

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio
Natural**

“EFECTO DEL TIPO DE MADERA Y SU ENVEJECIMIENTO SOBRE LA FRACCIÓN VOLÁTIL DEL VINO”

“Effect of different oaks and oak aged on the volatil fraction of wine”



TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Alumna: Nerea Tomás Hernandez

Tutora: M^a Dolores Raigón Jiménez

Curso académico: 2015-2016

Valencia, Julio de 2016



RESUMEN

El vino es uno de los productos gastronómicos más antiguos, admirados y celebrados de la cultura mediterránea. Hoy en día, está recogido como uno de los alimentos opcionales dentro de pirámide de la alimentación que propone la Guía de la Alimentación Saludable de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Así mismo es bien sabido que la crianza en bodega, además de aportar un envejecimiento apreciable, le dota de unas características nuevas. Las diferencias más significativas se observan en el cambio de color, y por consiguiente, de contenido en polifenoles, taninos y antocianos. También se conocen, cada vez más, los compuestos volátiles aportados por las diferentes maderas de roble que realzan la calidad del vino y su potencial aromático. Para avanzar en el conocimiento de estos compuestos y de su relación con el análisis sensorial del vino, surge este trabajo que tiene como objetivo conocer los componentes volátiles procedentes de un vino y los aportados por su crianza en barricas de roble con diferente procedencia (francés, húngaro y americano) y diferente reutilización (nueva, un uso y dos usos) durante un periodo de 90 días (3 meses aproximadamente). Por consiguiente, se ha recabado información sobre los diferentes terruños donde se plantan los robles para conocer las variaciones en cuanto al roble blanco utilizado en la bodega. También se ha establecido como objetivo el conocimiento de la variación cromática del vino entre el vino joven y el vino envejecido. La bodega oxida los componentes polifenólicos del vino y esto lleva a un cambio de color del rubí de un joven al teja de un gran reserva. Y, finalmente, se ha realizado un análisis sensorial de las muestras mediante un panel de cata. Para ello se ha utilizado como vino una mezcla de dos variedades de uvas, 70% Monastrell y 30% Syrah. Se ha realizado el coupage del vino tras su envejecimiento en bodega para conocer los aromas del producto final y se han catado las diferentes muestras para correlacionar los análisis experimentales mediante espectrofotometría para conocer el color y cromatografía de gases para conocer los compuestos volátiles con el análisis sensorial. El análisis sensorial es clave para que la bodega se oriente sobre la evolución del vino y de su aceptación final. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en los factores maderas y usos. En el factor tiempo, dado que el periodo de envejecimiento es corto, no muestra diferencias entre el vino joven y envejecido. El vino también ha alcanzado diferencias significativas en cuanto al color. El análisis sensorial a dado lugar a diferenciar qué compuestos volátiles deben estar presentes y en qué cantidad para que afecten tanto en el estímulo olfativo como en el estímulo gustativo a los aromas percibidos tanto florales como frutales y a madera.

PALABRAS CLAVE: cromatografía, espectrofotometría, sensorial, oxidación, aroma, crianza, roble.

ALUMNA: Dña. Nerea Tomás Hernández
TUTORA: Prof. Dña. María Dolores Raigón Jiménez
Valencia, Julio de 2016

ABSTRACT

Wine is one of the oldest, admired and celebrated product of Mediterranean culture. Today, it is picked up as one of the optional foods within the food pyramid proposed by the Healthy Eating Guide of the Spanish Society of Nutrition Community. Also it is well known that aging in barrels, besides providing an appreciable aging, gives the wine some new features. The most significant differences are observed in the color change, and therefore content in polyphenols, tannins and anthocyanins. Also are increasingly known the volatile compounds provided by the different oak wood, that enhanced the wine quality and its aromatic potential. To advance knowledge of these compounds and their relationship with wine sensory analysis, comes this work that aims to determine the volatile components from a wine and those provided by its aging in oak barrels with different origins (French, Hungarian and American) and different reuse (new, one use and two uses) over a period of 90 days (approximately 3 months). Therefore, we have given information about the different terroirs where oaks are planted to know the variations in the white oak used in the barrel. It has also been established as an objective, the knowledge of the color variation between the young wine and the aged one. The barrel oxidized the wine's polyphenolic components leading to a color change from ruby in young wines to tile in reserves. And finally, it has made a sensory analysis of the samples by a taste panel. The wine that has been used is a mixture of two varieties of grapes, 70% Monastrell and 30% Syrah. It was made the blend wine after aging in oak barrers to know the final product's aromas and have tasted the different samples to correlate experimental analysis by spectrophotometry to determine the color and gas chromatography to find the volatiles with sensory analysis. Sensory analysis is the key for the winery to know about the wine's evolution and its final acceptance. The results show significant differences in the oak barrels and uses. At the time factor, since the aging period is short, it shows no difference between young and aged wine. The wine has also reached significant differences in the color. Sensory analysis is essential to differentiate which volatile compounds are present and in what quantity to affect the olfactory and gustatory stimulus in terms of perceive the floral, fruit and wood aroma.

KEYWORDS: chromatography, spectrophotometry, sensory, oxidation, aroma, aging, oak.

ALUMNA: Dña. Nerea Tomás Hernández
TUTORA: Prof. Dña. María Dolores Raigón Jiménez
Valencia, Julio de 2016

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	EL CULTIVO DE LA VID Y LA UVA	1
1.2	EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL VINO	1
1.3	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA UVA Y DEL VINO	2
1.4	INFLUENCIA DE LA MADERA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL VINO	5
1.4.1	EL ROBLE BLANCO HÚNGARO	5
1.4.2	EL ROBLE AMERICANO	5
1.4.3	EL ROBLE FRANCÉS	6
1.5	INFLUENCIA DEL ENVEJECIMIENTO EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL VINO	6
1.5.1	LOS CAMBIOS PRODUCIDOS POR EL ENVEJECIMIENTO DEL VINO EN BARRICA	7
1.5.2	PRINCIPALES SUSTANCIAS VOLÁTILES PROCEDENTES DE LA MADERA DE ROBLE	8
1.5.3	COMPUESTOS FENÓLICOS PROCEDENTES DE LA MADERA DE ROBLE	9
1.6	LA VALORACIÓN SENSORIAL	9
2	OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	11
2.1	OBJETIVOS	11
2.2	PLAN DE TRABAJO	11
3	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1	MATERIALES	13
3.2	MÉTODOS	14
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS	17
4.2	ESTUDIO DE RELACIONES	25
4.2.1	RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS CROMÁTICOS Y POLIFENÓLICOS	25
4.2.2	RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS VOLÁTILES Y LOS CROMÁTICOS Y POLIFENÓLICOS	27
4.2.3	RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS VOLÁTILES Y LA VALORACIÓN SENSORIAL	29
5	CONCLUSIONES	35
6	BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Las bayas o granos de uva	1
Figura 2	Clasificación de los compuestos fenólicos	3
Figura 3	Localización de los sabores en la lengua	10
Figura 4	plan de trabajo seguido para acometer los objetivos planteados	12
Figura 5	Muestra la salida del cromatograma de uno de los vinos y la del componente succinato de dietilo, donde se observa la buena identificación de los picos	15
Figura 6.	Sala de catas de vino	15
Figura 7.	Niveles de significación para el decanoato de metilo y el eugenol en función del tipo de madera de roble	22
Figura 8.	Interacción Interacción entre usos de la madera y el tipo de roble sobre el índice de polifenoles totales (izquierda) y el contenido en acetato de hexilo (derecha)	25
Figura 9.	Relaciones entre el índice de color y el contenido en taninos (arriba izquierda), entre el índice de color y el contenido en antocianos (arriba derecha), entre el contenido de taninos y antocianos (bajo izquierda) y entre el contenido en taninos y el índice de polifenoles totales (bajo derecha)	26
Figura 10.	Relaciones entre el índice de color y el contenido en 2-nonanol (izquierda) y entre el índice de color y el contenido en undecanoato de etilo (derecha)	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Compuestos aromáticos procedentes de la lignina	8
Tabla 2	Compuestos aromáticos procedentes de los polisacáridos	8
Tabla 3	Compuestos aromáticos procedentes de los lípidos	8
Tabla 4	Resultados ANOVA para los ésteres saturados con concentración promedio superior al 1%.	17
Tabla 5	Resultados ANOVA para los ésteres con concentración promedio superior al 1%.	17
Tabla 6.	Resultados ANOVA para los derivados fenólicos con concentración promedio superior al 1%.	18
Tabla 7.	Resultados ANOVA para los alcoholes con concentración promedio superior al 1%.	18
Tabla 8.	Resultados ANOVA para los ácidos carboxílicos con concentración promedio superior al 1%.	18
Tabla 9.	Resultados ANOVA para otros compuestos orgánicos con concentración promedio superior al 1%.	18
Tabla 10.	Resultados ANOVA para los ésteres saturados con concentración promedio inferior al 1%.	19
Tabla 11.	Resultados ANOVA para los ésteres con concentración promedio inferior al 1%.	20
Tabla 12.	Resultados ANOVA para los sesquiterpenos oxidados con concentración promedio inferior al 1%.	20
Tabla 13.	Resultados ANOVA para los monoterpenos con concentración promedio inferior al 1%.	20
Tabla 14.	Resultados ANOVA para los norcarotenoides con concentración promedio inferior al 1%.	20
Tabla 15.	Resultados ANOVA para los aldehídos y cetonas con concentración promedio inferior al 1%.	20
Tabla 16.	Resultados ANOVA para los alcoholes con concentración promedio inferior al 1%.	21
Tabla 17.	Resultados ANOVA para los ácidos carboxílicos con concentración promedio inferior al 1%.	21
Tabla 18.	Resultados ANOVA para los alcanos con concentración promedio inferior al 1%.	21
Tabla 19.	Resultados ANOVA para los hidrocarburos aromáticos con concentración promedio inferior al 1%.	21
Tabla 20.	Resultados ANOVA para los otros componentes orgánicos con concentración promedio inferior al 1%.	22

Tabla 21.	Resultados ANOVA para el contenido en antocianos, intensidad colorante (IC), índice en polifenoles totales (IPT) y taninos	23
Tabla 22.	Relaciones significativas entre los parámetros cromáticos y polifenólicos de los vinos	25
Tabla 23.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el índice de color de los vinos	27
Tabla 24.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el índice de polifenoles totales de los vinos	28
Tabla 25.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el contenido en taninos de los vinos	28
Tabla 26.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el contenido en antocianos de los vinos	29
Tabla 27.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz floral de los vinos	30
Tabla 28.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca floral de los vinos	30
Tabla 29.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz frutal de los vinos	31
Tabla 30.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca frutal de los vinos	31
Tabla 31.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz madera de los vinos	32
Tabla 32.	Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca madera de los vinos	33

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El vino es uno de los productos gastronómicos más antiguos, admirados y celebrados de la cultura mediterránea. Hoy en día, está recogido como uno de los alimentos opcionales dentro de la pirámide de la alimentación que propone la Guía de la Alimentación Saludable de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (Dapcich *et al.*, 2004), ya que no sólo forma parte de la dieta mediterránea, sino que, además, estudios científicos avalan que su consumo moderado puede tener efectos beneficiosos para la salud. Así, es una de las bebidas alcohólicas de mayor producción y consumo del mundo, alcanzando una producción total de alrededor de 275,7 millones de hectolitros (OIV, 2015).

1.1. El cultivo de la vid y la uva

La vid pertenece a la familia botánica de las vitáceas, siendo la especie *Vitis vinifera* la que se emplea para la vinificación. La planta se caracteriza por un sistema de raíces potente, un tronco robusto, hojas caducas, flores que se desarrollan formando el racimo y los posteriores frutos. El fruto, es una baya (la uva), que va engordando con la maduración hasta que llega un momento, donde en algunas variedades comienza a cambiar de color (envero) pasando del verde brillante al rojo pálido en las uvas tintas. Pocas semanas después del envero la uva ya está dispuesta para ser vendimiada. Durante la maduración ha ido acumulando azúcares (glucosa y fructosa) y perdiendo acidez porque van disminuyendo los ácidos orgánicos (tartárico y málico) y formándose los aromas. En este periodo es cuando se definen en el fruto la serie de características organolépticas que van a influir en los aromas primarios.

El racimo está formado por el raspón o esqueleto donde se ubican las bayas. El raspón aporta sustancias al vino, porque se mantiene en maceración con el mosto durante la fermentación. Aporta principalmente acidez y taninos, de forma que los vinos se hacen más duros y astringentes. Las bayas o granos de uva (figura 1) están formados por los hollejos o pieles que atesoran la mayor parte del color y del aroma. En su contacto con el vino en el proceso de

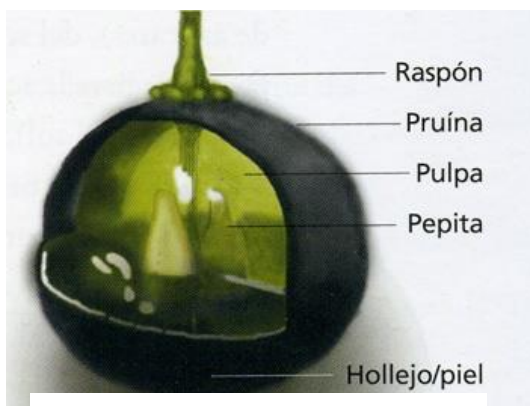


Figura 1. Partes del grano de uva

fermentación los hollejos pueden aportar, fundamentalmente, agua, ácidos málico y tartárico, sales, taninos, materia colorante, aromas, etc. En la pulpa residen los principales componentes del mosto (agua, y azúcares), que durante la fermentación se convierten en vino. Las pepitas o semillas situadas en el interior de la baya, ceden una pequeña proporción de taninos al vino. De una manera general puede decirse que la vendimia está compuesta, en promedio, por un 5% de raspón, un 7% de hollejos, un 4% de pepitas y un 84% de pulpa (Hidalgo Togores, 2011).

1.2. El proceso de obtención del vino

El vino es la bebida resultante de la fermentación alcohólica total o parcial de la uva fresca o del mosto (Serdio, 2009). Las operaciones mediante las cuales se transforma la uva en vino se conocen con el nombre de vinificación.

El proceso comienza con el estrujado, donde se rompe el hollejo de la uva para liberar el zumo, se extrae el color y se airean los mostos. Seguidamente se despallan los racimos al separarse de los granos de uva, eliminando la aspereza. A continuación, se produce la maceración. Es preciso fraccionar todos los componentes útiles de la uva dotados de buen aroma y de buen sabor. En la piel y en las pepitas hay sustancias indeseables de sabor herbáceo, vegetal y amargo, por lo que ésta etapa debe ser muy vigilada. La maceración aporta al vino

tinto sus cuatro características específicas: color, taninos, componentes del extracto (cuerpo) y aromas.

El punto más importante de la vinificación es la fermentación alcohólica, que se define como el proceso por el cual las levaduras transforman los azúcares del mosto en etanol y CO₂ (Zambonelli, 2003). Durante la fermentación, además de etanol y CO₂ se produce cierta cantidad de otros compuestos, que en gran medida contribuyen al sabor y aroma final del vino (Peynaud, 1989; Suárez Lepe, 1997). La fermentación alcohólica es el proceso bioquímico mejor estudiado y *Saccharomyces cerevisiae* es el género de levaduras más importante en enología ya que es la responsable de la fermentación de la mayor parte de los azúcares del mosto (Mesas y Alegre, 1999). Durante la fermentación es fundamental el control de la temperatura porque a altas temperaturas aumenta la volatilidad de los componentes y por lo tanto la pérdida de sustancias aromáticas. Por eso, la temperatura de fermentación debería ser tal que permitiera la mejor expresión de las sustancias volátiles aromáticas, asegurara un desarrollo correcto del proceso fermentativo y contribuya a la obtención de un producto dotado de la tipicidad propia de su denominación.

Se produce el descube o separación del vino de las partes sólidas, siguiéndose con la fermentación maloláctica, que es una segunda fermentación que, a no ser que se impida, la sufren los vinos jóvenes cuando ha terminado o está a punto de terminar la fermentación alcohólica. Consiste en un proceso por el cual ciertos microorganismos (fermentos lácteos) desencadenan la fermentación del ácido málico (más verde y acidulo) que se transforma en ácido láctico (más suave) y carbónico. Las bacterias lácticas son un grupo no taxonómico de bacterias que agrupa a todas aquellas bacterias capaces de producir ácido láctico a partir de azúcares. Dentro de este grupo hay especies capaces de desarrollarse en el vino a pesar de ser un medio inhóspito dado su contenido en alcohol y su bajo pH (Maturano *et al.*, 2015). La población de levaduras disminuye, en gran parte, debido a la producción de sustancias tóxicas que son sintetizadas por ellas mismas. Se trata fundamentalmente de los ácidos hexanoico, octanoico, decanoico y dodecanoico y de sus ésteres, que actúan sinérgicamente con el etanol. (López *et al.*, 2015). A partir de ese momento, el vino sigue todos los demás procesos habituales hasta el envejecimiento y embotellado.

1.3. Componentes principales de la uva y del vino

El vino es una bebida obtenida por fermentación que posee múltiples componentes. El alcohol etílico es el más abundante. Pero la fracción más importante es la que se encuentra en cantidades menores y que contribuyen al sabor característico de cada vino. Así, los aldehídos contribuyen al aroma y al sabor y proceden de la oxidación del alcohol correspondiente. Respecto a los ácidos (ácido tartárico, málico, cítrico y tánico), se generan en el propio mosto como consecuencia de la maduración de la uva; otros (carbónico, acético, fórmico, láctico, succínico) surgen durante el proceso de fermentación o después del mismo. Los ésteres se producen de la reacción de condensación entre alcoholes y ácidos; de ellos, el acetato de etilo es el más abundante. Otros componentes importantes del vino son los polifenoles que incluyen pigmentos, colorantes, ácidos fenólicos y taninos (estos últimos responsables del efecto astringente del vino). Los compuestos fenólicos constituyen un grupo de componentes de la uva cuya acumulación confiere a la misma su valor tecnológico (Navarro *et al.*, 2003). El resveratrol es uno de los compuestos fenólicos más ampliamente estudiado en el género *Vitis vinifera*, ya que se considera el principal responsable de los efectos beneficiosos del vino en la salud

1. INTRODUCCIÓN

humana. En contraste con muchas frutas y verduras, cada una rica en uno o dos polifenoles en particular, en el vino hay muchos polifenoles diferentes. Finalmente destacar que muchos de estos compuestos podrían ser responsables del efecto preventivo que tiene el consumo moderado de vino sobre las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras enfermedades degenerativas (Guerrero *et al.*, 2009). También son muy importantes los carbohidratos (glucosa, fructosa) requeridos por las levaduras. Las sustancias nitrogenadas (aminoácidos y amoníaco) también son sustrato para las levaduras durante la fermentación. En cantidades más pequeñas también se encuentran la vitamina B1 o tiamina, B2 o riboflavina, B5 o piridoxina y ácido pantoténico. Y, finalmente, una fracción moderada de minerales (Woller y de la Torre, 2004).

Los polifenoles de la uva influyen en el color y del aroma de un vino. Para su clasificación se distingue entre los compuestos flavonoides y no flavonoides (figura 2). Bajo la denominación de no flavonoides se incluyen los ácidos fenoles y otros derivados fenólicos como los estilbenos. Los ácidos fenoles son moléculas derivadas del ácido benzoico o cinámico, que pueden aparecer en el vino en forma libre o esterificada, especialmente con el ácido tartárico (ésteres hidroxicinámicos). Son incoloros, inodoros e insípidos, aunque pueden oxidarse con el tiempo, tornándose de color amarillo y participando en el pardeamiento de los vinos, especialmente de los blancos. Además, pueden tener cierto papel como copigmentos.

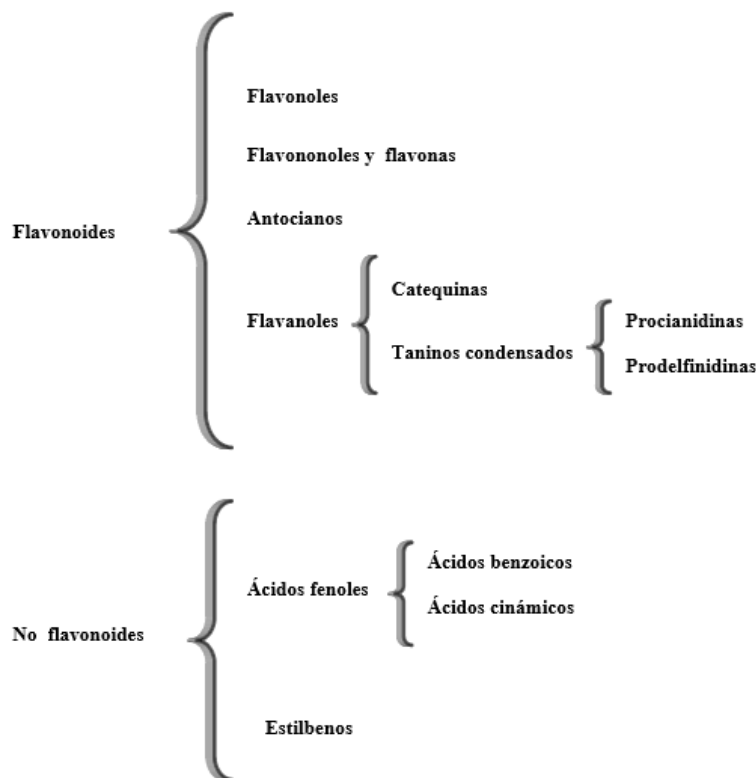


Figura 2. Clasificación de los compuestos fenólicos.

Los polifenoles se encuentran localizados principalmente en las vacuolas del hollejo y de la pulpa. Bajo la acción de algunos microorganismos pueden transformarse en fenoles volátiles, que presentan olores muy característicos y a veces defectuosos, como el etil-vinil-4-fenol y el etil-vinil-4-guayacol. Los compuestos flavonoides están principalmente representados en la uva por los antocianos y los flavanoles. Pueden encontrarse en forma libre o como heterósidos, mucho más abundantes. En los tintos contribuyen a una pequeña parte de la componente amarilla del color, localizados en el hollejo. Por una parte, los antocianos son los compuestos responsables de las componentes roja y azul del color de los vinos tintos. Estos antocianos, pueden encontrarse en forma glicosilada, recibiendo el nombre de antocianinas, o en forma

1. INTRODUCCIÓN

aglicona (las antocianidinas), siendo más estables las primeras. La glucosa puede a su vez ligarse a un ácido orgánico (cumárico, cafeico, acético) para formar las denominadas antocianinas aciladas. En el género *Vitis vinifera* se han identificado cinco moléculas de antocianidinas: cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina y malvidina, pero su contenido y composición en la uva dependen enormemente de la especie y de la variedad. Por otro lado, los flavanoles están presentes en la uva en forma de monómeros (catequinas) y en forma más o menos polimerizadas (taninos condensados). Se localizan en las semillas. La denominación procianidina o prodelfinidina viene determinada según den lugar, mediante hidrólisis, a cianidina o delphinidina respectivamente en medio fuertemente ácido. Son los principales responsables de la componente amarilla del color de los vinos tintos, además del sabor amargo y la astringencia de los mismos. Finalmente, se encuentran los taninos presentes en el hollejo y los presentes en las pepitas y que aportan astringencia a los vinos.

Los compuestos aromáticos presentes en la uva son los responsables del aroma primario o varietal de los vinos. Estos compuestos pueden encontrarse en forma libre, percibiéndose por el olfato tal y como se encuentran en la uva, o en forma combinada (precursores del aroma), normalmente en mayor proporción pero inodoros, pudiendo transformarse en aromas libres durante la elaboración de los vinos por simple ruptura de un enlace químico, proporcionándole sus aromas característicos. Más adelante, durante la etapa fermentativa surgirá el denominado aroma secundario por acción de levaduras y bacterias, y después el aroma terciario durante la crianza de los vinos, tanto en bodega como en botella (Hernández-Orte *et al.*, 2002).

Existen cuatro familias que son básicamente las responsables del aroma varietal de las uvas. Los alcoholes y aldehídos (C_6) se forman a partir de los ácidos linoleico y linolénico cuando las uvas entran en contacto con el aire, y su formación es catalizada por las enzimas lipoxigenasa, peroxidasa y alcohol deshidrogenada. Así cuando se realiza el molturado o prensado de la uva, estos compuestos aumentan considerablemente. Estos compuestos son en gran parte los responsables de los aromas herbáceos de mostos y vinos, fundamentalmente los aldehídos, aunque durante la fermentación casi todos son transformados en los alcoholes correspondientes, que son menos aromáticos. Entre los derivados fenólicos (aldehídos y alcoholes) se encuentran el benzaldehído, la vainillina, el alcohol bencílico y el 2-feniletanol. Estos compuestos se asocian a descriptores aromáticos agradables, como el aroma a cereza y caramelo del benzaldehído, el floral asociado a los alcoholes bencílico y feniletanol o el especiado de la vainillina. Entre los terpenos se encuentran aldehídos, ácidos, ésteres, hidrocarburos simples y alcoholes, siendo éstos últimos los más odorantes. Son los principales responsables de los aromas florales y frutales. Su concentración varía según la variedad de uva, sin embargo. En cuanto a los derivados norisoprenoides presentes en la uva, existen moléculas de 9, 10, 11 y 13 átomos de carbono, siendo estos últimos los más aromáticos, como la β -damascenona, β -ionona, ionol y vitispirano, presentando olores característicos y muy apreciados en ciertos vinos. Al igual que los monoterpenos, también pueden encontrarse en forma de glicósidos inodoros. Su origen está ligado a la existencia y degradación de ciertos carotenoides, como β -caroteno, luteína, neoxantina o violaxantina. La concentración de carotenoides y, por tanto, de compuestos norisoprenoides, aumenta durante la fase de crecimiento de la baya para disminuir hasta la maduración. Este aumento, además, está fuertemente ligado a la intensidad lumínica recibida por las bayas, ya que así se favorece la degradación de sus precursores. Hay que tener en cuenta que no todos los compuestos aromáticos evolucionan de la misma manera y, sobre todo, que no todos ellos contribuyen finalmente al aroma del vino, ya que no todos superan la llamada concentración umbral.

El vino cuidadosamente aislado del aire tiene posibilidades para absorber oxígeno; por ejemplo, a través de las duelas del barril. Si el vino de barril está más supeditado a la acción del oxígeno, también lo está la propia madera, que actúa como agente del proceso, incorporándole ciertas características (tanino adicional y vainillina, que confiere al vino un sabor a vainilla) de la madera.

1.4. Influencia de la madera en las características del vino

La madera y el vino han tenido siempre una estrecha relación. En un principio la madera se empleaba como envase de almacenamiento y transporte. Más adelante, se fueron conociendo las bondades de este material en contacto con el vino, las modificaciones que en él generan, así como la mejora producida en los caldos. Sólo los árboles que han alcanzado un cierto nivel de desarrollo y que poseen un considerable volumen de duramen sirven para construir las duelas. Respecto al tamaño de los poros en la madera, depende básicamente de la velocidad a la que ha crecido el árbol. Los robles de crecimiento más moderado generarán una madera más densa y menos porosa. El material más ampliamente usado para la fabricación de barricas en todo el mundo es el roble, el motivo no es otro que la unanimidad existente en enología en cuanto a sus propiedades físicas y aportes aromáticos (Barrera-García *et al.*, 2006).

La madera de roble, por su estructura celular y su composición aromática, constituye a que los grandes tintos reciban durante su crianza un volumen moderado de oxígeno, filtrado y estéril, que activa la evolución biológica de los vinos, mejorando sus cualidades, enriqueciendo la complejidad de sus aromas y matizando su color. El roble aporta taninos y polisacáridos. El leño es diferente según cuál sea la procedencia del árbol. Para el bodeguero es muy importante que la madera provenga de la zona intermedia del tronco (duramen o corazón), ya que es más duradera, resistente a la humedad y rica en taninos (Mijares y Sáez Illobre, 2007).

La porosidad de la madera es uno de los aspectos que más influyen en el resultado que del envejecimiento del vino. Así, los vinos que maduran en barricas de roble con menor porosidad tendrán unas características aromáticas mucho más marcadas y serán menos astringentes y más suaves en boca (Garde-Cerdán y Ancín-Azpilicueta, 2006).

1.4.1. El roble blanco húngaro

En el interior de los Cárpatos noroccidentales se extiende una de las cordilleras volcánicas más jóvenes de Europa, de la cual forma parte la Cordillera Septentrional de Hungría. El clima típicamente continental de inviernos fríos y veranos secos combinado con las pendientes empinadas y suelos delgados de la cadena volcánica joven da por resultado que el *Quercus petraea* crezca más lento, dando lugar al “roble de las rocas”, que se compone casi exclusivamente de roble albar de grano muy fino. El resultado es una madera que da un aporte aromático afrutado de alta concentración y complejidad con un bajo aporte de taninos que aportan al vino claridad en boca. En las barricas de éste roble, el curado de las duelas tarda 24 meses bajo un área situada en la inmediata vecindad de un bosque a orillas de un arroyo, lo que crea un microclima ideal para promover la actividad enzimática de los hongos y bacterias que son críticos para la transformación de los componentes de la madera. Respecto al tostado, hay una gran integración de taninos suaves que aumentan la longitud del paladar medio resaltando el carácter frutal y los aromas del vino con un toque especiado (<http://www.kadarhungary.com/es/heritage-future>).

1.4.2. El roble americano

El roble americano presenta una madera de crecimiento más rápido y es más poroso que el europeo. Debido a esta porosidad la transferencia de matices entre la madera y el vino es mucho más rápida y variada. Por un lado, el tostado medio contribuye significativamente a incrementar el dulzor del vino propiciando un mayor volumen sin aportar un nivel de tanicidad relevante. El programa de tostado consta de saltos térmicos moderados con gradientes de temperatura controlados que junto a un riguroso control de humedad permiten conseguir la máxima expresión aromática del roble. Aporta una concentración muy importante de nuez de coco, caramelo y vainilla que proporcionan al vino el carácter terciario propio de una crianza. El fuego de roble genera tostados menos agresivos y más respetuosos con la fruta. Por otro lado, el secado de las duelas se realiza al aire libre durante un periodo mínimo de 24 meses. Durante los cuales los taninos astringentes inmersos en las tablas se reducen para obtener la madera con

el óptimo nivel aromático y fenólico. Posteriormente, se produce el lavado natural de los taninos verdes de la madera, que hace que la carga tánica aportada contribuya al vino de forma positiva en cualquier aplicación. Y, finalmente, el corte de la madera con la que se elaboran estas barricas se realiza por serrado. Esto hace un proceso de elaboración mucho más simple que en el caso de las barricas europeas y que su coste también sea inferior, puesto que el rendimiento de la madera es casi el doble (<http://www.taransaud.com/#/home>).

1.4.3. El roble francés

El *Quercus petraea* también procede de los bosques del centro de Francia. Su concentración de taninos elágicos supera entre 3 y 5 veces al roble americano. Por lo tanto, aporta un importante estructura polifenólica al vino, confiere mayor longitud en boca y promueve la estabilización del color. El tostado medio tiende a incrementar la concentración de lactonas. En general, destacan los aportes de aromas balsámicos y especiados, muy respetuosos con la fruta del vino. El programa de tostado diseñado específicamente para conseguir una intensidad aromática elevada consta de varios picos de temperatura estratégicamente establecidos bajo un riguroso control de humedad. Se consigue un perfil aromático con grandes aportes de notas especiadas, almendra tostada, miel y vainilla que proporcionan al vino mayor complejidad y el carácter propio del vino tras su paso por la crianza. Al tratarse de una madera mucho menos porosa la evolución del vino será también mucho más pausada y los matices que le transmitirá serán también mucho más suaves (<http://toneleriamurua.com/barrica-francesa/>).

1.5. Influencia del envejecimiento en las características del vino

La barrica de roble nacida con el único fin de transportar los vinos, se ha convertido hoy en un elemento esencial de la enología. La barrica de madera nueva y aromática, influye de forma determinante en el envejecimiento del vino. Todos los análisis físico-químicos y sensoriales demuestran que el roble nuevo ofrece ventajas decisivas en la crianza. Aunque las barricas usadas defienden mejor el vino del desarrollo de la acidez volátil, la madera nueva favorece la fermentación maloláctica y la evolución de los pigmentos, taninos y polisacáridos. Los vinos tintos se benefician de los aromas arbóreos (cedro, regaliz, resina) proporcionados por el roble francés. La calidad radica en el secado y estufado de la barrica. El mejor secado es el natural de 2 a 3 años. La madera tostada aporta muchos más componentes que la natural y el tostado elimina mucho tanino verde. El tostado debe realizarse a temperaturas no muy altas para no quemar en exceso la madera y producir carbón vegetal. Los granos finos y superfinos confieren al vino un sabor sutil y elegante, más persistente; al contrario, un grano gordo transmite un sabor más grosero y evidente al vino, aunque también más efímero.

La madera más empleada, por su mejor precio, es la de roble americano, sin embargo, en la actualidad muchos enólogos emplean exclusivamente madera francesa. El empleo del roble francés o del roble americano se ha estudiado desde hace tiempo ya que producen vinos con unas características diferentes. Gran parte de estos estudios están centrados en la evolución del vino en las barricas fabricadas con roble de diferente origen botánico y geográfico (del Alamo, 2004; Mosedale *et al.*, 1999). También se ha estudiado la evolución en la composición polifenólica y aromática del vino en distintos tipos de roble (del Alamo *et al.*, 2004). Es importante establecer las diferencias entre el uso de barricas nuevas y barricas viejas o usadas, y no sólo desde el punto de vista económico sino, sobre todo, respecto a la calidad del vino obtenido. Los estudios sobre el envejecimiento en barricas nuevas y viejas describen los beneficios del empleo de barricas usadas para la crianza de vinos tintos y vinos blancos, aunque dada la complejidad y variedad de la composición del vino, cada uno envejece de forma diferente en cada madera. Durante el envejecimiento de vinos y destilados en barricas de roble se producen cambios químicos generalmente relacionados con los compuestos fenólicos (Puech, 1987). Estos sufren procesos de oxidación determinados por el oxígeno que penetra a través de los poros de la madera; también se producen polimerizaciones y combinaciones entre antocianos y taninos en los que el etanal actúa como intermediario (Pérez-Prieto *et al.*, 2002).

1. INTRODUCCIÓN

La composición fenólica del vino también se ve modificada por los fenoles que aporta la madera, taninos hidrolizables y compuestos fenólicos no flavonoideos (ácidos y aldehídos fenólicos libres) que provienen de la degradación de la lignina y que aportan la complejidad aromática que caracteriza a los vinos de crianza. Las familias de polifenoles, formadas por compuestos con semejanzas químicas estructurales como los ortodifenoles, las catequinas, y los polifenoles poco y muy polimerizados, los antocianos y las proantocianidinas tienen importancia no solo en las características sensoriales de vinos (Gomez-Cordoves y Gonzalez-San Jose, 1995) sino también en aspectos de salud. En numerosos trabajos se ha puesto de manifiesto la relación entre los compuestos fenólicos y los azúcares. El aumento de monosacáridos puede proceder de la degradación de los flavonoles (del Alamo *et al.*, 2000) ya que estos compuestos poseen una unión o-glicosídica con algunos monosacáridos. En este sentido, Cameira dos Santos *et al.* (1996) determinaron en vino tinto los ácidos orgánicos y los azúcares procedentes de derivados 3-glucósido y 3-p-cumarilglucósido de antocianos.

1.5.1. Los cambios producidos por el envejecimiento del vino en barrica

El vino está formado por más de 800 compuestos. El componente más abundante es el agua que ocupa un volumen de 80-90%, disueltas en el agua o en suspensión coloidal se encuentran los centenares de sustancias que completan la composición del vino. Ciertas sustancias están presentes en la uva y en el mosto y otras se forman durante las fermentaciones alcohólica y maloláctica. Otras, por último, se forman en las múltiples reacciones químicas y biológicas que tienen lugar durante la conservación y crianza (transformaciones globales que el consumidor puede percibir). El cambio de color por oxidación da idea de su edad. Al oxidarse el vino se precipitan los antocianos y pigmentos rojos y aumentan los taninos de color amarillo o teja. Por eso los vinos con pigmentos ricos en taninos se cubren durante la crianza. Estos taninos se redondean, pierden las aristas y su agresión, son más cómodos a la boca y pierden su dureza. También se produce un cambio en los aromas. El aroma de un vino joven o primario en el primer año va desapareciendo, dejando paso al secundario o de fermentación y al terciario o de conservación. El aroma propiamente dicho deja de existir y se transforma en *bouquet* (aroma de los vinos viejos). El envejecimiento es el periodo total de cambios y transformaciones del vino en sus conservaciones, primero en contacto con el aire que es la crianza y después en la botella.

La capacidad para el envejecimiento en barrica de los vinos tintos está relacionada en gran medida con su composición en compuestos fenólicos, básicamente de antocianinas responsables del color rojo, y de procianidinas responsables de parte del color amarillo y del gusto amargo, así como de la astringencia y del cuerpo del vino. Durante el proceso de envejecimiento se produce una polimerización de las procianidinas que da lugar a una disminución del gusto amargo y de la astringencia, y también a un incremento de la componente amarilla del color. Simultáneamente las antocianinas pueden dar lugar a dos tipos de reacciones: por una parte son oxidadas, lo que implica una disminución de la componente roja del color, y por otra se produce una combinación entre antocianinas y procianidinas, lo que da lugar a una estabilización del color rojo. Son precisamente estas combinaciones de antocianinas/procianidinas, las responsables del color de los vinos tintos añejos, así como de la capacidad del vino para resistir la capacidad oxidativa en la barrica. Por lo tanto, un vino tinto destinado a la crianza en barrica debe poseer una concentración elevada de antocianinas, ya que si no la oxidación de las mismas provocará una pérdida importante del color rojo del vino durante el envejecimiento. De igual manera, tiene que poseer una elevada concentración de procianidinas, ya que así se favorecerá la combinación entre las antocianinas y las procianidinas que permitirá una estabilización del color frente a posteriores oxidaciones.

1. INTRODUCCIÓN

En el caso de los antocianos, las diversas posibilidades de esterificación del azúcar glicosilante tienen un efecto particularmente determinante sobre la estabilidad de la molécula y sus capacidades colorantes (Valls *et al.*, 2000).

1.5.2. Principales sustancias volátiles procedentes de la madera de roble

Las sustancias volátiles que aporta la madera se clasifican en función del producto que los origina. Los compuestos procedentes de la lignina (tabla 1) son uno de los grupos más importantes (Viriot *et al.*, 1993). Dentro de este grupo cabe destacar el guayacol y el 4-metilguayacol, siendo su origen la degradación térmica de la lignina en el tostado de la dulea. Cabe destacar la vainillina.

Tabla 1. Compuestos aromáticos procedentes de la lignina.

Componentes	Descripción aromática	Origen	
Fenil cetonas	Acetofenona	Vainilla	
	Acetovainillona		
	Propionavainillona		
	Butirivainillona		
Fenoles volátiles	Guayacol	Quemado	Lignina
	Metil-guayacol		
	Etil-guayacol		
	Eugenol	Clavo de especia	
	Etil-4-fenol	Sudor de caballo	

Otro grupo importante son los compuestos volátiles que proceden de los polisacáridos de la madera (tabla 2). Estos proceden de la hemicelulosa y celulosa mediante reacciones de Maillard dando lugar a la aparición de furanos y heterociclos volátiles. Son de rápida extracción durante la crianza aunque normalmente su concentración es baja para participar en notas olfativas (Chatonet *et al.*, 1990).

Tabla 2. Compuestos aromáticos procedentes de los polisacáridos.

Componentes	Descripción aromática	Origen
Furanos	Furfural	Almendra tostada
	Metilfurfural	
	Hidroximetilfurfural	
	Alcohol furfúrico	
Otros heterocíclicos volátiles	Maltol	Caramelo tostado
	Dimetilpirazina	Café, avellana tostada
Ácido acético	Vinagre	Polisacáridos
Aldehídos fenoles	Vainillina	Vainilla
	Siringaldehído	
	Sinapaldhído	
	Coniferaldehído	

Y el último grupo importante son los compuestos aromáticos que proceden de la degradación de la madera de roble, aunque también están presentes en la madera verde. Aquí se encuentran unos de los compuestos más importantes cedidos por la madera desde el punto de vista sensorial, los isómeros de *cis* y *trans* de la β -metil- γ -octalactona, más comúnmente conocido como whisky lactona (tabla 3).

Tabla 3. Compuestos aromáticos procedentes de los lípidos.

Componentes	Descripción aromática	Origen
B-fenil- γ -octolactona	Isómero <i>cis</i>	Nuez de coco, roble
	Isómero <i>trans</i>	

1.5.3. Compuestos fenólicos procedentes de la madera de roble

Los compuestos fenólicos procedentes de la madera de roble son las sustancias no volátiles que tendrán una participación en el sabor y la evolución de los vinos, como son los ácidos fenólicos. La madera posee especialmente dos, el ácido elágico y el ácido gálico. Bajo el punto de vista de la contribución organoléptica, el ácido gálico contribuye en la sensación ácida de los vinos, mientras que el ácido elágico puede considerarse bastante neutro desde el punto de vista gustativo. Ambos ácidos pueden participar en la evolución del color del vino tinto mediante su contribución como copigmentos y mediante su acción antioxidante.

También se encuentran los taninos elágicos, entre ellos los eágicos o elagitaninos son muy abundantes en la madera de roble y contribuyen al sabor y la evolución de los vinos. Participan principalmente en la sensación de astringencia. También contribuyen en la evolución del color por su efecto antioxidante. Finalmente, las *cumarinas*, pueden considerarse como derivados de los ácidos cinámicos que se forman mediante esterificaciones intramoleculares. Están en forma de heterósidos o en su correspondiente forma de agliconas. En la madera de roble están mayoritariamente en forma de heterósidos, los cuales son muy amargos. No obstante, la enzima cumarina esterasa la hidroliza transformándola en aglicona. Este proceso de hidrólisis tiene lugar durante el secado natural de la madera.

1.6. La valoración sensorial

Desde que se abre una botella de vino hasta que se degusta en la copa, un vino produce un conjunto de sensaciones o estímulos percibidos a través de los sentidos.

El primer estímulo percibido es el visual. El ojo es capaz de transformar en sensaciones luminosas algunas de las radiaciones recibidas, las que se encuentran entre 390 y 820 nm. El color de las uvas formado después del envero por la pérdida de clorofila, se da gracias a dos clases de pigmentos antoxantinas, de color amarillento, que están presentes en todas las pieles y antocianinas, de color rojo en medio ácido, que son exclusivamente de las variedades tintas. El color localizado en el hollejo, se extrae durante la fermentación alcohólica y la maceración. Y, por otra parte, el color del vino se debe a su capacidad de absorber de diferentes formas las radiaciones coloreadas que lo atraviesan. Un vino parece de color rojo (tinto) porque absorbe otros colores y deja pasar las radiaciones rojas al ojo. Por lo tanto, se puede definir el color de un vino por la forma en que absorbe, es decir, apaga, las radiaciones de las distintas longitudes de onda.

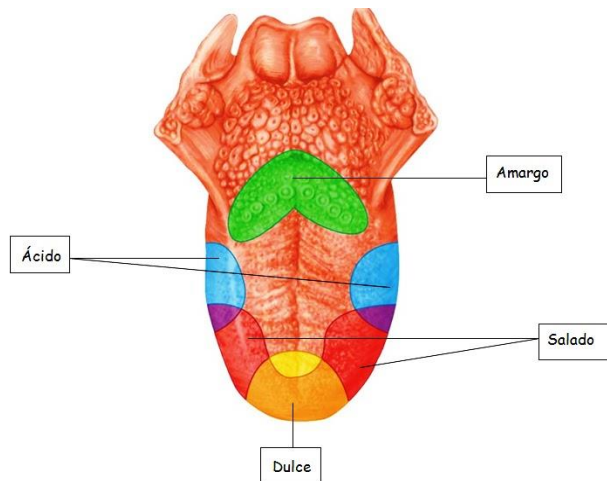
Los compuestos fenólicos, principalmente los antocianos y los taninos, son los responsables del color, astringencia y estructura de los vinos, por lo que tienen una considerable incidencia en sus características organolépticas. Con el tiempo, experimentan transformaciones que conducen a cambios en la composición de los vinos, por ello pueden considerarse el factor que determina su aptitud al envejecimiento. Cuando el vino envejece el matriz rojo se atenúa poco a poco. Los antocianos desaparecen, se combinan con otros componentes y el vino vira hacia tonos de la teja, esto se debe a que los taninos, al condensarse, van tomando color ocre. Existe un paralelismo entre la evolución del color y la del gusto; un color ladrillo en un vino debe estar en consecuencia con un *bouquet* desarrollado (Castillo-Sánchez *et al.*, 2006).

Después de percibir el color, entra en juego el estímulo olfativo. El sentido del olfato determina por vía directa un conjunto de olores complejos (a frutas, flores, etc. asociados al origen de la materia prima, y otros olores individualizados (acetato de etilo, acetato de amilo, etc.) que caracterizan evoluciones del proceso de elaboración y/o conservación. Por vía indirecta, el estímulo olfativo se produce al beber, mediante los vapores que se liberan de la boca y estómago, los cuales arrastran los aromas a través del conjunto que enlaza la garganta con la nariz. Es lo que se conoce como aroma retronasal (Peynaud y Blouin, 2002). El vino contiene numerosas sustancias volátiles capaces de evaporarse y que tienen olores, éstas son conocidas como olorosas u odoríferas. Para que una sustancia en disolución se perciba como

1. INTRODUCCIÓN

aromática, lo primero que hace falta es que sea volátil. La volatilidad influye tanto como su potencia aromática. Las sustancias aromáticas pertenecen a diversas familias químicas: alcoholes, aldehídos ácidos, ésteres, terpenos y otros compuestos. Dentro de la misma serie, las sustancias tienen un coeficiente de volatilidad tanto más importante cuanto más voluminosa es su molécula y más elevado su número de átomos de carbono. Los alcoholes con mayores moléculas son los más volátiles y los más aromáticos. Esta ley es válida hasta diez átomos de carbono; por encima de ese número, las sustancias son poco volátiles y tienen menos olor. Para un mismo radical carbonado, los ésteres son más volátiles que los aldehídos, posteriormente los alcoholes y finalmente los ácidos son los menos aromáticos y volátiles.

Por último, se encuentra el *estímulo gustativo*. El gusto permite identificar, aislar y evaluar los cuatro sabores localizados en diferentes lugares de la lengua (figura 3).



El olfato reconoce y clasifica los productos volátiles de las moléculas difundidas en el aire, a condición de que sean solubles en la mucosa olfativa y estén dotadas de olor. Los olores son percibidos solamente en la fase gaseosa. La lengua, donde están repartidos los órganos del gusto, identifica otras moléculas, sobre todo sustancias no volátiles, o sea, fijas, a condición de que sean solubles en la saliva y estén dotadas de sabor. Los gustos o sabores sólo son captados en la fase líquida.

Figura 3. Localización de los sabores en la lengua

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. Objetivos

El objetivo principal del presente estudio es aportar información sobre los componentes aromáticos del vino tinto obtenido con un 70% de la variedad Monastrell y un 30% de la variedad Syrah, a la par que analizar cómo estas sustancias volátiles del vino se ven afectadas por el tipo de madera de roble (francés, húngaro y americano) de las barricas donde se realiza el envejecimiento y cómo influye el número de veces que la madera ha sido utilizada en el envejecimiento sobre los componentes aromáticos del vino (barrica nueva, barrica de un uso y barrica de dos usos).

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Analizar el perfil de componentes volátiles del vino tinto joven.
- Analizar el perfil de componentes volátiles del vino tinto después de tres meses de envejecimiento en barricas de madera de roble francés, roble húngaro y roble americano.
- Analizar el perfil de componentes volátiles del vino tinto después de tres meses de envejecimiento en barricas de madera de roble francés, húngaro y americano, cuando las barricas proceden de madera nueva, cuando las barricas han sido utilizadas una vez en el envejecimiento (usada) y cuando las barricas han sido utilizadas dos veces en el envejecimiento (reusada).
- Analizar la influencia sobre los componentes aromáticos en el vino tinto envejecido, tras la interacción del tipo de madera de roble de la barrica y el uso de madera nueva, y madera de usada y reusada.
- Analizar el perfil de componentes volátiles del vino tinto obtenido como coupage que contiene un 3% de vino procedente de uva tintorera, elaborado en las mismas condiciones que el vino ensayado y el 97% restante obtenido de: un 60% de vino procedente de madera nueva, 21% procedente de madera usada y 19% de madera reusada y dentro de cada tipo de madera por partes iguales en origen de madera, de los nueve vinos envejecidos en las barricas de los tres tipos de madera y tres tipos de usos.
- Analizar los componentes cromáticos y polifenólicos de todos los vinos tintos (joven y envejecidos) obtenidos.
- Evaluar el perfil sensorial de todos los vinos tintos (joven y envejecidos) obtenidos.
- Establecer posibles relaciones entre los diferentes parámetros volátiles, cromáticos, polifenólicos y sensoriales de los vinos tintos (joven y envejecidos) obtenidos.

2.2. Plan de trabajo

El plan de trabajo seguido para acometer los objetivos planteados ha sido el siguiente (figura 4):

- Obtención del vino (70% Monastrell y 30% Syrah) de la vendimia 2015 mediante el procedimiento de vino tinto, con fermentación etanólica y maloláctica.
- Envejecimiento, durante 100 días, en bodega en barricas de madera de roble francés, roble húngaro y roble americano, con barricas de madera nueva, usada y reusada.
- Elaboración del coupage de vino tinto, con partes porcentuales de los nueve vinos (tres tipos de madera y tres usos de la madera).
- Análisis cromatográfico (gases-masas) para la determinación de los componentes volátiles de los vinos.
- Análisis espectrofotométrico de los componentes cromáticos y polifenólicos de los vinos.
- Análisis sensorial mediante panel experto de los vinos.
- Estudio de los resultados mediante técnicas estadísticas.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

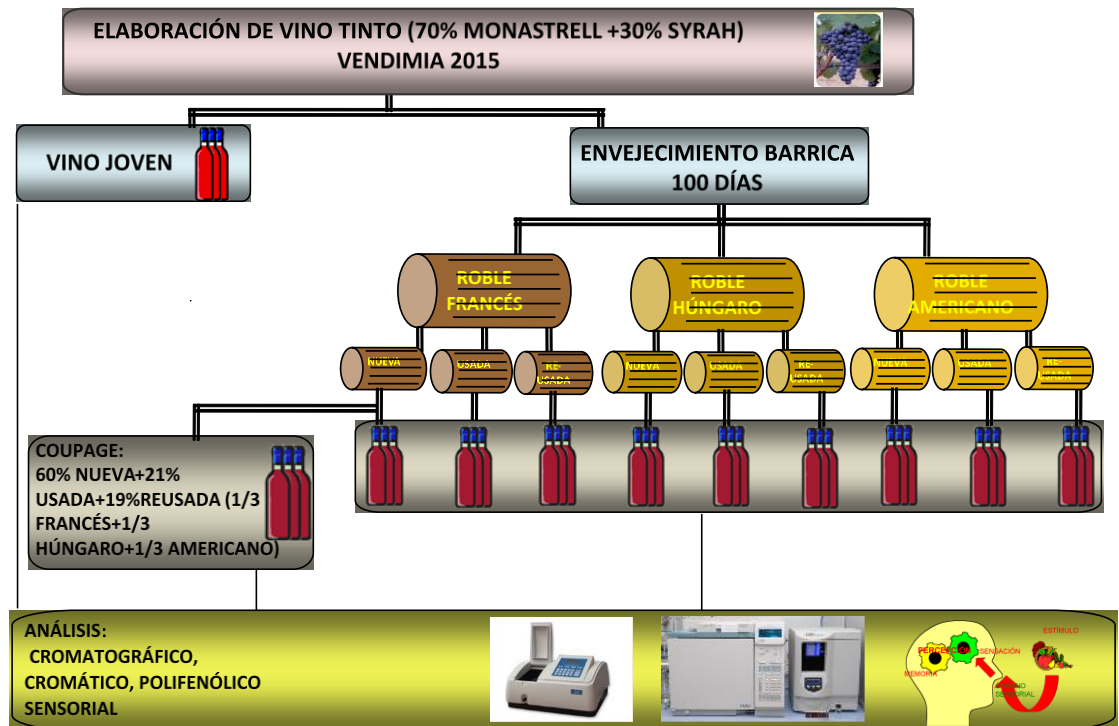


Figura 4. Plan de trabajo

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Materiales

El material usado para el presente estudio han sido nueve muestras de vino procedentes del envejecimiento de los vinos en tres tipos de barricas de roble (francés, húngaro y americano) y de tres tipos de usos de la madera (nueva, usada y reusada). Así mismo, se estudia el vino joven que da lugar a los diferentes tipos de envejecimiento y el coupage obtenido de las barricas a los 100 días de envejecimiento, obtenido de una mezcla formada por un 60% de vino procedente de madera nueva, un 21% de vino procedente de madera usada y un 19% de vino procedente de madera reusada, y dentro de cada procedencia, de forma equitativa (1/3 para vino de barrica de madera de roble francés más 1/3 de vino de roble húngaro y 1/3 de vino de roble americano. En total se han empleado 33 vinos ya que cada tipo de vino se analiza por triplicado.

El vino empleado pertenece a la cosecha 2015 y ha sido elaborado y envejecido en las instalaciones de Bodegas Bocopa, en la zona del Vinalopó (Alicante). Se trata de una cooperativa de segundo grado de la que forman parte las correspondientes cooperativas de Petrer, Sax, Castalla, Ibi, La Romana y La Canyada. Las viñas del Vinalopó y de la Foia de Castalla que alimentan la cooperativa se sitúan a unos 150 m del mar, afectadas por el clima seco, con pocas precipitaciones, y alta radicación (unas 2800 h de sol anuales de promedio), que repercute directamente en una alta evaporación. En esta comarca se sitúa la zona de producción de uvas tintas, de la variedad Monastrell, variedad identitaria o de mayor importancia de la Denominación de Origen Alicante. El valle que une las poblaciones de Villena con Cañada, en la Sierra del Morrón, es una zona más fría y en ella se desarrolla muy bien la variedad de uva Syrah. Los suelos de estas dos zonas son arcillosos calizos y arenosa-calizo.

El proceso de elaboración y vinificación comienza con un aporte de sulfuroso a la materia prima (5 g/HL) y los pasos más críticos han sido:

- Criomaceración (maceración en frío a 5 °C) durante 5 días para conservar mejor las características organolépticas y disminuir la oxidación de los componentes volátiles.
- Inoculación de levaduras y adición de enzimas pectolíticas y de nutrientes en forma orgánica e inorgánica (fosfato amónico, tiamina, aminoácidos, etc.).
- Remontados manuales (3-4 veces diarias).
- Descube sobre 1030 de densidad con verificación mediante cata.
- Prensado y separación de calidades y posterior descube, escurrido y fermentación maloláctica.
- Paso del vino joven a las diferentes barricas para un envejecimiento de 100 días (3 meses aproximadamente).

Las barricas empleadas en el envejecimiento tienen una dimensión de 300 L de volumen. Todas han sufrido un tostado medio y un secado natural de la madera de roble de 3 años al aire libre. Las barricas en la bodega son conservadas en una cava climatizada que permite mantener los vinos a una temperatura constante y controlada. La toma de muestras se realizó directamente de la barrica, sin mover el líquido del interior. Por lo que para la toma de muestras para el coupage (últimos volúmenes de las barricas) puede verse afectada por la acción de la decantación de sustancias en el fondo de la barrica.

Otros equipos empleados han sido, espectrofotómetro UV-Visible Schott modelo UV/line9400, equipo de cromatografía gaseosa GC Hewlett-Packard (HP) modelo 6890 equipado con un inyector *splitless* adecuado para el análisis SPME (microextracción en fase sólida) y un detector de espectrometría de masas (MS) Agilent 5973.

Para el cromatógrafo, se utilizó helio como gas portador con un caudal de 1 mL/min. Los componentes se separaron en una columna capilar SPB-5 de 60 m × 0,32 mm × 1,0 micras de espesor de película (Supelco). El programa de temperatura del horno fue de 5 min a 40 °C y luego 3 °C min⁻¹ a 200 °C durante 5 min.

Además, se ha empleado diferente material volumétrico de vidrio, tanto en bodega, como en el laboratorio.

3.2. Métodos

Para las **determinaciones cromáticas y de polifenoles**, las muestras fueron previamente centrifugadas a 2000 rpm durante 5 minutos, separando el residuo sólido y decantando el extracto acuoso, que es el que se emplea en las determinaciones.

La determinación del índice de polifenoles totales (IPT) se realiza mediante la medida espectrofotométrica de la absorbancia de la muestra a 280 nm (A_{280}) en cubeta de cuarzo de 1 cm, según la metodología descrita por Ribéreau-Gayon *et al.* (1982). Los resultados se obtienen de la expresión:

$$\text{IPT (mg/L)} = 100 \cdot A_{280}$$

Para caracterizar el color de los vinos, se determinan las absorbancias a 320, 420, 520 y 620 nm en cubeta de 1 cm en un espectrofotómetro UV-Visible. Con estas medidas de longitud de onda, se determinan los parámetros de intensidad colorante (IC), antocianos y taninos (Glories, 1984), según las ecuaciones:

$$\text{IC} = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

$$\text{Antocianos (mg/L)} = 100 (22,76 \cdot A_{520})$$

$$\text{Taninos (mg/L)} = 100 \cdot 76 [A_{280} - 0,4 (A_{320} - 0,2 \cdot A_{520}) - 0,6 \cdot A_{520}]$$

La determinación del **perfil de componentes volátiles**, se realiza con las muestras de vino refrigeradas a 4 °C, para minimizar la pérdida de los compuestos volátiles. Cuando la temperatura de las muestras está atemperada y estable, se abre la botella y se pesan 5 g de la muestra de vino en un vial de vidrio de 15 mL que contiene 2 g de NaCl. Los viales se sellan posteriormente con septos PTFE-silicona (Supelco, Bellefonte, PA, EE.UU.) y se mezclan los componentes por agitación. Los volátiles de las muestras se equilibran entre la fase sólida y la fase gaseosa, evitándose las pérdidas por evaporación y quedando retenidos entre el espacio de cabeza (*static headspace*). Cada análisis se realiza por triplicado utilizando diferentes viales.

La técnica de extracción de los compuestos orgánicos y adsorción de los analitos de la matriz (vino) por una fase sólida inmovilizada sobre una fibra de sílice fundida se realiza en dos etapas:

1ª etapa: La muestra es calentada durante 30 minutos y una temperatura de 40 °C y con agitación a velocidad constante.

2ª etapa: Se retira la fibra (situada en el espacio de cabeza) y se lleva la muestra al cromatógrafo, donde se inyecta y se produce la desorción por calentamiento de la fibra.

La temperatura del inyector se fijó de acuerdo con la naturaleza de la fibra utilizada, es decir a 290 °C para la fibra CAR-PDMS, de valor cercano a la temperatura máxima recomendada por el fabricante.

La detección de los componentes se realizó mediante espectrometría de masas en la corriente iónica total obtenida por impacto electrónico a 70 eV. Los constituyentes se identificaron mediante la comparación a partir de las áreas de pico de cada compuesto a través del software del que dispone el cromatógrafo. No ha sido necesario integrar por iones seleccionados porque quedaban bien diferenciados los picos. La figura 5 muestra la salida del cromatograma de uno de los vinos y la del componente succinato de dietilo, donde se observa la buena identificación de los picos.

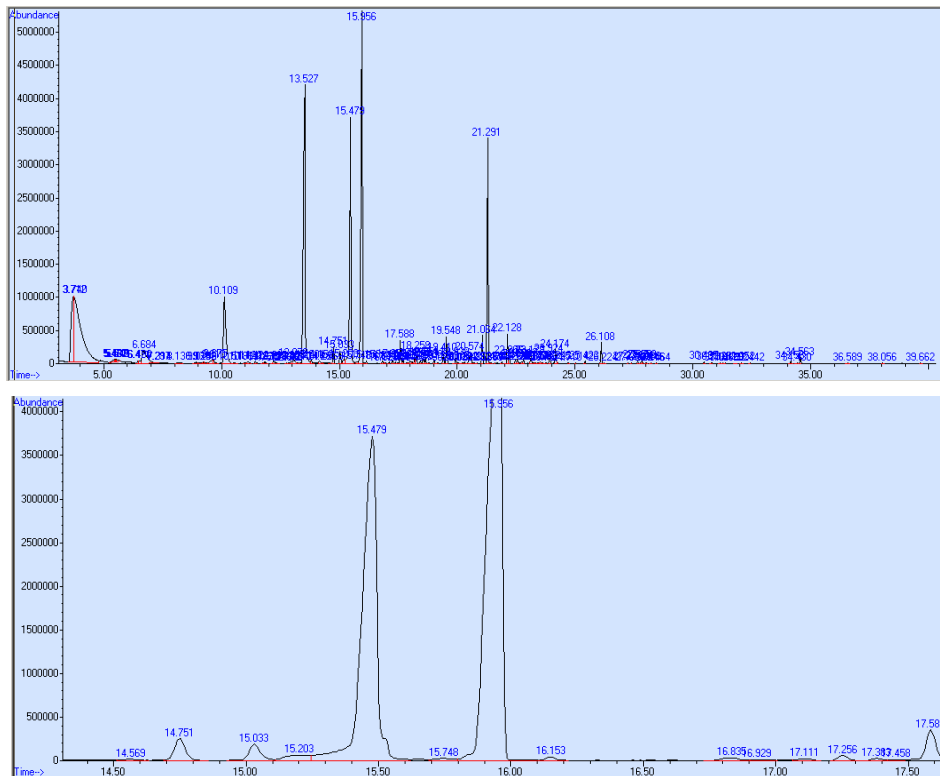


Figura 5. Cromatograma de un vino (arriba) y del succinato de dietilo (abajo)

La **evaluación sensorial** de los vinos se llevó a cabo por el panel catadores expertos, en la sala de catas de la bodega Bocopa, que cuenta con mesas individuales separadas por paneles y luz regulable (figura 6), empleando copas de cata normalizadas 3591 (ISO 3591, 1997) cubiertas con un vidrio de reloj para minimizar la evaporación de compuestos volátiles.

A cada catador se le proporcionó una ficha de cata específica con la que se puntuaron los caracteres visuales, olfativos y gustativos, así como una valoración global. Cada uno de los caracteres se puntuó según la sensación percibida, de tal manera que la puntuación máxima de cada atributo del vino es de 10 puntos. Se anotaron también algunos aspectos de interés sobre las muestras (determinados aromas, defectos, etc.) en el apartado de “Notas de cata”, sobre todo las características sensoriales más destacadas de cada vino y, particularmente, aquellas que distinguían un vino de otro. A la fase visual se la puntuó con un valor global. En la fase olfativa y gustativa, llamadas respectivamente, nariz y boca, se diferenciaron el aroma y sabor frutal, floral, a madera y defectuoso, así como las características más destacadas de cada vino, particularmente, aquellas que distinguían un vino de otro.



Figura 6. Sala de catas de vino

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el tratamiento de los datos se ha trabajado con el programa estadístico Statgraphics Plus versión 5.1. El estudio estadístico de los resultados de los parámetros analizados se ha dividido en dos partes:

- Realización de un estudio univariante. Este apartado tiene como objetivo estudiar individualmente cada uno de los parámetros en función de las variables dependientes (tipo de barrica y usos), así como la interacción entre los factores. Como sistema de comparación múltiple en estos análisis de varianza se ha empleado el método LSD con un nivel de significación del 5%.
- Realización de un estudio de relaciones lineales entre los componentes volátiles de los vinos y los parámetros cromáticos y polifenólicos y de evaluación sensorial. Para la realización de este apartado se emplea el test Durbin-Watson para determinar si existe alguna correlación significativa con un nivel de confianza del 90%, 95% y al 99%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados descriptivos

En este apartado se analizan los resultados descriptivos de cada uno de los parámetros obtenidos. Para ello se han dividido los componentes volátiles obtenidos del análisis cromatográfico en dos grupos; por un lado, los componentes que presentan concentraciones superiores al 1%, entre los que se encuentran ésteres saturados, ésteres, derivados fenólicos, alcoholes, ácidos carboxílicos y otros compuestos orgánicos, y por otro lado componentes que presentan una concentración inferior al 1%, entre los que destacan también ésteres saturados y ésteres, sesquiterpenos oxidados, monoterpenos, carotenoides, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, alcanos, hidrocarburos aromáticos y otros compuestos orgánicos. En los casos donde se han podido asignar, se ha otorgado el valor A=afutado, E=especiado, F=floral, H=herbáceo, O=oxidado, a cada componente volátil, según el criterio de Meng *et al.* (2011). Por último, se muestran los resultados de los parámetros cromáticos y polifenólicos. En todos los casos se muestra el valor promedio de cada parámetro, en función de cada uno de los factores estudiados, así como el intervalo de concentraciones obtenido y el valor del estadístico p (cuando $p < 0,05$, el contenido obtenido es estadísticamente significativo).

La tabla 4 muestra los resultados de los componentes volátiles encontrados en los vinos con concentraciones promedio superiores al 1% que se corresponden con ésteres saturados. La tabla 5 muestra los que se corresponden con ésteres. La tabla 6 muestra los que se corresponden con derivados fenólicos, la tabla 7 con alcoholes, la tabla 8 con ácidos carboxílicos y la tabla 9 con otros compuestos orgánicos.

Tabla 4. Resultados ANOVA para los ésteres saturados con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Hexanoato de etilo	7,123 (6,32-7,92) p=0,509	6,732 (6,48-6,99) p=0,509	6,741 (6,30-7,18) p=0,182	7,181 (6,74-7,62) p=0,182	6,626 (6,18-7,07) p=0,182				5,58 (4,91-6,44) p=0,182	A
Succinato de dietilo	6,043 (4,14-7,95) p=0,481	7,032 (6,46-7,63) p=0,481	6,126* (5,57-7,00) p=0,00	6,835 (6,28-7,39) p=0,00	6,118 (5,56-6,67) p=0,00	5,965 (5,40-6,53) p=0,00	6,600 (6,04-7,16) p=0,00	6,513 (5,95-7,08) p=0,00	13,086 (12,12-14,05) p=0,00	A
Octanoato de etilo	21,161 (17,35-24,97) p=0,425	18,921 (17,72-20,12) p=0,425	19,826 (18,01-21,64) p=0,005	20,343 (18,53-22,16) p=0,005	19,473 (17,66-21,29) p=0,005	20,174 (18,43-21,92) p=0,002	18,423* (16,66-20,16) p=0,002	21,055 (19,31-22,80) p=0,002	10,281 (7,14-13,43) p=0,005	A
Decanoato de etilo	1,299 (0,80-1,80) p=0,392	0,982 (0,82-1,14) p=0,392	11,46 (10,71-12,20) p=0,001	11,20 (10,46-11,94) p=0,001	10,74 (10,00-11,49) p=0,001	11,153* (10,77-12,14) p=0,001	10,182 (9,50-10,86) p=0,001	11,767 (11,08-12,45) p=0,001	6,842 (5,56-8,13) p=0,001	A
Dodecanoato de etilo	1,299 (0,80-1,8) p=0,392	0,982 (0,82-1,14) p=0,392	0,968 (0,68-1,25) p=0,296	0,890 (0,61-1,17) p=0,296	0,866 (0,58-1,15) p=0,296	0,929 (0,64-1,21) p=0,300	0,853 (0,57-1,14) p=0,300	0,942 (0,54-1,23) p=0,300	1,647 (1,15-2,14) p=0,296	A
Hexadecanoato de etilo	0,173 (0,11-0,23) p=0,008	0,037 (0,01-0,03) p=0,008	0,39 (0,29-0,50) p=0,108	0,24 (0,14-0,35) p=0,108	0,41 (0,30-0,51) p=0,108	0,382 (-0,01-0,09) p=0,082	0,329 (-0,02-0,08) p=0,082	0,0397 (-0,01-0,09) p=0,082	0,050 (-0,13-0,23) p=0,108	A

*En negrita los valores estadísticamente significativos

Tabla 5. Resultados ANOVA para los ésteres con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
1-butanol,3-metil-acetato	2,781 (2,51-3,05) p=0,629	2,685 (2,60-2,77) p=0,629	2,648 (2,50-2,80) p=0,227	2,878 (2,73-3,03) p=0,227	2,603 (2,45-2,75) p=0,227	2,726 (2,57-2,88) p=0,525	2,61 (2,45-2,77) p=0,525	2,793 (2,64-2,95) p=0,525	2,465 (2,21-2,72) p=0,227	

Se observa que la fracción de alcoholes (con el 1-pentanol en valores que oscilan entre el 23 y el 27%) y la de otros componentes orgánicos, que está representada también por un alcohol (alcohol fenílico con fracciones entre el 15 y el 16,5%) son las mayoritarias de entre los componentes mayoritarios.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6. Resultados ANOVA para los derivados fenólicos con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
2-etilhexil salicilato	1,135	1,135	1,449	1,47	1,991	2,295	1,62	0,995	3,372	F
	(-0,64-2,91)	(-0,64-2,91)	(0,40-2,49)	(0,42-2,52)	(0,94-3,04)	(1,27-3,32)	(0,60-2,64)	(-0,03-2,02)	(1,56-5,18)	
	p=0,605	p=0,605	p=0,673	p=0,673	p=0,673	p=0,451	p=0,451	p=0,451	p=0,673	

Tabla 7. Resultados ANOVA para los alcoholes con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
1-pentanol	23,634	26,07	25,811	25,973	26,613	25,284	27,682	25,432	25,497	F
	(21,44-25,83)	(25,37-26,76)	(24,49-27,14)	(24,65-27,30)	(25,29-27,94)	(24,05-26,51)	(26,45-28,91)	(24,20-26,66)	(23,37-27,63)	
	p=0,137	p=0,137	p=0,611	p=0,611	p=0,611	p=0,135	p=0,135	p=0,135	p=0,135	

Tabla 8. Resultados ANOVA para los ácidos carboxílicos con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Ácido optanoico	1,331	0,962	0,919	1,068	0,947	1,0154	0,802	1,116	0,752	O
	(0,97-1,69)	(0,84-1,08)	(0,70-0,14)	(0,85-1,29)	(0,73-1,16)	(0,80-1,23)	(0,59-1,01)	(0,90-1,33)	(0,30-1,21)	
	p=0,174	p=0,174	p=0,594	p=0,594	p=0,594	p=0,326	p=0,326	p=0,326	p=0,594	
Ácido decanoico	1,378	1,131	1,143	1,203	1,153	1,121	1,133	1,245	0,814	O
	(1,13-1,63)	(1,05-1,20)	(1,00-1,28)	(1,06-1,34)	(1,01-1,29)	(0,98-1,26)	(1,11-1,38)	(1,12-1,38)	(0,57-1,06)	
	p=0,180	p=0,180	p=0,227	p=0,227	p=0,227	p=0,164	p=0,164	p=0,164	p=0,223	

Tabla 9. Resultados ANOVA para otros compuestos orgánicos con concentración promedio superior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Alcohol fenílico	15,052	16,26	15,555*	16,329	15,77	15,22	16,161	16,273	19,64	F
	(13,19-16,92)	(15,67-16,84)	(14,58-16,54)	(15,35-17,30)	(14,79-16,75)	(14,26-16,18)	(15,20-17,12)	(15,31-17,24)	(17,95-21,33)	
	p=0,380	p=0,380	p=0,048	p=0,048	p=0,048	p=0,034	p=0,034	p=0,034	p=0,048	

*En negrita los valores estadísticamente significativos

La extracción de compuestos volátiles de la madera depende de la cantidad de compuestos que sean potencialmente extraíbles, y del tiempo de contacto entre el vino y la bodega (Garde-Cerdán y Ancín-Azpilicueta, 2006). Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que el efecto del tiempo, no influye sobre la fracción de componentes volátiles mayoritarios en el vino, ya que no se han encontrado diferencias significativas al 95% de confianza, por lo que se puede afirmar que el envejecimiento de tres meses en bodega es insuficiente para que se produzcan cambios importantes en la variación volátil mayoritaria del vino. El hexanoato de etilo y decanoato de etilo, no muestran casi diferencias entre los vinos envejecidos y el vino nuevo, lo que puede deberse a que su hidrólisis depende del pH y de la temperatura, siendo la misma para todos los tipos de madera (Garde-Cerdán *et al.*, 2002).

Respecto al tipo de madera de roble se han encontrado diferencias en los contenidos de tres compuestos, que están relacionados con los aromas afrutados, de la serie de ésteres saturados (succinato de dietilo, octanoato de etilo y decanoato de etilo), y con el alcohol fenílico, que está relacionado con los aromas florales. En concreto, el succinato de dietilo se relaciona con el aroma a chocolate a los vinos. Se observa que el tipo de roble americano es el que más influye en la extracción de estos componentes, aunque cuando se realiza el coupage es cuando se observa diferencias estadísticas entre los contenidos de estos componentes aromáticos del vino de mezcla y los presentes en los vinos individuales, siendo superiores en el vino coupage.

También se observan diferencias estadísticamente significativas en los componentes de succinato de dietilo, octanoato de etilo y con el alcohol fenílico, en función del uso de la madera. De manera que los vinos de la madera usada son los que mayor concentración presentan de succinato de dietilo y del alcohol fenílico, existiendo diferencias estadísticas en los contenidos de estos componentes de los vinos individuales, frente a los del coupage, donde las

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

concentraciones se incrementan. Las diferencias encontradas para el octanoato de etilo son diametralmente opuestas a las observadas para los dos componentes anteriores, disminuyendo en los vinos de la madera usada y en el vino coupage, siendo las diferencias estadísticamente inferiores para los niveles de este componente aromático del vino coupage.

El aumento del contenido de los ésteres que muestran los vinos de la madera usada puede deberse a un menor grado de evaporación en las barricas ya empleadas en una ocasión, ya que disminuye su porosidad, puesto que la mayoría de los poros han sido tapados por previos depósitos minerales de sal y por pigmentos colorantes (Pérez-Prieto *et al.*, 2002).

La tabla 10 muestra los resultados de los componentes volátiles encontrados en los vinos con concentraciones promedio inferiores al 1% del grupo de los ésteres saturados.

Tabla 10. Resultados ANOVA para los ésteres saturados con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Acetato de hexilo	0,151 (0,12-0,18) p=0,612	0,14 (0,13-0,15) p=0,612	0,145* (0,13-0,16) p= 0,00	0,157 (0,15-0,17) p= 0,00	0,145 (0,13-0,16) p= 0,00	0,155 (0,15-0,17) p= 0,00	0,136 (0,12-0,15) p= 0,00	0,157 (0,15-0,17) p= 0,00	0,061 (0,04-0,08) p= 0,00	A
2-hexanoato de etilo	0,154 (0,14-0,17) p=0,252	0,141 (0,14-0,15) p=0,252	0,139 (0,13-0,15) p= 0,043	0,153 (0,14-0,61) p= 0,043	0,138 (0,13-0,16) p= 0,043	0,143 (0,13-0,15) p=0,269	0,145 (0,14-0,15) p=0,269	0,142 (0,13-0,15) p=0,269	0,122 (0,11-0,14) p= 0,043	A
Heptanoato de etilo	0,316 (0,27-0,36) p=0,844	0,322 (0,31-0,34) p=0,844	0,325 (0,30-0,35) p=0,994	0,33 (0,30-0,36) p=0,994	0,316 (0,29-0,34) p=0,994	0,394 (0,27-0,32) p=0,249	0,349 (0,32-0,37) p=0,249	0,328 (0,30-0,35) p=0,249	0,284 (0,20-0,37) p=0,944	A
Octanoato de metilo	0,255 (-1,34-2,15) p=0,783	0,639 (0,04-1,24) p=0,783	0,214 (-0,75-1,18) p=0,031	0,22 (-0,741,185) p=0,031	0,2 (-0,76-1,16) p=0,031	0,206 (-0,76-1,17) p=0,031	0,226 (-0,74-1,19) p=0,031	0,204 (-0,76-1,17) p=0,031	4,483 (2,81-6,15) p=0,031	A
Hexanoato de isopentilo	0,178 (0,15-0,21) p=0,187	0,15 (0,14-0,16) p=0,187	0,159 (0,14-0,17) p= 0,007	0,153 (0,14-0,17) p= 0,007	0,156 (0,14-0,17) p= 0,007	0,156 (0,14-0,17) p= 0,006	0,150 (0,13-0,16) p= 0,006	0,163 (0,15-0,18) p= 0,002	0,086 (0,06-0,11) p= 0,007	A
Nonanoato de etilo	0,227 (0,20-0,25) p=0,142	0,197 (0,19-0,21) p=0,142	0,204 (0,19-0,22) p=0,062	0,205 (0,19-0,22) p=0,062	0,194 (0,18-0,21) p=0,062	0,205 (0,19-0,22) p= 0,003	0,181 (0,17-0,19) p= 0,003	0,217 (0,20-0,23) p= 0,003	0,143 (0,11-0,17) p=0,062	A
Decanoato de metilo	0,11 (0,06-0,15) p=0,08	0,195 (0,18-0,21) p=0,08	0,189 (0,17-0,20) p= 0,00	0,269 (0,25-0,29) p= 0,00	0,152 (0,14-0,17) p= 0,00	0,19 (0,16-0,22) p=0,091	0,186 (0,16-0,21) p=0,091	0,208 (0,19-0,23) p=0,091		A
3-fenilpropanoato de etilo	0,0196 (0,12-0,027) p=0,565	0,023 (0,02-0,02) p=0,565	0,022 (0,02-0,03) p=0,499	0,027 (0,02-0,03) p=0,499	0,02 (0,01-0,03) p=0,499	0,022 (0,02-0,03) p=0,836	0,022 (0,02-0,03) p=0,836	0,025 (0,02-0,03) p=0,836	0,020 (0,01-0,03) p=0,499	A
Octanoato de isopentilo	0,27 (0,23-0,31) p=0,232	0,231 (0,22-0,24) p=0,232	0,246 (0,22-0,27) p=0,105	0,246 (0,22-0,27) p=0,105	0,223 (0,20-0,25) p=0,105	0,263 (0,24-0,28) p= 0,002	0,198 (0,18-0,22) p= 0,002	0,254 (0,23-0,27) p= 0,002	0,197 (0,13-0,21) p=0,105	A
Undecanoato de etilo			0,026 (0,02-0,03) p=0,944	0,027 (0,02-0,03) p=0,944	0,026 (0,02-0,03) p=0,944					A
Vainillato de etilo	0,025 (0,18-0,03) p=0,693	0,023 (0,01-0,03) p=0,693	0,022 (0,02-0,03) p= 0,028	0,022 (0,02-0,03) p= 0,028	0,021 (0,01-0,03) p= 0,028	0,022 (0,01-0,03) p= 0,031	0,022 (0,02-0,03) p= 0,031	0,021 (0,01-0,03) p= 0,031	0,032 (0,03-0,04) p= 0,028	D
Decanoato de isopentilo	0,101 (0,09-0,12) p= 0,001	0,066 (0,06-0,07) p= 0,001	0,074 (0,07-0,08) p= 0,00	0,065 (0,06-0,07) p= 0,00	0,069 (0,06-0,07) p= 0,00	0,072 (0,06-0,08) p= 0,00	0,068 (0,06-0,07) p= 0,00	0,068 (0,06-0,07) p= 0,00	0,034 (0,02-0,04) p= 0,000	A
Tetradecanoato de etilo	0,143 (0,12-0,17) p= 0,022	0,096 (0,09-0,10) p= 0,022	0,115 (0,10-0,13) p= 0,0001	0,0943 (0,08-0,11) p= 0,0001	0,101 (0,09-0,11) p= 0,0001	0,219 (0,13-0,30) p=0,066	0,226 (0,12-0,33) p=0,066	0,142 (0,04-0,25) p=0,066	0,033 (0,01-0,05) p= 0,0001	A
Octanoato de decilo	0,158 (-0,01-0,33) p=0,549	0,233 (0,17-0,29) p=0,549	0,163 (0,07-0,25) p=0,057	0,184 (0,08-0,28) p=0,057	0,264 (0,16-0,37) p=0,057	0,219 (0,13-0,31) p=0,069	0,23 (0,12-0,32) p=0,069	0,142 (0,04-0,248) p=0,069	0,593 (0,41-0,78) p=0,057	E

*En negrita los valores estadísticamente significativos

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 11 muestra los resultados de los componentes volátiles encontrados en los vinos con concentraciones promedio inferiores al 1% del grupo de los ésteres. La tabla 12 muestra los que se corresponden con sesquiterpenos oxidados, la tabla 13 con monoterpenos, la tabla 14 con carotenoides, la tabla 15 con aldehídos y cetonas, la tabla 16 con alcoholes, la tabla 17 con ácidos carboxílicos, la tabla 18 con alcanos, la tabla 19 con hidrocarburos aromáticos y la tabla 20 con otros compuestos orgánicos. Se observa que esta matriz de componentes minoritarios es mucho más rica y variada que la de componentes con concentraciones superiores al 1%.

Tabla 11. Resultados ANOVA para los ésteres con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
β-fenil-etil acetato	0,749	0,757	0,761	0,747	0,714	0,749	0,795	0,389	0,900	A
	(0,60-0,90)	(0,71-0,80)	(0,67-0,85)	(0,66-0,83)	(0,63-0,80)	(0,65-0,82)	(0,71-0,82)	(0,60-0,77)	(0,75-1,05)	
	p=0,943	p=0,943	p=0,658	p=0,658	p=0,658	p=0,443	p=0,443	p=0,443	p=0,658	

Tabla 12. Resultados ANOVA para los sesquiterpenos oxidados con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Nerodiol	0,105	0,081	0,084	0,081	0,076	0,081	0,077	0,082	0,089	F
	(0,09-0,12)	(0,07-0,09)	(0,08-0,09)	(0,07-0,09)	(0,07-0,08)	(0,07-0,09)	(0,07-0,08)	(0,07-0,10)	(0,08-0,10)	
	p=0,015	p=0,015	p=0,111	p=0,111	p=0,111	p=0,135	p=0,135	p=0,135	p=0,111	

Tabla 13. Resultados ANOVA para los monoterpenos con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
β-citronelol	0,148	0,153	0,154	0,163	0,158	0,155	0,151	0,168	0,110	A
	(0,12-0,18)	(0,14-0,16)	(0,14-0,17)	(0,14-0,18)	(0,14-0,18)	(0,13-0,18)	(0,13-0,17)	(0,15-0,18)	(0,08-0,14)	
	p=0,83	p=0,83	p=0,302	p=0,302	p=0,302	p=0,223	p=0,223	p=0,223	p=0,302	

Tabla 14. Resultados ANOVA para los norcarotenoides con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Geranil-acetona	0,057	0,089	0,082	0,108	0,081	0,117	0,084	0,069	0,083	E
	(0,03-0,09)	(0,08-0,10)	(0,06-0,10)	(0,09-0,12)	(0,06-0,10)	(0,10-0,13)	(0,05-0,08)	(0,05-0,084)	(0,05-0,11)	
	p=0,141	p=0,141	p=0,279	p=0,279	p=0,279	p=0,024	p=0,024	p=0,024	p=0,279	
β-metil-ionona-	0,05	0,083	0,151	0,045	0,058	0,059	0,151	0,042	0,061	F
	(-0,04-0,14)	(0,05-0,11)	(0,10-0,21)	(-0,01-0,01)	(0,01-0,11)	(0,01-0,11)	(0,10-0,21)	(-0,02-0,10)	(-0,04-0,16)	
	p=0,605	p=0,605	p=0,299	p=0,299	p=0,299	p=0,300	p=0,300	p=0,300	p=0,299	

*En negrita los valores estadísticamente significativos

Tabla 15. Resultados ANOVA para los aldehídos y cetonas con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Nonanal	0,061	0,091	0,089	0,095	0,086	0,011	0,098	0,096		O
	(0,03-0,09)	(0,08-0,10)	(0,07-0,11)	(0,08-0,11)	(0,07-0,10)	(0,06-0,10)	(0,08-0,11)	(0,08-0,11)		
	p=0,133	p=0,133	p=0,481	p=0,481	p=0,481	p=0,306	p=0,306	p=0,306		
Undecanal	0,026	0,083	0,213	0,035	0,028	0,029	0,22	0,031	0,012	E
	(-0,18-0,23)	(0,01-0,16)	(0,06-0,37)	(-0,09-0,16)	(-0,15-0,20)	(-0,08-0,14)	(0,07-0,37)	(-0,183-0,246)	(-0,30-0,32)	
	p=0,702	p=0,702	p=0,637	p=0,637	p=0,637	p=0,586	p=0,586	p=0,586	p=0,637	
Decanal	0,096	0,113	0,126	0,164	0,104	0,142	0,118	0,121	0,055	E
	(0,04-0,16)	(0,10-0,12)	(0,08-0,17)	(0,12-0,20)	(0,07-0,14)	(0,10-0,18)	(0,08-0,16)	(0,09-0,17)	(-0,01-0,12)	
	p=0,591	p=0,591	p=0,302	p=0,603	p=0,603	p=0,58	p=0,58	p=0,58	p=0,302	
β-damascenona	0,706	0,682	0,689	0,695	0,552	0,645	0,673	0,729		E
	(0,65-0,76)	(0,67-0,70)	(0,66-0,72)	(0,66-0,73)	(0,63-0,70)	(0,61-0,67)	(0,64-0,70)	(0,70-0,76)		
	p=0,566	p=0,566	p=0,681	p=0,681	p=0,681	p=0,048	p=0,048	p=0,048		

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 16. Resultados ANOVA para los alcoholes con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
1-hexanol	0,528	0,546	0,556*	0,606	0,590	0,569	0,578	0,605	0,203	H
	(0,41-0,65)	(0,51-0,58)	(0,51-0,60)	(0,56-0,65)	(0,55-0,64)	(0,52-0,61)	(0,53-0,62)	(0,56-0,65)	(0,13-0,28)	
	p=0,843	p=0,843	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,00	p=0,000	
1-heptanol	0,121	0,191	0,178	0,261	0,166	0,177	0,242	0,186	0,095	E
	(0,12-0,224)	(0,16-0,223)	(0,12-0,24)	(0,20-0,32)	(0,11-0,22)	(0,12-0,24)	(0,18-0,30)	(0,13-0,25)	(-0,00-0,20)	
	p=0,355	p=0,355	p=0,206	p=0,206	p=0,206	p=0,396	p=0,396	p=0,396	p=0,206	
2-etil-1-hexanol	0,051	0,0625	0,064	0,068	0,058	0,051	0,067	0,075	0,055	A
	(0,04-0,06)	(0,58-0,07)	(0,05-0,07)	(0,06-0,08)	(0,05-0,08)	(0,04-0,06)	(0,06-0,07)	(0,07-0,08)	(0,04-0,07)	
	p=0,271	p=0,271	p=0,600	p=0,600	p=0,600	p=0,019	p=0,019	p=0,019	p=0,600	
Alcohol bencílico	0,111	0,115	0,117	0,115	0,112	0,102	0,126	0,116	0,120	F
	(0,09-0,13)	(0,11-0,12)	(0,11-0,13)	(0,10-0,12)	(0,10-0,12)	(0,09-0,11)	(0,11-0,13)	(0,18-0,12)	(0,10-0,14)	
	p=0,700	p=0,700	p=0,948	p=0,948	p=0,948	p=0,085	p=0,085	0,085	p=0,948	
1-octanol			0,205	0,253	0,273	0,275	0,250	0,186	0,131	F
			(0,17-0,24)	(0,20-0,31)	(0,02-0,31)	(0,22-0,33)	(0,22-0,28)	(0,13-0,24)	(0,08-0,19)	
			p=0,032	p=0,032	p=0,032	p=0,036	p=0,036	p=0,036	p=0,032	
1-nonanol	0,159	0,256	0,248	0,289	0,232	0,198	0,272	0,317	0,201	F
	(0,05-0,27)	(0,22-0,29)	(0,19-0,31)	(0,23-0,35)	(0,18-0,30)	(0,15-0,25)	(0,21-0,33)	(0,26-0,37)	(0,04-0,36)	
	p=0,215	p=0,215	p=0,633	p=0,633	p=0,633	p=0,13	p=0,13	p=0,13	p=0,633	
1-decanol	0,135	0,137	0,172	0,135	0,137	0,135	0,156	0,173	0,031	F
	(0,08-0,19)	(0,12-0,16)	(0,14-0,20)	(0,10-0,17)	(0,10-0,17)	(0,11-0,16)	(0,12-0,19)	(0,14-0,21)	(-0,02-0,08)	
	p=0,968	p=0,968	p=0,028	p=0,028	p=0,028	p=0,034	p=0,034	p=0,034	p=0,028	

*En negrita los valores estadísticamente significativos

Tabla 17. Resultados ANOVA para los ácidos carboxílicos con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Ácido hexanoico	0,675	0,703	0,696	0,76	0,698	0,705	0,700	0,749	0,566	O
	(0,57-0,78)	(0,67-0,74)	(0,63-0,76)	(0,70-0,82)	(0,64-0,76)	(0,64-0,77)	(0,63-0,76)	(0,69-0,80)	(0,46-0,67)	
	p=0,73	p=0,73	p=0,257	p=0,257	p=0,257	p=0,328	p=0,328	p=0,328	p=0,257	
Ácido nonanoico	0,117	0,104	0,123	0,089	0,119	0,129	0,114	0,095	0,064	O
	(0,08-0,16)	(0,09-0,12)	(0,09-0,15)	(0,05-0,13)	(0,09-0,10)	(0,10-0,16)	(0,08-0,15)	(0,06-0,13)	(0,03-0,10)	
	p=0,668	p=0,668	p=0,388	p=0,388	p=0,388	p=0,376	p=0,376	p=0,376	p=0,388	

Tabla 18. Resultados ANOVA para los alcanos con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Tetradecano	0,024	0,024	0,025	0,026	0,025	0,025	0,027	0,023	0,018	
	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,02-0,03)	(0,01-0,02)	
	p=0,996	p=0,996	p=0,600	p=0,600	p=0,600	p=0,448	p=0,448	p=0,448	p=0,600	
Hexadecano	0,047	0,047	0,043	0,04	0,572	0,037	0,065	0,038	0,048	
	(0,02-0,07)	(0,40-0,05)	(0,03-0,06)	(0,03-0,05)	(0,04-0,07)	(0,02-0,05)	(0,05-0,08)	(0,03-0,05)	(0,03-0,07)	
	p=0,998	p=0,998	p=0,735	p=0,735	p=0,735	p=0,189	p=0,189	p=0,189	p=0,735	
Heptadecano	0,034	0,032	0,034	0,029	0,031	0,033	0,036	0,023	0,034	
	(0,02-0,05)	(0,03-0,04)	(0,03-0,04)	(0,02-0,04)	(0,02-0,04)	(0,03-0,04)	(0,03-0,04)	(0,01-0,03)	(0,02-0,05)	
	p=0,726	p=0,726	p=0,974	p=0,974	p=0,974	p=0,469	p=0,469	p=0,469	p=0,974	

Tabla 19. Resultados ANOVA para los hidrocarburos aromáticos con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Difenil eter			0,05	0,053	0,048	0,038	0,058	0,051	0,053	F
			(0,04-0,06)	(0,04-0,06)	(0,04-0,06)	(0,03-0,05)	(0,05-0,07)	(0,04-0,06)	(0,04-0,07)	
			p=0,959	p=0,959	p=0,959	p=0,172	p=0,172	p=0,172	p=0,959	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 20. Resultados ANOVA para los otros componentes orgánicos con concentración promedio inferior al 1%.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage	Serie
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada		
Metoxi-fenil oxima	0,043 (-0,1930,28) p=0,412	0,184 (0,11-0,26) p=0,412	0,115 (-0,04-0,27) p=0,665	0,178 (0,06-0,30) p=0,665	0,263 (0,13-0,40) p=0,665	0,098 (-0,04-0,24) p=0,616	0,212 (0,07-0,35) p=0,616	0,248 (0,13-0,37) p=0,616	0,015 (-0,33-0,36) p=0,665	
Eugenol			0,035* (0,03-0,04) p=0,009	0,039 (0,03-0,04) p=0,009	0,026 (0,02-0,03) p=0,009	0,033 (0,02-0,04) p=0,763	0,034 (0,03-0,04) p=0,763	0,034 (0,03-0,04) p=0,763	0,027 (0,02-0,03) p=0,009	E
α-calacorona	0,093 (0,07-0,11) p=0,317	0,078 (0,07-0,08) p=0,317	0,088 (0,08-0,10) p=0,001	0,086 (0,08-0,09) p=0,001	0,075 (0,06-0,08) p=0,001	0,094 (0,08-0,10) p=0,00	0,070 (0,06-0,08) p=0,00	0,085 (0,08-0,09) p=0,00	0,032 (0,02-0,05) p=0,001	E
4-etilfenol	0,088 (0,06-0,11) p=0,764	0,093 (0,08-0,10) p=0,764	0,104 (0,09-0,12) p=0,642	0,086 (0,07-0,10) p=0,624	0,09 (0,07-0,10) p=0,624	0,858 (0,07-0,10) p=0,72	0,102 (0,87-0,12) p=0,72	0,092 (0,08-0,11) p=0,072		E
4-etilguaicol	0,109 (0,09-0,13) p=0,668	0,101 (0,10-0,11) p=0,668	0,106 (0,09-0,12) p=0,903	0,104 (0,09-0,11) p=0,903	0,099 (0,09-0,11) p=0,903					E

*En negrita los valores estadísticamente significativos

Respecto a los componentes cuya concentración se encuentra en los vinos en valores inferiores al 1%, se observa que solamente dos de ellos presentan diferencias significativas, al evaluar su concentración en función del envejecimiento. Se trata de dos ésteres saturados (decanoato de isopentilo y tetradecanoato de etilo) cuyas concentraciones son significativamente superiores en los vinos jóvenes. Estos dos componentes tienen una gran influencia en el carácter afrutado en los vinos (López de Lerma y Peinado, 2011), por lo que su mayor concentración en los vinos jóvenes proyecta este valor organoléptico en los vinos.

En cuanto al efecto del tipo de madera, se encuentran diferencias significativas en siete componentes de la serie de ésteres saturados. En general se observa que el vino envejecido en madera de roble americano destaca en la fracción aromática con mayor presencia del acetato de hexilo, 2-hexanoato de etilo, hexanoato de isopentilo, decanoato de metilo (figura 7), y menor concentración en los compuestos de vainillato de etilo, decanoato de isopentilo y tetradecanoato de etilo. Además, en la mayoría de estos compuestos, excepto para el caso del vainillato de etilo, los vinos procedentes del coupage, presentan concentraciones significativamente inferiores, de estos ésteres. La extracción de vainillato de etilo de la madera es rápida y muy importante durante los cuatro primeros meses, aunque este componente también se origina a partir de precursores existentes en el vino (Palomar, 2006). Para el caso de los alcoholes, se observan diferencias significativas para el 1-hexanol y el 1-octanol, principalmente debido a las diferencias encontradas en sus concentraciones para los vinos individuales, frente a las concentraciones que presenta el coupage. Por último, el eugenol y la α-calacorona son componentes que presentan diferencias significativas, siendo las concentraciones superiores en la madera de roble americano (figura 7) y también superiores en el caso de los vinos individuales, frente al coupage.

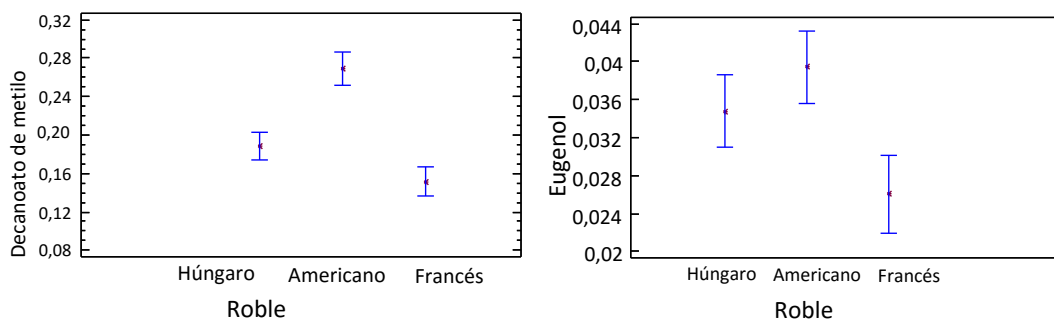


Figura 7. Niveles de significación para el decanoato de metilo y el eugenol en función del tipo de madera de roble

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferencias encontradas en el roble americano pueden ser debidas a que se trata de una madera que presenta mayor porosidad, lo que proporciona una mayor transferencia de matices entre la madera y el vino (Chatonnet y Dubourdieu, 1998).

En general el hecho de reusar la madera una o dos veces, no afecta sobre los componentes aromáticos del vino, estos resultados pueden ser debidos al poco tiempo que los vinos han estado en el proceso de envejecimiento. Se han observado ligeras diferencias sobre los compuestos de acetato de hexilo, hexanoato de isopentilo, nonanoato de etilo, 1-hexanol, 2-etil-1-hexanol y 1-decanol, donde la madera reusada genera mayor concentración. Mientras que la madera nueva de roble influye en mayor concentración de compuestos como α -calacorona, 1-octanol, el octanoato de isopentilo y el decanoato de isopentilo, que aportan matices afrutados al vino, y sobre el geranil-acetona, que aporta matices especiados (a madera) al vino. Además, en general, el efecto del coupage disminuye las concentraciones de los componentes volátiles, frente a la concentración que presentan los vinos individuales de madera nueva, usada y reusada.

En el vino, una concentración inicial elevada de ácido tartárico incrementa la probabilidad de formación y precipitación del tartrato potásico. En este caso, los cristales formados pueden modificar la capacidad de la barrica de ceder sustancias, bien bloqueando la superficie de contacto, taponando poros, etc. Además, algunos componentes volátiles, puede protegerse de la oxidación por la presencia de SO₂ en el proceso de vinificación, favoreciéndose con ello la extracción de algunos compuestos, como los fenoles (Ortega-Heras *et al.*, 2007). Aunque estos factores puedan influir en la composición volátil, los vinos de origen eran los mismos, por lo que las diferencias encontradas, pueden ser directamente relacionadas con los factores estudiados.

La tabla 21 muestra los resultados del estudio de significación de los parámetros de intensidad colorante (IC) y de contenido polifenólico (taninos, antocianos e índice de polifenoles totales) en función del factor tiempo, tipos de maderas de roble, usos de la barrica y el coupage realizado.

Tabla 21. Resultados ANOVA para el contenido en antocianos, intensidad colorante (IC), índice en polifenoles totales (IPT) y taninos.

Compuesto	Tiempo		Tipo de roble			Usos de la madera			Coupage
	Joven	Envejecido	Húngaro	Americano	Francés	Nueva	Usada	Reusada	
Antocianos	735,907 (661,11- 810,70)	835,292 (811,64- 858,95)	811,773 (767,12- 856,43)	859,822 (815,16- 904,48)	832,004 (787,35- 876,66)	814,302 (769,45- 859,15)	832,004 (787,15- 876,86)	857,293 (812,44- 902,15)	842,12 (764,77- 919,47)
	p=0,077	p=0,077	p=0,377	p=0,377	p=0,377	p=0,401	p=0,401	p=0,401	p=0,377
	7,2 (6,27-8,16)	8,2 (7,90-8,52)	7,967 (7,39-8,55)	8,433 (7,85-9,01)	8,244 (7,66-8,83)	7,856 (7,29-8,42)	8,156 (7,59-8,72)	8,633 (8,07-9,20)	8,200 (7,19-9,21)
IC	p=0,158	p=0,158	p=0,627	p=0,672	p=0,672	p=0,420	p=0,420	p=0,420	p=0,672
IPT	52 (51,39-52,61)	52,73 (52,54-52,92)	52,167* (51,85-52,49)	53,022 (52,70-53,34)	52,911 (52,59-53,23)	52,856 (52,50-53,21)	52,467 (52,11-52,83)	52,778 (52,42-53,14)	53,00 (52,45-53,55)
	p=0,108	p=0,108	p=0,028	p=0,028	p=0,028	p=0,369	p=0,369	p=0,369	p=0,028
	1619,76 (1594,57- 1644,95)	1634,27 (1623,31- 1639,24)	1617,99* (1605,33- 1630,65)	1645,32 (1632,65- 1657,98)	1643,34 (1630,68- 1656,00)	1643,95 (1630,31- 1659,59)	1628,65 (1615,00- 1645,29)	1634,05 (1620,41- 1647,69)	3185,62 (3141,75- 3229,48)
Taninos	p=0,534	p=0,534	p=0,021	p=0,021	p=0,021	p=0,122	p=0,122	p=0,122	p=0,021

*En negrita los valores estadísticamente significativos

La concentración de polifenoles es más alta en los vinos tintos que en los blancos y rosados. En general, los vinos jóvenes contienen principalmente compuestos fenólicos de bajo peso molecular, mientras que los vinos envejecidos poseen una mayor proporción de fenoles polimerizados. Durante el envejecimiento del vino en barricas, la composición de los compuestos fenólicos va a sufrir cambios debido a la extracción de los fenoles procedentes de

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

la madera, así como una serie de reacciones que van a tener lugar durante el proceso. La cantidad de compuestos polifenólicos extraídos durante el proceso de envejecimiento va a depender del tiempo, del tipo de barrica, así como del tamaño y de los usos anteriores que haya tenido la barrica (Sánchez Moreno, 2003).

No se observan diferencias significativas en los contenidos de los cuatro parámetros en función del envejecimiento sufrido durante los tres meses del estudio. Estos resultados coinciden con los de otros autores que indican que, en los primeros meses de envejecimiento en barricas de roble, el contenido de pigmentos totales difícilmente cambia (Alcalde-Eon *et al.*, 2006). Las diferencias encontradas, aunque no significativas, muestran que los cuatro parámetros se incrementan ligeramente con el paso del tiempo en barrica. Estos incrementos son positivos para los vinos, ya que, gracias a la propiedad antioxidante de los antocianos, el vino tarda más en oxidarse. Por lo tanto, el vino estudiado es un buen ejemplo de vino destinado a la crianza en barrica por su elevada concentración de antocianos, ya que si no la oxidación de los mismos provocaría una pérdida importante del color rojo del vino durante el envejecimiento. Al oxidarse el vino aumentan los taninos de color amarillo o teja. Por eso los vinos con pigmentos ricos en taninos se cubren durante la crianza. Estos taninos se redondean, pierden las aristas y su agresión, son más cómodos a la boca y pierden su dureza.

Atendiendo al tipo de madera, solamente se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, al 95% de confianza, para el caso del índice de polifenoles totales, donde los vinos envejecidos en barricas de roble americano incrementan los contenidos. Indicar que los usos de la madera no han mostrado efecto sobre los componentes cromáticos y polifenólicos de los vinos, al menos durante los tres meses del envejecimiento, lo que significa que para vinos de baja crianza podrían ser utilizadas las barricas reusadas, sin afectar negativamente sobre los componentes antioxidantes de los vinos. Y por último indicar que el coupage realizado también ha incrementado significativamente el índice de polifenoles totales y además la concentración en taninos de los vinos. Estas variaciones observadas para el vino procedente de la mezcla, pueden ser debidas a la presencia de componentes decantados en las barricas, ya que para este vino coupage se han tomado los fondos de las barricas, así las posibles decantaciones ocurridas en los tres meses de envejecimiento, pueden haber afectado en algunos componentes de esta naturaleza.

Para finalizar con el estudio descriptivo se ha realizado un análisis de la varianza factorial, analizando el efecto cruzado de los usos de la madera sobre el tipo de madera de roble empleada (húngara, americana o francesa). Este estudio tiene como principal objetivo analizar si las variaciones observadas se producen para todos los casos con la misma tendencia, o por el contrario se ven afectados por alguna interacción. No se han observado diferencias estadísticamente significativas, en ninguno de los estudios cruzados “usos de la madera x tipo de roble” para ninguno de los parámetros estudiados, lo que indica que las diferencias observadas en función de los usos de la madera ocurren de la misma forma para los tres tipos de madera de roble empleados en el estudio. A modo de ejemplo la figura 8 muestra las gráficas de interacción de un parámetro de naturaleza polifenólico (índice de polifenoles totales) y de un componente volátil (acetato de hexilo) donde se observa tendencias similares para los efectos cruzados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

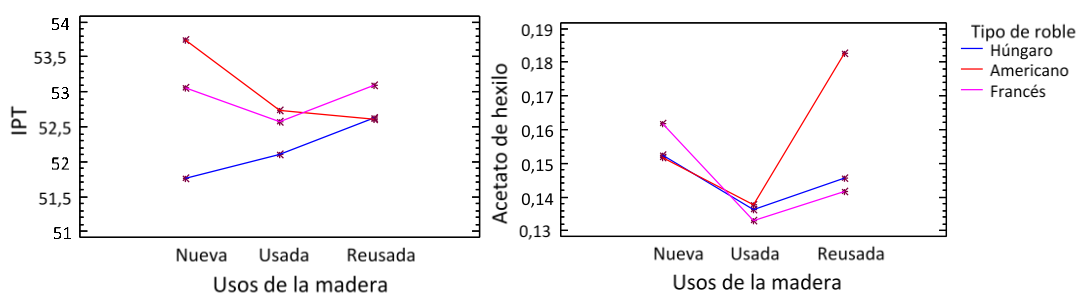


Figura 8. Interacción entre usos de la madera y el tipo de roble sobre el índice de polifenoles totales (izquierda) y el contenido en acetato de hexilo (derecha)

4.2. Estudio de relaciones

Este apartado tiene como objetivo estudiar las relaciones estadísticamente significativas encontradas entre los diferentes parámetros analizados. En primer lugar, se analizan las relaciones entre los cuatro parámetros cromáticos y de carácter polifenólico. En un segundo plano se estudian las relaciones entre los componentes volátiles de los vinos y los parámetros cromáticos y polifenólicos y en tercer lugar se analizan las relaciones significativas existentes entre los componentes volátiles analizados cromatográficamente y los resultados del análisis sensorial obtenido del panel de cata.

Para este estudio de relaciones, se han tomado todos los tipos de vinos sin diferenciar entre el envejecimiento, la procedencia de la madera de roble o el uso de las barricas.

4.2.1. Relaciones entre los parámetros cromáticos y polifenólicos

La tabla 22 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis) entre los cuatro parámetros cromáticos y polifenólicos, entre sí. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido. Las relaciones gráficas se muestran en la figura 9.

Tabla 22. Relaciones significativas entre los parámetros cromáticos y polifenólicos de los vinos.

Relaciones	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
IC frente a taninos	p= 0,027 (al 95%)	IC= 32,7113-0,0075419*Taninos	r ² = -0,3842	14,76
IC frente a antocianos	p=0,000 (al 99%)	IC= -2,11804+0,0123923*Antocianos	r ² =0,9805	96,12
Antocianos frente a taninos	p= 0,070 (al 90%)	Antocianos= 2448,87-0,047666*Taninos	r ² = -0,3205	10,27
IPT frente a taninos	p=0,000 (al 0,99%)	IPT= 20,5665+0,00984437*Taninos	r ² =0,7889	62,23

La relación encontrada entre el índice de color de los vinos (IC) y el contenido en taninos (IC= 32.7113-0.0075419*taninos) es negativa, lo que significa que a medida que se incrementa la concentración en taninos, el índice de color disminuye. Esta relación puede ser debida a que los taninos son responsables de los matices amarillos de los vinos, provocando los cambios de color a rojo teja, que disminuyen el índice de color medido (Boulton, 2001). La relación obtenida es relativamente débil (r²=-0,3842), de manera que el contenido en taninos sólo es capaz de explicar el 14,76% de la variabilidad del índice de color, existiendo otros factores que pueden tener fuerte influencia en la variación del color del vino.

El color es un atributo de vital importancia para los vinos, por lo que su estabilidad a largo del tiempo proporciona a los vinos una calidad esencial. Al relacionar el índice de color con

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

el contenido en antocianos de los vinos estudiados se obtiene un modelo ($IC = -2,11804 + 0,0123923 * \text{Antocianos}$), altamente significativo, y positivo, que indica que a mayor concentración en antocianos, mayor índice de color en los vinos. Este modelo es altamente robusto ($r^2 = 0,9805$) y pone de manifiesto que el contenido en antocianos de los vinos es capaz de explicar el 96,12% de la variabilidad del color de los mismos, poniendo en evidencia la fuerte relación entre ambos parámetros (figura 9). Los antocianos son de color rojo y azul por lo que le dotan al vino tinto joven de su característico color rubí, con el envejecimiento estos precipitan y con ellos la intensidad de color disminuye. Esta relación ya ha sido descrita por Alcalde-Eon *et al.* (2006) donde se estudió por cromatografía de gases la relación de los antocianos con el color y se obtuvo un 90% de relación positiva. Sin embargo, la contribución al color del vino con un pH cercano a 3,7 mostró que sólo el 15% de los antocianos presentan color.

La relación entre el contenido en antocianos y taninos ($\text{Antocianos} = 2448,87 - 0,047666 * \text{Taninos}$) en los vinos estudiados es negativa, lo que indica que cuando aumenta el contenido en taninos de los vinos, disminuye la de antocianos. La relación es significativa al 90% de confianza, pero es relativamente débil ($r^2 = -0,3205$), de forma que el contenido en taninos de los vinos es capaz de explicar sólo el 10% de la variabilidad de la concentración en antocianos. Las combinaciones antociano-tanino producen un incremento de la estabilidad del color y disminución de la astringencia. Algunas de estas combinaciones son inicialmente incoloras, pero la adición de oxígeno de forma moderada permitirá la recuperación del color, así como la formación de combinaciones de antociano-tanino mediante puentes de etilo, que incrementa el color violáceo del vino. Para que todas estas combinaciones ocurran, la concentración de antocianos y taninos debería ser equivalente en un vino, por lo que la relación obtenida podría ser de gran ayuda para establecer los balances entre ambos compuestos.

La última relación estudiada se produce entre el índice de polifenoles totales y la concentración en taninos ($\text{IPT} = 20,5665 + 0,00984437 * \text{Taninos}$), se trata de una relación altamente significativa ($r^2 = 0,7889$), que pone de manifiesto que la concentración en taninos de los vinos estudiados es capaz de explicar el 65,23% de la variabilidad del índice de polifenoles totales. La relación es positiva, de manera que, al incrementarse la concentración en taninos, se incrementa el conjunto de todos los compuestos polifenólicos, una relación lógica ya que los taninos son un grupo específico de polifenoles.

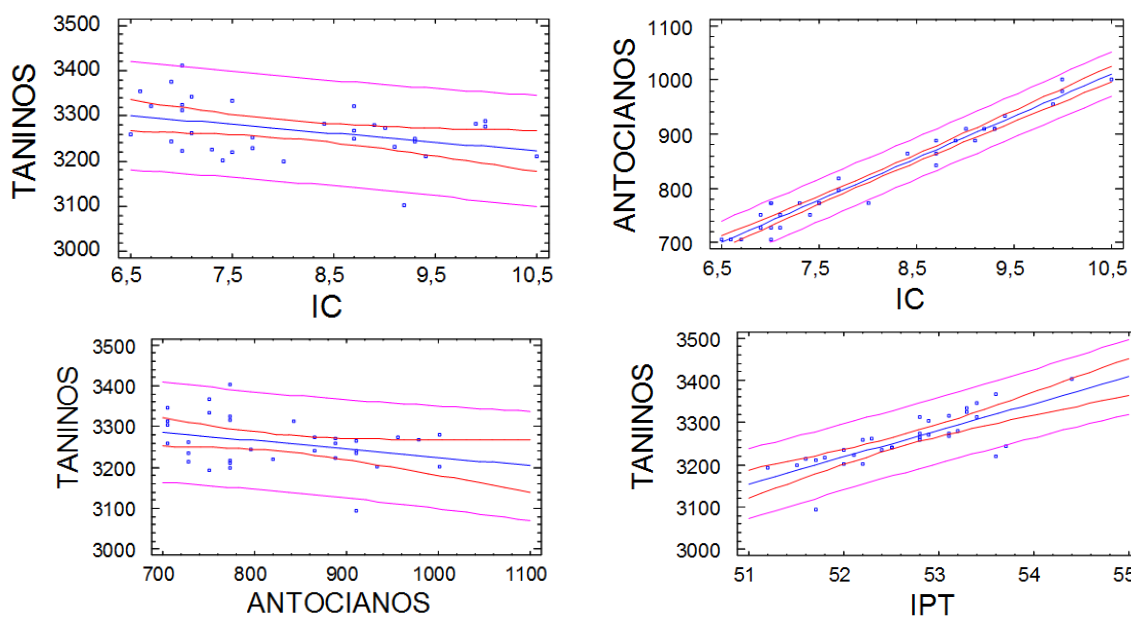


Figura 9. Relaciones entre el índice de color y el contenido en taninos (arriba izquierda), entre el índice de color y el contenido en antocianos (arriba derecha), entre el contenido de taninos y antocianos (bajo izquierda) y entre el contenido en taninos y el índice de polifenoles totales (bajo derecha)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2.2. Relaciones entre los parámetros volátiles y los cromáticos y polifenólicos

La tabla 23 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el índice de color medido por técnicas espectrofotométricas. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 23. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el índice de color de los vinos.

Relación frente IC	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Citronelol	p= 0,007 (al 99%)	Citronelol= 0,0305237+0,0150996*IC	r ² = 0,4857	23,59
1-decanol	p=0,008 (al 99%)	1-decanol= -0,0952545+0,0287528*IC	r ² = 0,5026	25,26
Etilhexil salicitato	p=0,002 (al 99%)	Etilhexil salicitato= 9,27453-0,926662*IC	r ² = -0,5165	26,67
1-hexanol	p=0,026 (al 0,95%)	1-hexanol= 0,165609+0,0466267*IC	r ² = 0,3867	14,96
2-etilhexanol	p=0,008 (al 99%)	2-etilhexanol= 0,00495389+0,00690041*IC	r ² = 0,4836	23,39
β-metil-ionona	p=0,048 (al 95%)	β-metil-ionona= 0,339982-0,032653*IC	r ² = -0,3907	15,27
2-nonanol	p= 0,000 (al 99%)	2-nonanol= -0,275535+0,0642081*IC	r ² = 0,7878	62,06
Heptadecano	p= 0,032 (al 95%)	Heptadecano= 0,0696868-0,0046174*IC	r ² = -0,4220	17,81
Octanoato de decilo	p=0,020 (al 95%)	Octanoato de decilo= 0,870882-0,0815725*IC	r ² = -0,4547	20,67
Undecanoato de etilo	p=0,005 (al 99%)	Undecanoato de etilo= 0,0474708-0,00254665*IC	r ² = -0,5602	31,38

En general se observa que la gran mayoría de las relaciones significativas encontradas entre el índice de color y los componentes aromáticos de los vinos, presentan modelos relativamente débiles, excepto para el caso de la relación con el 1-decanol, con el etilhexilsalicitato, con el 2-nonanol y con el undecanoato de etilo (figura 10). Donde los modelos son más robustos, incluso para el caso del nonanol, el índice de color es capaz de explicar el 62,06% de la variabilidad de este componente, lo que pone de manifiesto la importancia de este componente para el color de los vinos, ya que la relación es positiva entre ambos parámetros. Además, se observa que las relaciones con el etilhexil salicitato, con el β-metil-ionona, con el heptadecano, con el octanoato de decilo y con el undecanoato de etilo son negativas es decir que cuando se incrementan estos compuestos, el índice de color de los vinos disminuye. Teniendo en cuenta la importancia sobre la calidad organoléptica del color en los vinos, habrá que tener una especial atención sobre estos componentes en los vinos.

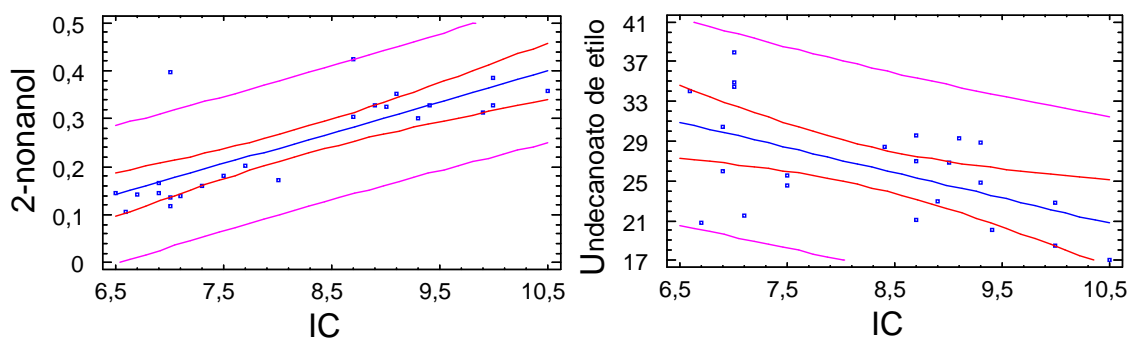


Figura 10. Relaciones entre el índice de color y el contenido en 2-nonanol (izquierda) y entre el índice de color y el contenido en undecanoato de etilo (derecha)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 24 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el índice de polifenoles totales. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 24. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el índice de polifenoles totales de los vinos.

Relación frente IPT	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
2-hexadecanoato de etilo	p=0,098 (al 90%)	2-hexadecanoato de etilo= 2,39833-0,044468*IPT	r ² = -0,3912	15,30
Dodecanoato de etilo	p= 0,047 (al 95%)	Dodecanoato de etilo= 15,7125-0,279162*IPT	r ² = -0,3477	12,09
Citrocitral	p= 0,064 (al 90%)	Citrocitral= -0,0883118+0,00208918*IPT	r ² = 0,4012	16,10

Se observa que de las tres relaciones significativas entre los componentes volátiles y el índice de polifenoles totales de los vinos, dos (2-hexadecanoato de etilo y dodecanoato de etilo) presentan una relación negativa, mientras que el citrocitral se relaciona positivamente con el índice de polifenoles totales. En todos los casos se trata de relaciones débiles que como máximo llegan a explicar el 16% de la variabilidad.

La tabla 25 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el contenido en taninos. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 25. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el contenido en taninos de los vinos.

Relación frente Taninos	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Citrocitral	p= 0,101 (al 95%)	Citrocitral= -0,0832018+0,0000321191*Taninos	r ² = 0,5364	28,77
Acetato de hexilo	p=0,0698 (al 90%)	Acetato de hexilo= -0,451293+0,000181761*Taninos	r ² = 0,3196	10,22
Dodecanoato de etilo	p=0,0058 (al 99%)	Dodecanoato de etilo= 16,3497-0,0047452*Taninos	r ² = -0,4695	22,04
Succinato de dietilo	p= 0,071 (al 90%)	Succinato de dietilo= 46,2903-0,0120683*Taninos	r ² = -0,3185	10,15
Vainillato de etilo	p= 0,031 (al 95%)	Vainillato de etilo= 0,137931-0,000035055*Taninos	r ² = -0,4605	21,21

Se observa que las relaciones entre el citrocitral y el acetato de hexilo son positivas, de forma que a medida que se incrementa la concentración en taninos, lo hacen los respectivos componentes volátiles. La relación más potente se muestra con el citrocitral que además, presentaba también una relación positiva con el índice de polifenoles totales de los vinos. Esto tiene sentido ya que se ha encontrado una relación entre estos dos parámetros. Los tres componentes volátiles restantes estudiados en este apartado tienen una relación negativa frente a la concentración en taninos. Estos tres compuestos tienen un descriptor aromático floral y frutal por lo que tiene sentido que intervengan de forma negativa, frente a la concentración en taninos que se relaciona más con la astringencia de los vinos.

La tabla 26 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

analizados cromatográficamente y el contenido en antocianos. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 26. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el contenido en antocianos de los vinos.

Relación frente Antocianos	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Citronelol	p= 0,013 (al 95%)	Citronelol= 0,00815201+0,000175516*Antocianos	r ² = 0,4491	20,17
Etilhexil salicitato	p= 0,004 (al 99%)	Etilhexil salicitato= 10,9822-0,0111749*Antocianos	r ² = -0,4927	24,28
1-hexanol	p= 0,038 (al 95%)	1-exanol= 0,0884464+0,0110336*Antocianos	r ² = 0,3620	13,11
2-etilhexanol	p= 0,017 (al 95%)	2-etilhexanol= -0,00291418+0,000551678*Antocianos	r ² = 0,4382	29,20
β-metil-ionona	p= 0,052 (al 90%)	β-metil-ionona= 0,410818-0,000408168*antocianos	r ² = -0,3838	14,73
1-nonanol	p= 0,00 (al 99%)	1-nonanol= -0,401022+0,000783079*Antocianos	r ² = 0,7650	58,52
Heptadecano	p= 0,013 (al 95%)	Heptadecano= 0,0875089-0,0000671093*Antocianos	r ² = -0,4811	23,14
Nerodiol	p= 0,050 (al 90%)	Nerodiol= 0,134105-0,0000613104*Antocianos	r ² = -0,3439	11,83
Octanoato de decilo	p= 0,0264 (al 95%)	Octanoato de decilo= 1,02654-0,00098827*antocianos	r ² = -0,4349	18,82
Undecanoato de etilo	p= 0,006 (al 99%)	Undecanoato de etilo= 0,0527054-0,0000313714*Antocianos	r ² = -0,5522	30,50
1-decanol	p= 0,017 (al 95%)	1-decanol= -0,136984+0,000332035*Antocianos	r ² = 0,4542	20,63

Se observa que excepto para las relaciones con el undecanoato de etilo y el 1-nonanol, el resto de modelos obtenidos son relativamente débiles, llegando a explicar fracciones bajas de la variabilidad del componente volátil. Todas las relaciones significativas obtenidas entre el contenido en antocianos de los vinos y los componentes volátiles son negativas, excepto con el citronelol, el 1-hexanol, el 2-etilhexanol, el 1-nonanol y el 1-decanol. Se observa gran semejanza entre estos modelos de relaciones entre variables y los obtenidos en el análisis de los compuestos y el IC. Todos los compuestos con relaciones tanto positivas como negativas se comportan igual en su relación frente al color, esto es debido a la fuerte relación entre los antocianos y el IC. Teniendo en cuenta que el color del vino depende en un 96% de su contenido en antocianos, estos compuestos deben estar muy presentes para obtener un mayor índice de color.

4.2.3. Relaciones entre los parámetros volátiles y la valoración sensorial

En este apartado se va a analizar las relaciones encontradas entre los componentes volátiles y los diferentes atributos sensoriales analizados en los vinos. Se han encontrado un alto número de relaciones, poniendo en evidencia lo importante del análisis sensorial para la percepción y del análisis cromatográfico para cuantificar las expresiones sensoriales.

La tabla 27 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de nariz floral. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Todas las relaciones obtenidas tienen un coeficiente de regresión (r²) negativo, es decir, que a medida que los catadores le dan mayor valor al atributo de nariz floral, los componentes volátiles disminuyen. Resulta interesante la relación significativa existente para el decanoato de metilo, por presentar una relación fuerte entre los dos parámetros, de manera que el vino con más decanoato de metilo aporta olfativamente menos aroma floral. En este caso, la valoración sensorial puede explicar el 51,09% de la variabilidad de componente volátil. Para todos los demás compuestos con relación estadísticamente significativa, el aroma floral valorado sensorialmente, influye en explicar la variabilidad del componente del vino en torno al 10-15%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 27. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz floral de los vinos.

Relación frente Nariz Floral	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Acetato de hexilo	p= 0,029 (al 95%)	Acetato de hexilo= 0,214583-0,0122088*Nariz Floral	r ² = -0,380	14,44
Decanoato de metilo	p= 0,000 (al 99%)	Decanoato de metilo= 0,474263-0,0472532*Nariz Floral	r ² = -0,7150	51,09
Fenilpropanoato de etilo	p=0,014 (al 95%)	Fenilpropanoato de etilo= 0,0428746-0,00343689*Nariz Floral	r ² = -0,4287	18,38
Decanoato de etilo	p= 0,066 (al 95%)	Decanoato de etilo= 14,4614-0,6033329-Nariz Floral	r ² = -0,3243	10,52
Octanoato de isopentilo	p= 0,037 (al 95%)	Octanoato de isopentilo= 0,344034-0,0192264*Nariz Floral	r ² = -0,3651	13,33
Citronelol	p= 0,087 (al 90%)	Citronelol= 0,215022-0,0103988*Nariz Floral	r ² = -0,3175	10,11
Geranilacetona	p= 0,030 (al 95%)	Geranilacetona= 0,164409-0,0130168*Nariz Floral	r ² = -0,3778	14,27
1-hexanol	p= 0,0264 (al 95%)	1-hexanol= 0,854097-0,0516372*Nariz Floral	r ² = -0,3862	14,92
1-heptanol	p= 0,0627 (al 90%)	1-heptanol= 0,414257-0,0382201*Nariz Floral	r ² = -0,3276	10,73
1-nonanol	p= 0,0993 (al 90%)	1-nonanol= 0,440872-0,033059*Nariz Floral	r ² = -0,3445	11,88
Decanal	p= 0,0202 (al 95%)	Decanal= 0,305121-0,0309731*Nariz Floral	r ² = -0,4087	16,71
Eugenol	p= 0,522 (al 90%)	Eugenol= 0,0518289-0,003201193*Nariz Floral	r ² = -0,3641	13,26
α-calacorona	p= 0,023 (al 95%)	α-calacorona = 0,132622-0,00886531*Nariz Floral	r ² = -0,3956	15,65

La tabla 28 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de boca floral. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 28. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca floral de los vinos.

Relación frente Boca Floral	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Decanoato de metilo	p= 0,000 (al 99%)	Decanoato de metilo= 0,620193-0,0798429*Boca Floral	r ² = -0,6860	47,06
Fenilpropanoato de etilo	p= 0,037 (al 95%)	Fenilpropanoato de etilo= 0,0412147-0,00359126*Boca Floral	r ² = -0,3711	13,77
Octanoato de isopentilo	p= 0,076 (al 90%)	Octanoato de isopentilo= 0,334614-0,0189538*Boca Floral	r ² = -0,3135	9,83
Geranilacetona	p= 0,014 (al 95%)	Geranilacetona= 0,179157-0,0176092*Boca Floral	r ² = -0,4220	17,81
Decanal	p= 0,076 (al 90%)	Decanal= 0,272391-0,0288078*Boca Floral	r ² = -0,3180	10,11
Eugenol	p= 0,009 (al 99%)	Eugenol= 0,0589588-0,00500731*Boca Floral	r ² = -0,4777	22,82
α-calacorona	p= 0,0158 (al 95%)	α-calacorona = 0,139112-0,0113189*Boca Floral	r ² = -0,4170	17,39

Al igual que mostraban los atributos florales en nariz, existe una tendencia negativa, entre el tributo floral en boca y los componentes volátiles relacionados estadísticamente. Es decir, las concentraciones influyen negativamente para conseguir mayor percepción floral del vino en boca. Una relación significativamente llamativa sigue siendo la existente entre el decanoato de metilo frente a la boca floral ya que sigue presentando un coeficiente de correlación alto (r²= -0,6860) y el atributo sensorial es capaz de explicar el 47,06% de la variabilidad del componente volátil. Es importante señalar que sólo la geranilacetona y el eugenol necesitan de una mayor concentración para disminuir la percepción floral en boca. Del resto de componentes, la variabilidad encontrada explica menos resultados con el atributo de boca floral que con nariz floral, esto se debe a que el estímulo olfativo, acompañado del retrogusto, es capaz de percibir mayores variaciones aromáticas que el estímulo olfativo.

La tabla 29 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de nariz frutal. Se muestra también el

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 29. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz frutal de los vinos.

Relación frente Nariz Frutal	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Hexanoato de etilo	p= 0,063 (al 90%)	Hexanoato de etilo= 9,75603-0,410875*Nariz Frutal	r ² = -0,3274	10,72
Acetato de hexilo	p= 0,02 (al 95%)	Acetato de hexilo= 0,276804-0,0186276*Nariz Frutal	r ² = -0,4161	17,32
Octanoato de etilo	p= 0,082 (al 90%)	Octanoato de etilo= 32,4712-1,83518*Nariz Frutal	r ² = -0,3071	9,43
Decanoato de metilo	p= 0,005 (al 99%)	Decanoato de metilo= 0,476532-0,0409273*Nariz Frutal	r ² = -0,5216	27,20
Butanol-3-metil acetato	p= 0,077 (al 90%)	Butanol-3-metilacetato= 3,64514-0,130792*Nariz Frutal	r ² = -0,3125	9,76
Feniletil acetato	p= 0,086 (al 90%)	Feniletil acetato= 0,246446+0,0700447*Nariz Frutal	r ² = 0,3031	9,19
β-metil-ionona	p= 0,086 (al 90%)	β-metil-ionona= -0,2462+0,0447205*Nariz Frutal	r ² = 0,3436	11,81
Acido hexanoico	p= 0,099 (al 90%)	Acido hexanoico= 1,06085-0,0497471*Nariz Frutal	r ² = -0,2965	8,90

Se sigue observando las tendencias negativas entre las relaciones (excepto para el feniletil acetato y el β-metil-ionona), debido a esto, los componentes deben encontrarse en cantidades más pequeñas para una mayor sensación frutal en nariz. El decanoato de metilo sigue siendo el componente volátil con mayor influencia en los atributos de nariz, en este caso floral, de manera que el atributo de nariz floral es capaz de explicar el 27,2% de la variabilidad del componente volátil. Le sigue el acetato de hexilo que con un nivel de confianza del 95% (p= 0,016), se ve influido en 17,32% por la variabilidad del atributo sensorial de nariz floral. El resto de componentes están entorno al 10%, por lo que establecen unas relaciones débiles, aunque significativas con la nariz floral. Se pueden establecer también relaciones entre floral y frutal ya que tienen en común que para su mayor percepción debe encontrarse el acetato de metilo y el decanoato de metilo en niveles bajos.

La tabla 30 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de boca frutal. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 30. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca frutal de los vinos.

Relación frente Boca Frutal	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Decanoato de metilo	p= 0,001 (al 99%)	Decanoato de metilo= 0,511729-0,045877*Boca Frutal	r ² = -0,5846	34,18
Fenilpropanoato de etilo	p= 0,035 (al 95%)	Fenilpropanoato de etilo= 0,0515673-0,00417238*Boca Frutal	r ² = -0,3734	13,94
Decanoato de isopentilo	p= 0,051 (al 90%)	Decanoato de isopentilo= 0,00816159+0,00868198*Boca Frutal	r ² = 0,3429	11,76
β-metil-ionona	p= 0,075 (al 90%)	β-metil-ionona= -0,241094+0,0452142*Boca Frutal	r ² = 0,3557	12,65
1-heptanol	p= 0,063 (al 90%)	1-heptanol= 0,56346-0,0543748*Boca Frutal	r ² = -0,3278	10,74
2-etil hexanol	p= 0,075 (al 90%)	2-etilhexanol= 0,116828-0,00789715*Boca Frutal	r ² = -0,3355	22,26
1-nonanol	p= 0,024 (al 95%)	1-nonanol= 0,694778-0,0642036*Boca Frutal	r ² = -0,4606	21,22

En las relaciones aromas frente a boca frutal también aparecen dos compuestos que influyen de manera positiva sobre el aroma con niveles de explicación del 12%, estos son el decanoato de isopentilo y la β-metil-ionona, aunque con una relación débil entre las variables. Los otros componentes presentan tendencias negativas y por tanto deben encontrarse en menor porcentaje. Al igual que en el caso anterior, también existen compuestos comunes que

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

deben estar disminuidos tanto a nivel frutal como a nivel floral, estos son el fenilpropanoato de etilo, el heptano, y el 1-nonanol.

La tabla 31 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de nariz madera. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 31. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de nariz madera de los vinos.

Relación frente Nariz Madera	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Succinato de dietilo	p= 0,007 (al 99%)	Succianto de etilo= 16,0357-1,87575*Nariz Madera	r ² = -0,4840	23,43
Decanoato de metilo	p= 0,000 (al 99%)	Decanoato de metilo= 0,499771-0,0625215*Nariz Madera	r ² = -0,69118	47,77
Vainillato de etilo	p= 0,083 (al 90%)	Vainillato de etilo= 0,0393131-0,00328285*Nariz Madera	r ² = -0,3861	14,90
Decanoato de isopentilo	p= 0,006 (al 99%)	Decanoato de isopentilo= 0,00151812+0,0133754*Nariz Madera	r ² = 0,4886	23,87
Tetradecanoato de etilo	p= 0,010 (al 99%=)	Tetradecanoato de etilo= -0,0234447+0,0249721*Nariz Madera	r ² = 0,4656	21,68
Hexadecanoato de etilo	p= 0,017 (al 95%)	Hexadecanoato d etilo= -0,496055+0,169885*Nariz Madera	r ² = 0,4321	18,66
β-metil-ionona	p= 0,003 (al 99%)	β-metil-ionona= -0,382412+0,0963745*Nariz Madera	r ² = 0,5846	34,17
Decanol	p= 0,097 (al 90%)	Decanol= -0,0613905+0,0406259*Nariz Madera	r ² = 0,3471	12,05
Undecanal	p= 0,023 (al 95%)	Undecanal= -0,846327+0,19707*Nariz Madera	r ² = 0,6002	36,03
Alcohol fenílico	p= 0,075 (al 90%)	Alcohol fenílico= 22,2458+1,24704*Nariz Madera	r ² = -0,3296	10,87
α-calacorona	p= 0,044 (al 95%)	α-calacorona= 0,00754392+0,0146993*Nariz Madera	r ² = 0,3708	13,75

En el caso del atributo de madera en nariz se observa un mayor número de relaciones estadísticamente significativas. Esto puede ser debido a que el número de vinos envejecidos incluidos en el estudio de relaciones es mayor que el número de vinos jóvenes, por lo que la influencia de estos atributos es más manifiesta. El compuesto que presenta la relación más fuerte es el decanoato de metilo, de forma que el atributo de madera medido sensorialmente por la nariz es capaz de explicar el 47,77% de la variabilidad del componente aromático. Se trata además, de una relación negativa, es decir que a medida que la apreciación es mayor, menor concentración existe del compuesto volátil. Este compuesto es un éster saturado con descriptor aromático alcohólico y graso, por lo que es coherente que su nivel no aporte ningún aroma significativamente positivo, sólo reste. En cuanto al vainillato de etilo, influye en un 14.9% sobre la nariz madera, relación débil y negativa. El decanoato de isopentilo, por el contrario, muestra una relación positiva con el atributo de nariz madera, de forma que este atributo es capaz de explicar el 23,87% de la variabilidad del componente volátil. Otro compuesto que aumenta el aroma a madera es el tetradecanoato de etilo y la β-metil-ionona.

Por último, indicar que la α-calacorona presenta también una relación significativa y el atributo sensorial puede explicar el 13,75% de la variación de este componente volátil. De los sesquiterpenos identificados en los vinos, la α-calacorona, puede aparecer directamente de la uva y/o tener su origen en el proceso de vinificación o en la evolución del vino. Este compuesto contribuye a la manifestación de olores a madera, especiados, dulce, clavo y floral (Rocha *et al.*, 2007).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 32 muestra las relaciones que han resultado estadísticamente significativas (al 90, 95 y 99% de confianza, según el análisis), entre los componentes volátiles de los vinos analizados cromatográficamente y el atributo sensorial de boca madera. Se muestra también el modelo de regresión en cada caso el coeficiente de regresión y el nivel de explicación de cada modelo obtenido.

Tabla 32. Relaciones significativas entre componentes volátiles y el atributo sensorial de boca madera de los vinos.

Relación frente Boca Madera	Nivel de significación	Modelo de regresión	Coefficiente de regresión	Nivel de explicación (%)
Hexanoato de etilo	p= 0,050 (al 90%)	Acetato d etilo= 9,07459-0,544706*Boca Madera	r ² = -0,3609	13,03
Acetato de hexilo	p= 0,000 (al 99%)	Acetato de hexilo= 0,310925-0,0396669*Boca Madera	r ² = -0,7310	56,44
Octanoato de metilo	p= 0,006 (al 99%)	Octanoato de metilo= -7,0507+1,78829*Boca Madera	r ² = 0,4946	24,46
Succinato de dietilo	p= 0,000 (al 99%)	Succinato de dietilo= -5,08776+2,81856*Boca Madera	r ² = 0,7762	60,24
Octanoato de etilo	p= 0,001 (al 99%)	Octanoato de etilo= 37,356-4,28727*Boca Madera	r ² = -0,5928	35,14
Hexanoato de isopentilo	p= 0,002 (al 99%)	Hexanoato de isopentilo= 0,281561-0,030784*Boca Madera	r ² = -0,5512	30,38
Nonanoato de etilo	p= 0,013 (al 95%)	Nonanoato d eetilo= 0,307917-0,0261577*Boca Madera	r ² = -0,4550	20,70
Decanoato de etilo	p= 0,000 (al 99%)	Decanoato de etilo= 19,4253-2,02806*Boca Madera	r ² = -0,6544	42,83
Octanoato de isopentilo	p= 0,006 (al 99%)	Octanoato de isopentilo= 0,408215-0,0411775*Boca Madera	r ² = -0,4938	24,38
Vainillato de etilo	p= 0,005 (al 99%)	Vainillato de etilo= 0,00466833+0,00418717*Boca Madera	r ² = 0,5882	34,6
Dodecanoato de etilo	p= 0,082 (al 90%)	Dodecanoato de etilo= -0,3448+0,308491*Boca Madera	r ² = 0,3224	10,39
Decanoato de isopentilo	p= 0,002 (al 99%)	Decanoato de isopentilo= 0,124674-0,0137102*Boca Madera	r ² = -0,5345	28,59
Tetradecanoato de etilo	p= 0,004 (al 99%)	Tetradecanoato de etilo= 0,207324-0,257915*Boca Madera	r ² = -0,5132	26,34
Octanoato de decilo	p= 0,099 (al 90%)	Octanoato de decilo= -0,264491+0,11563*Boca Madera	r ² = 0,3522	12,41
Citronelol	p= 0,019 (al 95%)	Citronelol= 0,262874-0,0253279*Boca Madera	r ² = -0,4470	19,98
1-hexanol	p= 0,000 (al 99%)	1-hexanol= 1,2678-0,168355*Boca Madera	r ² = -0,7372	54,34
1-octanol	p= 0,021 (al 95%)	1-octanol= 0,459951-0,0524955*Boca Madera	r ² = -0,5397	29,13
1-decanol	p= 0,019 (al 95%)	1-decanol= 0,346565-0,047978*Boca Madera	r ² = -0,4758	22,64
Decanal	p= 0,08 (al 90%)	Decanal= 0,308168-0,0433606*Boca Madera	r ² = -0,3357	11,27
Alcohol fenílico	p= 0,010 (al 99%)	Alcohol fenílico= 9,18765+1,64472*Boca Madera	r ² = 0,4640	21,56
Etilfenol	p= 0,023 (al 95%)	Etilfenol= -0,0822576+0,0427136*Boca Madera	r ² = 0,4370	19,1
α-calacorona	p= 0,002 (al 99%)	α-calacorona= 0,16557-0,0203417*Boca Madera	r ² = -0,5476	29,97

Las relaciones existentes con la apreciación sensorial de madera en boca son las mayoritarias del estudio. El octanoato de metilo, el succinato de dietilo, el vainillato de etilo, el dodecanoato de etilo, el octanoato de decilo, el etilfenol tienen relaciones positivas con el atributo de madera en boca. Estos compuestos interfieren fuertemente en el aroma a madera con carácter dulce, chocolate y vainilla. Los demás compuestos con relación significativa tienen una tendencia negativa. Los que mayor nivel de explicación tienen son el acetato de hexilo,

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

decanoato de etilo y 1-hexanol, con niveles de 56,44%, 42,83% y 54,34% respectivamente, lo que significa que son tres modelos de regresión lineal fuertes entre las variables. Sus descriptores aromáticos son para los dos primeros, afrutado y para el último, más herbáceo y dulce.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas del presente trabajo son:

1. El tiempo de tres meses para el envejecimiento es insuficiente para que se produzcan cambios importantes en la variación volátil del vino. No existiendo diferencias en los perfiles volátiles de los vinos jóvenes y los vinos envejecidos. Ni en el índice de color de los vinos.
2. Las barricas de roble americano son las que aportan mayor carácter afrutado a los vinos, a través de los componentes volátiles, seguida de las barricas de madera de roble húngaro. También le aportan el toque a madera gracias al compuesto α -calacorona.
3. Las barricas de roble americano y francés incrementan los niveles de 1-hexanol, aportando aroma herbáceo a los vinos.
4. Las barricas con madera reusada permiten incrementar las concentraciones de algunos componentes volátiles, aumentando la vida útil de las barricas dentro de la bodega.
5. El único compuesto que significativamente incrementa su contenido en el vino joven es el decanoato de isopentilo, que se relaciona con aromas afrutados y a plátano.
6. La técnica del coupage de los vinos envejecidos incrementa, por lo general, las concentraciones de compuestos volátiles que el vino.
7. El índice de color de los vinos está estrechamente relacionado con los niveles de antocianos. La concentración en taninos de los vinos se relaciona positivamente con el índice de color, con el contenido en antocianos y con el índice de polifenoles totales.
8. No se detecta ni aroma ni sabor a oxidado al igual que no se detectan estos compuestos volátiles en los vinos. El atributo de aroma y sabor a madera de los vinos ha sido poco apreciado por los catadores, pero han mostrado una estrecha relación con los componentes volátiles de los vinos. Deben disminuir los ésteres saturados, alcoholes, α -calacorona, monoterpenos y norcarotenoides para una mayor percepción en la nariz floral. Respecto a la nariz y boca frutales, debe aumentar la β -metil-ionona y el decanoato de isopentilo. Y por último, en relación a la nariz madera, deben aumentar el decanoato de isopentilo, tetradecanoato de etilo, hexadecanoato de etilo, ionona, metil ionona, decanol, undecanal etilfenol, alcohol fenílico, vainillato de etilo y α -calacorona, para la mayor percepción de este atributo.

6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde-Eon, C.; Escribano-Bailón, M.T.; Santos-Buelga, C.; Rivas-Gonzalo, J.C.** 2006. Changes in the detailed pigment composition of red wine during maturity and ageing: a comprehensive study. *Analytica Chimica Acta*, 563(1): 238-254.
- Barrera-García, V.D.; Gougeon, R.D.; Voilley, A.; Chassagne, D.** 2006. Sorption behavior of volatile phenols at the oak wood/wine interface in a model system. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(11): 3982-3989.
- Boulton, R.** 2001. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: a critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(2): 67-87.
- Cameira-dos-Santos, P.J.; Brillouet, J.M.; Cheynier, V.; Moutounet, M.** 1996. Detection and partial characterisation of new anthocyanin-derived pigments in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(2): 204-208.
- Castillo-Sánchez, J.J.; Mejuto, J.C.; Garrido, J.; García-Falcón, S.** 2006. Influence of wine-making protocol and fining agents on the evolution of the anthocyanin content, colour and general organoleptic quality of Vinhão wines. *Food Chemistry*, 97(1): 130-136.
- Chatonnet, P.; Dubourdiou, D.** 1998. Comparative study of the characteristics of American white oak (*Quercus alba*) and European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) for production of barrels used in barrel aging of wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49(1): 79-85.
- Chatonnet, P.; Boidron, J.; Pons, M.** 1990. Elevage des vins rouges en futs de chêne: evolution des certains composés volatils et de leur impact aromatique. *Science des Aliments*, 10: 587-656.
- Dapcich, V.; Salvador Castell, G.; Ribas Barba, L.; Pérez Rodrigo, C.; Aranceta Bartrina, J.; Serra Majem, L.** 2004. Guía de la alimentación saludable. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Madrid. 105 pp.
- Del Alamo, M.; Bernal, J.L.; del Nozal, M.J.; Gómez-Cordovés, C.** 2000. Red wine aging in oak barrels: evolution of the monosaccharides content. *Food chemistry*, 71(2): 189-193.
- Del Álamo Sanza, M.; Domínguez, I.N.; Merino, S.G.** 2004. Influence of different aging systems and oak woods on aged wine color and anthocyanin composition. *European Food Research and Technology*, 219(2): 124-132.
- Garde-Cerdán, T.; Mozaz, S.R.; Ancín-Azpilicueta, C.** 2002. Volatile composition of aged wine in used barrels of French oak and of American oak. *Food Research International*, 35(7): 603-610.
- Garde-Cerdán, T.; Ancín-Azpilicueta, C.** 2006. Review of quality factors on wine ageing in oak barrels. *Trends in food science & technology*, 17(8): 438-447.
- Glories, Y.** 1984. La couleur des vins rouges: 2e. Partie: mesure, origine et interpretation. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 18.
- Gomez-Cordoves, C.; Gonzalez-SanJose, M.L.** 1995. Interpretation of color variables during the aging of red wines: relationship with families of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43(3): 557-561.
- Guerrero, R.F.; Garcia-Parrilla, M.C.; Puertas, B.; Cantos-Villar, E.** 2009. Wine, resveratrol and health: a review. *Natural product communications*, 4(5): 635-658.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Hernández-Orte, P.; Cacho, J.F.; Ferreira, V.** 2002. Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10): 2891-2899.
- Hidalgo Togores, J.** 2011. *Tratado de enología*. Tomo I. 2ª ed. rev. y amp. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 975 pp.
- López, I.; López, R.; Santamaría, P.; Torres, C.; Ruiz-Larrea, F.** 2015. Performance of malolactic fermentation by inoculation of selected *Lactobacillus plantarum* and *Oenococcus oeni* strains isolated from Rioja red wines. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 47(2): 123.
- López de Lerma, N.; Peinado, R.A.** 2011. Use of two osmoethanol tolerant yeast strain to ferment must from Tempranillo dried grapes: Effect on wine composition. *International journal of food microbiology*, 145(1): 342-348.
- Maturano, Y.; Assof, M.; Fabani, M.; Nally, M.; Jofré, V.; Rodríguez Assaf, L.; Toro, M.; Castellanos de Figueroa, L.; Vazquez, F.** 2015. Enzymatic activities produced by mixed *Saccharomyces* and non- *Saccharomyces* cultures: relationship with wine volatile composition. *Antonie van Leeuwenhoek*, 108(5): 1239-1256.
- Meng, J.; Fang, Y.; Gao, J.; Zhang, A.; Liu, J.; Guo, Z.; Zhang, Z.; Li, H.** 2011. Changes in aromatic compounds of cabernet sauvignon wines during ageing in stainless steel tanks. *African Journal of Biotechnology*, 10(55): 11640-11647.
- Mesas, J.M.; Alegre, M.T.** 1999. El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12, Vol.2 (4):174-183.
- Mijares, M.I.; Sáez Illobre, J.A.** 2007. *El vino, de la cepa a la copa*. 4ª ed. rev. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 208 pp.
- Mosedale, J.R.; Puech, J.L.; 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(4): 503-512.
- Navarro, M.; Arozarena, I.; Vera, M.; Abril, I.; Casp, A.** 2003. Composición polifenólica de la uva en distintas fechas de vendimia y de sus correspondientes vinos. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Orihuela (España). 3-6 de junio. 343-346.
- OIV. Organización Internacional de la viña y del vino.** 2015. <http://www.oiv.int/public/medias/2257/es-communicue-de-presse-octobre-2015.pdf>
- Ortega-Heras, M.; González-Sanjosé, M.L.; 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(4): 1434-1448.
- Palomar, J.C.** 2006. Estudio comparativo del perfil volátil del vino tinto durante su crianza en barricas de roble. *ACE: Revista de enología*, (74): 2.
- Pérez-Prieto, L.J.; López-Roca, J.M.; Martínez-Cutillas, A.; Pardo Mínguez, F.; Gómez-Plaza, E.** 2002. Maturing wines in oak barrels. Effects of origin, volume, and age of the barrel on the wine volatile composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11): 3272-3276.
- Peynaud, E.** 1989. *Enología práctica, conocimiento y elaboración del vino*. 3a. ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 405 pp.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Peynaud, E.; Blouin, J.** 2002. El gusto del vino. 2ª ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 269 pp.
- Puech, J.L.** 1987. Extraction of phenolic compounds from oak wood in model solutions and evolution of aromatic aldehydes in wines aged in oak barrels. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(3): 236-238.
- Ribéreau-Gayon, J.; Peynaud, E.; Sudraud, P.** 1982. *Traite d'oenologie: Sciences et techniques du vin I. Analyse et contrôle des vins*. 2a. ed. rev. Ed. Dunod. París. 645 pp.
- Rocha, S.M.; Coelho, E.; Vinholes, J.; Coimbra, M.A.; Singh, V.K.; Govil, J.N.; Ahmad, K.; Sharma, R.K.** 2007. Grapes and wine from *Vitis vinifera* L. as a potential source of sesquiterpenoids. *Natural products I*, 253-272.
- Sánchez Moreno, C.** 2003. Efectos en salud de la ingesta moderada de vino, principal riqueza agrícola de Castilla-La Mancha. *Cuadernos de estudios manchegos*, 27: 89-131.
- Serdio, E. de.** 2009. *Diccionario profesional del vino : viticultura, enología, cata, comercialización*. Ed. Global Marketing Strategies, D.L. Madrid. 493 pp.
- Suárez Lepe, J.A.** 1997. *Levaduras vínicas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 269 pp.
- Valls, J.; Lampreave, M.; Nadal, M.; Arola, L.** 2000. Importancia de los compuestos fenólicos en la calidad de los vinos tintos de crianza. *Alimentación equipos y tecnología*, 19(2): 119-124.
- Viriot, C.; Scalbert, A.; Lapiere, C.; Moutounet, M.** 1993. Ellagitannins and lignins in aging of spirits in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(11): 1872-1879.
- Woller, R.; Torre, C. de la.** 2004. *Vino y nutrición: composición, metabolismo, salud y consumo*. Ed. Rubes. Barcelona. 157 pp.
- Zambonelli, C.** 2003. *Microbiologia e biotecnologia dei vini*. Ed. Edagricole, Bologna. 275 pp.