, etc. con capacidades compendiadas entre los 200 y los 500 litros (Martínez y col., 2004).

En España, tras la caída del imperio romano, escasea el roble en la península ibérica, y se comienzan a usar maderas diferentes como el castaño, cerezo, haya y fresno. Otra opción era la de importar madera de roble americano, opción que tomaron la mayoría de las tonelerías de Jerez (Hidalgo, 2011).

Tras la conservación de los vinos en estos recipientes de madera, se observó que los vinos se clarificaban mejor y se conservaban durante más tiempo; posteriormente, para evitar avinagramientos, se embotellarían, dando lugar a la crianza mixta de vinos a la que estamos acostumbrados (Cadahía y col., 2008).

En el año 1836 se fabricaron y diseñaron en Burdeos las primeras barricas de 225 litros, que se denominaron bordelesas.

En la actualidad, y a partir de los años 90, el uso de las barricas ha resurgido convirtiéndose en una moda mundial tras la bajada de uso que tuvo cuando aparecieron otros materiales como el cemento y el acero inoxidable. El uso de la barrica no solo ha resurgido para la elaboración de vinos tintos, sino también para vinos blancos, tal y como habían estado haciendo históricamente nuestros antepasados, aportando al vino blanco una mayor finura y elegancia.

Además, también se está estudiando el empleo de nuevas fuentes de madera para la crianza del vino, no solo de diferentes tipos de roble, sino también de diferentes especies como son el castaño, la acacia o el cerezo, con unos resultados bastante interesantes para diferenciar el vino en un mercado cada vez algo más homogeneizado por la tecnología.

2.2. La madera

La madera de roble es la elección más común de los enólogos para la construcción de barricas. Esto se debe a sus propiedades, entre las que destacan su inercia térmica, su resistencia y su composición. Desde el punto de vista puramente enológico, su composición porosa y permeable juega un papel importante en la evolución del vino, ya que en función del sentido de colocación de sus fibras se garantiza la entrada de oxígeno al vino.

El roble pertenece al género *Quercus*, que está formado por más de 600 especies, cifra que varía en función del autor del que se extraiga. El género *Quercus* pertenece a la familia de las Fagáceas, la subfamilia *Quercoidae*, que se extiende por el hemisferio norte, a lo largo de Europa, América del Norte, América Central y sudeste de Asia, y algo en el norte de España y Sudamérica.

En Europa, el género *Quercus* está representado por 29 especies, que se agrupan en 4 subgéneros: Oersted (antiguo *Lepidobalanus*), *Erythrobalanus*, *Cerris* y *Sclerophyllodrys*, cuya distribución territorial se encuentra muy mezclada, como detalla la Tabla 1.

Tabla 1. Principales especies del género *Quercus* presentes en Europa (Fernández-Golfín y Cadahía, 1999)

Oersted	Erythrobalanus	Cerris	Sclerophyllodrys
<i>Q. Congesta</i>	<i>Q. rubra</i> L. Roble rojo americano	<i>Q. cerris</i> L. Roble turco	<i>Q. alniflora</i> Poech. Roble chipriota dorado
<i>Q. faginea</i> Lam. Roble portugués o Quejigo		<i>Q. suber</i> L. Alcornoque	<i>Q. coccifera</i> L. Coscoja
<i>Q. frainetto</i> Ten Roble de Hungría		<i>Q. trojana</i> Webb. Roble de Macedonia	<i>Q. ilex</i> L. Encina
<i>Q. fruticosa</i> Brot. Roble de Lusitania			
<i>Q. infectoria</i> Olivier			
<i>Q. petraea</i> Liebl. Roble sésil (ant. <i>Sessiliflora</i>)			
<i>Q. pubescens</i> Willd. (ant. <i>Lanuginosa</i>)			
<i>Q. pyrenaica</i> Willd. Rebollo			
<i>Q. robur</i> L. (ant. <i>Pedunculata</i>)			
<i>Q. canariensis</i> Willd. Quejigo			

El género Oersted (ant. *Lepidobalanus*) incluye las dos principales especies utilizadas para tonelería: *Q. petraea* o *sessilis* y *Q. robur* o *pedunculata*. Se encuentran prácticamente repartidas por todo el continente europeo, también en España, pero el principal productor es Francia, donde se cultivan unos tres millones de hectáreas de robledales. Por su fuerte hibridación, no es fácil distinguir entre *Q. robur* y *Q. petraea*. La mayoría de los bosques explotados

para la producción de las duelas están poblados por las dos especies, pero algunos ofrecen poblaciones más puras que otros, en función de las condiciones más idóneas para el desarrollo de cada una de ellas, de modo que en la práctica se distingue la zona de procedencia y no la especie. *Q. petraea* se da principalmente en la región del centro de Francia, Allier, Tronçais, Nevers y en las regiones de Bourgogne, Vosges y Argonne, donde se adapta bien a los suelos arenosos y no es muy exigente en luminosidad. Esta especie se cultiva según la técnica haute futaie o monte alto regular, en la que los árboles son altos y de buena calidad, pudiendo llegar a diámetros de más de 60 cm (Keller, 1992; Vivas, 1998). La especie *Q. robur* crece fundamentalmente en la región de Limousin y en el suroeste en la zona de Aquitania. Se cultiva con la técnica taillis sous futaie o monte bajo con resalvos, porque requiere mucha iluminación y suelos fértiles.



Quercus petraea



Quercus robur

Figura 1. Áreas de distribución de *Q. petraea* y *Q. robur* en España (Fernández-Golfín y Cadahía, 1999)

En España, además de las especies *Q. petraea* y *Q. robur* (Figura 1), existe la especie *Q. pyrenaica* Wild, autóctona de la península ibérica.

En América se cultivan del orden de 24 especies, encuadradas todas ellas dentro de dos grandes grupos, robles blancos (subgénero *Q. Oersted*) y robles rojos (subgénero *Erythrobalanus*) (Tabla 2), pero únicamente los robles blancos se emplean para la fabricación de barricas. Evidentemente, no todos ellos son iguales para el envejecimiento de vinos de calidad, por lo que es necesario

identificar la madera por su procedencia (roble de Virginia, Missouri, Oregón, etc.). Debido a su superioridad desde el punto de vista enológico, en Estados Unidos se conoce a la especie *Q. alba* como True White Oak (roble blanco verdadero). Esta especie se cultiva en la costa este de los EE. UU. y se identifica también por su lugar de origen, siendo las zonas productoras principales Missouri, Ohio, Illinois, Tennessee, Oregón, etc. (Fernández de Simón y Cadahía, 2007). Además de *Q. alba*, se cultivan más especies de roble, como se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2. Principales especies del género *Quercus* presentes en América (Fernández-Golfín y Cadahía, 1999)

Oersted	Erythrobalanus
<i>Q. alba</i> L. Roble blanco americano	<i>Q. rubra</i> L. Roble rojo del norte
<i>Q. montana</i> Willd. Roble-castaño	<i>Q. velutina</i> L. Roble negro
<i>Q. stellata</i> Wan. Roble de los postes (Virginian oak)	<i>Q. falcata</i> M. Roble rojo del sur
<i>Q. lyrata</i> Walt. Overcup (Virginian oak)	<i>Q. coccinea</i> M. Roble escarlata
<i>Q. prinus</i> Roble de los pantanos	<i>Q. nigra</i> L. Roble de agua
<i>Q. macrocarpa</i> M. Roble de las bellotas grandes (Bur oak)	<i>Q. phellos</i> L. Roble-sauce
<i>Q. bicolor</i> Willd. Roble de pantano (Swamp oak)	<i>Q. maricalanda</i> D. Blackjack oak
<i>Q. muehlenbergii</i> E. Chinquapin oak	<i>Q. palustris</i> M. Pino-roble o Roble de los pantanos
<i>Q. virginiana</i> L. Roble siempreverde	<i>Q. shumardii</i> B. Roble de Shumard
<i>Q. garryana</i> Roble blanco de Oregón	<i>Q. laurifolia</i> M. Roble laurel
<i>Q. michauxii</i> Nutt. Roble-castaño de los pantanos (Swamp chestnut oak)	<i>Q. kelloggii</i> Roble negro de California

Además del roble, en la actualidad, se están usando numerosas especies de árboles para elaborar barricas, como lo son la acacia (*Robinia pseudoacacia*), cerezo (*Prunus avium*), pino (*Pinus canariensis*) o castaño (*Castanea sativa*) entre otros.

2.3. Estructura y propiedades físicas de la madera de roble

La madera que se precisa para la fabricación de barricas debe tener una permeabilidad y porosidad bajas, tamaño del anillo y densidad convenientes, alta resistencia mecánica, facilidad al hendido, alta durabilidad, etc., de tal forma que permitan de ella la obtención de duelas, la construcción de las barricas y el adecuado equilibrio entre los fenómenos de difusión gaseosa y permeabilidad que tienen lugar en la integración madera-vino (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

Estas características precisan de una estructura característica que solo se da en algunas especies.

Viendo el corte transversal de un tronco de roble, se pueden distinguir visualmente diferentes zonas (Figura 2).

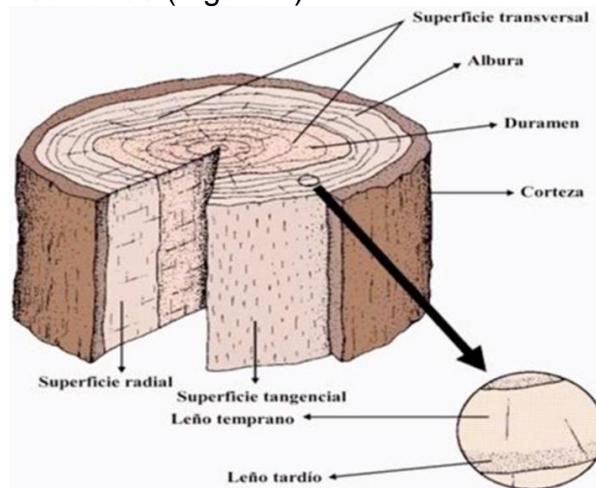


Figura 2. Corte trasversal de un tronco de roble (Fernández-Golfín y Cadahía, 1999)

Las zonas que se diferencian son:

- Corteza muerta o exterior, que protege a la madera.
- Corteza interna o viva, con funciones conductoras.
- Cambium, causante del crecimiento en espesor del tronco.
- Albura, de color claro, contiene células vivas con funciones conductoras y de almacenamiento.
- Duramen, de color más oscuro y mayor grosor, formada por células muertas con función de soporte mecánico. Es la zona peleada en la elaboración de barricas.
- Médula, tejido blando alrededor del cual se produjo el primer crecimiento en espesor del tallo recién formado.
- Anillos de crecimiento (Figura 3), que se forman a partir del cambium, que hace aumentar el espesor del tronco anualmente, formando madera nueva hacia el interior y corteza hacia el exterior.
- Dentro de cada anillo se distinguen dos zonas, madera de primavera, con gran cantidad de vasos gruesos y paredes celulares delgadas y madera de verano, densa, fibrosa, poco vascularizada, con vasos de muy pequeño tamaño y menos numerosos.



Figura 3. Diferencias en los anillos de crecimiento en función del tipo de corte de las duelas

El denominado grano de la madera en tonelería es la anchura del anillo de crecimiento en milímetros (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

Las propiedades físicas de la madera de roble de interés en enología son las siguientes (Ojeda, 2012; Fernández-Golfín y Cadahía, 1999; Hidalgo, 2011; Martínez y col., 2004):

- Color: se debe fundamentalmente a las sustancias que la impregnan, variando según la especie, la edad y las condiciones de crecimiento, siendo por lo general más oscuro el duramen y más clara la albura. El color puede variar con el tiempo, debido a la oxidación en presencia de la luz de algunas sustancias.
- Estructura, textura y grano: aspectos dependientes de la ordenación o distribución de los elementos anatómicos de la madera. La estructura y el grano ya se han definido anteriormente, mientras que la textura es la relación que existe dentro del anillo de crecimiento entre la anchura de la zona de verano y la anchura total del anillo.
- Densidad: se define como la masa por unidad de volumen a un contenido de humedad dado. Está muy relacionada con la porosidad y la permeabilidad. Cada especie se caracteriza por poseer una densidad diferente, si bien puede variar en cierta medida en función de la posición dentro del árbol, condiciones de crecimiento, edad, etc.
- Porosidad: se define como el volumen de huecos que existen en un volumen aparente unitario de madera seca. La madera de roble posee una porosidad aproximada de 0,5 clasificándose entonces como porosa, siendo bastante permeable en sentido longitudinal y menos o poco en sentido radial y tangencial. La porosidad de una madera por sí sola no explica la aptitud enológica de la misma.
- Permeabilidad: este aspecto responde a la facilidad de un material de dejarse atravesar por un fluido. La permeabilidad longitudinal frente a los líquidos es entre 20 y 500 veces superior a la transversal. Por ello, en enología la permeabilidad que interesa es la transversal, ya que la conducción longitudinal no es posible por cuanto en contacto con el vino sólo está la cara radial, ya que la madera destinada a duelas se corta en sentido radial.
- Propiedades conductoras: la madera es un mal conductor del calor debido a su porosidad y a la escasez de electrones libres. La propiedad conductora con cierto interés en enología es la de aislamiento térmico, ya que influye en el momento del secado y curvado de la duela.
- Propiedades mecánicas: la madera de roble presenta una elevada resistencia mecánica, que le permite soportar los frecuentes golpes que se producen durante las operaciones de manipulación, así como tener una buena aptitud al curvado sin que aparezcan roturas o microfisuras.

A pesar de esta explicación general, hay que tener en cuenta que tanto la estructura como la composición física de la madera dependen en gran medida de la especie de roble, de las condiciones de crecimiento y del tratamiento silvícola (Feuillat y col., 1997; Keller, 1992; Mosedale y Ford, 1996; Moutonet y col., 1999; Pérez-Prieto y col., 2003d; Puech y col., 1999; Vivas y col., 1997).

2.4. Composición química de la madera de roble

El duramen está formado por 40% de celulosa, 20% de hemicelulosa, 25% de lignina, 10% de elagitaninos y 5% de componentes de naturaleza química diversa.

El resto de los componentes supone el 10% restante del peso seco y constituyen la fracción extraíble. Estos componentes pueden encontrarse mezclados con polímeros en la pared celular o como inclusiones en los lúmenes celulares.

Los componentes que más abundan son los elagitaninos; sin embargo, también se encuentran otros componentes de estructuras químicas muy diferentes, como los polifenoles, los compuestos furánicos, las lactonas, los ácidos grasos, etc. Parte de estos compuestos son el origen de muchas de las sustancias de interés organoléptico que se encuentran en los vinos que han pasado por barrica (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

2.4.1. Elagitaninos y polifenoles

Los elagitaninos son ésteres hexahidroxidifénicos de tipo C-glicosídico. Se han identificado en la madera de roble ocho elagitaninos: vescalagina, castalagina, grandinina, roburina a, roburina B, roburina C, roburina d y roburina e.

Los elagitaninos más abundantes son castalagina, vescalagina, roburina e y grandinina. De estos compuestos se sabe que se comportan como antioxidantes por su gran capacidad de consumir oxígeno, que aceleran la condensación de antocianos y taninos con acetaldehído por su capacidad de formación de etanal, que favorecen la polimerización de los flavanoles del vino, y que pueden unirse a ellos formando complejos flavanoelagitaninos (Saucier y col., 2006). Por ello, parece que solo una pequeña parte de los elagitaninos aportados por la madera se encuentran en el vino en forma libre, contribuyendo a las sensaciones de amargor, aspereza y astringencia, especialmente la grandinina y roburina e (Glabasnia y Hofmann, 2006; García, 1997).

En el caso de que se llegaran a alcanzar concentraciones muy elevadas, se producirían vinos con características organolépticas no deseadas, lo que se denomina “sabor a tablón”. La cantidad de elagitaninos libres va a depender de la cantidad de elagitaninos que aporta la madera de la barrica.

Durante el secado natural de la madera al aire libre disminuyen notablemente los elagitaninos, y de igual forma se ven afectados por el tostado.

2.4.2. Compuestos volátiles procedentes del roble y su impacto organoléptico

Los compuestos volátiles tienen una gran importancia sensorial. Parte de estas sustancias se forman durante el tostado de las duelas que luego formarán la barrica y que serán cedidas al vino aumentando la complejidad de este.

La composición volátil de la madera varía en función del tipo de madera empleado y de su grado de tostado. La diferencia más clásica en el aporte de compuestos es la que existe entre el roble americano (*Q. alba*) y el francés (*Q. petraea* y *robur*). El potencial aromático del roble americano es mayor al del roble francés, estando este aumento condicionado mayoritariamente por la elevada cesión de whisky-lactonas (Prida y col., 2006), dejando en definitiva el roble americano un perfil mucho menos frutal y floral.

Las sustancias volátiles se suelen agrupar en familias en función de su estructura y su origen (Tabla 3). Destacan los furanos, ácido acético y otros heterociclos volátiles originados a partir de los polisacáridos, y por otro lado los aldehídos fenólicos, las fenil-cetonas y los fenoles volátiles, por ser originarios de la lignina, y por último las lactonas que proceden de los lípidos.

Tabla 3. Compuestos volátiles comunes en vinos, sus descriptores y sus umbrales de detección

Compuesto	Descriptor	Umbral de detección (µg/L)	Referencia
Alcoholes C6			
1-Hexanol	Hierba cortada	8000	Francis y Newton, 2005
(Z)-3-Hexen-1-ol	Hierba cortada	400	Francis y Newton, 2005
Alcoholes superiores			
Isobutanol	Alcohol, Fusel	40000	Francis y Newton, 2005
1-Butanol	Medicinal	74000	Noguerol-Pato y col., 2013
Alcohol isoamílico	Whiskey, Malta, Quemado	30000	Francis y Newton, 2005
3-Metil-1-pentanol	Vinoso, Herbáceo, Coco	50000	Wang, X-C. y col., 2017
4-Metil-1-pentanol	Almendra, Tostado	5000	Wang, X-C. y col., 2017
2,3-butanediol	Afrutado	150000	Sánchez-Palomo y col., 2017
Furfuril alcohol	Coco, Nuez	2000	San Juan y col., 2012
3-Metiltiopropanol	Verdura cocida	1000	Sánchez-Palomo y col., 2017
Alcohol bencílico	Almendra amarga	200000	Aznar y col., 2003
2-Feniletanol	Miel, especia, rosa, lila	14000	Francis y Newton, 2005
2-etil-hexanol	Champiñón, dulce	5	Wang, X-C. y col., 2017
Ésteres etílicos			
Hexanoato de etilo	Piel de manzana, fruta	14	Francis y Newton, 2005
Lactato de etilo	Láctico, frambuesa	154,636	Wang, X-C. y col., 2017
Octanoato de etilo	Fruta, mantequilla	5	Francis y Newton, 2005
Decanoato de etilo	Uva	200	Francis y Newton, 2005
Succinato de dietilo	Fruta ligera, vinoso	6000	Wang, X-C. y col., 2017
Malato de dietilo	Sobremaduro, melocotón, ciruela	760000	Sánchez-Palomo y col., 2017
Acetatos			

Isoamil acetato	Plátano	30	Francis & Newton, 2005
2-fenilacetato	Rosa, miel, tabaco	250	Francis & Newton, 2005
Acetato de hexilo	Afrutado, pera	1500	Wang, X-C. y col., 2017
Ácidos			
Ácido acético	Agrio (picante, vinagre)	200000	Francis y Newton, 2005
Ácido butírico	Queso, Rancio	173	Francis y Newton, 2005
Ácidos 2,3-metilbutanoico	Sudor, agrio, rancio	33	Francis y Newton, 2005
Ácido hexanoico	Sudor	420	Francis y Newton, 2005
Ácido octanoico	Sudor, queso	500	Francis y Newton, 2005
Ácido decanoico	Rancio, mantequilla	1000	Francis y Newton, 2005
Lactonas			
Butirolactona	Crema de caramelo	35000	Perez-Oliveiro y col., 2014
γ -Decalactona	Melocotón, lechoso	88	Perez-Oliveiro y col., 2014
Cis/Trans metil-octolactona	coco, madera	23 - 46	Fernández de Simón y Cadahía, 2007
Monoterpenoles			
Acetoína	Crema, Lácteo	150000	Ferreira y col., 2000
C13-norisoprenoides			
B-Damascenona	Manzana, rosa, miel	0,05	Francis y Newton, 2005
Fenoles volátiles			
4-vinilfenol	Fenólico, farmacéutico	1,5	Ferreira y col., 2000
4-vinilguayacol	Clavo, curry	10, 40	Francis y Newton, 2005
Guaiacol	humo, caramelo, medicina	10	Francis y Newton, 2005
4-etilfenol	Espicias	440	Francis y Newton, 2005
Vainillina	Vainilla	200	Francis y Newton, 2005

De forma más detallada, los compuestos volátiles se diferencian en los siguientes grupos:

- Compuestos furánicos: se producen por la termodegradación de las hemicelulosas que se lleva a cabo durante el tostado. El furfural es el más abundante, pero también se encuentran compuestos derivados como el 5-metilfurfural y el 5-hidroximetilfurfural. Pueden comunicar al vino aromas a tostado, almendras tostadas y caramelo. Sus umbrales de detección son elevados.
- Lactonas: especialmente los isómeros cis y trans de la metil octolactona. Proceden de la degradación de los lípidos por ciclación del ácido 3-metil-4-hidroxi octanoico. Recientemente se le ha atribuido al isómero cis un umbral de detección de 23 $\mu\text{g/l}$ en vinos blancos secos, y de 46 $\mu\text{g/l}$ en vinos tintos, aunque se detectan diferencias sustanciales en la sensibilidad de cada catador a este compuesto. Comunica al vino notas de madera, roble, coco, vainilla, etc., pudiendo llegar a alcanzar concentraciones muy elevadas, de hasta 10-20 veces su umbral de detección. Estos

compuestos se encuentran en las maderas verdes, con concentraciones muy variables entre árboles, entre bosques y entre especies, presentando valores de entre 0 y 180 $\mu\text{g/g}$ de madera el isómero trans, y entre 0 y 250 $\mu\text{g/g}$ de madera el isómero cis, dándose la circunstancia de que algunos árboles presentan concentraciones más elevadas del isómero trans que del cis. Aunque son sensibles al secado y al tostado, algunos autores hablan para este compuesto de un efecto árbol, ya que sus concentraciones en el vino son muy dependientes de las encontradas en la madera verde (Doussot y col., 2002; Spillman y col., 2004).

- Fenoles volátiles: se forman por la termodegradación de la lignina durante el tostado, habiéndose encontrado más de 20 compuestos en esta familia, entre los que destacan eugenol, guayacol, siringol, fenol, cresol, etc. Para el eugenol (umbral de detección en vinos: 15 $\mu\text{g/l}$), que aporta notas a clavo y especias, se ha detectado una fuerte variabilidad entre árboles individuales, especies y orígenes, con valores comprendidos entre 0 y 20 $\mu\text{g/g}$ de madera, siendo los valores medios de *Q. petraea* superiores a los de *Q. robur*. Al igual que en el caso de los isómeros cis y trans de la metil-octolactona, se ha descrito que las concentraciones en el vino son un reflejo de las de la madera antes del procesado en tonelería, a pesar de presentar cierta sensibilidad a los procesos de secado y tostado.
- Cetonas cíclicas: como 3-hidroxi-2-metil-4h-piran-4-ona (maltol), 3-metil-2-ciclopentenona, 3-metil-5-ciclohexenona y 3-metil-2(5h)-furanona. Proceden de la degradación térmica de los glúcidos. Pueden comunicar al vino aromas a caramelo, tostado.
- Heterociclos nitrogenados: se detectan pequeñas cantidades de diferentes isómeros de dimetilpirazina, pirrolcarboxaldehído, piridinas y otros compuestos no identificados (Chatonnet y col., 1997). Aportan aromas a cacao, café y pan tostado.
- Alcoholes y aldehídos de cadena lineal: provienen de la degradación de ácidos grasos. Los más frecuentemente detectados son (e)-2-nonanal, (e)-2-octenal, 1-decanal, 2-etil-1-hexanol, 1-hexanal, 1-hexanol, 1-nonanal, 2,4-heptadienal, (e)-2-decenal y (z,z)-2,4-decadienal. Su concentración disminuye al intensificarse las condiciones de tostado. Aportan aromas a serrín, nuez, verde, rancio, tierra, hierba, vegetal, etc. (Chatonnet y Dubordieu, 1998).
- Polifenoles de bajo peso molecular: son un grupo heterogéneo de compuestos que presentan en su estructura uno o varios anillos aromáticos, con hidroxilos como sustituyentes. Se agrupan en ácidos fenólicos (gálico, elágico, vainílico, siríngico y ferúlico son los más abundantes); aldehídos fenólicos, entre los que destacan la vainillina y los aldehídos siríngico, coniferílico y sinápico; y cumarinas, siendo las más importantes la esculetina y la escopoletina. Todos ellos tienen una participación activa en las características organolépticas de los vinos de crianza, especialmente la vainillina sobre la cual se ha observado un efecto sinérgico por parte de las whisky-lactonas, y que confiere al vino

notas de vainilla, café, chocolate negro y ahumado, según los últimos estudios sensoriales, que citan un umbral de detección de 65 µg/l en vinos tintos. Otros aldehídos como siringaldehído, coniferaldehído y sinapaldehído tienen umbrales de detección muy altos, y en general se considera que no participan en el aroma de los vinos. Sin embargo, recientemente se han identificado unos nuevos pigmentos rojo naranja (ladrillo), muy estables, que se formarían por la unión de estos aldehídos con flavanoles o antocianos. Estos nuevos pigmentos se han llamado oaklins (Sousa y col., 2005). Podemos pensar por tanto que participan en la estabilización del color de los vinos de crianza. Durante el secado natural aumentan ligeramente su concentración, pero es en el tostado donde se producen en mayor cantidad, debido a la degradación de la lignina por el calor (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

2.5. Empleo de la barrica en la elaboración de los vinos

La barrica se puede emplear en la elaboración de vinos en diferentes etapas de elaboración, durante las fermentaciones o durante la crianza o envejecimiento.

2.5.1. Fermentación alcohólica en barrica

Para la fermentación alcohólica en barrica se suelen usar barricas de entre 225 y 300 litros de capacidad de madera de roble de grano fino preferentemente de la especie de *Q. sessilis* (roble tipo Allier), de aromas más complejos que el *Q. alba* (roble americano), de aromas más potentes y simples o que el *Q. pedunculata* (roble tipo Limousin), poco aromático y muy astringente y con un grado de tostado de medio a fuerte. Las barricas suelen ser seminuevas, con una vida de un año, a lo sumo de dos, para evitar la cesión de un exceso de astringencia o de sustancias aromáticas al vino, aunque se pueden utilizar maderas nuevas convenientemente combinadas con las más antiguas.

Es conveniente realizar la fermentación en lugares frescos, con una temperatura de entre 16 y 18°C; siendo llenadas de mosto en un 90% para evitar derrames y utilizando mosto desfangado o a lo sumo con lías finas, pudiendo emplearse levaduras secas activas o bien llenarse con mosto iniciada su fermentación en un depósito de mayor capacidad, consiguiendo así una fermentación mixta, asegurando un comienzo de la fermentación correcto y consiguiendo reducir la temperatura en mayor medida para asegurar una fermentación adecuada.

El control de densidad y temperatura se realiza mediante extracción de una fracción de mosto por la boca de la barrica.

Finalizada la fermentación alcohólica del mosto, las barricas deben ser rellenadas con vino de la misma partida, y diariamente sus lías son removidas manualmente en una operación conocida como "bâtonnage", pudiendo sufrir o no a continuación una eventual fermentación maloláctica. El vino permanece removido y rellenado cuando sea necesario, durante un tiempo que normalmente supera los 3 a 4 meses, pudiendo corregirse entre tanto el

sulfuroso si fuera necesario, para mantener un nivel de entre 20 y 30 mg/l de SO₂ libre, impidiendo así un posible ataque de microorganismos.

El volumen del envase tiene gran importancia, pues debe facilitarse en la medida de lo posible, el contacto de las lías con el vino. En los recipientes de gran volumen la superficie de contacto lías-vino es muy limitada; sin embargo, cuando se utiliza una bodega, esta superficie es más elevada.

Durante las fermentaciones alcohólica y maloláctica, así como en la fase de “bâtonnage” de las lías, se producen una serie de fenómenos entre los que destaca el fenómeno de autólisis de los microorganismos. Además, la oxidación producida a través de la madera, y la cesión de sustancias de la propia madera, hacen modificar positivamente las características sensoriales del vino y también sus condiciones de envejecimiento (Hidalgo, 2011).

2.5.2. Crianza en bodega

Existen diferentes tipos de crianza que se pueden aplicar a los vinos. Según los envases en los que se realiza y las condiciones de envejecimiento, se diferencian los siguientes (Hidalgo, 2011):

- Crianza oxidativa: los vinos envejecen durante largos períodos de tiempo en condiciones de oxidación, en envases de madera. Este tipo de crianza se aplica a los vinos de Jerez, Oporto, etc.
- Crianza reductora: los vinos permanecen en ausencia total de aire, en depósitos herméticos y en botellas, desarrollándose una crianza en ambiente reductor. Muchos vinos elaborados con variedades blancas aromáticas se incluyen en este tipo.
- Crianza mixta: en este tipo de envejecimiento se combina una etapa inicial de envejecimiento oxidativo en bodegas de madera, seguida de un período más largo de crianza reductora en botella, donde los vinos terminan de alcanzar su plenitud. Se aplica en vinos de reconocida calidad (Rioja, Burdeos, etc.) (Ojeda, 2012).

La crianza de los vinos en bodega es considerada una etapa de afinamiento indispensable para su posterior envejecimiento en botella. Durante la crianza en bodega se producen una serie de transformaciones físicas, químicas y biológicas, que mejoran la estabilidad de los vinos y los modifican sensorialmente (Hidalgo, 2011). Los fenómenos de interacción vino-roble-aire van a depender de la estructura y propiedades físico-químicas de la madera, de las características del vino y su elaboración y de las condiciones ambientales durante la crianza (Cadahía y col., 2008).

Los fenómenos más importantes que tienen lugar durante la crianza en bodega son los siguientes (Hidalgo, 2011):

- Entrada de oxígeno a través de la madera y pérdida de vino a través de esta. La entrada de oxígeno en la bodega hace que se produzcan fenómenos de oxidación, en los que se ven implicados compuestos fenólicos, y están relacionados con modificaciones en el color y en otras

- características organolépticas del vino. También se produce evaporación del vino a través de las paredes de la barrica.
- Precipitación de sustancias del vino en la barrica. Entre las sustancias que precipitan encontramos materia colorante inestable, bitartratos, levaduras, bacterias, proteínas y taninos. Todos ellos son compuestos que podrían precipitar posteriormente en botella, por lo que la sedimentación en barrica es un proceso favorable para el vino.
 - Cesión al vino de sustancias propias de la madera de roble. Por una parte, se aportan taninos al vino los cuales pueden aumentar su estructura, o endurecer excesivamente el paladar. Por otra parte, se produce el aporte de compuestos volátiles que proporcionan una mayor complejidad aromática al vino.

El oxígeno es el principal factor que interviene en las modificaciones sufridas durante la crianza en barrica (Figura 4). La cantidad de oxígeno que se disuelve en el vino viene condicionada por diferentes variables como el tipo de vino (por ejemplo, los vinos blancos se oxidan antes que los tintos), las manipulaciones del vino (los trasiegos, etc.), las condiciones de conservación (temperatura y humedad de la bodega), el origen y la especie de roble de la barrica (el roble europeo es más poroso que el americano, por lo que dejará entrar más proporción de oxígeno y la oxidación será mayor), el espesor de la madera de la barrica (cuanto mayor sea el espesor, menor será la permeabilidad), la edad de la barrica (la barrica usada tiene sus poros obstruidos por lo que la penetración de oxígeno está limitada), el tamaño de la barrica (cuanto más pequeña es la barrica más oxidación se produce), el nivel de llenado de la barrica y el tipo de cierre.

Las reacciones y modificaciones que pueden producirse en el vino como consecuencia de los fenómenos anteriormente citados pueden afectar tanto al color como al olor y sabor de estos.

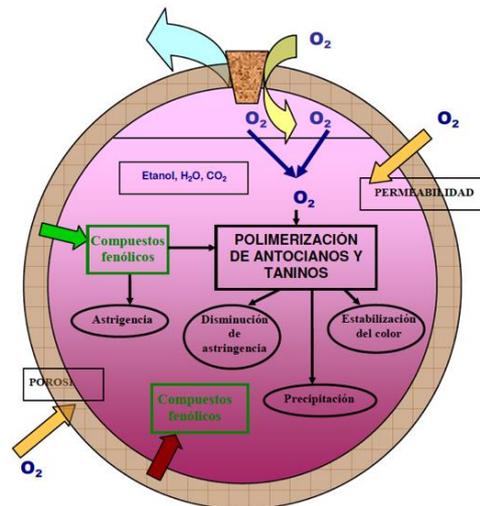


Figura 4. Esquema de los fenómenos durante la crianza de los vinos en barrica de roble (Ojeda, 2012, adaptado de Feuillat y col., 1998)

En vinos blancos, en la crianza para mantener un equilibrio entre la oxidación y la reducción se debe mantener un parque de barricas con una edad adecuada. Si las barricas son muy nuevas, el potencial de oxido-reducción es más elevado, pudiendo oxidar excesivamente el vino, mientras que, si las barricas

son usadas más de dos años, este potencial desciende, pudiendo entonces aparecer olores anormales de reducción de las lías. Una buena norma puede ser renovar las barricas destinadas a la fermentación cada 2 o 3 años, introduciendo entre la mitad y un tercio del parque de barricas nuevas, y manteniendo el resto de las barricas, para mantener un buen potencial redox.

Los compuestos cedidos por la madera de roble se ven muy atenuados, los taninos por su combinación con los polisacáridos de las paredes celulares, y algunas sustancias aromáticas, porque son reducidas por las levaduras perdiendo el carácter aromático, especialmente la vainillina y los aldehídos furánicos de aromas tostados. Otras como el eugenol, de aroma especiado, o la β -metil- γ -octolactona de aroma a coco no se ven afectados. La consecuencia es un vino con menos carácter maderizado y de boca más suave e integrada.

La presencia de mano proteínicas, cedidas al vino blanco durante la crianza sobre lías, presenta además otras importantes propiedades, como pueden ser su estabilidad frente a precipitaciones proteicas y tartáricas, así como también el incremento de su potencial aromático por su capacidad de retener las ciertas sustancias volátiles. La autólisis de las levaduras cede al medio esteres de ácidos grasos de carácter aromático agradable y también aminoácidos y ácidos nucleicos que se comportan como sustancias exaltadoras del sabor. Otro importante efecto es la reducción de la tendencia a la oxidación de los vinos blancos, explicada fundamentalmente por la adsorción de los polifenoles oxidables por las manoproteínas, así como también por la captación del oxígeno por las levaduras durante su estancia en la barrica.

La crianza sobre lías disminuye la posibilidad del efecto del “enrojecimiento oxidativo” de vinos blancos, caracterizado por la aparición de un tono gris rosáceo en vinos ligeramente oxidados, no procediendo este color de una posible contaminación de antocianos y, por lo tanto, tampoco pudiendo ser decolorado por anhídrido sulfuroso, aunque sí por la exposición de las botellas de vino a la luz solar (Hidalgo, 2011).

2.5.3. La crianza en barrica en la DOCa Rioja

La crianza en barrica está regulada de forma individual por cada denominación.

Según el Consejo regulador de la DOCa Rioja existe en la denominación un parque de barricas de 1.385.369 (datos de 2018). Estas barricas son exclusivamente de roble y de un tamaño de 225 litros. El número total de barricas ha aumentado en 17.010 barricas con respecto al año anterior.

Las estadísticas de comercialización de vino criado en barrica en blanco suponen 76.588 litros de blanco crianza, 108.830 blanco reserva y 6.953 blanco gran reserva del total de 20.944.595 litros totales de blanco que se comercializan dentro de la denominación, que suponen menos de un 1% del total de vino blanco comercializado.

Según la legislación de la DOCa Rioja, para considerar un vino criado en barrica, no se podrán utilizar trozos de madera de roble en la elaboración y la

crianza de vinos, inclusive en la fermentación de uvas frescas y mostos de uva, así como en el almacenamiento de los vinos protegidos por la denominación.

Los requisitos para el uso de los términos tradicionales “Crianza”, “Reserva” y “Gran Reserva” en la Denominación de Origen Calificada Rioja son:

Para el término tradicional “Crianza”, la crianza se efectuará en las bodegas inscritas en el Registro de Bodegas de Crianza durante, al menos, dos años naturales. Los vinos se someterán al sistema tradicional mixto de envejecimiento en barrica de roble de 225 litros de capacidad aproximadamente, de forma continuada y sin interrupción durante un año como mínimo, para los vinos tintos y durante seis meses, como mínimo, para los vinos blancos y rosados, seguido y complementado con envejecimiento en botella. El Consejo Regulador podrá adoptar acuerdos relativos al inicio del cómputo del periodo de envejecimiento de los vinos.

Para el término tradicional “Reserva”, en vinos tintos el envejecimiento en barrica de roble y botella requiere un periodo total de treinta y seis meses como mínimo, con una duración mínima de crianza en barrica de roble de doce meses, seguida y complementada con un envejecimiento mínimo en botella de seis meses. En vinos espumosos de calidad el proceso de elaboración, desde el momento del tiraje hasta el degüelle, no será inferior a 24 meses, mientras que en vinos blancos y rosados el envejecimiento en barrica de roble y botella requiere como mínimo un periodo total de veinticuatro meses, con una duración mínima de crianza en barrica de roble de seis meses.

Para el término tradicional “Gran Reserva”, en vinos tintos, el envejecimiento en barrica de roble y botella requiere un mínimo de sesenta meses, con una duración mínima de crianza en barrica de roble de veinticuatro meses seguida y complementada con un envejecimiento mínimo en botella de veinticuatro meses. En vinos blancos y rosados el envejecimiento en barrica de roble y botella tiene que ser de al menos cuarenta y ocho meses, con una duración mínima de envejecimiento en barrica de roble de seis meses.

Además, los requisitos para el uso de la mención “Gran Añada” en vinos espumosos de calidad requieren que el proceso de elaboración, desde el momento del tiraje hasta el degüelle, no sea inferior a 36 meses. La mención deberá ir acompañada del año de la cosecha.

Según el pliego de condiciones de la DOCa Rioja del 24 de septiembre de 2018, se ampara la práctica de *fermentación en barrica* exclusivamente para los vinos blancos y rosados a condición de una permanencia mínima de un mes en barrica, siempre con comunicación previa al Consejo Regulador de este tipo de elaboración. Los vinos con estas características no podrán salir al mercado antes del 1 de enero del año posterior a su transformación. En estos vinos se combinan los taninos y aromas de la barrica con los varietales, obteniéndose vinos más frescos y con menor oxidación que en el proceso de crianza.

2.6. Riesgos que pueden tener lugar durante la crianza en barrica

La crianza en barrica es considerada una práctica muy positiva para incrementar la calidad de los vinos y su estabilidad. A pesar de ello, hay que tener en cuenta que se trata de un proceso que conlleva una serie de riesgos, que se pueden evitar o incluso corregir si se desarrolla adecuadamente.

Las alteraciones que puede sufrir el vino durante la crianza en barrica son las siguientes:

- Oxidación. Se puede deber a la excesiva permanencia del vino en barrica, a la existencia de un espacio vacío importante dentro de la misma o a un sistema de cierre inadecuado. Para evitar estas oxidaciones nocivas se debe proceder al rellenado continuo de la barrica y a un control de la operación de crianza, evitando la formación del espacio de aire producido por las mermas o por la extracción de muestras de la barrica.
- Aumento excesivo de acidez volátil. Está producido por un desarrollo de las bacterias acéticas en la superficie del vino, y en ocasiones viene acompañado de la formación de acetato de etilo que presenta un olor característico y desagradable. La barrica es un recipiente bastante favorable para sufrir esta alteración, ya que el vino está en contacto permanente con el oxígeno y sufre variaciones de temperatura. La crianza de los vinos en barrica requiere una mayor atención entre el final de la primavera y el comienzo del otoño, que es cuando la temperatura de las bodegas y el ritmo de evaporación aumentan, incrementándose también el riesgo de alteración microbiana. Para evitar el aumento en exceso de la acidez volátil es indispensable rellenar cuidadosamente las barricas, mantener la temperatura de la bodega por debajo de 20°C y la concentración de anhídrido sulfuroso libre a un nivel adecuado.
- Desarrollo de levaduras. La alteración más importante es la generada por *Brettanomyces/Dekkera*, que produce fenoles volátiles, compuestos con olores animales desagradables (en especial el 4-etilfenol y 4-etilguayacol), que afectan de forma negativa a las características organolépticas del vino. Estos compuestos se forman mediante un proceso de descarboxilación de los ácidos hidroxicinámicos a vinilfenoles, y la posterior reducción de éstos a etilfenoles, por mediación de la enzima vinilfenol reductasa, que la poseen únicamente las levaduras *Brettanomyces*. Este proceso se ve favorecido por la presencia en el vino de azúcares residuales, la utilización de barricas usadas mal mantenidas que albergan microorganismos en su madera, el aporte excesivo de oxígeno, la temperatura elevada de la nave de barricas y los niveles bajos de anhídrido sulfuroso libre.
- Aparición de olores desagradables. Se producen principalmente por la formación de mohos en las bodegas de crianza excesivamente húmedas y en la parte exterior de las barricas con fugas de vino, que pueden contaminar aromáticamente a los vinos, especialmente si existen dentro de los locales materiales tratados con desinfectantes de tipo clorado, aportando los conocidos cloroanisoles.

Para evitar que este tipo de alteraciones se produzcan durante la crianza en barrica, hay que prestar especial atención a diferentes factores. Uno de los más importantes es mantener unas condiciones adecuadas de higiene del local destinado a la crianza; además, también hay que desinfectar adecuadamente las barricas durante los trasiegos. Otros factores que hay que vigilar implican mantener un nivel adecuado de anhídrido sulfuroso en el vino, y la realización de trasiegos y rellenados de las barricas de forma regular.

2.7. Modificaciones en el vino durante la crianza en barrica

La maduración del vino en barricas de roble cambia y resalta algunas de sus características químicas y sensoriales. Por lo tanto, el papel de la madera, especialmente la madera de roble, en el envejecimiento del vino podría dividirse en tres factores: primero, la transferencia de compuestos de la madera responsables del aroma y la astringencia del vino; segundo, la interacción entre los compuestos extraíbles de la madera y los compuestos del vino, especialmente los compuestos fenólicos, cambiando las características químicas y sensoriales del vino; y tercero, la lenta oxidación de ciertos compuestos del vino por el oxígeno atmosférico, que pasa a través de los poros de la madera, lo que da como resultado vinos con menos astringencia y propiedades de color particulares (Nunes y col. 2017).

La evolución de los parámetros enológicos generales durante la crianza del vino en barrica se centra principalmente en el aumento de la acidez volátil y una disminución del pH. La evolución de los polifenoles, elagitaninos, taninos y proantocianidinas, así como de los compuestos volátiles, varía en función de la concentración de los compuestos cedidos por la barrica, que a su vez dependerá del origen de la madera, el tipo de recipiente, el tipo de secado de la madera, el grado de tostado, el tiempo de uso y el número de veces que se ha usado la madera, como se detalla en los apartados 2.9 a 2.13.

La evolución del perfil sensorial de los vinos tras la crianza es el resultado de la síntesis de todas esas variables, generando modificaciones en el color, en el caso de vinos tintos especialmente, en el aroma y en el gusto.

2.7.1. Modificaciones del color

En vinos tintos, los antocianos son las moléculas responsables del color rojo y van disminuyendo durante el proceso de crianza incluso llegando a desaparecer, debido a que se ven implicados en reacciones de degradación o de estabilización (Hidalgo, 2011; Martínez, 2004; Ribéreau-Gayon y col., 2003).

La degradación o pérdida de los antocianos puede deberse a diferentes fenómenos:

- Degradación térmica. Las temperaturas elevadas pueden transformar las calconas de color rojo del vino en amarillas y posteriormente en ácidos fenólicos incoloros de forma irreversible, lo cual produce la pérdida de color rojo en los vinos.

- Degradación oxidativa. Se puede producir una degradación de antocianos en presencia de etanol y con catalizadores como la luz y el oxígeno.
- Degradación de las antocianinas. En medio ácido y acuoso y en presencia de acetona, las antocianinas forman complejos anaranjados, lo cual hace que se pierda el color rojo característico de los vinos (Glories, 1978).

También se produce la decoloración de los antocianos en presencia de anhídrido sulfuroso, pero se trata de un proceso reversible, ya que, al pasar un tiempo y disminuir el nivel de sulfuroso, el color se recupera.

Otra forma de pérdida de los antocianos y del color rojo de los vinos es mediante el fenómeno de copigmentación, según el cual los antocianos se acompañan con otros compuestos fenólicos del vino, ácidos cinámicos, flavonoles, flavonoides, elagitaninos, etc., produciéndose un aumento de la cantidad de color, conocido como “efecto hipercromo”, así como un cambio de la tonalidad hacia el color azul y púrpura, el llamado “efecto batocromo”.

Además, existe una reacción de las antocianinas con los compuestos que poseen un grupo α -dicarbonilado, tal como el diacetilo, dando lugar a los castavinoles que son sustancias incoloras, pero que mediante la reacción de Bate-Smith pueden otra vez pasar a ser antocianinas coloreadas. Estos castavinoles suponen por ello una importante reserva de materia colorante para el momento de la conservación del vino.

Los antocianos también pueden disminuir por la precipitación de materia colorante coloidal.

La estabilización de los antocianos puede darse a través de diferentes vías. El color de los nuevos pigmentos varía del malva al naranja, y depende de factores como las condiciones del medio, naturaleza de los taninos, etc. Se caracterizan por ser combinaciones más estables y poco sensibles a la variación del pH y del sulfuroso. Las reacciones son las siguientes:

- Condensación antociano-tanino. Los antocianos en su forma catiónica se unen a las procianidinas formando un flaveno incoloro, el cual puede tomar un color rojo después de la oxidación del medio. Además, estará en equilibrio en función del pH con sus correspondientes formas carbinol incoloras y quinona de color malva. Según Ribéreau-Gayon y col. (2003), esta reacción podría ser la responsable de la recuperación durante la crianza en barrica del color rojo del vino que se pierde en las maceraciones largas.
- Condensación tanino-antociano. Las procianidinas en un medio ácido como es el vino se pueden hidrolizar formando un carbocatión o catequina activada, reaccionando con los antocianos bajo la forma carbinol y produciendo un complejo incoloro, que con la deshidratación se colorea a rojo anaranjado. Esta reacción ocurre al abrigo del aire y está favorecida por la temperatura, por lo que explicaría la evolución de los vinos en depósito o botella.

- Condensación antociano-tanino con un puente de etilo. El etanal que contiene el vino, procedente de la oxidación del etanol o de la descarboxilación del ácido pirúvico, reacciona con los taninos cargados negativamente, y posteriormente se une con las moléculas de antocianos en forma de carbinol neutra. El polímero formado es de color rojo-malva, muy estable al principio y de estructura muy variable (dímero, trímero, etc.), el cual evoluciona con el tiempo hacia un matiz más oscuro llamado rojo sombra o picota. Esta reacción es muy importante para la estabilización del color del vino en barrica. Por ello, para favorecerla con respecto a las otras, hay que tratar de utilizar barricas nuevas que permitan un aporte adecuado de oxígeno y no excesivo que provocaría una oxidación elevada con la consecuente degradación de los antocianos y pérdida de color. De ahí que actualmente se lleve a cabo la microoxigenación de los vinos en depósito para favorecer esta reacción y estabilizar el color del vino. El resultado de la reacción depende de las cantidades de antocianos y taninos que tenga el vino.

Teniendo en cuenta dichas cantidades, en un vino destinado a crianza se pueden encontrar tres posibles situaciones:

- Concentración de antocianos superior a la de taninos. Se suele dar esta situación en variedades de uva calificadas como poco aptas para la crianza, de las que se obtienen vinos tintos jóvenes muy coloreados pero pobres en taninos. En la crianza, los antocianos se polimerizan con los taninos disponibles, mientras que los antocianos que sobran se oxidan y dan lugar a fenoles incoloros, disminuyendo de forma importante el color. La solución en estos vinos es aportar más taninos.
- Concentración de antocianos equilibrada con los taninos. Esta situación es la ideal ya que en ella se dan todas las reacciones por igual. La relación entre antocianos y taninos es de $\frac{1}{4}$ y raramente se produce, excepto en grandes añadas de grandes vinos.
- Concentración de antocianos suficiente pero inferior a la de taninos. Todos los antocianos disponibles pueden ser polimerizados con los taninos, debiendo después de la crianza eliminar los taninos sobrantes mediante una clarificación proteica, ya que de no hacer dicha clarificación los taninos podrían condensarse entre ellos tomando el vino un color anaranjado y un sabor astringente.

En el caso de vinos blancos, las modificaciones de color se generan por una oxidación, bien química o microbiológica, generando un pardeamiento en los vinos blancos y una posible precipitación de polifenoles.

2.7.2. Modificaciones gustativas

Los taninos de la uva tienden a polimerizarse entre si, y a condensarse con los antocianos y con diferentes polímeros vegetales, como proteínas y polisacáridos (Hidalgo, 2011; Martínez, 2004; Ribéreau-Gayon y col., 2003).

Las reacciones de polimerización conducen a polímeros homogéneos, es decir a procianidinas polimerizadas, y están favorecidas por la temperatura y el pH ácido del vino. Se producen en presencia y en ausencia de oxígeno:

En presencia de oxígeno y con temperaturas reducidas, el etanol se oxida a etanal, siendo este compuesto capaz de unir mediante puentes de etilo moléculas de procianidinas, formando así un polímero de elevado peso molecular. Se denomina polimerización cruzada, pudiendo los polímeros que se forman precipitar en función de su grado de polimerización y su concentración. Los compuestos que se forman son de color amarillo y menos astringentes que las procianidinas de partida, debido a que su configuración espacial impide la interacción con las proteínas y, además, participan en las sensaciones de volumen en la boca. Esta polimerización suele tener lugar durante la crianza de los vinos en barrica al necesitar la presencia de oxígeno.

En ausencia de oxígeno y con temperaturas elevadas se produce la polimerización lineal de los taninos. Consiste en la hidrólisis de las procianidinas para formar un carbocatión, el cual reacciona con la carga negativa de otra procianidina. Se forman polímeros de color amarillo en los que la astringencia aumenta con el grado de polimerización hasta que por su gran tamaño precipitan.

Los taninos pueden además condensarse con los antocianos y con diferentes polímeros vegetales, como proteínas y polisacáridos. Las reacciones de condensación de los taninos con los antocianos son exclusivas de vinos tintos y ya se han explicado anteriormente.

Los taninos presentan también la propiedad de unirse a las proteínas y a los polisacáridos, formando compuestos muy estables, que incluso pueden precipitar. Existen dos tipos de alternativas que dependen del tipo de taninos que se encuentren en el vino:

- Precipitación de los taninos por las proteínas. Los taninos del vino tienen la propiedad de coagular las proteínas de la saliva, fenómeno que se denomina astringencia. El tamaño de la molécula o grado de polimerización tiene mucha influencia en esta propiedad, cuya intensidad aumenta hasta el heptámero y disminuye cuando las moléculas son más voluminosas al aumentar la polimerización.
- Formación de complejos estables con los polisacáridos. Los taninos condensados, que son polímeros más o menos complejos de catequinas (flavanoles) pueden polimerizar con los polisacáridos procedentes de las paredes celulares de los tejidos de la uva o las paredes microbianas. Cuando los polímeros no son muy complejos, como es el caso de los polisacáridos, no precipitan en el vino y contribuyen a aumentar las sensaciones de volumen y carnosidad en boca.

Los taninos condensados, que provienen de la uva, y los hidrolizables, extraídos de la madera, son los principales responsables de la sensación de astringencia de los vinos; mientras que los taninos oligómeros y polímeros formados durante el envejecimiento son más suaves y menos amargos.

2.7.3. Modificaciones aromáticas

Un aspecto fundamental de la crianza en barrica es la disolución de los componentes aromáticos de la madera de roble en el vino, que contribuyen a la riqueza y complejidad aromática.

Las principales modificaciones aromáticas durante la crianza son las siguientes:

- Disminución de los aromas afrutados. Los aromas afrutados de los vinos, entre los que se encuentran los aromas varietales y los que se forman durante los procesos fermentativos, disminuyen durante la crianza. Los aromas afrutados son característicos de los vinos jóvenes, y son debidos principalmente a acetatos y ésteres de alcoholes superiores. Por otra parte, el contenido en ésteres etílicos de ácidos grasos, también responsables de los aromas afrutados y florales, pueden aumentar o disminuir dependiendo de las reacciones de hidrólisis y esterificación que se produzcan.
- Aumento de los aromas terciarios debido al aporte de compuestos volátiles de la madera al vino. La madera de roble contiene un gran número de sustancias volátiles, muchas de las cuales se forman durante el tostado de las duelas, que son aportadas al vino aumentando la complejidad aromática de éste. El único compuesto de los aportados por la madera que no es positivo respecto a la calidad aromática del vino es el ácido acético. Su origen se encuentra en la estructura de la hemicelulosa de la madera, que libera grupos acetilo por hidrólisis durante el tostado. En barricas nuevas el incremento de acidez volátil por esta vía puede suponer los 0,15 mg/l, por lo que en principio no supone ningún problema en el vino.

Teniendo en cuenta las concentraciones encontradas en los vinos, los principales compuestos de la madera que participan en el aroma del vino son la metil-octolactona, vainillina y eugenol. En la Tabla 4 se resumen los principales compuestos volátiles que el roble aporta al vino, así como sus descriptores aromáticos y su umbral de percepción en el vino tinto (Boidron y col., 1988; Cacho, 2006a; Chatonnet, 1991; Martínez, 2004).

Tabla 4. Compuestos aromáticos aportados al vino por la madera de roble, descriptores aromáticos y umbrales de percepción en vino tinto (Ojeda, 2002)

FAMILIA	Compuesto	Descriptor aromático	Umbral de percepción
<i>FURANOS</i>	Furfural	Almendra	20 mg/l
	5-metilfurfural	Almendra tostada	45 mg/l
	5-hidroximetilfurfural	Almendra tostada	45 mg/l
	Alcohol furfúrico	Heno	45 mg/l
<i>ALDEHÍDOS FENÓLICOS</i>	Vainillina	Vainilla	320 µg/l
	Siringaldehído	Sin incidencia aromática	-
<i>LACTONAS</i>	p-metil- γ -octolactona cis	Nuez de coco, resina	74 µg/l
	p-metil- γ -octolactona trans	Nuez de coco, especias	320 µg/l

<i>FENOLES VOLÁTILES</i>	Guayacol	Tostado, humo	75 µg/l
	4-metilguayacol	Madera quemada	65 µg/l
	4-etilguayacol	Tostado, humo, especias	150 µg/l
	Eugenol	Clavo de especia	500 µg/l
	4-vinilguayacol	Clavel, pimienta	380 µg/l
	4-vinilfenol	Farmacia	1,5 mg/l
	4-etilfenol	Cuero, animal	605 µg/l
	Fenol	Tinta	25 µg/l
	Siringol	Humo	200 µg/l
<i>ÁCIDO ACÉTICO</i>		Vinagre	

Un aporte excesivo en whisky-lactona puede ser negativo en la calidad aromática de los vinos, ya que el vino puede convertirse en demasiado amaderado y resinoso (Chatonnet, 1995).

Algunos autores, como Martínez (2004 y 2006), Dubois (1989), Fernández de Simón y col. (2003a) y Spillman y col. (1997), observaron que las concentraciones de vainillina encontradas en los vinos no se corresponden con la percepción del aroma a vainilla, teniendo en cuenta su umbral de percepción. Por ello, proponen la posibilidad de que otros compuestos, como por ejemplo la whisky-lactona, actúen en sinergia con la vainillina para dar lugar al aroma de vainilla que se percibe en los vinos.

En el grupo de los fenoles volátiles, existen tres compuestos que no proceden de la madera de roble (4-vinilguayacol, 4-vinilfenol y 4-etilfenol), sino de las transformaciones microbiológicas anteriores o paralelas a la crianza, que tienen lugar en el vino por acción de las levaduras *Brettanomyces/Dekkera*.

Los compuestos furánicos aumentan la intensidad del de roble y disminuyen la intensidad frutal, la presencia de cis- y trans-whisky-lactonas, eugenol y vainillina aumentan la intensidad de la vainilla /pastelería mientras que el 5-metilfurfural lo disminuye.

2.8. Tipos de recipientes de madera y su impacto en el vino

Tonel es el nombre genérico que recibe cualquier recipiente de madera, cilíndrico y abombado, en el cual se introducen los vinos o destilados (mediante 'trasiego' o encubado) para su elaboración (fermentación) o envejecimiento (crianza).

Existen toneles de diferentes calidades, que pueden clasificarse siguiendo multitud de criterios; en función de los procesos y maderas empleados en su fabricación, por el número de vendimias en que han estado en servicio, por su capacidad, etc.

También se denomina barril o bidón; sin embargo, estos términos se usan más para designar al recipiente (de madera o no) que almacena otros productos distintos al vino y los aguardientes.

En cuanto a tamaños, existe igualmente una gran diversidad. En términos generales, con independencia del tamaño, se denominan toneles a todos los recipientes de madera, que a su vez podemos clasificar en:

- Barricas o cubas, que son las que pueden moverse o desplazarse y son susceptibles de ser apiladas horizontalmente en hileras, unas encima de otras (ej. bota, barrica bordelesa, bocoy, barrilete, etc.).
- Tinajas, tinos o fudres, que son de mayor tamaño, quedan fijos al suelo en posición vertical y no son móviles.

En cuanto a la influencia del tipo de barril en las características de los vinos, hay estudios como el de Nunes y col. (2017) en los que se compara el uso de barricas de 225 litros con barricas de mayor tamaño (600 litros), nuevas y usadas, concluyendo que el uso de barriles de madera de roble nuevos en comparación con los barriles usados tiene un impacto importante en la evolución de las propiedades fenólicas y sensoriales de los vinos. Estas influencias son, en general, más evidentes cuando se usan barriles de madera de roble nuevos de 225 L, al aumentar la mayoría de los parámetros fenólicos globales, como el contenido polifenólico total, fenoles flavonoides y no flavonoides y la intensidad del color. Además, el uso de barriles de madera de roble nuevos también tiene un papel importante en la extracción de algunos compuestos fenólicos individuales, como los ácidos gálico y eláxico. Este hecho también aumenta la resistencia potencial a la oxidación de los vinos cuando se almacenan en barriles nuevos en comparación con los barriles usados. Sin embargo, no fue posible detectar una tendencia clara entre el tipo de barril de madera de roble (tiempo de utilización y capacidad) en la evolución de la mayoría de los ácidos fenólicos individuales estudiados.

Teniendo en cuenta los resultados sensoriales, el uso de barricas nuevas con una capacidad de 225 litros frente a las barricas de 600 litros también tiene un impacto importante en varios atributos sensoriales en estos vinos, aumentando los atributos de "aroma a madera" y la "intensidad de aroma" durante el tiempo de envejecimiento, a causa principalmente de la relación entre el vino y la superficie de contacto de éste con la madera.

2.9. Años de uso de la barrica y su impacto en el vino

Según estudios como el de Towey y Waterhouse (1996), existen diferencias significativas en las concentraciones de compuestos volátiles entre los vinos elaborados con barricas nuevas y los vinos elaborados con barricas usadas tras un año.

Se observaron disminuciones significativas en los compuestos volátiles como el guayacol, furfural y 5-metilfurfural en vinos del segundo uso de las barricas. Por otro lado, el eugenol y el 4-metilguaiacol, que se encontraron en cantidades mínimas en los vinos del año 1, no se pudieron detectar en los vinos del segundo año. Sin embargo, los niveles de lactona de roble aumentaron desde el primer hasta el segundo año.

En las barricas de dos años (año 3), las lactonas de roble disminuyeron a niveles más bajos que los encontrados en los vinos envejecidos en barriles nuevos (año 1).

Se puede entonces concluir que las barricas nuevas ceden más compuestos al vino que las barricas usadas, confiriéndole a este un perfil sensorial más maderizado.

Por otro lado, las barricas nuevas permiten una mayor oxigenación del vino, desequilibrando el potencial de oxidoreducción del vino, pudiendo ocasionar mayores oxidaciones en este, confiriéndole aromas clásicos de la oxidación al vino.

La selección de la edad de la barrica se debe realizar en función del tipo de vino que se quiera elaborar, si un vino más afrutado o un vino más maderizado.

2.10. Origen de la madera y su impacto en el vino

Los factores que más condicionan el impacto que tiene la madera sobre el vino son los que determinaran la posterior calidad enológica de la barrica, desde una buena selección de la materia prima, el corte que se realice de los troncos para obtener las duelas, el secado natural apropiado y los posteriores tratamientos de curvado y tostado hasta obtener la barrica formada.

La elección de la madera no se realiza por el origen geográfico exclusivamente sino por el tipo de grano, entendiendo como grano al tamaño y regularidad de los círculos de crecimiento anual del árbol.

Los robles europeos presentan una permeabilidad a líquidos y riesgo de fugas alto; por lo tanto, las duelas para elaborar barricas se obtienen mediante hendido, obteniendo de este método unas duelas cuyos radios medulares queden paralelos a la superficie de contacto con el vino, disminuyendo la posibilidad de fugas.

Por el contrario, el roble americano posee un riesgo de fugas y permeabilidad mínimo, usándose para la extracción de duelas de los tocones el método de aserrado (Figura 5), obteniendo de este unas duelas que presenten los radios medulares mayoritariamente oblicuos a la superficie de contacto con el vino.



Figura 5. Diferencias entre la obtención de duelas por hendido y aserrado

La mayoría de los estudios químicos de la madera proporcionan datos sobre el roble originario de los bosques de los Estados Unidos y Francia, lo cual está relacionado con la alta importancia económica de la cooperación en estos países.

La madera de roble americano se caracteriza por un menor contenido total de elagitaninos en comparación con la madera de la especie europea. Un alto nivel de β -metil- γ -octalactona, comúnmente llamada “whiskey-lactona”, en particular del isómero cis, es otra característica importante utilizada para diferenciar el roble americano del europeo o francés (Cadahia y col, 1999).

Sin embargo, el inconveniente de la investigación en los estudios es que la mayoría de los bosques estudiados son monoespecíficos o bosques en los que predomina una especie, a veces con muestreo e identificación insuficientes. Por lo tanto, los efectos de las especies y las condiciones ecológicas son a menudo difíciles de discriminar y pueden mezclarse. Además, el muestreo insuficiente no proporciona una conclusión confiable.

La madera de roble del este de Europa de la misma especie europea (*Q. robur* L. y *Q. petraea* Liebl.) se utiliza tradicionalmente en tonelería local. Esta madera de roble presenta un gran interés para la fabricación mundial de barricas debido a sus recursos forestales, mientras que su composición química se ha investigado solo ocasionalmente. Varios resultados obtenidos por Chatonnet y col. para robles rusos (índices globales y datos de compuestos volátiles seleccionados) y por Prida y Chatonnet. (2010) (datos de elagitaninos) para el roble moldavo revelaron la posibilidad del uso del roble de Europa del Este para la maduración del vino y el brandy.

El estudio de Prida y Puech (2006) investigó y comparó las composiciones químicas de los robles de Europa del Este (República de Moldavia, Ucrania y Rumania) y las comparó con sus homólogos estadounidenses y franceses. Se analizaron elagitaninos y el grupo formado por los isómeros de las whisky-lactonas y la variable de las proporciones cis y trans.

La contribución de la variabilidad explicada por las variables de las whisky-lactonas a la variabilidad total disminuyó gradualmente desde el roble americano (*Q. alba*) a *Q. petraea* y *Q. robur*. Otros compuestos volátiles contribuyeron ligeramente a la variabilidad total. Sin embargo, en ciertos casos, las proporciones de vainillina y eugenol se correlacionaron positiva o negativamente con las variables de elagitaninos.

Los factores geográficos afectaron también al contenido de los diferentes compuestos. Las variables de las whisky-lactonas dejaron de estar relacionadas con los elagitaninos, pero demostraron en estas condiciones una elevada anticorrelación con el contenido de elagitaninos y el eugenol. Por ello, se pudo realizar una buena separación de las muestras de roble según su origen geográfico o especie botánica. La tasa de separación más alta fue para los robles americanos y franceses, mientras que las muestras de Europa del Este pudieron clasificarse parcialmente en los dos conjuntos.

Las variables más importantes para la distinción de especies fueron las variables relacionadas con las whisky-lactonas y los elagitaninos, mientras que las características más importantes para el origen distintivo fueron el eugenol, el 2-feniletanol y los aldehídos aromáticos, en su mayoría vainillina y siringaldehído.

Estas sustancias permitieron la distinción de maderas francesas y del este de Europa de la misma especie. Con respecto a la composición química, la madera de Europa del Este ocupó el lugar intermedio entre los robles americanos y franceses según sus niveles de whisky-lactonas y elagitaninos y mientras que, se caracterizó por valores altos específicos de eugenol, aldehídos aromáticos y 2-feniletanol.

2.11. Secado de la madera y su impacto en el vino

El secado de las duelas es un proceso de vital importancia. La madera fresca no puede ser utilizada en la fabricación de barricas ya que contiene entre un 35 y 50% de agua, y sus compuestos extraíbles son incompatibles con el objetivo de mejorar el vino, por lo que es necesario someterla a un proceso de secado. El secado idóneo es el que se realiza de modo natural, colocando las duelas en pilas con la menor superficie de contacto entre ellas a la intemperie durante dos o tres años. Esto produce una contracción de las fibras y una reducción de la humedad de hasta el 15%. Además, durante este proceso, y por acción de mecanismos físicos, la madera pierde su hidratación y sustancias como los elagitaninos y determinados componentes volátiles, que hacen de una madera verde y agresiva, una madera curada, seca y aromática en la que los elementos solubles son más agradables, perdiendo amargor y astringencia. Se produce además un incremento de los compuestos procedentes de la hidrólisis de la lignina (aldehídos y fenoles volátiles) y de algunos lípidos (isómeros cis y trans de la metil-octolactona) (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

Esto se debe a una serie de reacciones bioquímicas que se ven influidas por mecanismos físicos asociados a la pluviosidad, las radiaciones ultravioletas y a las variaciones de temperatura, como son los procesos de lixiviación y de degradación hidrolítica oxidativa. Al mismo tiempo, en la superficie y en los primeros milímetros de las duelas se desarrolla una importante actividad fúngica, liberándose azúcares y consiguiendo una modificación de las propiedades organolépticas, como lo son la disminución de la astringencia y del sabor amargo.

2.12. El grado de tostado y su impacto en el vino

El grado de tostado tiene gran influencia en la composición química final de la madera. Este proceso se realiza para la formación de la barrica y el montaje de las duelas que la constituyen sin que se produzcan roturas o fisuras. La lignina, responsable de las propiedades plásticas de la madera, es fácilmente termomoldeable, pero el calentamiento por sí solo no es suficiente para afectar a la celulosa y hemicelulosa, constituyentes también de la madera, por lo que durante la primera etapa del proceso se debe aplicar conjuntamente calor y humedad. Se realiza después un segundo calentamiento sin humedad, que

llega a quemar la madera, para favorecer la degradación térmica de la capa superficial, que es la que luego estará en contacto con el vino para generar nuevos compuestos aromáticos.

El tostado, según su duración, puede catalogarse como ligero, medio o fuerte. En algunas tonelerías además definen niveles intermedios entre los comunes, como pueden ser medio +, medio – o extrafuerte. El tiempo y temperatura de éstos depende de cada tonelería. En cuanto a la fuente de calor para realizar el tostado, habitualmente son braseros en los que arden restos de madera de roble procedentes de la fabricación de las duelas, controlándose la temperatura que alcanza la madera mediante láser. Para aplicar humedad se puede hacer mediante riego por aspersión, o sumergiendo las duelas en un baño de agua antes del montaje. Para tostar los fondos normalmente se usan resistencias eléctricas, que tienen la ventaja de poder regular con facilidad la intensidad del calor que se genera. Con el fin de automatizar este proceso, en los últimos años se han desarrollado sistemas de tostado mediante la aplicación de rayos infrarrojos, tanto en posición vertical como horizontal, que generan el calor de forma más homogéneo y con una intensidad constante.

Durante el proceso de tostado tienen lugar una variedad de reacciones de hidrotermólisis y pirólisis, que provocan la degradación de la lignina, poliósidos, polifenoles y lípidos, dando lugar a la aparición de otros compuestos. En particular, la termodegradación de la lignina conduce principalmente a la formación de fenoles volátiles y aldehídos fenólicos, la de polímeros glicosídicos a derivados del furfural, y la de lípidos a lactonas. La intensidad de esta termodegradación está relacionada con las condiciones e intensidad del tostado (Chatonnet y col., 1989), pero también con la respuesta de cada madera frente a unas mismas condiciones e intensidades de tostado, y que depende del modo en que se hayan obtenido las duelas (hendido o aserrado) y de la propia estructura y composición química de la madera, que condicionarán la acción de la temperatura y el agua en su superficie.

Hay que tener en cuenta que la degradación térmica de la lignina va a dar lugar a la formación, no sólo de aldehídos fenólicos a partir de las unidades terminales de la lignina, sino de muchos otros compuestos. En general se forman mayores cantidades de compuestos monometoxifenólicos (del tipo vainillina, guayacol, eugenol, etc.) y especialmente dimetoxifenólicos (del tipo siringaldehído, siringol, etc.), que, de fenoles simples, como consecuencia de la estructura general de la lignina de las angiospermas. La aparición de compuestos que son producto de una mayor degradación como fenol, fenilmetanol, feniletanol y especialmente cresol es característico de maderas quemadas, y su presencia en concentraciones apreciables aporta a los vinos notas desagradables a tinta, betún o farmacia.

El tostado de la madera, además de provocar la formación de compuestos nuevos, es capaz de producir la degradación de los elagitaninos, acentuándose este efecto al aumentar el tiempo y la temperatura de tratamiento, hasta poder llegar a la eliminación total de los elagitaninos en la capa superficial de madera tostada de las duelas (Cadaña y col., 2001). Este efecto se compensa en la bodega por el aporte que realizan las capas más internas de las duelas, ya que

el vino puede llegar a penetrar hasta 8-10 mm, y también los fondos cuando no han sido tostados (Fernández de Simón y Cadahía, 2007).

Así mismo el tostado ligero producirá una aportación muy alta de tanino elágico. En el caso de que el proceso de secado de la madera no fuese el adecuado podría representar un aporte excesivo y dar lugar más claramente a notas de tablón. Por esta razón, si deseamos un tostado ligero de nuestras barricas, es imprescindible que el secado de las duelas haya sido muy extenso y riguroso.

El tostado medio tendrá una cierta disminución del impacto aromático global en relación con el tostado ligero, pero ganará en equilibrio y complejidad. Las notas de las β -metil- γ -octolactonas disminuirán y se incrementarán el resto de las sustancias volátiles, especialmente la vainillina. Así mismo el aporte de taninos

elágicos será menor que en el caso de tostado ligero. En el tostado fuerte se pierde ligeramente intensidad olfativa, pero sobre todo se altera enormemente el equilibrio entre las familias de aromas. Básicamente disminuyen las β -metil- γ -octolactonas y aumentan los fenoles volátiles, la vainillina y los furanos. También se constata un fuerte descenso de los taninos elágicos que el roble aporta al vino.

Finalmente, el tostado muy fuerte producirá un nuevo y ligero descenso de la intensidad global del aroma y sobre todo provocará un cambio enorme en cuanto a la composición de este. Básicamente se producirá un nuevo incremento de los fenoles volátiles y de los furanos, así como una disminución de las β -metil- γ -octolactonas y de la vainillina. Los taninos elágicos continúan disminuyendo a medida que se incrementa el grado de tostado (Zamora, 2005).

2.13. El tiempo de crianza y su impacto en el vino

Estudios como el de Escudero y col. (2016) hablan de las diferencias significativas que existen en cuanto a los compuestos en el vino, que varían en función del tiempo de envejecimiento.

Los compuestos de la familia de la vainillina, furfurales, guiacoles, eugenoles y lactonas aumentan su concentración con el tiempo, mientras que otros compuestos como los vinilfenoles o la etil-vainillina tienen su máximo de concentración al final de la fermentación alcohólica, disminuyendo paulatinamente con el paso del tiempo. Esto se debe a que los vinilfenoles derivados de los ácidos hidroxicinámicos presentes en el mosto de uva que junto con la presencia de levadura *Bretanomyces/Dekkera*, promueven su transformación a etilfenoles durante el período de envejecimiento, disminuyendo así sus niveles de concentración (Chatonnet y col., 1997; Chatonnet y col., 1992; Dubois, 1989).

El methyl-vainillato se deriva de los precursores glicosídicos a través de la hidrólisis ácida. Disminuye con el tiempo porque puede degradarse fácilmente durante el envejecimiento (Jarauta y col., 2005).

3. Estudio de campo

En la primera parte del estudio de campo se realizó una entrevista a los directores técnicos de algunas de las bodegas más representativas de la DOCa Rioja que realizan elaboraciones de vinos blancos con barrica, bien para su fermentación, para su crianza o para ambas. El objetivo de este estudio era conocer la opinión e inquietudes de los enólogos sobre diferentes aspectos en relación con los vinos elaborados en estas barricas.

En la segunda parte del estudio de campo se realizó una entrevista a dos tonelerías elaboradoras de las barricas. Se quería conocer que puede aportar el tonelero con su barrica a la elaboración de blancos, y cuáles son los aspectos más relevantes de las barricas destinadas a la elaboración de vinos blancos.

A continuación, se detalla cómo se realizaron estos estudios de campo, indicando a qué bodegas y tonelerías se entrevistó y que preguntas se realizaron.

3.1. Entrevista a los directores técnicos

Se realizó un estudio previo para conocer que bodegas de la DOCa Rioja realizan elaboraciones de vinos blancos con barrica. Se contactó con los directores técnicos de varias de estas bodegas, y, finalmente, ocho directores técnicos accedieron a participar en este estudio.

3.1.1. Bodegas

Las bodegas que participaron en este estudio fueron:

- **Bodegas Bilbaínas**

Es una bodega centenaria establecida en el centro del barrio de la estación de Haro, y registrada como la firma embotelladora más antigua de La Rioja. Es considerada la bodega con mayor superficie de calados subterráneos de la zona.

Además, es una de las bodegas de Rioja que cuentan con la denominación de origen Cava, estableciendo entre su gama de vinos algunos de los vinos y cavas más prestigiosos y emblemáticos de La Rioja, entre los que destacan sus clásicos *Viña Pomal*, *Viña Zaco*, *Ederra*, *Royal Carlton* y *La Vicalanda*, así como sus vinos singulares de Maturana, Tempranillo blanco, Graciano y Garnacha.

Entre sus vinos blancos elaborados con madera se encuentra el *Viña Pomal Blanco*, elaborado con un 70% de Viura y 30% de Malvasía. El mosto flor fermenta en barricas de roble americano y roble francés (50/50) nuevas a una temperatura de 15-18 °C, permaneciendo en éstas 4 meses en contacto con sus lías, procediendo con suaves batonnages regularmente.

Otro vino blanco perteneciente a sus vinos singulares es el *Tempranillo Blanco Reserva*, elaborado a partir de 100% tempranillo blanco, y con una fermentación en barrica a 15°C, trabajando con batonnages durante los primeros 4 meses y una crianza total de 12 meses en barricas de roble francés nuevo y americano de 1 uso, con una posterior crianza mínima en botella de 12 meses.

- **Bodegas El Coto de Rioja**

Es una de las bodegas más grandes de la DOCa Rioja, y se encuentran en Oyón, Álava.

Hoy en día destaca por distribuirse en doce pequeños espacios, cada uno dedicado a un área de trabajo distinta: el embotellado, las barricas, la crianza, el coupage o la elaboración, denominando cada espacio diferente, formando la bodega que se conoce hoy en día. A partir del 2010 la bodega comienza a especializarse en vinos blancos, sector en el que actualmente se encuentra entre los líderes del mercado.

Entre su gama de vinos blancos se encuentra el conocido como *875 M*, un blanco elaborado a partir de la variedad Chardonnay localizada a una altitud máxima de 875 m. En el proceso de fermentación alcohólica emplean barricas de roble francés nuevo sin tostar (domada al vapor), prosiguiendo ésta por una suspensión periódica de lías (batonnage) para mantener la frutuosidad del vino y favorecer su complejidad, untuosidad y longevidad.

- **Bodegas Gómez Cruzado**

Es considerada la 'bodega boutique' del Barrio de la Estación de Haro, con una producción anual cercana a las 200.000 botellas. Su proyecto se centra en producir vinos de altísima calidad, marcados por el origen y la tipicidad, apostando por el estilo de los 'vinos finos' del Barrio de la Estación de Haro. Su trabajo de elaboración y crianza está diseñado para respetar al máximo la personalidad de la uva y el carácter de cada viñedo. Desde la bodega tienen el objetivo de crear vinos con apego al terruño, que es la expresión más pura de su identidad. Aunque apuestan por los vinos más clásicos, aplican diariamente los avances del conocimiento y las nuevas técnicas para trabajar con precisión en la elaboración de vinos de aromas nítidos y sabores puros.

Entre su gama de vinos blancos se encuentra el *Montes Obarenes*, un vino elaborado por un 35% de Tempranillo blanco y el resto de la variedad Viura, procedentes de viñedos cultivados en los alrededores de Haro, bajo la influencia de los montes Obarenes. La recolección de estas uvas se lleva a cabo de forma manual en cajones de 200 kg, con una posterior selección de racimos en bodega. La elaboración de este vino se lleva a cabo con una fermentación y un posterior criado del vino con sus lías en barrica nueva de roble francés (aproximadamente el 80% del vino) y criado sobre lías en huevo de hormigón (el 20% restante).

- **Bodegas Miguel Merino**

Es una bodega pequeña, del más puro estilo familiar, que nació en 1994 en el pueblo de Briones, La Rioja. Pese a su tamaño y a su corta historia, sus vinos se han situado entre los más prestigiosos de España y realizan exportaciones a más de veinte países. El objetivo de esta bodega no es otro que el de crecer en el perfeccionamiento de su estilo, sin olvidarse de seguir disfrutando de hacer vino.

Su vino blanco elaborado en barrica es el *Miguel Merino Blanco*, elaborado a partir de dos viñedos muy especiales: Mingortiz (0,2 hectáreas plantadas con Viura en 1977) y La Loma (plantada con Garnacha Blanca en 1946). La fermentación se lleva a cabo en barricas de 500 litros de roble francés, a lo que le siguen 10 meses de crianza sobre lías en las mismas barricas.

- **Fincas de Azabache**

Es una bodega que remonta su historia a ser el vino más reconocido de la bodega Viñedos de Aldeanueva y que ahora por fin tiene su propia bodega; un lugar propio donde consiguen aprovechar experiencia y tradición desde 1956 para elaborar vinos contemporáneos. En esta bodega ponen especial atención en su terruño, Aldeanueva de Ebro, un lugar único en diversidad varietal, donde cada cepa encuentra un lugar para crecer al ritmo que le ofrece la tierra. Esta bodega nace con el fin de elaborar las uvas de sus mejores fincas, donde la edad, la altitud y la variedad buscan el perfecto equilibrio.

El *Azabache Blanco Fermentado en Barrica* es un vino elaborado a partir de la variedad Viura, fermentado y criado en barricas nuevas de roble americano.

- **Tobelos, Bodegas y Viñedos**

La bodega está ubicada en Briñas, a 2 km de Haro, en una de las zonas de mayor tradición vinícola de La Rioja. Situada en una colina rodeada por el río Ebro, al pie de la Sierra Cantabria y desde la que disfrutan de unas preciosas vistas a los montes Obarenes, las Conchas de Haro y los Riscos de Bilibio. Sus viñedos están situados en Briñas, Labastida y San Vicente de la Sonsierra. Esta zona goza de un microclima fresco y único en La Rioja. Los principales factores de calidad son los suelos arcillo calcáreos, que dan bajos rendimientos y mejores uvas, y la brisa norte en verano, que refresca la uva y la mantiene sana. También la edad del viñedo, cepas de 20 a 90 años producen uvas de mayor calidad.

Su vino *Tobelos Blanco* es un vino fermentado en barrica de roble, procedente de tres pequeñas viñas situadas en las poblaciones de Briñas, Labastida y San Vicente de la Sonsierra. Las variedades de las que se componen son en un 90% Viura y un 10% Sauvignon Blanc. El envejecimiento de este vino es de 6 meses en barrica nueva de roble francés.

- **Compañía Bodeguera Valenciso**

Es una bodega ubicada en Ollauri, un pueblo a 4 km de Haro, en el norte de la Rioja Alta, reconocido desde el siglo XIX por su prestigio vitivinícola. Una zona que se diferencia del resto de La Rioja por un clima cuyas notas atlánticas modulan los calores del verano y por un suelo arcillo calcáreo, pobre y por eso ideal para el cultivo de la vid. Esta bodega realiza producciones pequeñas, además envejece en barricas de roble francés aportando más complejidad y elegancia a los vinos, además de una vida más larga.

El *Valenciso Blanco* es un vino elaborado a partir de las variedades Viura y Garnacha blanca, fermentado en barricas de roble seguido de una crianza de 9 meses también en barrica de roble francés.

- **Bodegas Nivarius**

Se encuentra en Nalda y es una bodega especial, sobre todo por el hecho de que es la primera bodega de la DOCa Rioja que elabora exclusivamente vinos blancos. El nombre de la bodega Nivarius significa 'nevero', que es un pozo natural donde la nieve se conserva todo el año, que da nombre a sus vinos porque sus viñedos se encuentran a 800 metros de altitud y orientados al norte. Debido a la baja temperatura, las uvas destacan por su acidez, frescura y carácter frutal, claves para la calidad de los vinos blancos singulares.

En su gama de vinos blancos, tres de ellos se elaboran con barrica. Se elaboran a partir de Viuras de más de 80 años y viñedos de Maturana blanca situados a más de 800 m de altitud y orientación norte. La vendimia se realiza de forma manual en caja de 18 kg. Cada variedad se vinifica por separado en fudres de roble francés de 3.500 litros, realizando una crianza sobre lías en esos mismos fudres de 9 meses. Una vez embotellado, el vino permanece 20 meses en botella antes de su comercialización, vino que irá ganando en botella. Los vinos *Finca el Arca* y *Finca la Nevera* son elaborados a partir de 100% Maturana blanca, mientras que el *Edición limitada* se elabora con un 70% de Viura y un 30% de Maturana blanca.

3.1.2. Entrevistas y cuestionario

Para realizar este estudio, se concertó una reunión con los directores técnicos de cada bodega (a excepción de algunos casos en los que contestaron el cuestionario vía e-mail). Las cuestiones que se les plantearon se detallan en el **Anexo 1**.

3.2. Entrevista a las tonelerías

3.2.1. Tonelerías

Se seleccionaron dos tonelerías, con características muy diferentes, para participar este estudio. Para obtener los dos puntos de vista de los toneleros se han buscado las dos posiciones más alejadas. Por un lado, una tonelería propia de una bodega muy representativa de los vinos elaborados en madera,

como es la de la bodega López-Heredía, una de las bodegas más clásicas y tradicionales de Rioja, y que hace unas 200 barricas al año aproximadamente para sustentar las necesidades de su parque de barricas en función de las necesidades del enólogo y con ello, de los vinos de la bodega. Por otro lado, una tonelería industrializada, que abastece de barricas a bodegas de todo el territorio nacional e incluso internacional, debiendo suplir las necesidades de muchos clientes, con numerosos tipos de orígenes de la madera y tipos de tostados personalizados para cumplimentar las peculiaridades de cada enólogo y cada tipo de vino.

Las tonelerías seleccionadas fueron las siguientes:

- **Tonelería Murua**

Está ubicada en la ciudad de Logroño y es una de las tonelerías más importantes de la zona de Rioja.

Destacan por su calidad y por dar respuestas a las necesidades de los enólogos desde el año 1898. En Murua continúan implantando las nuevas técnicas de tostado junto con la tradición tonelera que otorgan los años de experiencia.

- **Tonelería propia de López de Heredia**

Esta tonelería se seleccionó como ejemplo representativo del mantenimiento de la tradición y la conservación. Actualmente es la única bodega en España que construye artesanalmente el total de las barricas utilizadas en la crianza de sus vinos. Las barricas de López de Heredia continúan siendo elaboradas no sólo por la tradición, sino como componente necesario e imprescindible en la consecución de la personalidad que caracteriza las elaboraciones de esta bodega.

3.2.2. Entrevistas y cuestionario

Para realizar este estudio, se concertó una reunión con la CEO de Tonelería Murua y también con la persona encargada de la elaboración de las barricas en la bodega López de Heredia. Las cuestiones que se les plantearon se detallan en el **Anexo 2**.

4. Resultados y discusión

4.1. Bodegas

En las bodegas de la DOCa Rioja se elabora más vino tinto que blanco, como puede comprobarse en los kilos vendimiados en la campaña 2018, en la que de los 485.854.620 kilos de uva totales que se recogieron, 56.804.170 fueron de uva blanca, representado solamente un 12% de la producción total.

Por ello, se puede considerar que el vino blanco es un producto tradicionalmente de menor importancia en las bodegas, aunque, debido a las nuevas tendencias que marca el mercado, va cobrando cada vez más importancia, elaborándose cada vez más vinos blancos de mayor calidad. Por otro lado, la inclusión en la denominación de nuevas variedades blancas como Chardonnay y Sauvignon Blanc, empleadas en vinos blancos de alta calidad de la Borgoña, han fomentado que cada vez más bodegas se interesen por la elaboración de vinos blancos jóvenes y vinos blancos elaborados en barrica, aumentando así el parque de barricas destinado a este tipo de vinos.

Tras haber evaluado las respuestas y opiniones de los diferentes directores técnicos, se puede concluir que todos los enólogos entrevistados coinciden en los beneficios de realizar la fermentación alcohólica de los vinos blancos dentro de la barrica, a pesar de los inconvenientes que esto pudiera ocasionar. Un 25% de los enólogos entrevistados prefiere realizar una fermentación mixta, comenzando la fermentación en depósito de acero inoxidable para terminarla en la barrica. Por otro lado, todos los enólogos también opinan que en la mayoría de los casos es preferible no realizar la fermentación maloláctica en este tipo de vinos para así mantener la viveza que aporta el ácido málico a los vinos blancos. El objetivo común de los enólogos al realizar la fermentación alcohólica en barrica es el de ganar complejidad mediante la cesión de compuestos por parte de la madera y la entrada moderada de oxígeno en el vino, generando así una mejor evolución del mismo, aumentando su volumen y persistencia en boca y su riqueza de aromas, sin perder el perfil varietal.

Un 75% de los enólogos se decantan por maderas de grano fino, generalmente de la especie *Quercus petraea*, casi siempre de origen francés, debido a que aporta mayor finura y suavidad tanto en la fase aromática como en fase gustativa. Otros tipos de roble como el americano (*Quercus alba*), al tener el grano más grueso, permiten la penetración en el vino de mayor cantidad de oxígeno produciendo una evolución más rápida y un perfil aromático más marcado. Entre los enólogos entrevistados, existen ambas preferencias, incluso la de mezclar maderas dentro de una misma barrica.

En relación con el tipo de tostado, el 90% de los enólogos entrevistados se decantan por tostados ligeros o ligero-medios, pero largos y profundos, con el objetivo de que la madera no se adueñe del vino y se preserven los aromas varietales. En función de las necesidades y preferencias de los enólogos, desde las tonelerías se propone un tipo de tostado específico para cada tipo de vino. En los vinos blancos, este tipo de tostado se realiza en general a baja temperatura, pero durante mayor tiempo, consiguiendo de este modo un

tostado profundo pero ligero, que no ceda excesivos taninos hidrolizables al vino ni aromas a torrefactos.

En relación con los tamaños de barrica más adecuados para la elaboración de vinos blancos, es un tema en el que los enólogos tienen diferentes opiniones. La barrica de 225 litros es la que más se utiliza por practicidad y manejabilidad, y evidentemente por un tema normativo, ya que es el tamaño permitido en la DOCa Rioja para amparar los vinos crianza, reserva y gran reserva. Sin embargo, una buena parte de los enólogos entrevistados (62,5%) también remarca los aspectos positivos de trabajar con recipientes de mayor volumen, como lo son las barricas de 500 litros, también denominadas bocoyes e incluso recipientes de mayor tamaño, como pueden ser los fudres de hasta 3500 litros, ya que la relación entre la superficie de madera y el vino es menor, siendo más fácil el control de los aportes de compuestos procedentes de la barrica al vino, permitiendo así crianzas más largas sin perder los aromas varietales y afrutados.

Todas las bodegas que han participado en este estudio se abastecen de varias tonelerías con el fin de ganar complejidad en los ensamblajes, ya que cada una aporta un perfil sensorial diferente, enriqueciendo de estos matices el vino final.

El control de calidad de las barricas por lo general se realiza en las bodegas de forma visual, prestando especial atención al interior de cada recipiente para comprobar la intensidad del tostado y la ausencia de defectos como pueden ser las ampollas en la madera. Además, es común a todos los enólogos realizar un control de estanqueidad mientras se realiza el llenado de estas. Solo un 25% de los enólogos entrevistados llevan a cabo un control más exhaustivo, comprobando además dimensiones, espesor y anchura de las duelas y los fondos, y la ausencia de cloroanisoles y bromoanisoles (TCA y TBA), compuestos que confieren un perfil sensorial al vino que se corresponde con el moho y la humedad.

Sin excepción, la crianza se realiza siempre con las lías finas para aportar mayor complejidad y volumen en boca, además de ayudar a gestionar correctamente el potencial oxidoreductor del vino. Todos los enólogos coinciden que este tipo de elaboración permite un mayor tiempo de crianza, que dura en la mayoría de los casos entre cuatro meses y un año.

Por lo general, se obtiene vinos más complejos, afrutados, con la madera bien integrada, estando presente ésta en un segundo plano. Suelen ser vinos frescos, con cuerpo, volumen y longitud en boca. Actualmente existen enólogos que buscan vinos más minerales y tensos, siendo esta una tendencia clara en el mercado de vinos blancos.

Este tipo de elaboración, salvo alguna excepción, no genera problemas si se presta atención a dos puntos de control importantes como son la excesiva oxigenación, generando una evolución prematura de los vinos, o los ataques microbiológicos durante la crianza, como pueden ser los originados por la levadura *Brettanomyces*.

4.2. Tonelerías

En cuanto a los toneleros, también recomiendan la fermentación de los vinos blancos dentro de la barrica, tanto la fermentación alcohólica como, en su caso, la maloláctica. Siendo conscientes de que esta decisión es personal de cada bodega y enólogo, apuntan en ambos casos la mejora sensorial que se produce en los vinos blancos fermentados en barrica.

El principal reto de los toneleros es el de realizar barricas, que no solo estabilicen al vino y lo afinen, sino que también lo respeten sin cambiar completamente su perfil sensorial, respetando la fruta, pero con el aporte elegante que puede conferir la madera.

En cuanto a la procedencia de la madera las tonelerías difieren. Por una parte, la tonelería propia de la bodega López de Heredia utiliza roble americano debido a la necesidad de sus largas crianzas, de hasta 6 o 7 años, evitando con robles de grano más grueso que este se tamice y bloquee la entrada de oxígeno, consiguiendo así la evolución y estabilización de sus vinos. Por otra parte, tonelería Murua no se decanta por ningún roble en concreto, ya que depende de las necesidades de los enólogos y bodegas a las que abastecen. Para crianzas más cortas, recomiendan el uso de roble francés y húngaro, que comúnmente tienen un tamaño de poro inferior al americano y aseguran un buen equilibrio del potencial de oxidoreducción y unos aportes controlados de compuestos por parte de la barrica.

En relación con el tostado, los toneleros recomiendan un tostado ligero pero profundo, para que la cesión de compuestos volátiles no sea excesiva y no se enmascaren los aromas primarios. Los toneleros suelen denominar a este tipo de tostado como *tostado para blancos*.

El tamaño de la barrica ha de ser de 225 litros para las bodegas de la DOCa Rioja que quieran incluir sus vinos dentro de los amparados para la crianza; sin embargo, también existe la posibilidad de utilizar recipientes de 300 y 500 litros, que disminuyan el contacto del vino con la barrica para disminuir la cesión de oxígeno y compuestos propios de la madera.

Las tonelerías industriales como Murua realizan controles de tostado, estanqueidad y trazabilidad de la madera hasta la barrica, mientras que en las tonelerías propias de las bodegas es más común que el control de tostado se realice de forma menos exhaustiva, ya que se realiza exclusivamente un tipo de tostado.

De las barricas elaboradas en la tonelería Murua, solo un 2% se destinan a vinos blancos. Sin embargo, en López-Heredia supone un 10%, ya que en su gama de vinos el blanco tiene mucha importancia en su mercado.

5. Conclusiones y nuevos retos

La producción de vinos blancos de alta calidad elaborados en barrica ha sufrido un aumento considerable en los últimos años debido a las nuevas tendencias de consumo que marca el mercado, y a la inclusión de nuevas variedades blancas en algunas denominaciones de origen como la DOCa Rioja.

La mayoría de barricas utilizadas en la elaboración de vinos blancos son de **roble francés** y una menor parte de **roble americano**. Esto es debido a que el roble francés aporta una complejidad y un perfil sensorial mucho más respetuoso con los aromas varietales que otro tipo de robles, como el americano, que confiere aromas maderizados más potentes que el roble francés. Además, el aporte de oxígeno es menor en el roble francés, de grano más fino, permitiendo un mayor equilibrio del potencial de oxidación-reducción y disminuyendo el riesgo de oxidación del vino.

En los últimos años se están utilizando también barricas de **roble húngaro** para la elaboración de vinos blancos ya que tienen un poro fino y confieren aromas melosos y cremosos al vino.

El empleo de **barricas nuevas** implica una mayor cesión de compuestos y mayor aporte de oxígeno a al vino, por lo que no suele ser la opción elegida por los enólogos, que prefieren **barricas usadas** para preservar el perfil aromático varietal del vino por encima de un perfil clásico de crianza.

El **grado de tostado** es muy importante ya que cuanto mayor sea este tostado mayor cantidad de compuestos volátiles de madera serán aportados al vino. En los vinos blancos se prefiere un tostado ligero pero profundo que no ceda excesivos taninos hidrolizables al vino ni aromas a torrefactos.

La **barrica de 225 litros** es la más utilizada por su practicidad y maniobrabilidad, y por ser la amparada dentro de la regulación de la DOCa Rioja. Sin embargo, los enólogos coinciden en los aspectos positivos del uso de otras barricas de mayor tamaño, que disminuyen la relación entre la superficie de contacto de la barrica y el vino, pudiendo conseguir crianzas más largas sin obtener unos vinos maderizados, que conserven su complejidad, estructura en boca y sus aromas primarios bien equilibrados, y con la madera en un segundo plano.

Como **Nuevos retos** para la elaboración de vinos blancos en barrica se proponen tres:

- (i) La utilización de grandes volúmenes como recipientes de elaboración y crianza como son los fudres y bocoyes, que disminuyan la relación entre la superficie de contacto de la madera con el vino, atenuando así la cantidad de compuestos procedentes de la madera. Se obtendrán vinos mucho más varietales y frutales, dejando la madera en un segundo plano, para que aporte complejidad, pero no se adueñe del vino.

- (ii) Se propone también el uso de maderas de distinto origen, no solo de diferentes variedades de roble sino también otras especies como la acacia (*Robinia pseudoacacia*), el cerezo (*Prunus avium*), el pino (*Pinus canariensis*) o el castaño (*Castanea sativa*) entre otros, que puedan aportar matices diferenciales a los vinos elaborados.

- (iii) Por último, es importante promover el estudio y desarrollo de tipos de tostados específicos para la elaboración de variedades blancas, ya que hasta ahora se han utilizado tostados inicialmente pensados para tintos. Con el objetivo de poder ofrecer varios tipos de tostados ligeros y medios, pero profundos, que aporten las mejoras que ofrece la madera y a su vez respeten las características varietales de cada tipo de vino. Algunas tonelerías francesas ya están trabajando en este aspecto.

6. Referencias bibliográficas

Aiken, J.W.; Nobke, C. (1984). Composition and sensory properties of Cabernet Sauvignon wine aged French versus American oak barrels. *Vitis* 23: 27-36.

Artajona, J. (1991). Caracterización del roble según su origen y grado de tostado mediante la utilización de GC y HPLC. *Viticultura/Enología profesional* 14: 61-72.

Aznar, M., López, R., Cacho, J., & Ferreira, V. (2003). Prediction of aged red wine aroma properties from aroma chemical composition. Partial least squares regression models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2700-2707

Boidron, J.N.; Chatonnet, P.; Pons, M. (1988). Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *Connaissance Vigne Vin*, 22(4): 275-294.

Boulet, J.C.; Moutounet, M. (2000). La microoxigenación de los vinos. En *Enología. Fundamentos científicos y técnicos*. Flanzky. AMV Ediciones / Ed. Mundi Prensa, España, 114-121.

Cacho, J. (2006a). Evolución del perfil volátil del vino tinto durante su crianza en barricas de roble. Parte I. *ACE revista de enología*. 29 de agosto de 2006.

Cacho, J. (2006b). Estudio comparativo del perfil volátil del vino tinto durante su crianza en barricas de roble. Parte I. *ACE revista de enología*. 29 de agosto de 2006.

Cadahía, E.; Fernández de Simón, B. (2004). Utilización del roble español en el envejecimiento de vinos. Comparación con roble francés y americano. *Monografías INIA: Serie forestal*. Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación. 10: 7-136.

Cadahía, E.; Muñoz, L.; Fernández de Simón, B; García-Vallejo, M.C. (2001a). Changes in low molecular weight phenolic compounds in Spanish, French and American oak woods during natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1790-1798.

Cadahía, E.; Varea, S.; Muñoz, L.; Fernández de Simón, B; García-Vallejo, M.C. (2001b). Evolution of ellagitannins in Spanish, French and American oak woods during natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3677-3684.

Cadahía, E.; Fernández de Simón, B.; Poveda, P.; Sanz, M. (2008). Utilización de *Quercus pirenaica* Willd. De Castilla y León en el envejecimiento de vinos. Comparación con roble francés y americano. *Monografías INIA: Serie forestal*. Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación, 18: 5-475.

Chatonnet, P. (1991). Incidentes du bois sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins. Applications technologiques. Tesis D.E.R. Universidad Bordeaux II.

Chatonnet, P.; Dubourdieu, D. (1998). Comparative study of the characteristics of American white oak (*Quercus alba*) and European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) for production of barrels used in barrel aging of wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49: 79-85.

Chatonnet, P.; Dubourdieu, D.; Boidron, J.N. (1992a). Incidence des conditions de fermentation et d'élevage des vins blancs secs en barriques sur leur composition en substances cédées par le bois de chêne. *Sciences de Aliments*, 12(4): 665-685.

Chatonnet, P.; Ricardo-Da-Silva, J.M.; Dubourdieu, D. (1997). Influence de l'utilisation de barriques en chêne sessile européen (*Quercus petraea*) ou en chêne blanc américain (*Quercus alba*) sur la composition et la qualité des vins rouges. *Revue française d'œnologie*, 165: 44-48.

Herrero, P.; Saénz, M.P.; Avizcuri, J.M.; Culleré, L.; Bala, P.; Antón, E. C.; Ferreria, V.; Escudero, A. (2016). Study of Chardonnay and Sauvignon Blanc wines from DOCa Rioja (Spain) aged in different French oak wood barrels: chemical and aroma quality aspects.

Hidalgo Togores, J. (2006). Fermentación maloláctica en barrica. Ponencias del curso de verano Viticultura y Enología en la D.O. Ribera del Duero. 57-70.

Herrero, P.; Saénz, M.P.; Escudero, A. (2015). Estudio sobre variedades blancas de la DOCa Rioja en diferentes tipos de madera. Laboratorio de Análisis del aroma y enología LAEE. Universidad de Zaragoza.

Díaz-Plaza, E.M.; Perdo, F.; Reyero, J.R.; Alonso, G.; Salinas, R. (2004). Efecto del roble americano y francés en la calidad y el aroma de vinos de crianza. *Enólogos*, 32: 40-43.

Dubois, P. (1989). Apports du fût de chêne neuf a l'arôme des vins. *Revue française d'œnologie*, 120: 19-24.

Doussot, F.; De Jéso, B.; Quideau, S.; Pardon, P. (2002). Extractives content in cooperage oak Wood during natural seasoning and toasting; influence of tree species, geographic location and single-tree effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5955-5961.

Doussot, F.; Pardon, P.; Dedier, J.; de Jéso, B. (2000). Individual, species and geographic origin influence on cooperage oak extractible content (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl.). *Analisis*. 28: 960-965.

Escudero, A.; Gogorza, B.; Melús, M.A.; Ortín, N.; Cacho, J. and Ferreira V. (2004). Characterization of the Aroma of a Wine from Maccabeo. Key Role Played by Compounds with Low Odor Activity Values. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 3516-3524.

Esteruelas, E.; Cadahía, E.; Fernández de Simón, B. (2005). Secado-curado en tonelería de madera de roble de diferentes procedencias europeas. Evolución de los polifenoles, elagitaninos y volátiles. *Viticultura Enología profesional*, 98: 45-52.

Ferreira, V.; López, R.; Cacho, J.F. (2000) Quantitative determination of odorants of young red wines from different grape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1659-1667.

Fernández de Simón, B. (2004). La madera en el envejecimiento de los vinos. *Viticultura Enología Profesional*, 92: 45-53.

Fernández de Simón, B. (2007). La madera en el envejecimiento de vinos. Informe Técnico. IV Encuentro Enológico. Crianza en barricas y otras alternativas. Ed. Fundación para la Cultura del Vino. Madrid. 99-105.

Fernández de Simón, B.; Cadahía, E.; Conde, E.; Gacia-Vallejo, M.C. (1996a). Low molecular weight phenolic compounds in Spanish oak woods *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1507-1511.

Fernández de Simón, B.; Cadahía. (2007) Tratamiento de la madera de roble para tonelería. *Revista Enología*, 4.

Fernández de Simón, B.; Cadahia, E.; Conde, E.; García-Vallejo, C. (1999a). Ellagitannins in woods of Spanish, French and American oaks. *Holzforschung*, 53(2): 147-150.

Fernández de Simón, B.; Cadahía, E.; Jalocha, J. (2003a). Volatile Compounds in Spanish red wines aged in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7671-7678.

Fernández de Simón, B.; Hernández, T.; Cadahía, E.; Dueñas, M.; Estrella, I. (2003b). Phenolic compounds in a Spanish red wine aged in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *European Food Research and Technology*, 216: 150-156.

Fernández-Golfín, J.I.; Cadahía, E. (1999). Características físicas y químicas de la madera de roble en la fabricación de barricas. "La barrica como factor de calidad en la crianza de los vinos tintos". *Congresos y Jornadas*, 3: 11-66. Ed. Gobierno de La Rioja. Logroño.

Feuillat, F.; Moio, L.; Guichard, E.; Marinov, M.; Fournier, N.; Puech, J.L. (1997). Variation in the concentration of ellagitannins and cis- and trans- β -methyl- γ -octalactone extracted from oak wood (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl.) under model wine cask conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 48(4): 509-515.

Francis, I.L.; Newton, J.L. (2005). Determining wine aroma from compositional data. *Australian Journal of grape and Wine Research*, 11: 114-126.

García, M.J.; Aleixandre, J.L. (1991). Crianza y envejecimiento de vinos. *Vitivinicultura*, 10: 51-61.

García, M. P. (1997). Envejecimiento de vino tinto de la D.O. Tacoronte-Acentejo: influencia de la madera de roble y de las condiciones de vinificación en la evolución de parámetros físico-químicos de interés enológico y su impacto sensorial. Departamento de Ingeniería Química y T.F. Universidad de la Laguna. Tenerife España.

Garde-Cerdán, T.; Ancín, C. (2005). Efecto de la composición del vino en la evolución de compuestos volátiles durante el envejecimiento del vino en barricas de roble. *Tecnología de Vino*, 26(5): 69-76.

Garde-Cerdán, T.; Ancín, C. (2006a). Effect of oak barrel type on the volatile composition of wine: storage time optimization. *Journal of Food Science and Technology*, 39(3): 199-205.

García-Estévez, I.; Alcalde-Eon, C.; Le Grottaglie, L.; Rivas-Gonzalo, J.C.; Escribano-Bailón, M.T. (2015). Understanding the ellagitannin extraction process from oak wood. *Tetrahedron*, 71: 3089-3094.

Glabasnia, A.; Hofmann, T. (2006). Sensory-directed identification of taste-active ellagitannins in American (*Quercus alba* L.) and European oak wood (*Quercus robur* L.) and quantitative analysis in bourbon whiskey and oak-matured red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 3380-3390.

Glories, Y. (1978). Recherches sur la matière colorante des vins rouges. Thèse de Doctorat ès Sciences. Université de Bourdeaux II.

Hidalgo Togores, J. (2011). Tratado de enología. Tomos I y II. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

Jarauta, I.; Cacho, J.; Ferreira, V. (2005). Concurrent Phenomena Contributing to the Formation of the Aroma of Wine during Aging in Oak Wood: An Analytical Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4166-4177.

Kamio, X. (2012). La elección de la barrica (II). *Oenoblog*.

Keller, R. (1992). Les chênes dans le monde. Les chênes de tonnellerie en France: *Quercus petraea* et *Quercus robur*. *J. Int. Sci. Vigne Vin: "Le bois et la qualité des vins et de eaux-de-vie"*, nº fuera de serie: 7-28.

Lužar, Jasna & Jug, Tjaša & Jamnik, Polona & Kosmerl, Tatjana. (2016). Comparison of total polyphenols content and antioxidant potential of wines from 'Welschriesling' and 'Sauvignon Blanc' varieties during ageing on fine lees. *Acta agriculturae Slovenica*. 107: 473-482.

Ma, W.; Guo, A.; Zhang, Y.; Wang, H.; Liu, Y.; Li, H. (2014). A review on astringency and bitterness perception of tannins in wine. *Trends in Food Science & Technology*, 40: 6-19.

Martínez, J. (2004). Incidencia del origen de la madera de roble en la calidad de los vinos de Tempranillo de la D.O.Ca. Rioja durante la crianza en barrica. Tesis Doctoral. Universidad de La Rioja.

Martínez, J. (2006). Incidencia del origen del roble en la crianza de los vinos de Rioja. *Investigación*, 4, 9-123. Ed. Gobierno de La Rioja. Logroño.

Martínez, J.; Barúa, M.; Gutiérrez, A.R. (2004). Incidencia del origen de la madera de roble en la composición aromática de los vinos durante la crianza. Comunicación oral. XIX Reunión Anual Grupo de Trabajo Experimentación en Viticultura y Enología. Leiro (Orense). Reuniones Anuales del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 187-193.

Martínez, J.; Barúa, M.; Gutiérrez, A.R. 2006b. Incidencia del origen del roble en la composición y calidad sensorial de los vinos durante la crianza en barrica. *Tecnología del Vino*, 30: 61-66.

Martínez-Gil, A. M., del Alamo-Sanza, M., Gutiérrez-Gamboa, G., Moreno-Simunovic, Y., & Nevares, I. (2018). Volatile composition and sensory characteristics of carménère wines macerating with colombian (*quercus humboldtii*) oak chips compared to wines macerated with american (*Q. alba*) and european (*Q. petraea*) oak chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 266: 90-100.

Mosedale, J.R.; Ford, A. (1996). Variation of the flavour and extractives of European oak wood from two French forest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70: 273-287.

Moutounet, M.; Puech, J.L.; Keller, R.; Feuillat, F. (1999). Les caractéristiques du bois de chêne en relation avec son utilisation en oenologie. Les phénomènes de duramisation et ses conséquences. *Revue française d'œnologie*, 174: 12-17.

Navarro Fernández, M. A. 2017. Influencia de la especie botánica, del grado de tostado y del uso de las barricas de roble sobre los elagitaninos; consecuencias enológicas y sensoriales.

Nunes, P.; Muxagata, S.; Correia, AC; Nunes, FM; Cosme, F.; Jordão, AM. (2017). Effect of oak wood barrel capacity and utilization time on phenolic and sensorial profile evolution of an Encruzado white wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(14): 4847-4856.

Ojeda, S. (2012). Nuevos orígenes de la madera de roble para la crianza de vinos tintos de la DOCa Rioja.

Palomero, F; Suárez-Lepe J. A.; Morata, A.; Benito, S; Calderón, F. (2011) Optimización de la crianza sobre lías. *ACEnología*.

Pérez-Olivero, S. J.; Pérez-Pont, M. L.; Conde, J. E.; Pérez-Trujillo J. P. (2014). Determination of Lactones in Wines by Headspace Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography Coupled with Mass Spectrometry. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 863019.

Pérez-Prieto, L.J.A.; Martínez-Cutillas, A.B.; López-Roca, J.M.A.; Pardo Mínguez, F.C.; Gómez-Plaza, E.A. (2003d). Evolución del color del vino durante la crianza en barricas de roble. *Enólogos*, 26: 40-45.

Pomar, M.; González-Mendoza, L.A. (2001). Changes in composition and sensory quality of red wine aged in American and French oak barrels. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 35(1): 41- 48.

Prida, A.; Chatonnet, P. (2010). Impact of oak-derived compounds on the olfactory perception of barrel-aged wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3): 408-413.

Prida, A.; Puech, J.L. (2006). Influence of geographical origin and botanical species on the content of extractives in American, French, and east European oak woods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 8115-8126.

Puech, J.L.; Feuillat, F.; Mosedale, J.R. (1999). The tannins of oak heartwood: structure, properties and their influence on wine flavour. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(4): 469-477.

Ribéreau Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B. (2003). *Tratado de enología: microbiología del vino. Vinificaciones*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires (Argentina).

San Juan, F.; Cacho, J.; Ferreira, V.; & Escudero, A. (2012). Aroma chemical composition of red wines from different price categories and its relationship to quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 5045–5056.

Sánchez-Palomo, E.; Trujillo, M.; García Ruiz, A.; González Viñas, M.A. (2017). Aroma profile of malbec red wines from La Mancha region: Chemical and sensory characterization. *Food Research International*, 100: 201-208.

Saucier, C.; Jourdes, M.; Glories, Y.; Quideau, S. (2006). Extraction, detection, and quantification of flavano-ellagitannins and ethylvescalagin in a Bordeaux red wine aged in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7349: 7354

Sefton, M.A.; Francis, I.L.; Pocok, K.F.; Williams, P.J. (1993). The natural seasoning on the concentrations of eugenol, vanillin and cis- and trans- β -methyl- γ -octalactone extracted from French and American oak wood. *Sciences des Aliments*, 13: 629-643.

Spillman, P.J.; Sefton, M.A.; Gawel, R. (2004) The effect of oak wood source, location of seasoning and coopering on the composition of volatile compounds

in oak-matured wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 10: 216-226.

Spillman, P.J.; Pollnitz, A.P.; Liacopoulos, D.; Skouroumounis, G.K. ; Sefton, M.A. (1997). Accumulation of vanillin during barrel-aging of white, red and model wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2584-2589.

Towey, J.P.; Waterhouse, A.L. (1996). The extraction of volatile compounds from French and American oak barrels in Chardonnay during three successive vintages. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47(2): 163-172.

Vivas, N. (1998). Los fenómenos de la óxido-reducción durante el envejecimiento de los vinos en barricas. IV Congreso Nacional de Enólogos 1998: 63-76.

Vivas, N.; Glories, Y.; Raymond, P. (1997). Quelques observations sur l'évolution des qualités organoleptiques des vins rouges au cours de leur élevage en barriques neuves. *Revue française d'œnologie*, 166: 31-34.

Vinetur. (2016). ¿Cuántos tamaños de toneles para vino existen?

Wang, X.-C.; Li, A.-H.; Dizy, M.; Ullah, N.; Sun; W.-X.; Tao, Y.-S. (2017). Evaluation of aroma enhancement for "Ecolly" dry white wines by mixed inoculation of selected *Rhodotorula mucilaginosa* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 228: 550-559.

Zamora, F. (2005). Los aromas que el roble aporta al vino: influencia del grado de tostado de las duelas. *Enólogos*, 35.

7. Anexos

Anexo 1. Cuestionario realizado a los directores técnicos de las bodegas

CUESTIONARIO SOBRE EL USO DE LA BARRICA EN VINOS BLANCOS

Mi nombre es Olalla García Soto, graduada en enología por la Universidad de la Rioja y actualmente cursando el Máster en Tecnología, Gestión e Innovación Vitivinícola en la misma universidad.

Con motivo de la realización de mi Trabajo de Fin de Máster estoy recopilando información acerca de la opinión de los enólogos sobre el uso de la barrica en vinos blancos.

Este cuestionario consta de 12 preguntas y va dirigido al **equipo técnico de enología** de la bodega. La información que se proporcione es para fines meramente académicos.

Muchas gracias de antemano por su colaboración y el tiempo dedicado.

Nombre del director técnico del Equipo de Enología

Nombre de la persona que cumplimenta este cuestionario (no rellenar si se trata del director técnico)

Conteste por favor a las siguientes preguntas, **razonándolas**, con respecto a la elaboración de **vinos blancos elaborados con barrica**, bien exclusivamente en su crianza o en también en su fermentación.

1. ¿Fermentáis el vino dentro de la barrica?, ¿fermentación alcohólica y/o maloláctica? Si es así, ¿por qué?

2. ¿Qué buscas como enólogo que aporte la barrica al vino?

3. ¿Qué tipo de madera (procedencia) usas para elaborar un vino blanco?, ¿por qué?

4. ¿Qué grado de tostado de madera usas?, ¿por qué?

5. ¿Qué tamaño de barrica se suele usar para este tipo de vinos?, ¿por qué?

6. Las barricas para blancos, ¿mejor de una sola tonelería o de varias?, ¿por qué?

7. ¿Se realiza en la bodega algún tipo de control de calidad al recibir las barricas desde la tonelería? Si es así, ¿de que consta este control? Razona en caso afirmativo y negativo el porqué de esta decisión
8. Número de barricas destinadas para la elaboración de vinos blancos
9. ¿La crianza la lleváis a cabo con o sin lías?, ¿por qué?
10. Tiempo medio de crianza
11. ¿Qué perfil sensorial se obtiene en este tipo de vinos?
12. ¿Aporta algún problema la barrica para vino blanco? Si es así, ¿cuál?

Anexo 2. Cuestionario realizado a los directores técnicos de las tonelerías

CUESTIONARIO SOBRE EL USO DE LA BARRICA EN VINOS BLANCOS

Mi nombre es Olalla García Soto, graduada en enología por la Universidad de la Rioja y actualmente cursando el Máster en Tecnología, Gestión e Innovación Vitivinícola en la misma universidad.

Con motivo de la realización de mi Trabajo de Fin de Máster estoy recopilando información acerca de la opinión de las tonelerías y los enólogos sobre el uso de barrica en vinos blancos.

El cuestionario consta de 10 preguntas y va dirigido al **equipo técnico de la tonelería**. La información que se proporcione es para fines meramente académicos.

Muchas gracias de antemano por su colaboración y el tiempo dedicado.

Nombre del director técnico de la tonelería

Nombre de la persona que cumplimenta este cuestionario (no rellenar si se trata del director técnico)

Conteste por favor a las siguientes preguntas, **razonándolas**, con respecto a la producción de **barricas destinadas a la elaboración de blancos**, bien exclusivamente en su crianza o en también en su fermentación.

1. ¿Recomendáis como tonelería la fermentación dentro de la barrica? Si es así, ¿por qué?, ¿fermentación maloláctica y/o alcohólica?

2. ¿Qué cualidades busca el enólogo que aporten vuestras barricas al vino blanco?

3. ¿Qué tipo de madera (procedencia) usáis para elaborar las barricas destinadas a blanco?, ¿por qué?

4. ¿Qué grado de tostado de madera se emplea?, ¿por qué?

5. ¿Qué tamaño de barrica soléis usar para este tipo de vinos? ¿Por qué?

6. Las barricas para vinos blancos, ¿recomendáis diferentes tipos de madera o de un solo tipo?

7. ¿En que consta el control de calidad de las barricas en vuestra tonelería?
8. ¿Qué porcentaje de vuestras barricas va destinado a la elaboración de blancos?
9. ¿Qué perfil sensorial buscáis que aporten al cliente en este tipo de vinos?
10. ¿Recibís problemas por parte de las bodegas cuando la barrica es destinada para vino blanco? Si es así, ¿cuáles?