



**UNIVERSIDAD DE MURCIA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS,  
NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA**

**ESTUDIO DEL PERFIL  
AROMÁTICO DURANTE LA  
CRIANZA DE VINOS D.O.  
JUMILLA. FACTORES  
INFLUYENTES.**

**TESIS DE MASTER  
PEDRO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ  
TUTOR: JOSÉ MARÍA LÓPEZ ROCA**

**2008**

---

## **INDICE**

1. OBJETIVO.	3
2. INTRODUCCIÓN.	7
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	8
2.2. ORIGEN Y CLASES DE ROBLE.	10
2.3. FABRICACIÓN DE BARRICAS.	12
2.4 COMPUESTOS EXTRAIBLES DE LA MADERA QUE AFERCTAN AL AROMA DEL VINO.	16
2.5. INFLUENCIA DE LA CRIANZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.DEL VINO.	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	22
3.1. VINO.	23
3.2 ANÁLISIS REALIZADOS.	23
3.2.1. ANÁLISIS GENERALES.	23
3.2.1.1. Acidez total.	23
3.2.1.2. pH.	23
3.2.1.3. Acidez Volátil.	23
3.2.1.4. Grado alcohólico.	24
3.2.1.5. Determinación de sulfuroso.	24
3.2.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LA MADERA..	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	27
4.1. Efecto del volumen de la barrica.	28
4.2. Efecto del tostado de la barrica.	31
4.3. Efecto del origen del roble.	36
4.4. Efecto de la variedad en la crianza de vino D.O. Jumilla.	40
5. CONCLUSIONES.	49
6. BIBLIOGRAFÍA.	51

---

## **1.OBJETIVOS**

En la Región de Murcia podemos encontrar un sector vinícola que cuenta con unas 54.000 Ha de cultivo, distribuidas principalmente en tres Denominaciones de origen (Jumilla, Yecla y Bullas) y en dos áreas de vinos de la tierra (Abanilla y Campo de Cartagena). En el mapa varietal de la Región, el cultivar de Monastrell supone más del 85% de la superficie vitícola, lo que da lugar a una gran producción de vinos monovarietales de Monastrell.



Figura 1.: Localización de las D.O. y vinos de la Tierra de la Región de Murcia.

Tradicionalmente, los vinos elaborados en Murcia se destinaban para satisfacer la demanda de vinos de granel y vinos de mesa. Actualmente la tendencia del mercado a cambiado mucho, pasando de consumir grandes cantidades de vino de calidad media-baja, a consumir vinos de media, alta y muy alta calidad. Esta tendencia ha obligado a las bodegas a elaborar vinos que cumplan los requisitos exigidos por el mercado.

Este aumento de la mejora y en consecuencia de la calidad, se podría conseguir de distintas maneras, entre las que podríamos mencionar: uva de partida de alta calidad, procesos de producción modernos y crianza en barricas de roble de los vinos elaborados. Siendo ésta última una de las formas más determinantes

para la consecución de un vino propio, personalizado y diferente al resto de productos del mercado.

Las principales diferencias que genera la crianza del vino en barricas de roble se podrían resumir en dos aspectos globales. En primera instancia, se consigue un vino más complejo aromáticamente gracias a la aportación de compuestos propios de la madera, y por otro lado, se consigue una estabilización del color de los vinos gracias a reacciones de polimerización y condensación de compuestos polifenólicos catalizadas por el oxígeno que difunde a través de los poros de la madera. Este conjunto de reacciones dependen de las características de las barricas de roble como son el tamaño, el origen del roble con el que se fabrican, el grado de tostado de la madera, tonelería y el número de usos que tenga. Tras su paso por barrica, el vino continúa con un proceso de crianza reductiva que se lleva a cabo en botella, lo que terminará de perfilar las características cromáticas y organolépticas del vino de crianza.

Desde un punto de vista enológico, la principal dificultad que presenta la variedad Monastrell es la rápida evolución de sus vinos, lo que supone un problema cuando se quieren obtener vinos de crianza y calidad. Esta dificultad no sólo es debida al factor variedad, sino también a otros factores como el clima, el suelo, las técnicas de elaboración y crianza de cada zona. Por esta razón, en la Región de Murcia se han ido implantando otras variedades para completar los vinos obtenidos a base de Monastrell. Entre las variedades implantadas podrían destacar: Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot, Tempranillo y Petit Verdot.

El objetivo global de este estudio es determinar la evolución del perfil aromático durante la crianza de vinos de Monastrell. A su vez, se quiere comprobar el comportamiento durante la crianza de los vinos de otras dos variedades implantadas en la región, como son la Petit Verdot y la Cabernet Sauvignon.

Para lograr este objetivo se plantean los siguientes objetivos parciales:

- Determinar el efecto del volumen de barrica en el perfil aromático de vinos envejecidos de Monastrell, Petit Verdot y Cabernet Sauvignon.

- Establecer el grado de tostado de la madera de roble más apropiado para la crianza de los vinos.
- Determinar la influencia del tiempo de permanencia en barrica de roble de los vinos objeto de estudio.
- Determinar si vinos de distintas variedades presentan comportamientos similares durante la crianza en las mismas condiciones.

## **2.INTRODUCCIÓN**

## 2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El origen de la fabricación de recipientes de madera hay que atribuírselo a los celtas. El hábitat de estos pueblos, ubicado entre bosques, hizo de la madera la principal materia prima de sus actividades. La conexión entre el vino y los envases de madera se relaciona con las invasiones celtas de la Galia central hacia el siglo IX antes de Cristo; de esta manera, a través de los galos, confluyeron el arte de fabricar toneles y la producción de vino. En un principio, el vino se valió de estos recipientes de madera básicamente para el almacenamiento y el transporte.

Prácticamente desde los orígenes de esta bebida, el hombre observó la incidencia negativa que ejercía el contacto con el aire en la conservación de los vinos. Desde este punto de vista, la madera tenía una gran ventaja respecto a las ánforas o recipientes de barro, ya que su menor porosidad atenuaba la oxigenación del vino.

Por otro lado, la madera tenía virtudes evidentes en el transporte, ya que es un material más sólido que el barro cocido o los odres, y, además, su forma cilíndrica facilitaba mediante el rodamiento su movimiento incluso en recipientes de gran tamaño. Durante el tiempo en el que los toneles de madera se emplearon en el mundo del vino para su almacenamiento y transporte, la materia prima se extrajo de árboles muy diversos. El principal requisito que debían reunir era que aportaran maderas nobles con suficiente dureza y escasa porosidad, para asegurar resistencia, impermeabilidad y moderada oxidación.

Con estas premisas, lo más habitual era emplear los árboles de cada entorno, ya que el transporte era bastante costoso, de manera que la fabricación de toneles se realizó a partir de maderas de roble, castaño, cerezo, fresno, y, en menor medida, de haya y sauces; entre las especies foráneas, acacia y moreras. Lógicamente, cada madera impregnaba al vino de diferentes sabores, pero la exploración de los aromas todavía tardaría bastante en desembarcar en el mundo del vino.

Se pueden distinguir distintos tipos de recipientes de madera utilizados en la producción de vino en función de su forma, su capacidad o su utilidad. Sus



nombres, como es norma común cuando nos referimos a objetos de carácter etnográfico, varían frecuentemente según la región en la que nos encontremos. Por lo tanto, un mismo término puede atender a conceptos diferentes en función de su origen. Hecha esta aclaración, de forma muy genérica podemos hablar principalmente de: cubas o tinos, empleados para la fermentación del vino, barricas, ligadas al envejecimiento, toneles o fudres, destinados al almacenamiento, y bocoyes, para el transporte.

Las técnicas de fabricación, aún en la actualidad, son muy similares en todos los casos. La principal diferencia radica en la labor que exigen los diferentes tamaños. Los caldos que salían de estos recipientes antiguamente, analizados bajo los criterios del consumidor actual, eran vinos toscos, cuyo principal inconveniente radicaba en su corta duración. Esta circunstancia estaba motivada en gran medida por la oxidación que sufrían en su almacenaje. La entrada del aire por los poros de la madera o el barro cocido provocaba su avinagramiento antes de su primer año de vida. De esta manera, el hombre tuvo que afinar su ingenio para producir vinos cuya vida pudiera alargarse. Las barricas de madera de roble fueron parte importante en la consecución de este objetivo. Existen indicios de la utilización consciente en época romana de recipientes de madera vinculados a la calidad de los vinos y a su conservación.

En cualquier caso, el envejecimiento del vino tal y como lo conocemos actualmente se produjo en un proceso lento en el tiempo que comenzó a finales del siglo XVII y se consolidará durante la segunda mitad del XIX.

Como volumen estándar se generalizó la barrica de 225 litros, tamaño condicionado por la adaptación al desplazamiento. Posteriormente, en Burdeos se adoptó este tamaño al ser considerado como el óptimo (por la superficie en contacto entre el vino y la madera) en la influencia o cesión gustativa positiva. Es la denominada barrica “bordelesa”, mientras la de Borgoña tiene una capacidad de 300 litros.

Es justo indicar que en esta evolución, además de las barricas de roble, tuvieron una incidencia fundamental otros dos elementos: las botellas de vidrio y los taponos de corcho. Debido a esta razón, no es casualidad que el desarrollo de la producción vitivinícola sucediera prácticamente al mismo tiempo que el de las

manufacturas de la tonelería, el vidrio y el corcho, ya que el perfeccionamiento de éstas vino acompañado de producciones a mayor escala que abarataron sus costes.

## 2.2. ORIGEN Y CLASES DE ROBLE.

El roble pertenece al género *Quercus*, de la familia de las fagáceas. Son árboles robustos, de copa ancha, y su vida puede alcanzar hasta mil años. Mundialmente, se encuentra distribuido a lo largo de Europa, América del norte y central, el sudeste asiático y en menor medida, en el norte de África y norte de Sudamérica. De las 250 especies que existen, sólo unas pocas son usadas en tonelería. Francia y Estados Unidos son los dos productores principales de roble destinado a elaborar barricas.

Dentro de los dos subgéneros, *ciclobalanopsis* y *euquercus*, éste último es, al que pertenecen las dos especies más utilizadas en Europa, el **Quercus Robur o pedunculata** y el **Quercus Sessilis o petraea**. El primero crece en suelos fértiles y necesita mucha luz.

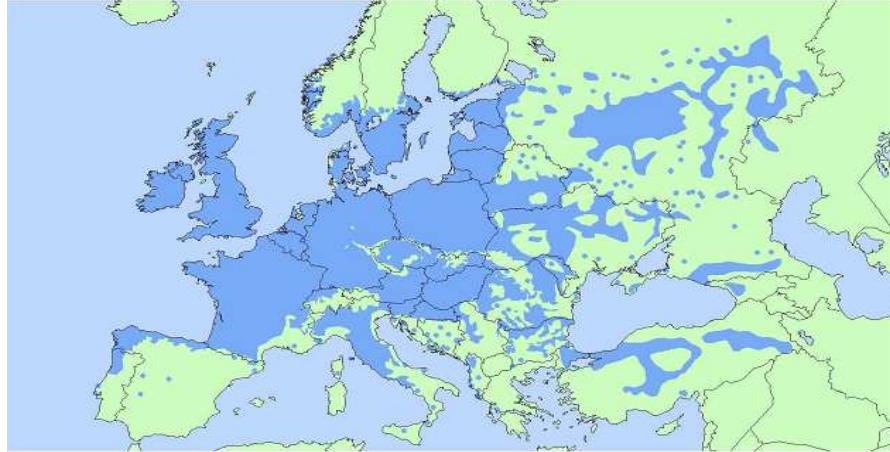


1.                      2.                      3.

Figura 2.: 1. *Quercus Robur*; 2. *Quercus Petraea*; 3. *Quercus Alba*.

Suele cultivarse de manera que se generan árboles de gran diámetro, estructuras muy porosas (o grano ancho), y gran cantidad de taninos. El segundo prefiere suelos más pobres, arenosos y exige menos luz. Se cultiva de manera que se consiguen árboles más delgados y altos, con mayor densidad de plantación, grano más fino y menor contenido en polifenoles.

Francia, como principal productor en Europa, presenta varias zonas: Limusin para *Quercus robur* y Argonne, Voges, Bourgogne y Centre para *Quercus petraea*.



**Figura 3.: Localización del Roble en Europa.**

En cuanto a E.E.U.U., por su gran extensión, conviven varias especies como *Q. Macrocarpa*, *Q. Muehlerbergii*, *Q. Garryana* (muy abundante en Oregón), pero el uso para tonelería se basa prácticamente en la especie *Quercus alba*, que se extiende por los bosques de Virginia, Carolina del Norte, Tennessee, Kentucky, Missouri, Ohio, Wisconsin, y Oregón principalmente. La superficie de cultivo es más extensa en E.E.U.U. que en Francia, pero en Europa han comenzado a explotarse bosques de países como Hungría, Rusia, Polonia, Yugoslavia, Italia e incluso España, en el País Vasco, donde predomina la especie *Q. Pyrinaice* y *Q. Toza* (Artajona-Serrano, 2002).

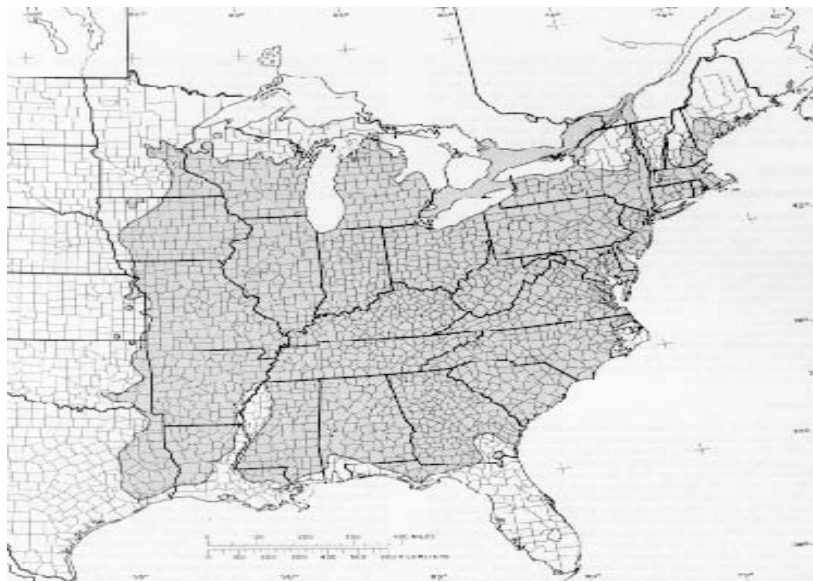


Figura 4.: Principal zona de producción de Roble americano.

### 2.3. FABRICACIÓN DE BARRICAS

La fabricación de barricas es un arte que se ha forjado a través de los siglos gracias al trabajo de los toneleros. Aunque la mecanización ha ido poco a poco relegando la producción artesanal, los pasos necesarios para realizar una barrica han variado poco con el transcurrir del tiempo.

Una vez talado el roble, para la fabricación de barricas se reservan las partes del árbol sin nudos, para evitar pérdidas de líquido y oxidación a través de ellos. De esas partes se cortan trozas, que reciben en francés el nombre de *billons*, con un diámetro entre 50 y 60 centímetros y una longitud ligeramente superior a la que tendrán las futuras duelas o tablas que componen una barrica.

Las trozas se cortarán a continuación en cuarterones. Normalmente, el roble francés, debido a la finura de su poro, se corta por el sistema de hendido, que consiste en introducir una gran cuña que desbasta el *billon* a través de la veta de la madera. De esta forma se evita la abertura de los poros, aunque se produce un mayor desaprovechamiento de la madera. El resto de robles normalmente se cuarteán directamente por aserrado.

Las distintas propiedades que presenta la madera de roble son las que lo convierten en una madera idónea para la enología, ya que es la única madera que

asegura una penetración lenta y continua de oxígeno. Entre las principales propiedades cabrían destacar la permeabilidad o aptitud de un material poroso a dejarse atravesar por un fluido bajo el efecto de un gradiente de presión; la porosidad o volumen de huecos que hay en un volumen aparente unitario de madera seca. Esta propiedad depende del origen del roble; siendo el roble francés más poroso que el roble americano. Por último, cabría destacar el denominado grano de la madera o anchura del anillo de crecimiento de la madera en mm. El tamaño de grano es el que condiciona la transferencia del oxígeno. Es sabido que el roble francés presenta un grano más fino que el americano, de ahí que permita una suave microoxigenación del vino.

Estas distintas propiedades son las que condicionan el tipo de cortado u obtención de los cuarterones de la madera de roble para la fabricación de las barricas.

De cada cuarterón se obtienen dos duelas, que todavía sin su forma definitiva se dejan secar durante un periodo de entre 18 y 36 meses. Hasta aquí el trabajo se desarrolla en las serrerías.

Una vez que la madera está lista, comienza el trabajo del tonelero. Lo primero que debe hacer es dar forma a las duelas, que deberán presentar su medida definitiva, la cara externa alisada y curvada la interna, los extremos estrechados y los cantos en bisel.

A continuación se procede al armado del casco. Las duelas se colocan verticalmente, y por medio del aro armador se juntan por sus cantos hasta completar una circunferencia. Una vez que se ha dado esta forma, se introducen dos aros metálicos provisionales consistentes (el collero y el tripero) que se emplearán durante todo el proceso de fabricación de la barrica para que no se desajusten las duelas. Es importante insistir en que entre las duelas no hay ningún elemento que las ensamble, sino que se fijan por la presión que ejercen unas sobre otras. Por esta razón es importante que la barrica retenga siempre una humedad en torno al 80 %, para que la madera se hinche y quede compacta.

El número de duelas puede diferir de unas barricas a otras, ya que debemos tener en cuenta que a través de las juntas entre duelas también hay penetración de aire, por lo que puede interesar incluir más o menos en función de los vinos a los

que van destinados. Las barricas bordelesas requieren de 28 a 32 duelas para el cuerpo y entre 10 y 18 tablas para los fondos. Para garantizar la resistencia a la presión que ejerce el vino se alternan duelas anchas y estrechas. Una de ellas será mayor que el resto (la duela maestra), ya que se perfora para incluir la corchera u orificio de llenado.

Mediante el domado del casco se curvan las duelas de la barrica para formar el ensanchamiento o barriga central. Para ello se coloca un brasero en el interior del casco, se moja la barrica y, con una cuerda y una sirga que abraza la parte inferior de la barrica, se presiona poco a poco la madera. La combinación del fuego, el agua y la soga acabarán otorgando la forma definitiva a la barrica. Las llamas del brasero aportarán el tostado al interior de la barrica, que posteriormente se mostrarán en el vino en forma de aromas empireumáticos.

Antes de colocar los fondos es necesario preparar los extremos de la barrica. Esta fase se conoce como el descabezado, mediante el cual se biselan los bordes de la barrica, se igualan los cantos y se abren los jables, es decir, canales donde se ajustarán los fondos.

Para realizar los fondos se unen varias tablas, normalmente en número impar, por medio de clavos de doble punta. Entre las tablas habitualmente se colocan tiras de anea para facilitar la estanqueidad, y, finalmente, tras trazar una circunferencia con la medida correspondiente, se sierra. Los bordes de la tapa adquieren forma de cuña para provocar un correcto encaje en el jable.

El aro armador se quita para encajar los fondos, y a continuación se introduce en el jable una masa de engrudo (agua y harina) para facilitar un correcto ensamblaje y evitar fugas.

Finalmente se colocan los cellos definitivos, que son más finos que los aros de armar para facilitar el movimiento de las barricas, y se repasa la parte exterior con bastrenes y rascadores para otorgarle un aspecto óptimo.

Tras abrir la corchera u orificio de llenado, la barrica se llena de agua hirviendo y vapor para provocar su hinchado y evitar fugas. Acabado este proceso, las barricas a pueden viajar hasta las bodegas, donde en el silencio de sus calados, igual que desde tiempos inmemoriales, seguirán forjando la historia de los mejores caldos.



1. Cortado por hendido



2. Armado de la barrica



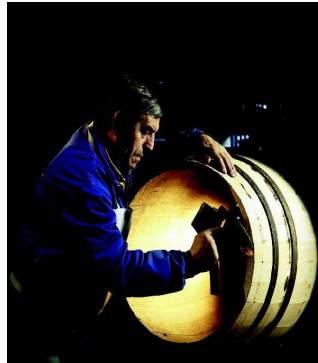
3. Domado



4. Tostado



5. Fondos de barrica



6. Preparado de los extremos



7. Aros definitivos



8. Terminado de la barrica

**Figura 5:Esquema fabricación barricas.**

## 2.4. COMPUESTOS EXTRAIBLES DE LA MADERA QUE AFECTAN AL AROMA DEL VINO.

### Lactonas

El principal componente volátil de la madera de roble, la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona, es altamente específico de esta especie y sus propiedades organolépticas hacen que tenga una gran influencia sobre el aroma de los vinos (Mosedale et al., 1999; Pérez-Prieto et al., 2002). La concentración total de  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona varía entre 0,5 y 77,9  $\mu\text{g/g}$  de madera seca (Masson et al., 1995; Masson et al., 1996). La variabilidad entre especies, zonas de crecimiento e individuos es muy importante. Numerosos estudios han demostrado que la concentración en *cis*-  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona es superior en madera de roble americano (*Quercus Alba*) que en la de roble europeo (*Quercus Robur y petraea*) (Waterhouse y Towey, 1994; Guichard et al., 1995; Masson et al., 1995; Mosedale et al., 1999).

El potencial aromático de una madera de roble está condicionado no solamente por el valor total de concentración de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona, sino sobre todo por su concentración en el isómero *cis*- ya que tiene un umbral de detección de 2 a 12 veces más bajo que el isómero *trans*- en una solución modelo acuosa o hidroalcohólica (92  $\mu\text{g/L}$  para *cis*-lactona y 460  $\mu\text{g/L}$  para *trans*-lactona)(Chatonnet, 1992; Wilkinson et al., 2004; Chatonnet et al., 1990) y 20 veces más bajo en medio gaseoso (Abbott et al., 1995). Cada isómero tiene sus propias características aromáticas. El contenido en isómero *cis* se correlaciona positivamente con la percepción del aroma a vainilla y a coco, mientras que el isómero *trans* aporta aromas a madera y herbáceos. Las lactonas se encuentran en concentraciones superiores a sus umbrales de percepción en vinos procedentes de barricas de crianza. A bajas concentraciones, estas lactonas aportan un aroma a madera que mejora la calidad del vino, pero a alta concentraciones aparecen aromas indeseables como a resina, coco y barniz, los cuales se vuelven dominantes (Chatonnet et al., 1990).

El proceso de domado y tostado de las barricas de roble, origina nuevos compuestos en la madera, los cuales son cedidos al vino. Entre los diferentes



compuestos generados durante el tostado se tienen; fenoles volátiles como guayacol, 4-metilguayacol con olor a madera quemada, aldehidos fenólicos como la vanillina y siringaldehido (Dubois, 1989; Boidron et al., 1988, Chatonnet et al., 1990), aldehidos furánicos (furfural y 5-metilfurfural) con aromas a almendra amarga. A veces se produce un enriquecimiento excesivo en etilfenoles (4-etilfenol y 4-etilguayacol), lo que es perjudicial a la calidad organoléptica. Su origen se debe al desarrollo de *Brettanomyces*, levaduras de contaminación (Chatonnet et al., 1990).

### **Guayacol y 4-metilguayacol**

Guayacol y 4-metilguayacol tienen un aroma a ahumado y a madera quemada (Boidron et al., 1988; Blank et al., 1992; Holscher et al., 1990; Tressl, 1989). Diversos autores han estudiado estos compuestos en vinos, estableciendo sus umbrales sensoriales. El umbral aromático del guayacol en vino blanco es de 20 µg/L (Simpson et al., 1986). Puede ser percibido como un aroma ahumado a partir de 95 µg/L en vino blanco y 75 µg/L en vino tinto (Boidron et al., 1988). 4-metilguayacol puede ser percibido como un aroma a ahumado desde 65 µg/L en vinos blancos y tintos (Boidron et al., 1988). Se ha comprobado que, el vino en recipientes de roble contiene entre 10 y 200 µg/L de guayacol y entre 1 y 20 µg/L de 4-metilguayacol, aunque valores mucho más altos han sido observados ocasionalmente.

Ambos compuestos se forman por la pirólisis de la lignina durante el tostado de las barricas y su concentración aumenta conforme aumenta la temperatura de tostado es mayor.

### **Vanillina**

La vanillina es el principal componente del aroma de la vainilla. Este fenol volátil es ampliamente utilizado en la industria de aromas y sabores (Clark, 1990). La vanillina se forma por la degradación térmica de la lignina del roble durante el tostado de la barrica, también se encuentra de forma natural en la madera. Posteriormente durante el envejecimiento, el vino la extrae de la madera.

Hay diversidad de opiniones sobre la importancia de la vainilla en el aroma del vino. Los umbrales de detección sugieren que la vanillina puede tener una fuerte influencia en el aroma del vino. El aroma de la vanillina se percibe cerca de los 400  $\mu\text{g/L}$  en vino blanco y sobre los 320  $\mu\text{g/L}$  en vino tinto. En vinos blanco la vanillina se correlaciona positivamente con los descriptores : humo y canela. En vinos tintos, la vanillina se asocia con los descriptores: vainilla, café, chocolate negro y humo (Spillman et al., 1997).

El impacto sensorial de vanillina podría verse disminuido por transformación en otros productos durante la fermentación y el envejecimiento del vino en barrica. Entre otros productos formados se podrían citar el alcohol vanillico, y sus correspondientes etil éster, vanillil etil eter (Spillman et al., 1998).

### **Derivados furánicos**

Se engloban en este grupo: furfural, 5-metilfurfural, 5-hidroximetilfurfural y furfural alcohol. Estas sustancias se generan en su mayor parte durante la etapa del tostado de la barrica como consecuencia de una reacción de Maillard de los compuestos glucídicos de la madera. El furfural proviene de las pentosas (Towey y Waterhouse, 1996) y el 5-metilfurfural y el 5-hidroximetilfurfural de las hexosas. El furfural alcohol se forma por reducción enzimática de sus análogos aldehídos durante el envejecimiento. En consecuencia, los factores relativos a la actividad enzimática, como pH y temperatura, afectarán a su concentración (Towey y Waterhouse, 1996; Aznar et al., 2003). Según sea el tiempo y la intensidad de quemado al que haya sido sometido el roble, la cantidad de aldehídos furánicos extraíbles variará, siendo máxima durante el quemado de intensidad media y disminuyendo en el quemado fuerte (Chatonnet et al., 1989). El furfural se forma en mayor cuantía y es el responsable de dar a las bebidas alcohólicas envejecidas en madera el carácter de fruto seco, especialmente a almendras tostadas (Spillman et al., 1998; Chatonnet et al., 1999).

Los límites de detección de estos compuestos son bastante elevados, de manera que requieren estar a una elevada concentración en los vinos para ser detectados. El umbral de detección del furfural está en torno a 20 mg/L y el umbral de detección de 5-metilfurfural está en torno a 45 mg/L en vino tinto

(Cutzach et al., 1997; Garde-Cerdá et al., 2002; Cutzach et al., 1998; Moreno et al., 2005).

#### **4-etilfenol y 4-etilguayacol**

Estos compuestos son de origen microbiano, producidos por las levaduras *Brettanomyces* y *Dekkera*. Ambos son fenoles volátiles, los cuales se forman a partir de derivados del ácido p-cumárico y el ácido ferúlico respectivamente (Singleton, 1995; Olsen, 1994; Steinke y Paulson, 1964), pero sólo aparece en niveles de trazas. Sin embargo, la concentración de estos compuestos se incrementa durante el envejecimiento de vino tinto en barrica, en las fases que proporcionan buenas condiciones para la proliferación de las levaduras *Brettanomyces* y *Dekkera* (Chatonnet et al., 1990; Chatonnet et al., 1992; Boidron et al., 1988; Singleton, 1995; Rapp y Versini, 1996).

Los umbrales de detección individuales para estos compuestos son de 605 µg/L y de 110 µg/L para 4-etilfenol y 4-etilguayacol respectivamente.

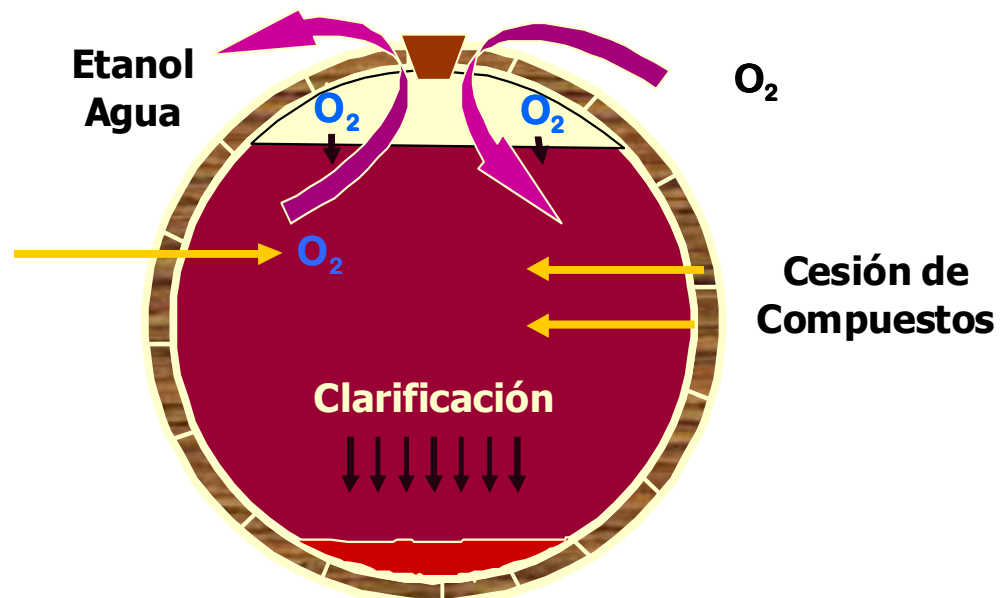
Cuando estos compuestos aparecen mezclados con un ratio 10:1 el umbral de detección es de 334 µg/L para 4-etilfenol y 34 µg/L para 4-etilguayacol (Chatonnet, 1992).

Los aromas asociados al 4-etilfenol han sido descritos como a cuero, piel, medicinal y humo (Boidron et al., 1988; Chatonnet et al., 1992; Towey y Waterhouse, 1996). El aroma de 4-etilguayacol puede describirse como a humo, especias y clavo (Blank et al., 1992; Chatonnet, 1992; Holscher et al., 1990; Aiken y Noble, 1984; Olsen, 1994; Boidron et al., 1988). Elevadas concentraciones de estos olores en vino son indeseables, especialmente aquellas que provienen del 4-etilfenol. Mientras que para algunas bodegas la presencia de estos caracteres es suficiente para rechazar un vino, para otras bodegas y consumidores la presencia de estos compuestos a niveles controlados contribuye a la complejidad y forman parte del carácter del vino tinto.

## 2.5. INFLUENCIA DE LA CRIANZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL VINO

La crianza del vino en barricas de roble es un fenómeno realmente complejo en el que participan diversos procesos mediante los cuales el vino se transforma, ganando complejidad y estabilidad (Ribéreau-Gayon et al., 1999a; Zamora, 2003a).

A continuación se muestra un esquema de los fenómenos que suceden durante el proceso de envejecimiento en barrica de roble.



En primer lugar, el roble aporta al vino aromas y compuestos fenólicos que mejoran su calidad aromática y gustativa. Por otra parte, la crianza en barricas permite una oxigenación moderada que tiene lugar a través de la misma porosidad de la madera, a través de las juntas interduelas y/o a través del esquive (Zamora, 1999). Esta microoxigenación natural proporciona el sustrato necesario para que las reacciones de polimerización y combinación de los antocianos y las procianidinas tengan lugar (Cano-López et al., 2006; Feuillat et al., 1998). De este

modo se producirá una estabilización del color del vino y una suavización de la astringencia (Ribéreau-Gayon et al., 1999b). Asimismo se producirá una cierta precipitación de parte de la materia colorante del vino, evitando que esta parte inestable del color precipite después en la botella (Zamora, 2003).

Finalmente, la conservación del vino en las barricas entraña una evaporación, no menospreciable, de agua y alcohol, lo que comportará mermas y contribuirá a encarecer el proceso (Feuillat et al., 1998).

La crianza de un vino en barrica de roble depende de diversos factores, entre los que se podrían destacar; el volumen de la barrica, factor relacionado con la relación superficie/volumen, donde barricas de menor tamaño presentan mayor relación superficie/volumen provocando una mayor velocidad en los procesos que se llevan a cabo (Pérez-Prieto et al., 2003a), el origen botánico y geográfico del roble (Boidron et al., 1988; Pérez-Prieto et al., 2003b; Zamora, 2003a), su grano (Vivas, 1995; Zamora, 2003b), el sistema de secado (Vivas, 1991), el grado de tostado de las duelas (Chatonnet, 1995) y la edad de la barrica (Pérez-Prieto et al., 2002; Vivas, 1999). Otro factor a tener en cuenta, el cual no depende directamente de la barrica utilizada en el proceso de envejecimiento, es la variedad del vino envejecido. Este factor condiciona el envejecimiento ya que cada variedad presenta unas características físico-químicas propias y diferentes al resto, lo que parece tener una cierta correlación con el proceso de envejecimiento (Ortega-Heras et al., 2007; Garde-Cerdán et al., 2006; Ortega-Heras et al., 2008).

### **3.MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1. VINO

Para este estudio se ha utilizado vino tinto de Monastrell, Petit Verdot y Cabernet Sauvignon elaborado en la D.O. Jumilla en la campaña 2006. Estos vinos fueron sometidos a doce meses de envejecimiento en barricas nuevas de distinto volumen (400 y 500 litros), grado de tostado (medio, medio plus y un intermedio entre los dos anteriores) y madera de origen americano y francés.

Se realizaron controles analíticos a los 3, 6 y 12 meses de permanencia en barrica de roble.

### 3.2. ANALISIS REALIZADOS

#### 3.2.1. ANÁLISIS GENERALES.

##### 3.2.1.2. *Acidez total.*

Análisis mediante valoración potenciométrica según el método oficial CEE, reglamento nº 2676/90, con un valorador automático (Metrohm, modelo 686). Los resultados se expresan en g/L de ácido tartárico.

##### 3.2.1.2. *pH.*

Se determina siguiendo el método oficial CEE, reglamento nº 2676/90, con un valorador automático (Metrohm, modelo 686).

##### 3.2.1.3. *Acidez Volátil.*

La acidez volátil es la acidez debida a los ácidos grasos pertenecientes a la serie acética que se encuentran en los vinos, disociados o no, ya sea al estado libre o combinados en forma de sales.

Para su determinación se utilizó el método García-Tena. Se realizó la valoración de los ácidos volátiles separados del vino por arrastre de vapor de agua y rectificación de los vapores. El indicador empleado es la fenoltaleína. Para la determinación de la acidez se valora el destilado con sosa 0,01 N. Los resultados se expresan como g/L de ácido tartárico.

$$AV(\text{g/L } \acute{\text{a}}\text{c. Tartárico}) = 3 \cdot V \cdot 0,0545$$

#### **3.2.1.4. Grado alcohólico.**

La determinación del grado alcohólico presenta un protocolo de trabajo en dos fases: la obtención de una mezcla hidroalcohólica lo más exenta posible de elementos extraños y con una graduación alcohólica equivalente a la muestra de vino, y la medida concreta del grado de dicha mezcla hidroalcohólica. Para la obtención de la mezcla hidroalcohólica se realiza una destilación directa añadiendo una disolución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y se mide la densidad del destilado haciendo uso de un aerómetro.

#### **3.2.1.5. Determinación de Sulfuroso.**

El análisis se fundamenta en la valoración con yodo en medio ácido realizada consecutivamente sobre las fracciones libre y combinada presente en la muestra.

Para su determinación Se toman 10 mL. de vino y se pasan a un Erlenmeyer. Se adicionan 5 mL. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 1/3 y 1 mL de almidón. Seguidamente se valora con lodo N/50 hasta aparición de color azul.

Su concentración se calcula de acuerdo a:  $V \cdot 64 = \text{mg/L}$  de  $\text{SO}_2$  libre, siendo V el volumen de yodo utilizado en la valoración.

### **3.2.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LA MADERA.**

Para la determinación de los compuestos aromático se ha utilizado el método descrito por Pérez Prieto et al.,2004.

Los compuestos volátiles estudiados pertenecen a cinco familias: aldehídos furánicos (furfural y 5-metilfurfural), etilfenoles (4-etilfenol, 4-etilguayacol), aldehidos fenólicos (vanillina), lactonas (cis y trans- $\beta$ -metil- $\gamma$ -otalactona) y fenoles volátiles (guayacol y 4-metilguayacol).

Las muestras fueron analizadas con un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (Agilent 5973). La columna de separación empleada fue una HP-INNOWax 19091N-233 de 30 m x 0,25 mm y 0,5  $\mu\text{m}$  de espesor (Agilent Technologies). El gas portador fue helio a un flujo constante de 1,1 mL/min. La temperatura del horno era inicialmente de 70 °C y se incrementó



hasta 240 °C a una velocidad de 10°C/min. La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C y la línea de transferencia a 280 °C. El volumen de inyección fue de 2 µL y la relación de división 30:1. La válvula se mantuvo cerrada durante 30 segundos.

En primera instancia se realizó un análisis cromatográfico de barrido convencional (modo SCAN) para localizar el tiempo de retención de los compuestos patrón introducidos a elevada concentración.

Una vez localizado su tiempo de retención se pasó a registrar el espectro de masas en modo S.I.M (Singleton Ion Monitoring). Los iones monitorizados de esta forma fueron los siguientes (los iones subrayados fueron utilizados para la cuantificación): m/z 67, 95, 96 para el furfural; m/z 81, 109, 110 para el 5-metilfurfural; m/z 81, 109, 123, 124, 127 para el 4,5-dimetilfurfural; m/z 70, 85, 86, 114 para la  $\gamma$ -hexalactona; m/z 81, 109, 124, 127 para el guayacol; m/z 90, 99, 101, 114, 118, 128, 132, 138, 156, 160 para la trans-lactona; m/z 95, 123, 138, 139, 141 para el 4-metilguayacol; m/z 90, 99, 101, 114, 118, 128, 132, 138, 156, 160 para la cis-lactona; m/z 122, 137, 152 para el 4-etilguayacol; m/z 107, 111, 122, 126 para el 4-etilfenol; m/z 107, 111, 122, 126 para el 3,4-dimetilfenol; m/z 151, 152, 154, 155, 156 para la vanillina.

La identificación de los compuestos analizados se ha basado en la comparación del tiempo de retención de muestras patrón y espectrometría de masas, y la determinación de la concentración se obtuvo a partir de rectas de calibrado elaboradas con los patrones de cada uno de los compuestos a analizar. En la tabla 1 se pueden encontrar las rectas de calibrado utilizadas para la determinación de cada compuesto.

Para realizar esta cuantificación se introdujo un patrón interno de cada familia; 4,5-dimetilfurfural para furfural y 5-metilfurfural;  $\gamma$ -hexalactona para cis- y trans- lactona y 3,4-dimetilfenol para el resto.

---

---

4-Etilfenol ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,011x + 0,1756$	$r^2 = 0,9992$
4-Etilguayacol ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0359x + 0,2904$	$r^2 = 0,9997$
Guayacol ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0102x + 0,0983$	$r^2 = 0,9985$
4-Metilguayacol ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0139x + 0,1798$	$r^2 = 0,9983$
Furfural ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0025x + 0,0644$	$r^2 = 0,9966$
5-Metilfurfural ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0071x + 0,0802$	$r^2 = 0,9975$
Vanillina ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,002x + 0,0747$	$r^2 = 1$
Cis-Lactona( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0259x + 0,3754$	$r^2 = 0,9985$
Trans-Lactona ( $\mu\text{g/L}$ )	$y = 0,0436x + 0,2774$	$r^2 = 0,9975$

---

---

**Tabla 1. Rectas de calibrado utilizadas para la cuantificación.**

## **4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Monastrell es la variedad más extendida en la región de Murcia. Los vinos obtenidos a partir de esta variedad son susceptibles de sufrir rápidas evoluciones por acción del oxígeno. Este suceso condiciona la crianza de los vinos de Monastrell, ya que en función de las condiciones en las que se realice el envejecimiento, se obtendrán unos vinos con unas características determinadas.

#### **4.1. Efecto del volumen de la barrica.**

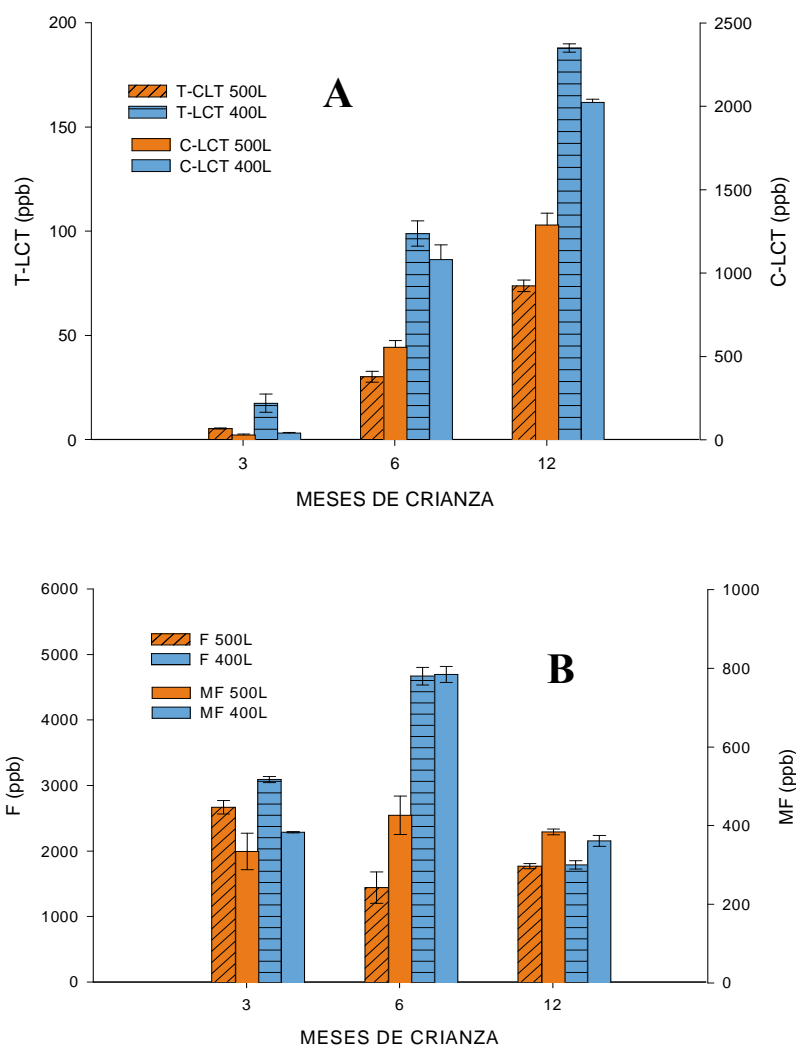
Para comprobar el efecto del volumen se envejeció el mismo vino de Monastrell en barricas de roble americano, con el mismo tostado y capacidad comprendida entre 400 y 500 litros. Se comprobó la incidencia del volumen en el perfil aromático de los vinos envejecidos en estas barricas.

Uno de los compuestos que más caracteriza los vinos que han pasado por un periodo de envejecimiento en barrica de roble son las lactonas, las cuales aportan el típico aroma y sabor a madera. En este caso se han analizado las concentraciones de cis- y trans- lactona en estos vinos. Los resultados se muestran en la Figura 1a.

Durante los primeros meses de crianza la extracción de estos compuestos no es demasiado elevada, no presentando diferencias significativas en el caso de la trans-lactona. Sin embargo, tal y como se aprecia en la figura, ya comienza a haber diferencias significativas a los 3 meses de envejecimiento en la concentración de cis-lactona, siendo los vinos envejecidos en barricas de roble de menor volumen las que presentaron mayor concentración. Esta mayor concentración de cis-lactona en el vino envejecido en barrica de menor volumen podría ser debida a la mayor relación superficie/volumen que presentan estos vinos, ya que conforme aumenta esta relación va aumentando la velocidad de los procesos que se llevan a cabo en el vino, siendo la velocidad de cesión de compuestos de la madera al vino también mayor en este caso. Estos resultados presentan una evolución similar a la encontrada por Pérez-Prieto et al., (2003a); Rodríguez-Rodríguez et al., (2007) y Rodríguez-Rodríguez et al., (2008).

Conforme aumenta el periodo de crianza se va acentuando cada vez más esta tendencia, presentando los vinos envejecidos en barricas de 400 litros las mayores concentraciones de estos compuestos y siendo significativas las diferencias encontradas en la concentración de cis y trans-lactona en los vinos.

Es sabido que en general, la concentración de cis- lactona en los vinos es bastante superior a la concentración de trans-lactona (Chatonnet et al., 1994). Por esta razón la concentración obtenida de cis-lactona fue mayor durante todo el periodo de envejecimiento, aunque como se puede apreciar en la Figura 1, la diferencia entre la concentración de cis y trans lactona tiende a ser menor conforme aumenta el periodo de envejecimiento. Durante los primeros meses de envejecimiento la velocidad de extracción de la cis-lactona es mayor que la del isómero trans, pero con el tiempo tiende a ralentizarse su extracción, sin embargo, la trans-lactona comienza a extraerse a mayor velocidad conforme aumenta el periodo de tiempo de contacto entre la madera y el vino. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por varios autores (Pollnitz, 2000; Pérez-Prieto et al., 2003a; Ortega-Heras et al., 2007).



**Figura 1. A. Perfil de extracción de cis y trans lactona. B. Perfil de extracción de furfural y 5-metilfurfural.**

Otros compuestos analizados fueron los derivados furánicos, y más concretamente el furfural y 5-metilfurfural. Los resultados se muestran en la Figura 1b.

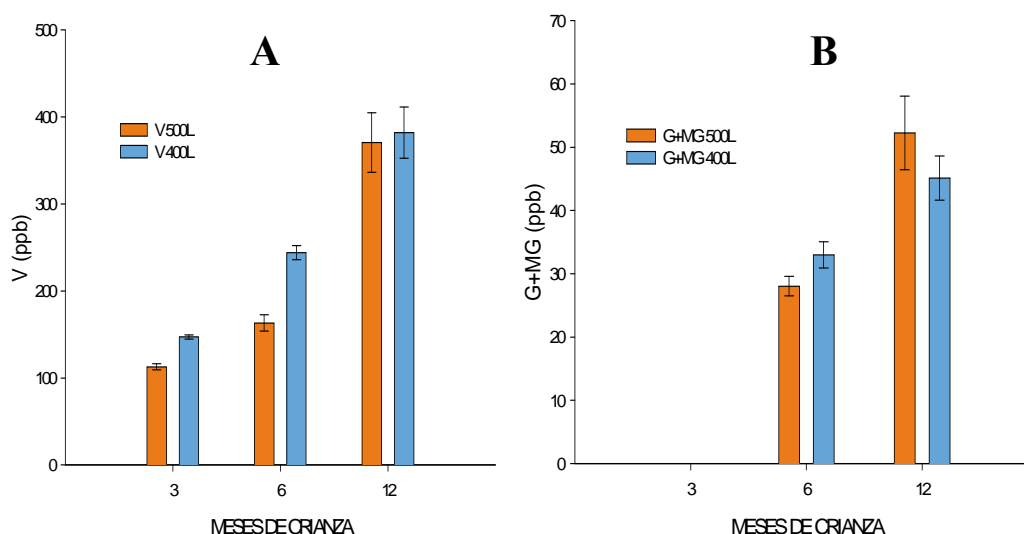
El perfil de extracción de estos compuestos es muy similar tal y como se puede apreciar en la Figura 1b, presentando ambos compuestos un máximo de extracción a los 6 meses de crianza. La concentración obtenida de estos compuestos en los vinos envejecidos en barricas de 400 litros fue mayor que en los vinos envejecidos en barricas de mayor tamaño. Este fenómeno se podría justificar como ya se ha comentado anteriormente. Tras alcanzar este máximo, comienza a descender la concentración de estos compuestos. Este fenómeno

podría justificarse por la transformación de estos aldehídos en furfural alcohol (Pérez-Prieto et al., 2003a). Esta degradación podría indicar que durante este periodo de tiempo hubo actividad microbiana que transformó los aldehídos en este alcohol, aunque este fenómeno podría también darse en ausencia de microorganismos (Boidron et al., 1988).

Del mismo modo se analizó la concentración de vanillina, puesto que también es un compuesto característico de un vino envejecido en barrica de roble.

Los resultados se pueden observar en la Figura 2a.

Al igual que los otros compuestos anteriormente mencionados, se observó que la concentración de vanillina fue mayor en los vinos envejecidos en barricas de menor volumen y su perfil de extracción fue creciente con el tiempo, aunque al final del proceso de envejecimiento en barrica la diferencia en la concentración de este compuesto en ambos vinos no fue significativa.



**Figura 2. A. Perfil de extracción de vanillina. B. Perfil de extracción de guayacol y 4-metilguayacol.**

Por último, también se analizó la concentración en los vinos de guayacol y 4-metilguayacol, ya que estos compuestos aportan los aromas a madera y a ahumado a los vinos envejecidos en barricas. Dada su baja concentración se decidió mostrar las concentraciones de estos compuestos de manera conjunta. Los resultados se muestran en la Figura 2b.

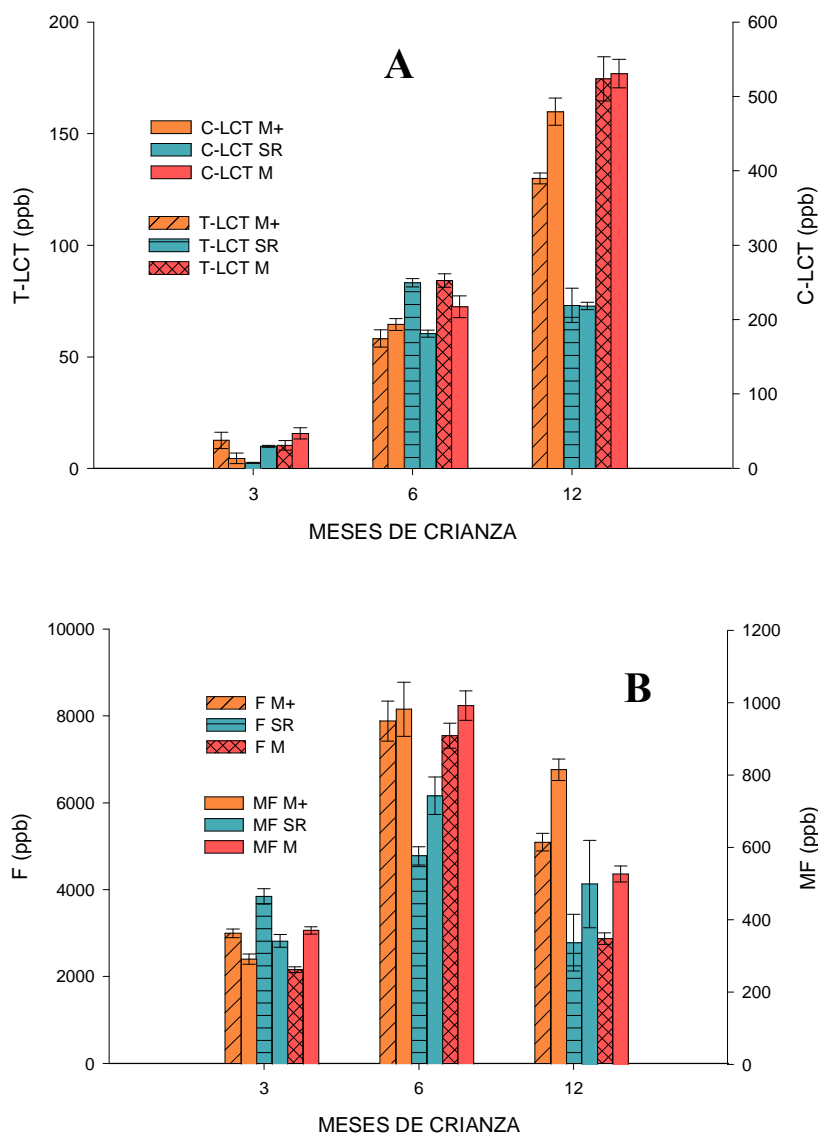
Se puede observar como durante el primer periodo de envejecimiento no hubo extracción de estos compuestos. Tras 6 meses de crianza, los vinos envejecidos en barricas de menor tamaño presentaron una mayor concentración, aunque al final del periodo de envejecimiento no hubo diferencias significativas en la concentración de estos compuestos en los vinos.

#### **4.2. Efecto del tostado de la barrica.**

Para comprobar este efecto, se sometió el mismo vino obtenido de Monastrell a un envejecimiento en barricas de roble francés del mismo volumen con tres grados de tostado (medio, medio plus y un intermedio entre los dos anteriores). Los compuestos más destacados fueron los mismos que en el análisis de la influencia del volumen. La Figura 3 muestra la influencia del tostado en la concentración de lactona.

Tal y como se aprecia en la figura 3a, el perfil de extracción de las lactonas (cis y trans) presenta un gradiente creciente en función del tiempo. Durante todo el periodo de envejecimiento la mayor concentración de cis y trans lactona se obtuvo en los vinos envejecidos en barricas de roble con tostado medio. Esta mayor concentración se podría justificar por la menor temperatura a la que se somete la madera de roble en el proceso de tostado, puesto que conforme aumenta el grado de tostado y en consecuencia, la temperatura, se produce una mayor degradación de los compuestos superficiales de la madera y entre ellos podríamos incluir las lactonas (Chatonnet, 1995). También se podría destacar la baja concentración en lactonas de los vinos envejecidos en barricas con un tostado intermedio entre el tostado medio plus y el tostado medio (SR). Las condiciones con las que se tostaron estas barricas fueron diferentes, ya que se sometieron a una temperatura de tostado inferior al tostado medio plus (M+), pero se sometieron a este tratamiento más tiempo. Este tipo de tratamiento parece destruir lactonas hasta capas más profundas de la madera, justificando su menor transferencia al vino.





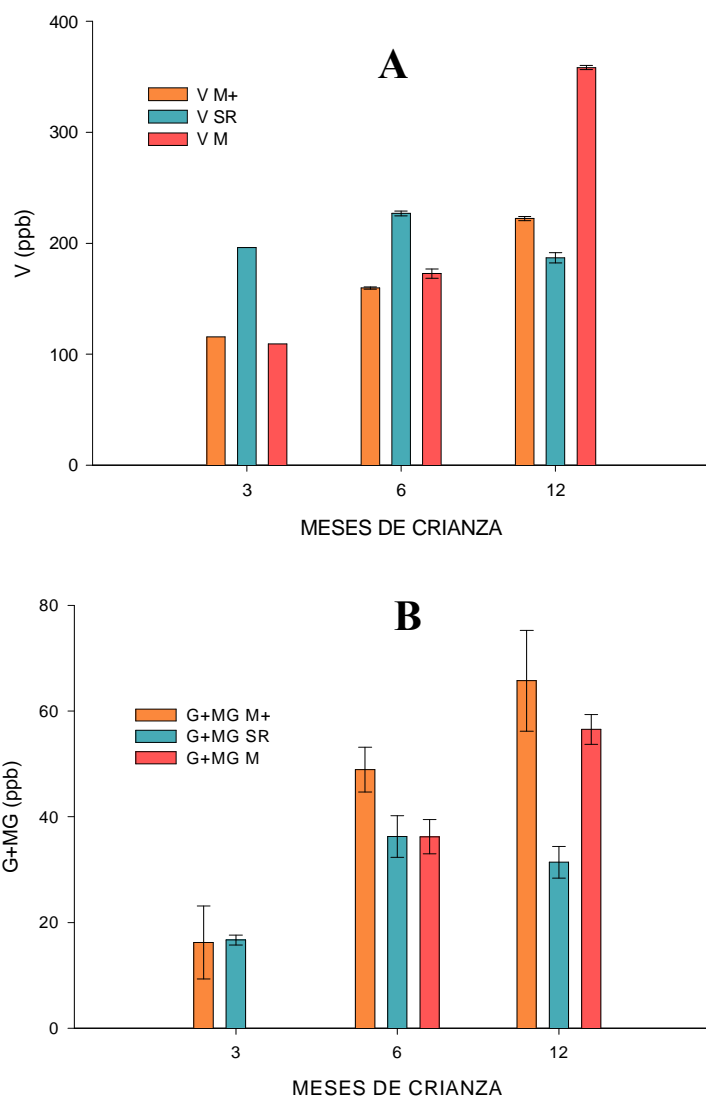
**Figura 3. A. Perfil de extracción de cis y trans lactona. B. Perfil de extracción de furfural y 5-metilfurfural.**

La concentración de furfural y 5-metilfurfural presentó un perfil de extracción muy similar con los tres tipos de tostado, tal y como se aprecia en la Figura 3b.

En los tres casos, la concentración en vino alcanza un máximo a los 6 meses de envejecimiento en barrica y tras este periodo comienza a descender. La mayor concentración de estos compuestos fue detectada en los vinos envejecidos en barricas con tostado M+, sobre todo tras un periodo de 12 meses de crianza. Según Chatonnet (1995), conforme aumenta el grado de tostado de la madera aumenta el contenido en aldehídos furánicos, pero este aumento tiene un límite de

temperatura o grado de tostado, ya que a partir de ciertos grados de tostado (los más fuertes), podría suceder que la concentración de estos compuestos empezara a descender, ya que las elevadas temperaturas podrían degradarlos. Los vinos envejecidos en barricas con tostado intermedio (SR) presentaron un comportamiento algo anómalo, mostrando concentraciones en aldehídos furánicos, inferiores a los vinos envejecidos en barricas con tostados medios. Esta menor concentración podría ser debida a la destrucción parcial de los aldehídos furánicos que se encuentran en la superficie de la madera; puesto que el periodo de exposición al fuego, durante el tostado de la madera, es superior al de las barricas de tostado medio y normalmente se produce a una mayor intensidad de fuego. Esta explicación sería factible, porque a día de hoy, el tostado de la madera de roble se sigue haciendo manualmente y no está demasiada controlada la temperatura de tostado.

Al analizar la concentración de vanillina (Figura 4a), se pudo comprobar que los vinos que presentaron mayor cantidad de este compuesto, al final de la crianza, fueron los envejecidos en barricas con tostado medio. Conforme aumenta el grado de tostado, la composición de fenoles volátiles suele aumentar, menos en el caso de la vanillina que comienza a degradarse (Chatonnet, 1995). Esta podría ser una justificación de la mayor concentración de este compuesto en los vinos envejecidos en barricas con menor nivel de tostado. El perfil de extracción fue creciente a lo largo del periodo de envejecimiento excepto en el caso de los vinos envejecidos en barricas con tostado SR, donde se observó un máximo a 6 meses y descendió a los 12 meses. Este tipo de tostado parece favorecer una extracción más rápida de la vanillina, pero parece provocar un agotamiento mayor en la madera de este compuesto. El descenso de vanillina se podría justificar por la degradación de la vanillina existente en ácido vanillico y sus etil esterres (Pollnitz, 2000; Spillman et al., 1997) o por la reducción de la misma a alcohol vanillico (Chatonnet et al., 1992).



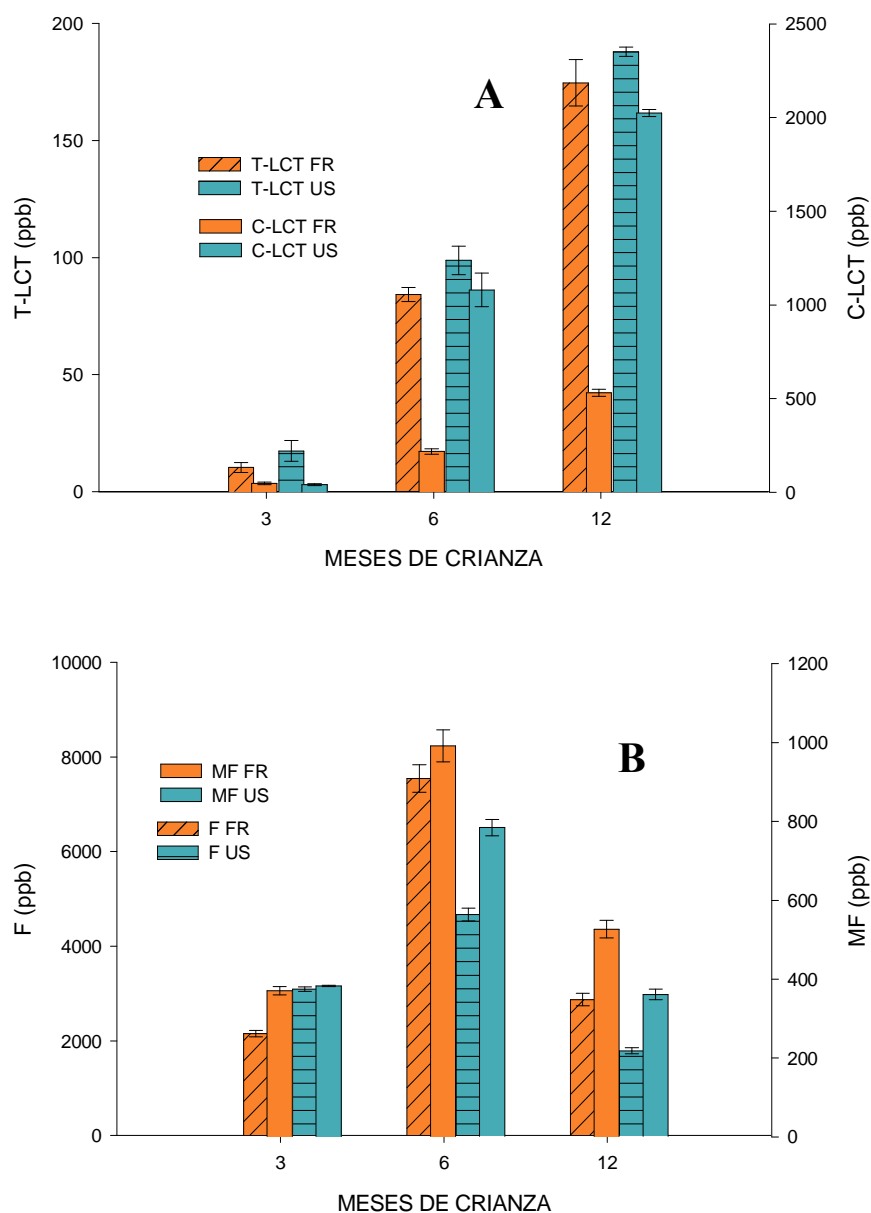
**Figura 4. A. Perfil de extracción de vanillina. B. Perfil de extracción de guayacol y 4-metilguayacol.**

La influencia del tostado de la barrica en la concentración en vinos de guayacol y 4-metilguayacol también se estudió (Figura 4b). Al igual que otros fenoles volátiles, la concentración de guayacol y 4-metilguayacol fue mayor en el caso de vinos envejecidos en barricas con tostado M+. A pesar de presentar la mayor concentración de estos compuestos que los otros vinos, la concentración total detectada en el vino fue menor que el umbral de percepción de estos compuestos, 75  $\mu\text{g/L}$  para guayacol y 65  $\mu\text{g/L}$  para 4-metilguayacol (Boidron et al., 1988), por lo que no podrían ser detectados organolépticamente.

### 4.3. Efecto del origen del roble.

Este efecto se comprobó sometiendo el mismo vino obtenido de Monastrell a un envejecimiento en barricas de roble francés y roble americano con el mismo grado de tostado y capacidad.

Los compuestos que presentan mayor dependencia del origen del roble son las lactonas. El isómero cis es el más importante a la hora de caracterizar el perfil aromático de un vino, ya que presenta un bajo umbral de detección (92 µg/L) (Wilkinson et al., 2004; Chatonnet et al., 1990). Este compuesto aporta al vino notas a madera, coco, mantequilla y a vainilla a bajas concentraciones (Wilkinson et al., 2004, Chatonnet et al., 1990). En la Figura 5a se representa la el perfil de extracción de lactonas en función del origen de la madera de roble. En esta se puede apreciar como existen diferencias significativas entre la concentración de cis-lactona que hay en el roble americano y en el francés, siendo la concentración determinada en roble americano muy superior a la detectada en el roble francés. Del mismo modo, la concentración de trans-lactona presenta un perfil de extracción similar al obtenido por el isómero cis; siendo su concentración superior en el caso de vinos envejecidos en barricas de roble americano. Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores (Pérez-Prieto et al., 2002; Rodríguez-Rodríguez et al., 2007).



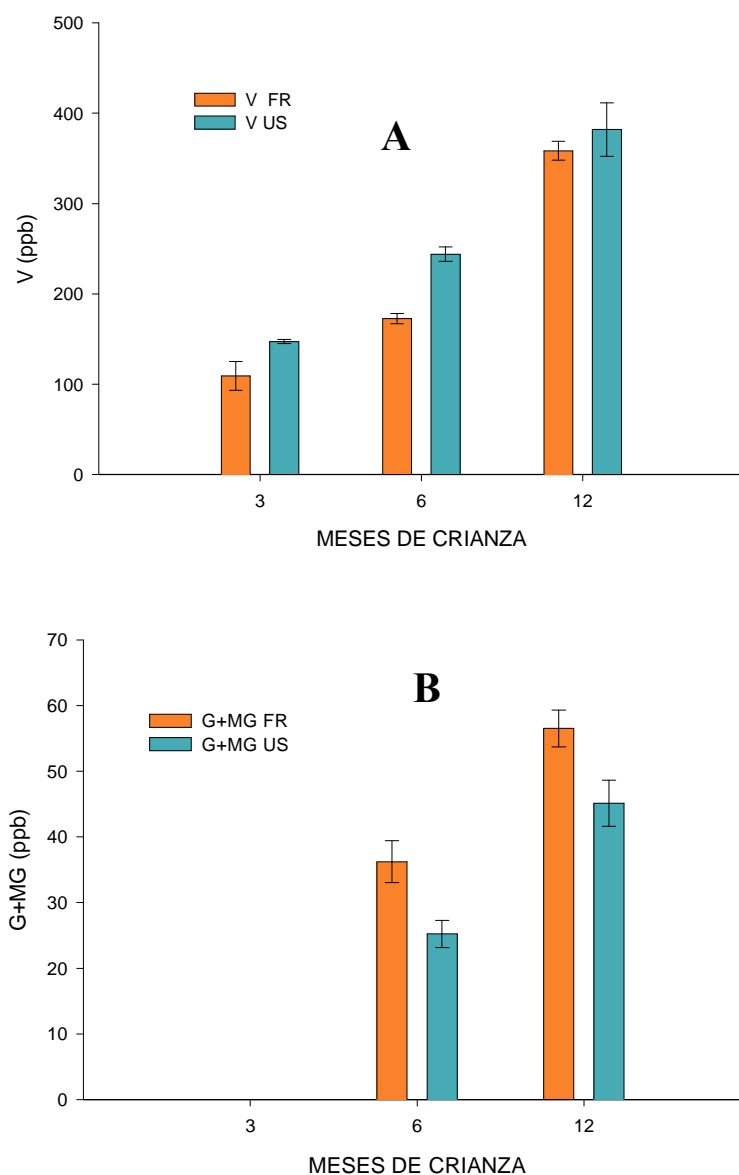
**Figura 5. A. Perfil de extracción de cis y trans lactona. B. Perfil de extracción de furfural y 5-metilfurfural.**

El análisis de los derivados furánicos también reportó diferencias significativas entre los vinos envejecidos en barricas de roble con madera de distinto origen. Los resultados vienen representados en la Figura 5b. En la gráfica se aprecia como la concentración de furfural y 5-metilfurfural fue superior en vinos envejecidos en barricas de roble francés. Resultados similares fueron encontrados por Pérez-Prieto et al., (2002).

Ambos vinos presentaron un perfil de extracción muy similar. Inicialmente, la extracción del furfural fue un poco superior en el caso de vinos envejecidos en roble americano, aunque esta tendencia cambió una vez alcanzado un periodo de envejecimiento de 6 meses. En este punto ambos vinos presentaron un máximo de concentración en furfural, y a partir de este punto su concentración fue descendiendo. El 5-metilfurfural presentó una evolución similar. Una de las principales causas por las que se podría producir este descenso ya ha sido comentada en puntos anteriores de este estudio.

Los niveles de vanillina obtenidos por los vinos envejecidos en barricas de roble de origen americano fueron mayor durante todo el proceso de envejecimiento, que los obtenidos en vinos envejecidos en roble francés, tal y como puede apreciarse en la Figura 6a.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por otros autores (Fernández de Simón et al., 2006; Gardé-Cerdán et al., 2004; Marco et al., 1994; Miller et al., 1992), aunque otros autores encontraron resultados diferentes, presentando una concentración mayor de vanillina los vinos envejecidos en barricas francesas (Pérez-Prieto et al., 2002; Spillman et al., 1997).



**Figura 6. A. Perfil de extracción de vanilina. B. Perfil de extracción de guayacol y 4-metilguayacol.**

En cuanto al análisis de guayacol y 4-metilguayacol, se observó que aparecían diferencias significativas entre los vinos envejecidos en barricas de roble francés y americano, siendo en este caso los vinos envejecidos en roble francés los que mayor concentración presentaron (Figura 6b).

#### 4.4. Efecto de la variedad en la crianza de vinos DO. Jumilla.

En la región de Murcia se han introducido otras variedades para complementar los vinos elaborados a base de Monastrell. Entre las diferentes variedades introducidas y mejor adaptadas tenemos las variedades objeto de este estudio. Estas variedades son Cabernet Sauvignon y Petit Verdot.

Para determinar la influencia de la variedad en la crianza de vinos con D.O. Jumilla se realizó un ensayo de crianza durante 12 meses. Se introdujeron vinos de Monastrell, Cabernet Sauvignon y Petit Verdot en barricas nuevas de roble americano con tostado medio y volúmenes de 400 y 500 litros, realizándose control analítico a los 3, 6 y 12 meses de los parámetros físico-químicos habituales (Tabla 1) y se obtuvieron los perfiles aromáticos de cada variedad.

VARIEDAD	TIEMPO	AV	pH	SO <sub>2</sub>	AT	ALCOHOL
MONASTRELL	T <sub>0</sub>	0,50	3,78	32	5,48	15,40
	3	0,57	3,73	29	4,80	
	6	0,61	3,72	32	4,73	
	12	0,66	3,70	25	4,65	
CABERNET SAUVIGNON	T <sub>0</sub>	0,42	3,99	39	4,43	13,70
	3	0,51	3,98	32	4,10	
	6	0,58	3,97	38	4,15	
	12	0,66	3,75	28	4,65	
PETIT VERDOT	T <sub>0</sub>	0,49	3,84	38	4,80	13,90
	3	0,48	3,83	35	4,65	
	6	0,51	3,83	35	4,95	
	12	0,51	3,66	28	5,40	

**Tabla 1. Parámetros analíticos durante la crianza.**

Abreviaturas: AT: acidez total (mg/L ácido tartárico); AV: acidez volátil (mg/L ácido acético); SO<sub>2</sub>: sulfuroso libre (ppm).

Para abordar los resultados obtenidos al analizar el perfil aromático se realizó un análisis multivariante de la varianza (MANOVA). Los resultados de este



análisis se resumen en la Tabla 2. Estos resultados se podrían interpretar atendiendo a tres factores.

FACTOR	F	MF	G	MG	TL	CL	V
<i>VARIEDAD</i>							
Cabernet Sauvignon	1204a	198a	26,21a	3,9a	203b	2303b	200
Petit Verdot	1979b	319b	34,2b	8,4b	157b	2027b	206
Monastrell	2570b	445c	24,05a	3,1a	68a	835a	236
<i>TIEMPO</i>							
3	2284b	325	7,8a	4,7	14a	34,8a	143a
6	2400b	340	33,7b	5,6	131b	1651b	178a
12	1070a	296	42,9c	5,2	284c	3479c	321b
<i>VOLUMEN</i>							
400	2189b	346	26	4,1a	185b	2109b	222
500	1646a	295	29	6,3b	100a	1334a	206

**Tabla 2: Factores influyentes en la crianza de vinos de Petit Verdot, Cabernet Sauvignon y Monastrell.**

Abreviaturas: F: furfural; MF: 5-metilfurfural; G: guayacol; MG: 4-metilguayacol; TL: trans-lactona; CL: cis-lactona; V: vanillina.

El primer factor a tener en cuenta cuando se somete un vino a crianza es el tiempo que permanece en contacto con la madera, ya que conforme aumenta el tiempo de contacto entre ambos mayor extracción de compuestos propios de la misma van a ser transferidos al vino. Este efecto de transferencia de materia con el tiempo se observa claramente en los resultados reflejados en la tabla 2, independientemente de la variedad del vino. Conforme un vino está más tiempo en la bodega de roble aumenta la concentración de la mayoría de los compuestos analizados, apareciendo diferencias significativas, cuando llevan un periodo de crianza de 12 meses, en la concentración de guayacol, trans-lactona, cis-lactona y vanillina. La concentración de los derivados furánicos es menor en este periodo, pero este valor podría justificarse por el fenómeno de transformación de furfural y

5-metilfurfural en furfuril alcohol (Pérez-Prieto et al., 2003a; Boidron et al., 1988).

El segundo factor a tener en cuenta sería el volumen de las barricas en las cuales se envejecen dichos vinos. Tal y como se ha comentado en el caso del análisis individual de la crianza de Monastrell, conforme aumenta la relación superficie/volumen aumentan los fenómenos de transferencia, entre los cuales se encuentran la cesión de compuestos propios de la madera. Este factor se podría decir que también es independiente de la variedad del vino que se vaya a someter a crianza, ya que como se aprecia en los resultados mostrados en la Tabla 2, se obtuvieron diferencias significativas en los compuestos que más caracterizan un vino que ha pasado por madera. Estos compuestos fueron las formas isoméricas de cis y trans lactona y el furfural. Estos resultados estaban en consonancia con los resultados obtenidos por otros autores (Rodríguez-Rodríguez et al; 2007; Rodríguez-Rodríguez et al., 2008; Pérez-Prieto et al., 2003a).

El tercer factor a tener en cuenta sería el tipo de variedad con la que se elabora el vino que se va a someter a la crianza. El factor “variedad del vino envejecido”, es uno de los parámetros que podría ser bastante influyente en el comportamiento que un vino va a presentar durante su envejecimiento en bodega de roble, puesto que cada variedad suele presentar unas características fisico-químicas propias. Antes de discutir las diferencias encontradas en la concentración de los distintos compuestos volátiles analizados en los vinos de las distintas variedades, sería interesante remarcar las características fisico-químicas que poseían dichos vinos.

Los valores de los parámetros fisico-químicos fueron recogidos en la Tabla 1. Estos valores mostraron diferencias desde el punto inicial de partida. Una vez iniciada la crianza de los vinos, algunos parámetros presentaron evolución similar, como es el caso de la acidez volátil del vino, la cual creció durante el envejecimiento. Este parámetro alcanzó los mismos valores durante la crianza de vinos de Monastrell y Cabernet Sauvignon (0,66 g/L ácido acético) y algo inferior en vinos de Petit Verdot. El pH de los vinos presentó un comportamiento similar, permaneciendo en torno a un valor constante durante los 6 primeros meses y cuando se alcanzaron 12 meses de crianza se produjo un descenso del mismo. Este

descenso del pH en el punto final de la crianza coincidió con un aumento del valor de la acidez total en el caso de vinos de Cabernet Sauvignon y sobre todo en vinos de Petit Verdot. Por último, cabría destacar el valor del contenido en alcohol que poseían los vino, siendo los vinos de Monastrell los que presentaron un grado alcohólico mayor (15,4 %).

Existen algunos estudios en los cuales se intenta relacionar las características físico-químicas con los contenido en compuestos propios de la madera encontrados en los vinos de distintas variedades, aunque no son demasiados, ni excesivamente claros. De estos estudios se podrían dilucidar que los parámetros que mayor incidencia podrían tener en los procesos de extracción de compuestos propios de la madera de roble serían el contenido en alcohol (Maga, 1989; Puech, 1987), el pH, la acidez total y acidez volátil (Garde-Cerdán et al., 2004; Ortega-Heras et al., 2007).

Si se analiza el factor variedad que muestra la Tabla 2, se puede apreciar como existen diferencias significativas en la concentración de algunos compuestos en función de la variedad del vino que se envejeció en barrica.

Si se atiende a la concentración de derivados furánicos, se observó que las mayores concentraciones de furfural y 5-metilfurfural fueron detectadas en los vinos de Monastrell, siendo las diferencias respecto a las otras dos variedades significativas en el caso del 5-metilfurfural (las diferencias en furfural sólo fueron significativas frente a Cabernet Sauvignon). Estas mayores concentraciones se podrían justificar por el mayor grado alcohólico que presentaron los vinos de Monastrell y un menor pH durante el proceso de envejecimiento. De acuerdo a otros autores (Maga, 1989; Puech, 1981; Garde-Cerdán et al, 2004) altos valores de grado alcohólico y pHs bajos, contribuyen a una mayor extracción de los compuestos volátiles de la madera del roble. En nuestro caso el factor más determinante en la extracción de los furanos fue el grado alcohólico, ya que no hubo tanta diferencia entre el pH de los distintos vinos.

La mayor concentración de guayacol y 4-metilguayacol fue detectada en los vinos de Petit Verdot, presentando diferencias significativas frente a los valores detectados en las otras variedades. Una de las causas por las que se podría haber dado este fenómeno en mayor medida fue la mayor acidez total que

presentaron los vinos de Petit Verdot, sobre todo en las últimas etapas de la crianza, lo que favoreció una mayor extracción de estos compuestos, ya que mayores cantidades de acidez total favorecen la etanolisis de los compuestos propios de la madera (Maga, 1989; Puech, 1981). Otros autores encontraron cierta correlación entre la concentración de guayacol en los vinos y la acidez volátil (Ortega-Heras et al., 2007 y Ortega-Heras et al., 2008); aunque en este estudio no parece haber una correlación clara entre ambos parámetros.

Los mayores valores de cis y trans lactona fueron obtenidos en los vinos de Cabernet Sauvignon y Petit Verdot, presentando diferencias significativas frente a los vinos de Monastrell. La razón por la que se produce una mayor extracción de estos compuestos en los vinos de estas variedades no está demasiado clara, ya que no parecen guardar una fuerte relación con ninguno de los parámetros analíticos determinados. Incluso haciendo una revisión bibliográfica de los resultados obtenidos por otros autores no parecen haber demasiadas concordancias.

Tras realizar un análisis global de los resultados; en este estudio parecían existir ciertas correlaciones entre algunos parámetros fisico-químicos y los compuestos volátiles procedentes de la madera de roble. Por esta razón se decidió comprobar la existencia o no existencia de alguna correlación entre ellos. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

	AT	AV	pH	SO <sub>2</sub>	ALCOHOL
F	ns	ns	ns	ns	0,5367**
MF	ns	ns	-0,4759*	ns	0,6672***
G	0,7029***	ns	-0,4572*	ns	ns
TL	0,4608*	0,4059*	-0,3851*	ns	ns
MG	0,4847*	-0,5087**	ns	ns	ns
CL	0,5024**	ns	-0,3885*	ns	ns
V	0,4347*	0,5710**	-0,7559***	-0,7173***	ns

\* indica una  $p < 0,05$ ; \*\* indica una  $p < 0,01$ ; \*\*\* indica una  $p < 0,001$ .

**Tabla 3. Matriz de correlaciones.**

Abreviaturas: F: furfural; MF: 5-metilfurfural; G: guayacol; MG: 4-metilguayacol; TL: trans-lactona; CL: cis-lactona; V: vanillina; AT: acidez total (mg/L ácido tartárico); AV: acidez volátil (mg/L ácido acético); SO<sub>2</sub>: sulfuroso libre (ppm)

La matriz de linealidad mostró que existían correlaciones con alto grado de significancia entre 5-metilfurfural y el grado alcohólico ( $p < 0,001$ ); furfural y el grado alcohólico ( $p < 0,01$ ); guayacol y acidez total ( $p < 0,001$ ) y vanillina con el pH y  $\text{SO}_2$  ( $p < 0,001$ ). Siendo las relaciones de proporcionalidad crecientes en el caso de 5-metilfurfural y guayacol; e inversas en el caso de la vanillina. También se encontraron ciertas correlaciones entre los parámetros físico-químicos y el resto de compuestos, aunque el nivel de significación fue algo menor. Cabrían destacar los resultados obtenidos en el caso de las lactonas, vanillina y 4-metilguayacol que presentaron correlaciones positivas con la acidez total; trans-lactona y vanillina también presentaron correlación positiva con la acidez volátil y 5-metilfurfural, guayacol, ambas lactonas y vanillina presentaron una correlación negativa con el pH.

Después de comprobar que el factor “variedad de la uva”, con la cual se elabora el vino, parecía ser un bastante influyente en el perfil aromático de los vinos sometidos a crianza, surgió la duda si este factor induciría a un comportamiento totalmente diferente durante la crianza de los distintos vinos, puesto que los valores de las concentraciones de los compuestos analizados eran diferentes.

Para abordar este interrogante se decidió realizar un análisis de interacciones entre la evolución con el tiempo de la concentración de los compuestos aromáticos más importantes y la variedad.

La Figura 7 muestra el perfil de extracción de cis y trans lactona en función de la variedad y el tiempo.

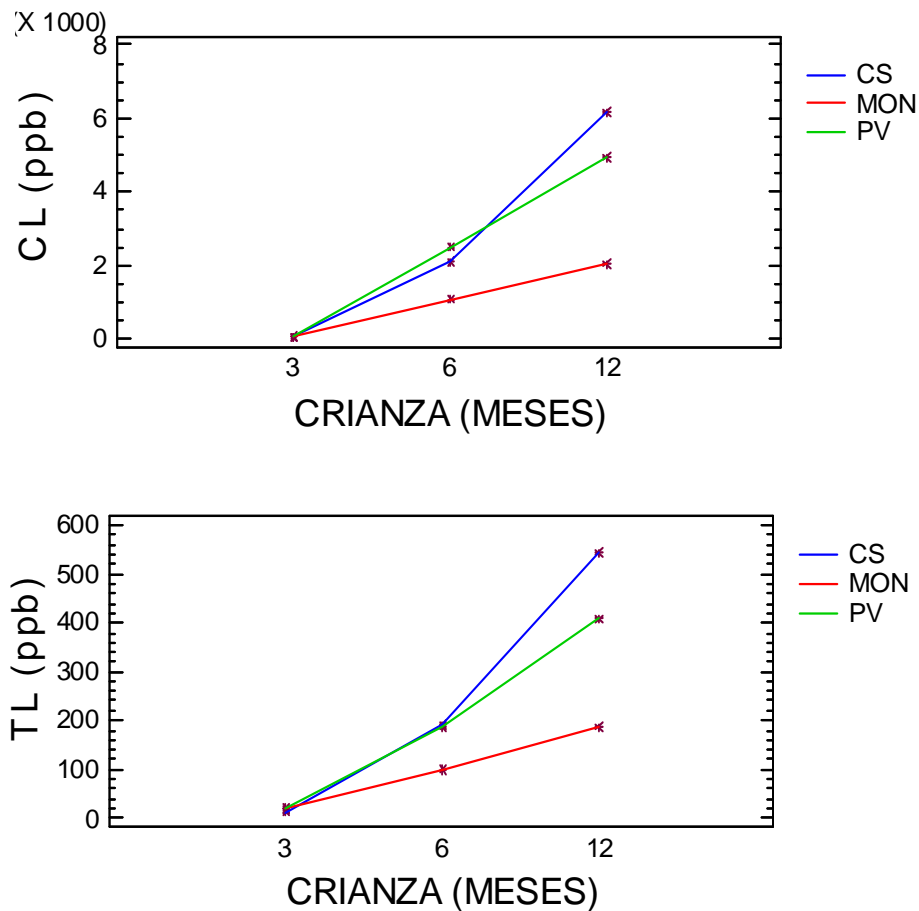
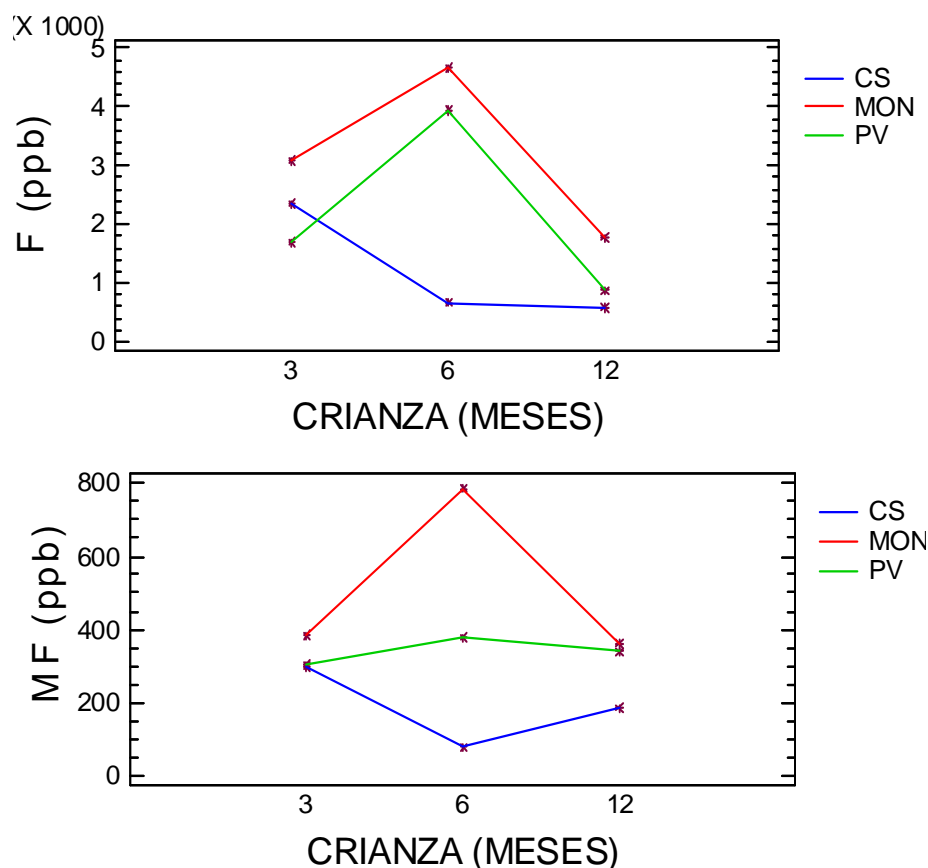


Figura 7 . Perfil evolutivo con el tiempo. A. Cis-lactona. B. Trans-lactona.

A pesar de las diferencias encontradas en la concentración final de estos compuestos, se pudo observar que la extracción de lactonas presentaba un comportamiento bastante lineal para las tres variedades en función del tiempo. Los vinos de Monastrell presentaron una pendiente de la recta menor que en el caso de los vinos de Cabernet Sauvignon y Petit Verdot.

Del mismo modo, cuando se analizó el comportamiento de la extracción de los derivados furánicos (furfural y 5-metilfurfural) (Figura 8), se pudo observar que estos compuestos presentaban un perfil semejante en el caso de vinos de Monastrell y Petit Verdot. El comportamiento de los vinos de Cabernet Sauvignon también fue similar, aunque el perfil de extracción de furanos presentó una curva descendente entre los 3 y 12 meses de envejecimiento. Este comportamiento se podría deber a que los vinos de Cabernet Sauvignon alcanzaron antes la concentración máxima de compuestos furánicos y se podría

considerar que la máxima concentración fue alcanzada a los tres meses. Una vez alcanzado este máximo, en las tres variedades se produce un descenso en la concentración de estos compuestos. Estos descensos podrían deberse a la transformación de los furfurales en furfural alcohol, tal y como se ha comentado anteriormente.



**Figura 8 . Perfil evolutivo con el tiempo. A. furfural. B. 5-metilfurfual.**

Por último, se analizó el comportamiento de guayacol y vanillina en función de la variedad y el tiempo (Figura 9).

En el caso del guayacol, se observó que los vinos de Petit Verdot y Monastrell presentaron un perfil de extracción bastante lineal, siendo superior la concentración extraída en el caso de los vinos de Petit Verdot. Los vinos de Cabernet Sauvignon presentaron un comportamiento similar durante los primeros meses, aunque al final del proceso de envejecimiento se estabilizó la extracción de este compuesto, permaneciendo casi constante.

Sin embargo, el comportamiento de la vanillina fue muy similar para los vinos de las tres variedades, ajustándose bien a una extracción lineal en función del tiempo.

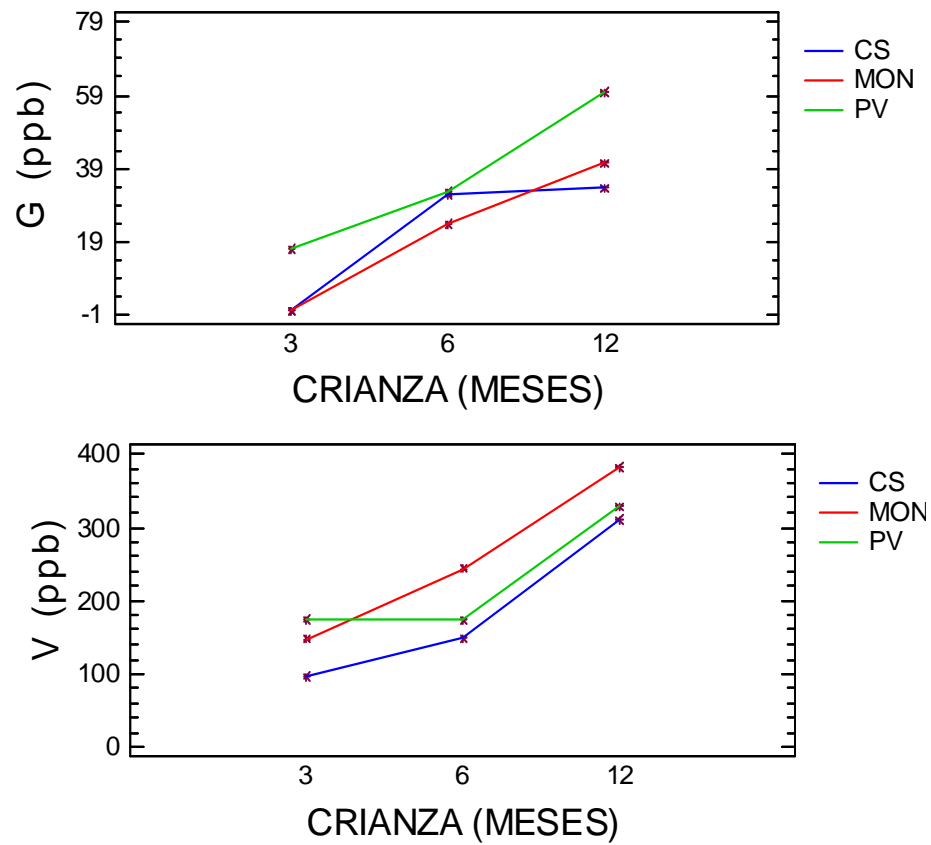


Figura 9 . Perfil evolutivo con el tiempo. A. Guayacol. B. Vanillina.



## **5. CONCLUSIONES**

- ◆ El tiempo que permanece un vino en una bodega de roble es un factor que modifica la composición aromática de los vinos. Conforme aumenta el periodo de crianza, los vinos se enriquecen en los principales compuestos aromáticos, como cis y trans-lactonas, vanillina, guayacol y 4-metilguayacol, aunque se van empobreciendo en derivados furánicos (furfural y 5-metilfurfural).
- ◆ La extracción de compuestos fenólicos se ven más favorecidos en volúmenes pequeños. En esta experiencia se ha podido concluir que la concentración de los compuestos aromáticos presentes en vinos que se han envejecido en bodegas de menor tamaño (400 litros), son mayores que las encontradas en vinos envejecidos en bodegas de mayor volumen. Este factor se debería tener en cuenta, sobre todo a la hora de comercializar los vinos, ya que pueden provocar un mayor impacto en los consumidores.
- ◆ Se puede concluir que vinos de Monastrell envejecidos en bodegas con tostado medio van a presentar una mayor concentración de los compuestos aromáticos que mayor impacto sensorial tienen, siendo los más destacados las lactonas y vanillina.
- ◆ El efecto del origen del roble crea vinos muy diferenciados, obteniendo vinos con altas concentraciones de cis y trans-lactona y vanillina en vinos envejecidos en roble americano, que aportan mayor aroma a madera, coco y vainilla a estos vinos. Sin embargo, los vinos envejecidos en roble francés van a presentar más aromas a especiados, ahumados y almendras, ya que las concentraciones de furanos y guayacoles es superior.
- ◆ La variedad con que está elaborado un vino que se va a someter a envejecimiento en bodega no parece afectar al perfil de extracción de los distintos compuestos pero sí de forma muy importante a la cantidad de compuestos que se extraen; lo que parece estar muy ligado a las características físico-químicas de ese vino, principalmente la acidez, grado alcohólico y pH.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

Abbott, N.; Puech, J. L.; Bayonove, C. y Baumes, R. 1995. Determination of the aroma threshold of the *cis* and *trans* racemic forms of  $\beta$ -Methyl- $\gamma$ -Octalactone by Gas-Chromatography-Sniffing Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, **46**, 292-294.

Aiken, E. y Noble, A.C. 1984. Comparison of the aromas of oak and glass-aged wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, **35**, 196-199.

Arjona-Serrano, 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.

Artajona-Serrano, J. 2002. El roble y la crianza del vino. *Viticultura/Enología Profesional*, **78**, 56-62.

Aznar, M.; López, R.; Cacho, J. y 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.

Blank, I.; Sen, A. Y Grosch, W. 1992. Potent odorants of the roasted powder and brew of Arabica coffee. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, **195**, 239-245.

Boidron, J.N.; Chatonnet, P. y Pons, M. 1988. Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *Conn. Vigne Vin*, **22**, 275-294.

Cano-López; M.; Pardo-Mínguez, F.; López-Roca, J.M. y Gómez-Plaza, E. 2006. The effect of micro-oxygenation on the anthocyanin and derived pigments contents and chromatics characteristics of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, **57**, (3), 325-331.

Chatonnet, P. 1992. Incidence du bois de chêne sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins. Applications technologiques. *Bull. O.I.V.*, **731-732**, 88-89.

Chatonnet, P.; Boidron, J.N. y Pons, M. 1989. Incidence du traitement thermique du bois de chêne sur sa composition chimique. 2<sup>a</sup> Partie: Évolution de certains composés en fonction de l'intensité de brûlage. *Conn. Vigne Vin*, **23**, 223-250.

Chatonnet, P.; Cutzach, I.; Pons, M. y Dubourdieu, D. 1999 Monitoring toasting intensity of barrels by chromatographic analysis of volatile compounds from toasted oak wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 4310-4318.

Chatonnet, P.; Boidron, J. N.; Dubourdieu, D. y Pons, M. 1994. Evolution de certains composés volatils du bois de chêne au cours de son séchage premiers résultats. ( Evolution of oak some volatile compounds during drying: first results). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **28**, 359-380.

Chatonnet, P. 1995. Influence des procédés de tonnellerie et des conditions d'élevage sur la composition et la qualité des vins élevés en fûts de chêne. Tesis Doctoral. Université de Bordeaux II.

Chatonnet, P.; Boidron, J.N. y Pons, M. 1990. Élevages des vins rouges en fûts de chêne: evolution de certains composés volatils et de leur impact aromatique. *Sciences des Aliments*, **10**, 565-587.

Clark, G.S. 1990. Vanillin. *Perfumer and flavoris*, **15**, 45-54.

Cutzach, I.; Chatonnet, P. y Dubourdieu, D. 1997. Identification of Volatile Compounds with a Toasty Aroma in Heated Oak Used in Barrelmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; **45**, 2217-2224.

Cutzach, I.; Chatonnet, P.; Henry, R.; Pons, M. y Dubourdieu, D. 1998. Study in aroma of sweet natural non Muscat wines. II. Quantitative analysis of volatile

compounds taking part in aroma of sweet natural wines during ageing. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **32**, 211-221.

Dubois, P. 1989. Apports du fut de chene neuf a l'arome des vins. *Revue française d'oenologie*, **120**, 19-24.

Fernández de Simón, B.; Cadahía, E.; Conde, E. y García Vallejo, M. C. 1999. Evolution of phenolic compounds of spanish oak wood during natural seasoning. First results. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 1687-1694.

Fernández de Simón, B; Cadahía, E.; Hernández, T. y Estrella, I. 2006. Evolution of oak-related volatile compounds in a Spanish red wine Turing 2 years bottles, alter aging in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *Analytica Chimica Acta*, **563**, 198-203.

Feuillat, F.; Keller, R.; Masson, G. y Puech, J.L. 1998. Bois de chêne. En: "*Oenologie: Fondements scientifiques et technologiques*". Ed Claude Flancy, Lavoisier, París. 1002-1027.

Garde-Cerdán, T.; Rodríguez-Mozaz S. y Ancín-Azpilicueta, C. 2002. Volatile composition of aged wine in used barrels of French oak and of American oak. *Food Research International*, **35**, 603-610.

Garde-Cerdán, T; Torrea-Goñi, D y Ancín-Azpilicueta, C. 2004. Accumulation of volatile compounds Turing ageing of two red wines with different composition. *Journal of Food Engineering*, **60**, 349-356.

Garde-Cerdán, T. y Ancín-Azpilicueta, C. 2006. Review of quality factors on wine ageing in oak barrels. *Trends in Food Science and Technology*, **17**, 438-447.

Guichard, E.; Fournier, N.; Masson, G. y Puech, J.L. 1995. Stereoisomers of  $\beta$ -Methyl- $\gamma$ -Octalactone. I. Quantification in brandies as a function of wood origin and treatment of barrels. *American Journal of Enology and Viticulture*, **46**, 419-423.

Holscher, W.; Vitzthum, O.G. y Steinhart, H. 1990. Identification and sensorial evaluation of aroma-impact compounds in roasted Columbia Coffee. *Café, Cacao Thé*, **34**, 205-212.

Klumpers, J.; Scalbert, A. y Janin, G. 1994. Ellagitannins in european oak wood: polymerization during wood ageing. *Phytochemistry*, **36**, 1249-1252.

Maga, J.A. 1989. Formation and extraction of cis- and trans- $\beta$ -methyl- $\gamma$ -octalactone for *Quercus alba*. In J. R. Pigott & A. Patterson (Eds.), *Distilled beverage flavour: Recent developments*. Chichester: Ellis Horwood, 171-176.

Marco, J.; Artajona, J.; Larrechi, M. S. y Rius, F. X. 1994. Relationship between geographical origin and chemical composition of wood for oak barrels. *American Journal of Enology and Viticulture*, **45**, 192-200.

Masson, G.; Puech, J. L. y Moutounet, M. 1996. Composition chimique du bois de chêne de tonnellerie. *Bull. O.I.V.*, **785-786**, 635-657.

Masson, G.; Guichard, E.; Fournier, N. y Puech, J.L. 1995. Stereoisomers of  $\beta$ -methyl- $\gamma$ -octalactone. II. Contents in the wood of French (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) and American (*Quercus alba*) oaks. *American Journal of Enology and Viticulture*, **46**, 424-428.

Miller, D.P.; Howell, G.S.; Michaelis, C.S. y Dickmann, D.I. 1992. The content of phenolic acid and aldehyde flavor components of whit oak as affected by site and species. *American Journal of Enology and Viticulture*, **43**, 333-338.

Moreno, J.A.; Zea, L.; Moyano, L. y Medina, M. 2005. Aroma compounds as markers of the changes in sherry wines subjected to biological ageing. *Food Control*, **16**, 333-338.

Mosedale, J. R.; Puech, J. L. y Feuillat, F. 1999. The influence on wine flavor of the oak species and natural variation of heartwood components. *American Journal of Enology and Viticulture*, **50**, 503-512.

Moutounet, M.; Puech, J. L.; Keller, R. y Feuillat, F. 1999. Les caractéristiques du bois de chêne en relation avec son utilisation en œnologie. Le phénomène de duramisation et ses conséquences. *Revue Française d'Œnologie*, **174**, 12-17.

Moutounet, M.; Rabier, P.; Sarni, F. y Scalbert, A. 1992. Les tannins du bois de chêne: Les conditions de leur présence dans les vins. Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **26**, 75-79.

Olsen, E.B. 1994. Brettanomyces: Occurrence, flavor effects, and control. *New York Wine industry Workshop, Geneva, NY*, 96-103.

Ortega-Heras, M.; González-Sanjosé, M.L. y González-Huerta, C. 2007. Consideration of the influence of aging process, type of wine and oenological classic parameters on the levels of wood volatile compounds present in red wines. *Food Chemistry*, **103**, 1434–1448.

Ortega-Heras, M.; Rivero-Pérez, M.D.; Pérez-Magariño, S.; González-Huerta, C y González-Sanjosé, M.L. 2008. Changes in the volatile composition of red wines during aging in oak barrels due to microoxygenation treatment applied before malolactic fermentation. *European Food Research and Technology*, **226**, 485–1493.



Pérez-Prieto, L. J.; López-Roca, J. M.; Martínez-Cutillas, A.; Pardo-Mínguez, F. y Gómez-Plaza, E. 2002. Maturing wines in oak barrels. Effect of oak origin, volume and age of the barrel on the wine volatile composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 3272-3276.

Pérez-Prieto, L.J.; López-Roca, J.M. y Gómez-Plaza, E. 2003b. Multivariate statistical analysis for the classification of oak-aged wines based on their chromatic characteristics . *European Food Research and Technology*, **217**, 512-516.

Pérez-Prieto, L.J.; López-Roca, J.M.; Martínez-Cutillas, A.; Pardo-Mínguez, F., y Gómez-Plaza, E. 2003a. Extraction and Formation Dynamic of Oak-Related Volatile Compounds from different volume barrels to wine and their behavior during bottle storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 5444-5449.

Pollnitz, A. P. 2000. The analysis of volatile wine components derived for oak products during winemaking and storage. Ph.D. Thesis, University of Adelaide, Australia 2000.

Puech, J.L. 1981. Extraction and evolution of lignin products in Armagnac matured in oak. *American Journal of Enology and Viticulture*, **32**, 111-114.

Puech, J.L. 1987. Extraction of phenolic compound from oak wood in model solutions and evolution of aromatic aldehydes in wines aged in oak barrels. . *American Journal of Enology and Viticulture*, **38**, 236-238.

Rapp, A. y Versini, G. 1996. Guenchtige phenolische Verbindungen in wein. *Deutsche lebensmittel-rundschau.*, **92**, 42-48.

Ribéreau-Gayon, P.; Glories, Y., Maujean, A. y Dubourdieu, D. 1999b. Phenolic Compounds. En “*Handbook of enology, Vol 2 The chemistry of wine, Stabilization and treatments*”. John Wiley & sons, Ltd, Chichester, 129-186.

Ribéreau-Gayon, P.; Glories, Y.; Maujean, A. y Dubourdieu, D. 1999a. Aging red wines in vat and barrel: Phenomena occurring during aging. En: *“Handbook of enology, Vol 2 “*.John Wiley & sons, Ltd, Chichester, 353-391.

Rodríguez-Rodríguez, P; Rabion, P; López-Roca, J.M. y Gómez-Plaza, E. 2007. Influencia del envejecimiento en barricas de distinto origen, tostado y volumen en el perfil aromático de vinos tintos de Monastrell. Avances en Ciencias y Técnicas Enológicas. Transferencia de Tecnología de la Red GIENOL al Sector Vitivinícola. Badajoz 2007; 292-293.

Rodríguez-Rodríguez, P; Rabion, P; Ros-Berruezo, G. y Gómez-Plaza, E. 2008. Vinos de crianza de monastrell. Elección del mejor tipo de bodega para potenciar su carácter varietal. XXXI congreso mundial de la viña y el vino.6ª asamblea general de la O.I.V. Verona (Italia). 2008, **II**, 46-54.

Salagoity-Auguste, M. H.;Tricard, C.H. y Sudraud, P. 1987. Dosage simultané des aldéhydes aromatiques et des coumarines par chromatographie liquide haute performance. Application aux vins et eaux-de-vie vieillis en fût de chêne. *Journal of Chromatography*, **392**, 379-387.

Sarni F.; Moutounet M.y Puech J.L.1990. Effects of heat treatment of oak wood extractable compounds. *Rabier P Holzforze*, **44**, 461-466.

Singleton, V. L. 1995. Maturation of wines and spirits: comparisons, facts and hypotheses. *American Journal of Enology and Viticulture*, **46**, 98-115.

Spillman, P.J.; Pollnitz, A.P.; Liacopoulos, D.; Skouroumounis, G.K. y Sefton, M.A. 1997. Accumulation of vanillin during barrel-aging of white, red and modes wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 2587-2589.

Spillman, P.J.; Iland, P.G. y Sefton, M.A. 1998. Accumulation of volatile oak compounds in a model wine stored in american and limousine oak barrels. *Australian journal of grape and wine research*, **4**, 67-73.

Steinke, R.D. y Paulson, M.C. 1964. The production of steam-volatile phenols during the cooking and alcoholic fermentation of grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **12**, 381-387.

Tressl, R. 1989. Formation of flavour compounds in roasted coffee. En: “*Parliament, T.H.; Mc Gorrin, R.J., Ho, C.T(eds). Thermal generation of aromas. ACS Symposium Series*, **409**, 285-301.

Towey J.P. y 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**, 163-172.

Viriot, C.; Scalbert, A.; Hervé Du Penhoat, C. L. M. y Moutounet, M. 1994. Ellagitannins in woods of sessile oak and sweet chestnut dimerization and hydrolysis during wood ageing. *Phytochemistry*, **36**, 1253-1260.

Vivas, N. 1991. Le sechage naturel du bois de chêne destiné a la fabrication de barriques. Compté rendu d'activité de recherche Université de Bordeaux II.

Vivas, N. 1995. Sur la notion de grain en tonnellerie. *Journal of the Science of Technology Tonnellerie*, **1**, 17-32.

Vivas, N. 1999. Influencia de la duración de utilización de las barricas sobre sus aportaciones a los vinos. En: *Tecnología de la elaboración de vinos tintos e innovaciones en la estabilización de los vinos*, Firavi 99, 6-24.

Vivas, N.; Pianet, I.; Bourgeois, G.; Vitry, C.; Serverns, C.C. y Glories, Y. 1998. Characterization of hertwood lignin fractions from *Quercus robur*. L. and

*Quercus petraea* (Matt) Liebl., the main oak species used for barrel making. *American Journal of Enology and Viticulture*, **49**, 49-55.

Waterhouse, A. L. y Towey, J.P. (1994). Oak lactone isomer ration distinguishes between wine fermented in american and french oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **42**, 1971-1974.

Wilkinson, K.L.; Elsey, G.M.; Prager, R.H.; Tanakac, T y Sefton, M.A. 2004. Precursors to oak lactone. Part 2: Synthesis, separation and cleavage of several  $\beta$ -glucopyranosides of 3-methyl-4-hydroxyoctanoic acid. *Tetrahedron*, **60**, 6091–6100.

Zamora, F. 1999. La madera de roble y su incidencia sobre las características organolépticas de los vinos de crianza. En “*La estabilidad del color en los vinos tintos nuevos*”. Ed. Ayuntamiento de Haro, Haro, 1999, 9-36.

Zamora, F. 2003b. El concepto de grano en tonelería; un criterio para clasificar el roble. *Enólogos*, **24**, 24-28.

Zamora, F. 2003b. Elaboración y crianza del vino tinto; aspectos científicos y prácticos. Editorial Mundi-Prensa; AMV Ediciones, Madrid.