

## IV CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

### MESA TEMÁTICA 9. Tecnología e industrialización de los productos forestales COMUNICACIÓN ORAL

#### BARRICAS DE ROBLE ESPAÑOL ¿UN NUEVO ESCENARIO?

**B. Fernández de Simón, E. Cadahía**

Centro de Investigación Forestal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ctra. de La Coruña, km. 7,5. 28040 Madrid. Tel. 913476783. Fax 913572293.  
fdesimon@inia.es

**Resumen.** La necesidad de nuevas fuentes de suministro de madera de calidad para tonelería, ha conducido a contemplar la utilización del roble español como alternativa al francés y americano, de uso habitual en enología. Para ello se ha estudiado la madera de *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica* y *Q. faginea* de origen español, y se ha comparado con la madera francesa de Limousin (*Q. robur*) y de Allier (*Q. petraea*), y con la madera americana de Missouri (*Q. alba*). Una vez fabricadas las barricas, se envejeció en ellas un vino 100% Tempranillo durante 21 meses, en el que se estudió la influencia del tipo de madera en sus características. El conjunto de los resultados obtenidos es realmente esperanzador para el uso de madera de roble español en el envejecimiento de vinos, ya que puede considerarse adecuada no sólo la madera de las especies tradicionalmente usadas en tonelería (*Quercus robur* y *Q. petraea*), sino también la madera de *Quercus pyrenaica*, que no se había utilizado con anterioridad, y de la que se dispone de unas 260.000 Ha de masa forestal arbolada.

**Palabras clave:** *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus faginea*, *Quercus alba*, madera, vino

#### INTRODUCCIÓN

Las tendencias de los últimos años en las prácticas enológicas han supuesto un cambio gradual en los hábitos en la crianza de los vinos, de tal forma que la crianza en barricas de roble nuevas ha ido sustituyendo a la utilización generalizada de barricas viejas. Las especies de roble clásicamente consideradas en la industria de la tonelería han sido *Quercus robur* y *Q. petraea* procedentes de los bosques de Francia, y *Q. alba* de la costa este de los Estados Unidos. Sin embargo, la creciente demanda de madera de calidad para este fin ha puesto en el mercado de la madera para duelas, otras de diferentes procedencias tanto europeas (Hungría, Polonia, Rusia) como americanas. La necesidad de nuevas fuentes de suministro de madera de calidad para duelas y, por otra parte, de buscar nuevas y más rentables aplicaciones a nuestros productos forestales y dar así una mayor rentabilidad a nuestras zonas forestales, han conducido a contemplar la utilización del roble español como alternativa al francés, ya que siendo de la misma especie botánica (*Q. robur* y *Q. petraea*), las diferencias vendrían marcadas únicamente por el origen geográfico y los tratamientos selvícolas.

En el CIFOR-INIA, hace ya unos años, se diseñó un proyecto a largo plazo sobre el estudio de los factores de calidad del roble español para su uso en tonelería, en comparación con los del roble francés y americano. El objetivo principal de este estudio de interacción madera-vino, era conocer si la madera de roble de origen español, que se estaba comenzando a utilizar en las tonelerías y, por tanto, en las bodegas españolas, era apta para el envejecimiento de vinos de calidad; si podía ser equiparable al roble francés, ya que se trataba de las mismas especies; y conocer aquellos indicadores químicos que podían caracterizarla, tanto en lo que se refiere a su origen como a su procesado.

#### MATERIALES Y METODOS

En un primer momento se realizó la caracterización química de la madera verde de duramen y a continuación se estudió su evolución durante el proceso de fabricación de las barricas, tanto durante el secado como durante el tostado. Para ello se abatieron árboles de cuatro especies diferentes de roble (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica* y *Q. faginea*), y la madera se trasladó a Burdeos, a una tonelería, en colaboración con el Instituto de Enología de la Universidad de Burdeos I, en la que se llevó a cabo el procesado de la madera. Como continuación de estos trabajos, nos planteamos conocer cuál era el comportamiento de la madera de origen español durante el envejecimiento de un vino de Rioja, en comparación con la madera de roble francés y americano. El envejecimiento se realizó en una bodega de la Rioja Alavesa, a la que se trasladaron las barricas desde Burdeos, con un vino 100% Tempranillo durante 21 meses en barrica y 24 meses en botella.

En la madera verde, a lo largo del proceso de secado natural (3 años), y después del tostado se han estudiado polifenoles y taninos, por HPLC-DAD. Los componentes volátiles se estudiaron por GC-MS, en la madera antes y después del tostado, y en el vino a lo largo de todo el procesado. En el vino se estudió también la evolución del color (métodos espectrofotométricos), los polifenoles (HPLC-DAD) y las características sensoriales (cata).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la madera

*Madera verde.* En lo que concierne a las propiedades estructurales, como grano y permeabilidad, han sido similares en las especies de origen español y francés. Las maderas españolas fueron clasificadas como de grano muy fino (*Q. robur*) o fino (*Q. petraea* y *Q. pyrenaica*), adecuados ambos para la fabricación de barricas. Sin embargo, algunas características físico-mecánicas han condicionado la aptitud de la especie *Q. pyrenaica* para la obtención de duelas. Su gran limitación tecnológica radica en su acusada tendencia al rajado temprano, que reduce notablemente el rendimiento final en duela elaborada. Esto puede evitarse realizando el hendido de las trozas lo más rápido posible, de modo que se evite la acción de las tensiones radiales y tangenciales. La madera de la especie *Q. faginea* ha resultado inapropiada para la fabricación de barricas debido a la fibra ondulada que presentó, lo que hace casi imposible el hendido. Aún así se consiguió obtener un número suficiente de duelas para construir una barrica.

Los análisis químicos de las maderas verdes de las especies de roble de origen español han permitido la identificación de ácidos y aldehídos fenólicos, cumarinas y elagitaninos que ya habían sido descritos para otras especies y orígenes de roble. Se han identificado los ácidos gálico, vainílico, siríngico, ferúlico y elágico, los aldehídos vainílico, siríngico, coniferílico y sinápico, las cumarinas esculetina y escopoletina, y los elagitaninos monoméricos: castalagina, vescalagina, grandinina y roburina E; y los dímeros roburinas A, B, C, y D. La composición en polifenoles de bajo peso molecular y elagitaninos de la madera de roble de origen español, en verde, es cualitativamente idéntica a la de origen francés y americano, presentando sólo diferencias cuantitativas. Estas diferencias permiten distinguir la madera según su origen geográfico, a pesar de la fuerte variabilidad individual, que puede ser mayor que la variabilidad entre especies (FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.*, 1996, 1999a).

*Secado de la madera.* El secado idóneo de la madera es el que se realiza de modo natural a la intemperie, que suele llevarse a cabo durante dos o tres años. Durante este proceso se produce una cierta contracción de las fibras y se reduce la humedad hasta un valor aproximado del 15%. Este proceso pasa por fases de deshidratación, fases de rehumectación de los primeros milímetros de la madera y fases en las que la madera tiene una higrometría constante, lo que permite disminuir la aparición de fisuras en las duelas. Sin embargo, en tonelería el secado natural representa una etapa de curado, en la que la madera pasa por procesos de degradación hidrolítica oxidativa o de polimerización e insolubilización de determinados compuestos, influida por mecanismos físicos asociados a la pluviosidad, las radiaciones ultravioleta y las variaciones de temperatura (CHATONNET *et al.*, 1994<sup>a</sup>; SEFTON *et al.*, 1993).

El secado natural que se realizó durante tres años bajo condiciones naturales, supuso en las maderas de origen español un apreciable incremento de los contenidos medios de todos los compuestos fenólicos de bajo peso molecular, especialmente del aldehído siríngico y del ácido vainílico, siendo la excepción el aldehído sinápico. El incremento de concentración de cada uno de los compuestos dependió de la duración del secado, al igual que ocurrió con las maderas de origen francés y americano. Por el contrario, en el caso de los elagitaninos supuso una disminución que se hizo más evidente en los elagitaninos monoméricos, especialmente castalagina y vescalagina, y durante la primera etapa del proceso (FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.*, 1999b; CADAHÍA *et al.*, 2001a,b). Las maderas de origen español han evolucionado en el mismo sentido que las de origen francés y americano, obteniéndose después del secado maderas de roble español (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica* y *Q. faginea*) cuya composición polifenólica pone de manifiesto diferencias cuantitativas pero no cualitativas respecto de las de origen francés (*Q. robur* y *Q. petraea*) y americano (*Q. alba*). En los gráficos que se exponen en la Figura 1 se puede observar la situación en cuanto a la composición polifenólica y en elagitaninos de las especies españolas respecto de las de origen francés y americano, según los análisis estadísticos realizados.

*Tostado de la madera.* El proceso de tostado en tonelería, es el que tiene una mayor influencia en

la composición química final de la madera. Se realiza para la formación y ensamblaje de las duelas constituyentes de las barricas sin que se produzcan roturas o fisuras, pero también para favorecer la degradación térmica de la capa superficial y generar nuevos compuestos aromáticos. Durante este proceso tienen lugar una variedad de reacciones de hidrotermólisis y pirólisis, que son la causa de la degradación de biopolímeros como lignina, poliosidos, polifenoles y lípidos (SARNI *et al.*, 1990; CHATONNET *et al.*, 1999).

En las maderas de roble español sometidas a un proceso de tostado de intensidad media (35 minutos, 160-170°C), se produjo un incremento espectacular de las concentraciones de la mayoría de los polifenoles, siendo particularmente importantes los incrementos de los aldehídos cinámicos, seguidos de los aldehídos y ácidos benzoicos, aunque no fueron acompañadas de la formación de compuestos de tipo fenol, característicos de maderas muy quemadas y que aportan a los vinos notas desagradables a tinta, betún o farmacia. Las concentraciones de elagitaninos, por el contrario, se redujeron, particularmente en el caso de los monómeros y los monómeros pentosilados. Estos importantes cambios en el perfil polifenólico provocan una disminución de la variabilidad natural entre especies y orígenes de las maderas, resultando al final del proceso de tostado que las maderas españolas *Q. robur*, *Q. petraea* y *Q. pyrenaica* son muy semejantes a las francesas de *Q. robur* y *Q. petraea*. La especie *Q. alba* muestra, después del tostado, mayores diferencias respecto a todas las demás (CADAHÍA *et al.*, 2001a,b) (Fig 3).

Los efectos del proceso de tostado en la concentración de fenoles volátiles, furfural, piranonas, lactonas, cetonas fenólicas y otros compuestos volátiles, son muy diversos y complejos. La mayoría de los fenoles volátiles especialmente isoeugenol, siringol, 4-metilsiringol y 4-alilsiringol, aumentaron como consecuencia del tostado de la madera. El contenido de eugenol, sin embargo, aumentó o disminuyó según la especie y la procedencia de la madera, aunque en general no se observaron cambios significativos importantes. En lo que respecta a los compuestos furánicos, cetonas cíclicas (furanonas y piranonas) y estructuras pirrol, los aldehídos furánicos que contribuyen al aroma de los vinos con notas de almendra tostada, fueron los que más se incrementaron. El efecto en las concentraciones de  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona dependió de la especie y de la procedencia de las maderas, lo que puede explicarse porque las condiciones de tostado fueron más idóneas para la madera de *Q. petraea* francesa y *Q. alba* americana, especies de uso habitual en la tonelería colaboradora. La comparación global de los resultados obtenidos sobre la composición volátil de las maderas tostadas resultantes (Fig. 4) nos indica que el proceso de tostado incide en el mismo sentido en todas las especies y orígenes estudiados y lleva consigo el aumento del potencial aromático de las maderas en su relación con el vino, por las especiales características organolépticas de los compuestos generados. Sin embargo, el modo en que la madera de cada especie y origen se ajusta a este proceso es diferente, ya que las características específicas de cada madera condicionan la acción de la temperatura y el agua en su superficie. Esto ha quedado especialmente patente en la evolución del isómero *cis* de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona. (CADAHÍA *et al.*, 2003)

### **Interacción madera-vino durante la crianza. Experiencias con roble español.**

El vino es un sistema complejo capaz de experimentar cambios muy diferentes durante su envejecimiento oxidativo en barrica. Estos cambios pueden atribuirse a fenómenos de difusión gaseosa y permeabilidad a los líquidos, oxidación, y extracción y disolución de los componentes solubles de la madera, que se ven favorecidos por el aumento de la superficie de contacto líquido-sólido. Por tanto, el conjunto de fenómenos implicados en la interacción vino/roble/aire dependerán de las propiedades estructurales y de las características químicas de la madera, además de las características del vino y proceso de elaboración, y de las condiciones ambientales de la bodega.

Durante este tiempo en que el vino se encuentra en la barrica, se produce una penetración lenta y continua de oxígeno en el vino, mediante fenómenos de microdifusión gaseosa a través de las duelas, o también procedente del espacio de cabeza de la barrica, lo que favorece procesos de oxidación suave en los que están implicados especialmente compuestos fenólicos, tanto los propios del vino (antocianos, otros flavonoides y ésteres tartáricos de los ácidos hidroxicinámicos) como los aportados por la madera (elagitaninos y derivados de la lignina). Las consecuencias principales de estas reacciones son las modificaciones cromáticas asociadas esencialmente a la formación de nuevos pigmentos, y la disminución de la astringencia debida a reacciones de polimerización y combinación de taninos (VIVAS & GLORIES, 1996). Por otra parte, algunas características del aroma y "flavour" de los vinos han sido especialmente asociadas al proceso de conservación y crianza (aromas terciarios

o postfermentativos), debido a los compuestos volátiles extraídos de la madera de roble, que comunican mayor complejidad aromática al vino (notas de vainilla, clavo, coco, torrefacción, cuero, especias, pan tostado, etc.). Se pueden destacar: los isómeros *cis* y *trans* de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octolactona, el furfural y sus derivados, los aldehídos fenólicos, los fenoles volátiles, etc. Los factores dependientes de la barrica tendrán una gran influencia en los aromas terciarios del vino (MOSEDALE *et al.*, 1999), pero el desarrollo de muchos de los componentes de este aroma de los vinos puede a menudo verse afectado por la interacción de dichos factores con la presencia de compuestos fenólicos responsables de fenómenos de oxidación y/o del color de los vinos, que tienen una importante dependencia varietal, y con las condiciones de envejecimiento (CUTZATCH *et al.*, 2000).

*Evolución de polifenoles y color durante el envejecimiento.* En el vino envejecido en roble español y francés las modificaciones cromáticas producidas durante la crianza y las de los pigmentos antociánicos fueron más intensas que en el vino envejecido en roble americano. Esto es debido a que la madera de roble americano tiene una ultraestructura diferente a la europea, que implica mayor dificultad del vino para impregnar la madera y una menor evaporación de los líquidos, pero también una menor penetración del oxígeno, por lo que los procesos oxidativos son más lentos en los vinos envejecidos en este tipo de madera. Estos procesos oxidativos influyen también de manera decisiva en la composición polifenólica del vino, al ser muchos de ellos compuestos con una clara actividad antioxidante. Destaca la evolución de los elagitaninos, que son extraídos en pequeña cantidad, y en contacto con el vino forman derivados hemiacetal o acetal, por lo que se hacen indetectables. La evolución a lo largo de la crianza de los más de 30 componentes polifenólicos de bajo peso molecular estudiados (ácidos fenólicos, flavanoles y proantocianidinas, flavonoles y otros como los dos isómeros de resveratrol) es muy compleja, debido al gran número de reacciones implicadas (FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.*, 2003a). Su análisis nos permitió distinguir los vinos según la especie y el origen de la madera de la barrica, siendo similares e intermedias las características de los vinos envejecidos en *Quercus robur*, *Q. petraea*, y *Q. pyrenaica* de origen español, respecto a *Quercus robur* y *Q. petraea*, de origen francés (Figura 5).

*Evolución de los componentes volátiles, relacionados con la madera.* Se han elegido para su análisis los 12 compuestos volátiles más representativos del aporte de la madera al vino durante el envejecimiento: furfural, 5-metilfurfural, 5-hidroximetilfurfural, alcohol furfúrico, isómeros *cis* y *trans* de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona, siringaldehído, vainillina, eugenol, maltol, guayacol y 4-etilfenol. Todos ellos estuvieron presentes en el vino antes de su contacto con la madera, excepto el 5-metilfurfural y los isómeros *cis* y *trans* de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona, y todos ellos aumentan su concentración durante el envejecimiento, pero con diferentes intensidades a lo largo del tiempo, y en relación, no solo al tipo de madera de la barrica, sino también a la particular relación de cada compuesto con la barrica: presencia en la capa de madera tostada y en la madera no tostada de los fondos, susceptibilidad a las reacciones químicas o biológicas de degradación, presencia en la madera de sus precursores químicos, duración del tiempo de contacto madera-vino, etc. (FERNÁNDEZ DE SIMÓN *et al.*, 2003b).

Considerando los resultados analíticos obtenidos de los compuestos volátiles de los vinos, sometidos a 21 meses de crianza, final del envejecimiento en barrica, se realizó un análisis estadístico en el que se obtuvo una distribución de los vinos en relación con el tipo de madera utilizado (Fig. 6). En este caso, las diferencias encontradas en el vino envejecido en roble francés y español respecto al envejecido en roble americano vienen claramente marcadas por las concentraciones del isómero *cis* de la  $\beta$ -metil- $\gamma$ -octalactona, así como por la relación entre los dos isómeros *cis* y *trans*. La significación organoléptica de este compuesto en la interacción madera vino es muy importante debido a su bajo umbral de detección, a que se considera indicador químico de vinos envejecidos en roble, y a su implicación sensorial, ya que aporta al vino notas características a madera, roble, coco y vainilla.

*Evolución de las características organolépticas del vino envejecido en roble español.* En el análisis sensorial (cata) de estos vinos se han evaluado características relacionadas con el color (intensidad y limpidez), el aroma (intensidad, nitidez, aroma frutal, aroma a madera, aroma a tostado) y el sabor (redondez, equilibrio, amargor y astringencia). Además se pidió una clasificación de los vinos por orden de preferencia. Cada tipo de madera afecta a las características sensoriales del vino con una intensidad diferente, en relación con su composición química y su estructura física (Figura 7). No se detectaron claros favoritos entre los catadores, ya que todos los vinos, excepto el envejecido en *Q. faginea*, se turnan a lo largo del tiempo en los lugares de preferencia. A la salida de la barrica, los

vinos envejecidos en las tres especies españolas fueron los preferidos, seguidos del roble americano, el roble francés y *Q. faginea* español (CADAHÍA y FERNÁNDEZ DE SIMÓN, 2004).

## CONCLUSIONES

La composición química (polifenoles, taninos y volátiles de interés enológico) y las propiedades estructurales (malla, grano, densidad y permeabilidad) de las especies de roble españolas *Q. robur*, *Q. petraea* y *Q. pyrenaica* han sido idóneas para uso enológico y más similares a las mostradas por las especies de origen francés (*Q. robur* y *Q. petraea*) que las mostradas por roble americano (*Q. alba*). Su aptitud enológica ha sido además puesta de manifiesto con un vino de la Rioja Alavesa envejecido en barricas de estas maderas, cuyas características de calidad, sensoriales y químicas han resultado equiparables a las del vino envejecido en barricas de roble francés, de reconocida calidad para crianza de vinos.

El conjunto de los resultados obtenidos es realmente esperanzador para el uso de madera de roble español en el envejecimiento de vinos, ya que puede considerarse adecuada para la fabricación de barricas para envejecimiento de vinos de calidad, no sólo la madera de las especies tradicionalmente usadas en tonelería (*Quercus robur* y *Q. petraea*), sino también la madera de *Quercus pyrenaica*, que no se había utilizado con anterioridad, una vez resueltos los problemas de rendimiento en madera de calidad que hace inviable un uso enológico rentable a corto plazo.

**Agradecimientos.** En este trabajo han colaborado diversas personas e instituciones. En primer lugar, el personal del Laboratorio de Química Forestal del CIFOR-INIA, donde se ha realizado, y la Dra. María Teresa Hernández García, del Instituto de Fermentaciones Industriales (CSIC) responsable de los análisis de polifenoles en vinos, que ha participado en los proyectos. D. Jaime Rodríguez y D. Telmo Rodríguez, de la Bodega Granja Nuestra Señora de Remelluri, en Labastida (Álava), y Dña. Ana Barrón, enóloga y responsable técnica de la bodega, que ha coordinado todo el procesado del vino y los análisis sensoriales. Este trabajo ha sido financiado por el INIA, el MAPYA y el MCYT, mediante diferentes proyectos, becas y un contrato Ramón y Cajal. Queremos agradecer también el apoyo del que fue Director General del INIA, Dr. D. Adolfo Cazorla Montero.

## BIBLIOGRAFIA

- 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 oakwoods during natural seasoning and toasting. *J. Agric. Food Chem.* 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 oakwoods during natural seasoning and toasting. *J. Agric. Food Chem.* 49, 3677-3684
- CADAHÍA E; FERNÁNDEZ DE SIMÓN B & JALOCHA J; 2003. Volatile Compounds in Spanish, French and American Oak Woods after Natural Seasoning and Toasting *J. Agric. Food Chem.* 51, 5923-5932
- CADAHÍA E & FERNÁNDEZ DE SIMÓN M.B; 2004. Utilización del roble español en el envejecimiento de vinos. Comparación con roble francés y americano. Monografías INIA. Ministerio de Educación y Ciencia: Serie forestal nº 10- 2004.
- CUTZACH I; CHATONNET P & DUBORDIEU D; 2000. Influence of storage conditions on the formation of some volatile compounds in white fortified wines (*vins doux naturels*) during the aging process. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2340-2345.
- CHATONNET P; BOIDRON J N; DUBORDIEU D & PONS M; 1994. Evolution of oakwood polyphenolic compounds during seasoning. First results. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 28, 337-357.
- CHATONNET P; CUTZACH I; PONS M & DUBORDIEU D; 1999. Monitoring toasting intensity of barrels by chromatographic analysis of volatile compounds from toasted oak wood. *J. Agric. Food Chem.* 47, 4310-4318.
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN B; CADAHÍA E; CONDE E & GARCÍA-VALLEJO M C; 1996. Low molecular weight phenolic compounds in Spanish oakwoods. *J. Agric. Food Chem.* 44, 1507-1511.
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN B; CADAHÍA E; CONDE E & GARCÍA-VALLEJO M C; 1999. Ellagitannins in woods of Spanish, French and American oaks. *Holzforschung* 53, 147-150.
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN B; CADAHÍA E; CONDE E & GARCÍA-VALLEJO M C; 1999.

Evolution of phenolic compounds in Spanish oak wood during natural seasoning. First results. *J. Agric. Food Chem.* 47, 1687-1694

FERNÁNDEZ DE SIMÓN B & CADAHÍA E; 2003. Phenolic Compounds in a Spanish Red Wine Aged in Barrels Made of Spanish, French and American Oak Wood. *Eur Food Res. Technol.* 216, 150-156.

FERNÁNDEZ DE SIMÓN B & CADAHÍA E; 2003. Volatile Compounds in a Spanish Red Wine Aged in Barrels Made of Spanish, French and American Oak Wood. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7671-7678.

MOSEDALE JR; PUECH JL & FEUILLAT F; 1999. The influence on wine flavor of the oak species and natural variation of heartwood components. *Am. J. Enol. Vitic.* 50, 503-512.

SARNI F; MOUTOUNET M; PUECH JL & RABIER P; 1990. Effect of heat treatment of oak wood extractable compounds. *Holzforschung* 44, 461-466.

SEFTON MA; FRANCIS I L; POCOK KF & WILLIAMS PJ; 1993. The influence of natural seasoning on the concentration of eugenol, vanillin and cis and trans  $\beta$ -methyl- $\gamma$ -octalactone extracted from French and American oak wood. *Sci. Aliments* 13, 629-644.

VIVAS N & GLORIES Y; 1996. Role of oak wood ellagitannins in the oxidation process of red wines during aging. *Am. J. Enol. Vitic.* 47, 103-107.

Figura 1.- Análisis canónico discriminante de polifenoles de bajo peso molecular (izda.) y elagitaninos (dcha.) después del periodo de secado. (A=*Q. robur* español; B=*Q. petraea* español; C=*Q. pyrenaica* español; D=*Q. faginea* español; E=*Q. robur* francés; F=*Q. petraea* francés; G=*Q. alba* americano)

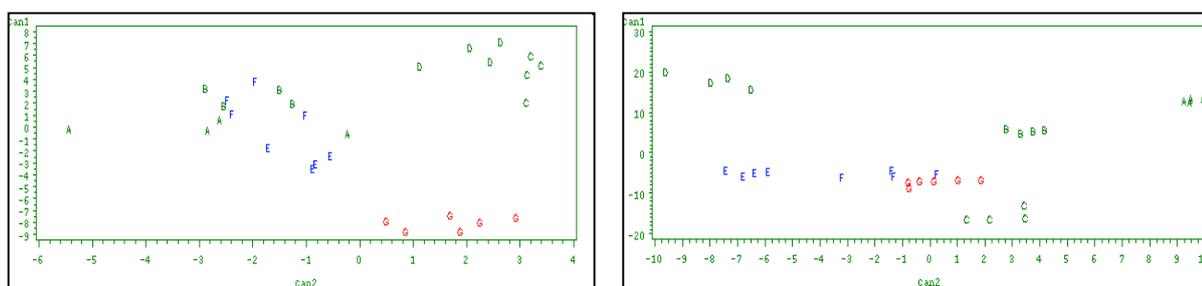
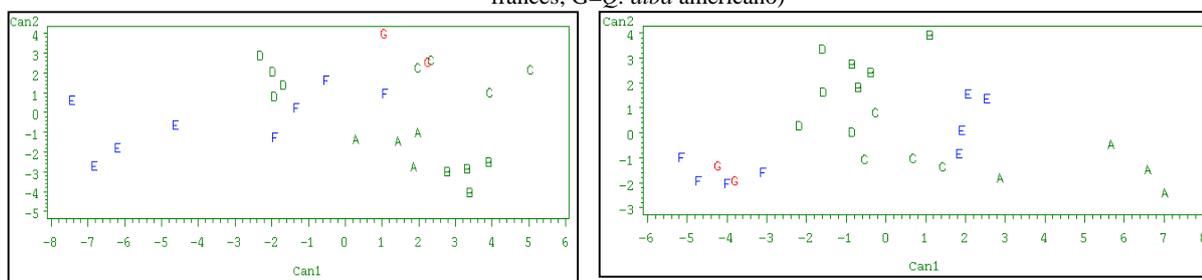


Figura 2.- Análisis canónico discriminante de fenoles volátiles (izda.) y lactonas, compuestos furánicos, piranonas y otros compuestos relacionados (dcha.) después del periodo de secado)

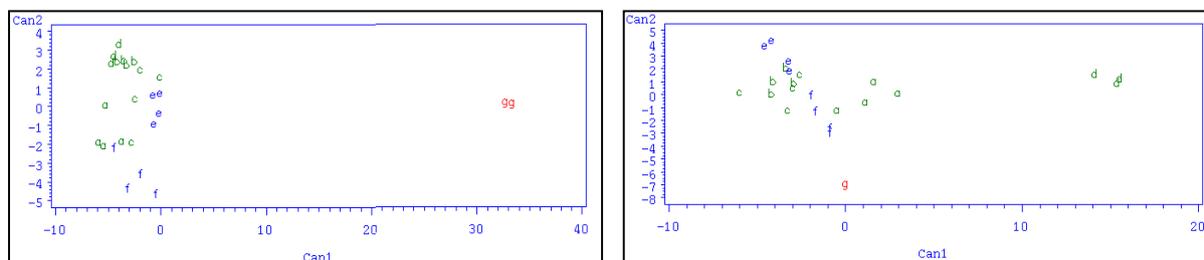


Figura 3.- Análisis canónico discriminante de polifenoles de bajo peso molecular (izda.) y elagitaninos (dcha.) después del tostado

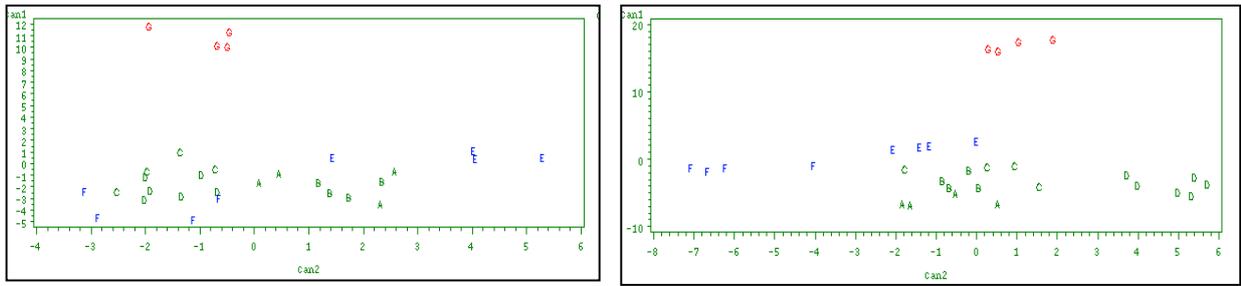


Figura 4.- Análisis canónico discriminante de fenoles volátiles (izda.) y lactonas, compuestos furánicos, piranonas y otros compuestos relacionados (dcha.) después del tostado

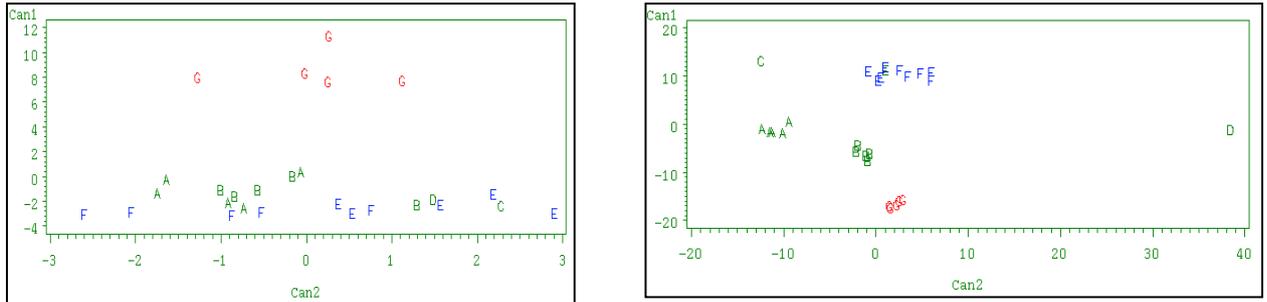


Figura 5.- Análisis canónico discriminante de polifenoles y color de vinos (izda.) y polifenoles de bajo peso molecular (dcha.) después de 21 meses de crianza

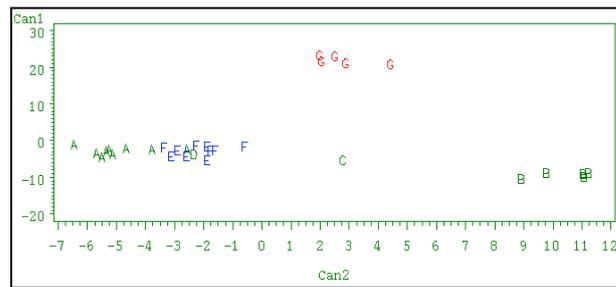


Figura 6.- Análisis canónico discriminante de componentes volátiles en vinos después de 21 meses de crianza

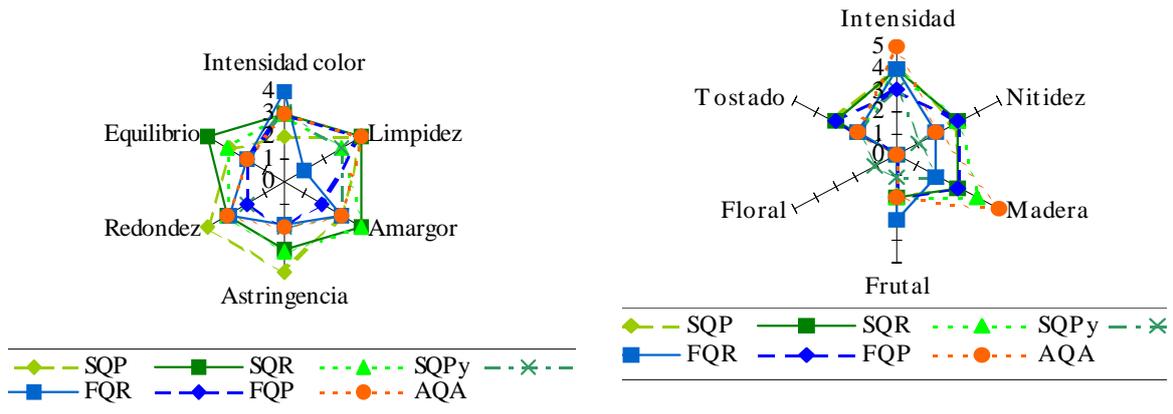


Figura 7.- Diagramas de tela de araña de los valores medios obtenidos en el análisis sensorial de los vinos envejecidos 21 meses; SQP=Español *Q. petraea*; SQR=Español *Q. robur*; SQPy=Español *Q. pyrenaica*; SQF=Español *Q. faginea*; FQR=Francés *Q. robur*; FQP=Francés *Q. petraea*; AQA=Americano *Q. alba*.

