

Papel sensorial de las moléculas en el análisis e interpretación de los perfiles sensoriales del vino

[Juan Cacho](#)

*Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón. Dpto. de Química Analítica.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza*

Conocer el perfil sensorial de un vino, qué sustancias intervienen en el mismo y cómo puede modificarse, ha sido un deseo de los elaboradores desde el período Neolítico. Seguramente expresado no con estas palabras, pero sí con el fondo de las mismas.

De forma similar a como durante el curso de la historia fueron evolucionando los conocimientos prácticos enológicos, así también lo fue haciendo el conocimiento de los componentes del vino, analizados por procedimientos clásicos. Esta situación se mantuvo hasta mediados del siglo XX, en que el desarrollo del análisis instrumental permitió la identificación de multitud de moléculas responsables del color, gusto y olor del vino, de forma que a día de hoy conocemos más de 1000. Aunque parezca extraño, semejante aluvión de información no sirvió para aclarar la importancia sensorial de tales moléculas, sino todo lo contrario, especialmente en lo referente al aroma y sabor del vino. Las razones del por qué, entre otras, fueron las siguientes:

La identificación de los componentes del aroma se llevó a cabo en centros de investigación, dotados de medios modernos de separación e identificación de sustancias orgánicas volátiles, por investigadores especializados en tales cometidos. Sin embargo, este personal rara vez era enólogo y las moléculas identificadas pasaron a engrosar la lista de componentes del vino sin establecer relación alguna con las propiedades sensoriales de éste. En el mejor de los casos se describieron las características del olor del producto puro, acaso el de su disolución acuosa o alcohólica y como mucho su umbral de detección. Lógicamente, los enólogos al leer estos trabajos aceptaron una relación directa entre el olor de estas moléculas puras y el de ciertas notas del vino, achacándoles su paternidad y su papel sensorial sin otra comprobación. El ejemplo más claro de esta actuación es el papel de los terpenos, fundamentalmente del linalol. Una vez identificada esta molécula en los vinos de uva moscatel y demostrado que era la responsable del olor floral de este vino, no fue difícil crear el silogismo de que las notas florales de todos los vinos provenían de los terpenos, aunque se tratase de vinos no terpénicos. Esta aseveración lastró durante bastante tiempo la identificación de otros compuestos responsables de muchas notas florales, pues todo el mundo dio por sentado que los terpenos eran los únicos responsables de esa sensación, cosa que muchos enólogos todavía siguen creyendo a día de hoy.

Por otra parte tampoco se conoció hasta casi finales de siglo la importancia de otros precursores de aromas distintos a los terpenos glicosilados, como los derivados tiólicos y su origen botánico como derivados de la cisteína y del glutatión. Lo mismo se puede decir de los derivados norisoprenoídicos. Estos compuestos han demostrado ser claves en el aroma de muchos vinos.

El avance tan impresionante experimentado en el conocimiento del aroma del vino en los últimos 20 años se debe, fundamentalmente, al cambio de estrategia en la investigación y a la democratización de la espectrometría de masas.

Los investigadores del aroma se dieron cuenta que en el análisis del olor el interés no estaba en la identificación y cuantificación de las moléculas *per se*, sino en su correlación con la percepción humana de los odorantes. Por esto combinaron el análisis sensorial con el instrumental, creando la cromatografía de gases-olfatometría apoyada por la espectrometría de masas (GC-O-MS) para la determinación individual de los compuestos odoríferos, y formaron paneles de cata para definir el efecto conjunto de los odorantes en la muestra de vino. De esta forma se pudo obtener un listado de los odorantes de un vino ordenados por su potencia odorífera, otro de sus concentraciones analíticas y otro de las notas aromáticas características de ese vino. El efecto de cada molécula individual en el aroma global del vino se comprobó mediante ensayos de adición y de supresión, esto es, evaluando sensorialmente la variación en su aroma de un vino al añadirle uno a uno los distintos odorantes, o bien reconstruyendo el aroma por mezcla de todos los odorantes menos uno. Los resultados fueron, y son, espectaculares, pues este trabajo todavía no ha finalizado.

En primer lugar, se desmitificó la creencia de que todos los compuestos volátiles identificados en el vino, unos 900, son contribuyentes natos de su aroma. En los estudios por olfatometría de numerosos vinos se ha encontrado que este número es de alrededor de 40 y, únicamente en vinos especiales o en grandes vinos, dicho número se puede duplicar.

Aromas base del vino y su papel sensorial

El tratamiento informático del corpus ha permitido extraer cuatro categorías semánticas: la fiesta, la ceremonia, la economía y el etiquetado.

De estos, unos 20 compuestos se encuentran en todos los vinos, desde los más simples a los más complejos aromáticamente hablando, y sus valores de aroma son altos. Con frecuencia, 13 de ellos superan las cinco unidades y algunos de ellos las 20. El *valor de aroma*, OVA, es la relación entre la concentración analítica de una sustancia y su umbral de detección, esto es, el número de veces que se sobrepasa ese umbral o lo lejos que se está de percibirlo. Estos 20 compuestos constituyen la base del aroma y se originan en la fermentación. Aparentemente, únicamente un compuesto, la β -damascenona, proviene directamente de las uvas, ya que el resto se origina como consecuencia del metabolismo de las levaduras. Estas sustancias son alcoholes superiores (butírico, isoamílico, hexílico, feniletílico), ácidos (acético, butírico, hexanoico, octanoico, isovaleriánico), ésteres etílicos de los ácidos grasos, acetatos y sustancias como diacetilo, acetoina y acetaldehído. El olor conjunto es el que se denomina «vinoso», y es difícil describirlo, puesto que están perfectamente integradas las notas de sus componentes. Notas frutales, a plátano, piña, manzana, alcohólicas, a polen, a ácidos o a frutas rojas. Además también está el etanol.¹

El etanol ejerce un papel ambiguo en la percepción del aroma del vino. Desde un punto de vista fisicoquímico aumenta la solubilidad de los odorantes en agua y disminuye su presión de vapor pero, simultáneamente, ayuda a evaporar otros

compuestos volátiles odoríferos. Desde un punto de vista sensorial exalta la percepción de compuestos como el eugenol y el decanal (con olores a clavo o cítrico, respectivamente) pero enmascara, hasta llegar a anular, aunque parezca increíble, las notas afrutadas de los ésteres, principalmente a manzanas.²

Pero el efecto más característico del aroma base es el de minimizar, o anular, el efecto particular de sus componentes. Actúa como si fuese un *buffer* de aromas, de forma similar a como lo hacen las disoluciones amortiguadores o tampón en relación al pH. Lo mismo que en estas adiciones moderadas de ácidos o bases no modifican el valor de su pH, tampoco se modifica la percepción del aroma base por modificación de la concentración relativa de sus componentes, incluyendo la omisión de alguno de ellos. Únicamente la eliminación de la β -damascenona o del alcohol isoamílico origina una perceptible disminución de la nota afrutada.

Según esto, todos los vinos deberían oler de la misma forma y todos sabemos que eso no es así. La razón está en que al igual que el tampón de pH se puede destruir por adición de ácidos o bases fuertes, también el tampón de aromas se puede destruir por la adición adecuada de ciertos compuestos individuales o por la acción sinérgica de mezclar algunos de ellos. Son los *compuestos impacto* y las familias o agrupaciones de *compuestos sutiles*. Compuestos de estos tipos pueden ser también los *off flavors* y *taints*, como el 4-etilfenol y el 2,4,6-tricloroanisol, pero su descripción y efecto se sale del contexto de esta explicación.

Familias de aromas sutiles y su papel sensorial

Otros compuestos distintos a los anteriores, unos 16, también se encuentran en casi todos los vinos, aunque sus valores de aroma son bajos, normalmente inferiores a la unidad. Proceden tanto del proceso fermentativo como de las uvas y son los responsables de las notas sutiles en los vinos. Las familias químicas a las que pertenecen son al menos 11 y en ellas están incluidos, lógicamente, compuestos citados anteriormente.³

La percepción del aroma es extraordinariamente compleja, se trata de un fenómeno multivariante y, a día de hoy, no sabemos cómo el cerebro definirá el olor de una mezcla de odorantes. Empíricamente, se sabe que compuestos que en su génesis siguen la misma ruta de formación, o que individualmente huelen de forma similar, potencian su olor en mezclas y ese efecto es aditivo o sinérgico.⁴ Es el caso de todos conocido de la mezcla de ésteres. En otros casos, por el contrario, la mezcla de odorantes es antagónica y puede anular la percepción. Es el caso de la vainilla y el 4-etilfenol.

Si se considera únicamente el primer caso se encuentra que, además de la familia de los ésteres lineales ya mencionada, se tienen las siguientes, cuyos componentes en su mezcla pueden actuar como aroma impacto y romper el tampón de aroma base:

- γ -lactonas alifáticas, responsables de la nota a melocotón de vinos tintos.
- Fenoles volátiles, como eugenol, isoeugenol, guayacol, 2,6-dimetoxifenol y alil-2,6-dimetoxifenol.
- Vainillas (vainillina, vainillato de metilo, vainillato de etilo y acetovainillona).

- Tostados-azucarados (furaneol, homofuraneol, maltol).
- Acetatos de alcoholes de fusel.
- Aldehídos alifáticos de 8, 9 y 10 átomos de carbono.
- Aldehídos ramificados (2-metilpropanol, 2-metilbutanol, 3-metilbutanol).
- Ésteres etílicos de ácidos ramificados y cíclicos (2, 3 y 4-metilpentanoato de etilo y ciclohexanoato de etilo).
- Pirazinas.
- Derivados de carotenoides.

Miscelánea

Además de estas familias, en el vino hay otros muchos compuestos que en su acción conjunta pueden aportar al vino notas sutiles distintas del aroma base. Cientos de ellos, como los derivados de los aminoácidos, confieren al aroma del vino un perfil particular. Al ser la composición aminoacídica distinta en cada variedad de uva, su perfil aromático también lo es cuando no está enmascarado por los compuestos impacto.

Los compuestos impacto se caracterizan porque a partir de cierta concentración, normalmente muy baja, rompen el tampón de aromas y comunican al vino su propio olor característico. Estos productos pueden proceder directamente de las uvas, es decir, ser compuestos varietales (pueden percibirse directamente en el mosto o revelarse durante la fermentación y crianza del vino) u originarse como consecuencia del metabolismo de levaduras y bacterias en la fermentación y también por extracción, reagrupamientos y otras reacciones químicas durante el proceso de crianza en bodega, depósito y botella.

Los más importantes clasificados por su origen, son:

a. **Varietales**

Linalol. Fue el primer compuesto impacto descrito en la bibliografía. Posiblemente sea el más conocido, pues se encuentra en las uvas moscatel, ^{5,6} tanto en estado libre como combinado, a concentraciones muy superiores a los umbrales de detección y de identificación. También se encuentra en uvas albariño y treixadura.⁷ La presencia de otros terpenos, nerol, geraniol, α -terpineol y citronelol, potencia extraordinariamente la percepción de la nota linalol.

Óxido de rosa-cis. Se encuentra en uvas de tipo alsaciano como gewürztraminer,⁸ devin⁹ y en otras variedades blancas neutras,¹⁰ aunque en concentraciones muy inferiores a las citadas. Por lo general, en estas últimas se halla en forma ligada glicosídica, por lo que en las uvas y mosto no se percibe su olor. Éste es dulce y muy agradable.

Rotundona. Es un sesquiterpeno con aroma especiado, a pimienta negra. Ha sido descrita su presencia en mostos y vinos de la variedad syrah en Australia.

3-mercaptohexanol. Se encuentra en forma ligada, aunque todavía no se

conoce bien si sus precursores son cisteínicos o derivados del glutatión. Se ha encontrado tanto en vinos tintos (cabernet-sauvignon, merlot)^{11,12} como en rosados (garnacha)¹³ y blancos (petit arvine).¹⁴ Su olor recuerda al mango verde o al boj.

4-metil-4-mercaptopentanona. Proviene de precursores cisteínicos y su olor recuerda al del boj. En los vinos sauvignon blanc y scheurebe es un componente varietal importante.^{15,16}

Acetato de 3-mercaptohexilo. Comunica a los vinos blancos las notas de fruta tropical. Es un componente clave del aroma del vino sauvignon blanc¹⁸ y del verdejo.¹⁷ Curiosamente la percepción de este aroma es antagónica con la del linalol. Esta molécula podría clasificarse también en el apartado siguiente.

Sulfuro de dimetilo (DMS). Este compuesto de olor a olivas negras se conoce desde hace mucho tiempo y se clasificaba entre los odorantes desagradables del vino. Sin embargo, recientemente se ha demostrado tanto su contribución a la percepción de las notas afrutadas del vino tinto (el DMS es uno de los constituyentes importantes del aroma de trufa) como su origen varietal.^{19,20} El sulfuro de dimetilo es muy volátil y durante el proceso de fermentación, conforme se va generando, se va eliminando arrastrado por el CO₂, por lo que su contenido en el vino recién terminado es muy pequeño. Sin embargo, su concentración se incrementa apreciablemente durante la crianza en botella, contribuyendo a la génesis del bouquet de reducción de los grandes vinos tintos y al de los vinos de vendimia tardía (contrariamente a su percepción en los vinos blancos jóvenes).

b. De fermentación

Acetato de isoamilo. Es el único éster capaz de comunicar al vino su olor característico, a plátano. Se encuentra tanto en vinos blancos como tintos (tempranillo, pinotage).^{21,22}

Diacetilo. Es el compuesto responsable de las notas a pastelería de ciertos vinos y su percepción depende de la concentración y tipo de vino. Parece evidente su contribución a las notas dulces de los vinos de oporto.²³

c. De crianza

Sotolón. Es su aroma, dulzón, recuerda a la salsa curry. Aparece en los vinos elaborados con uvas botritizadas y en los sometidos a crianza biológica y crianza oxidativa; también en los vinos tipo madeira y oporto.²⁴

Furfuriltiol. Esta sustancia se genera por reacción entre el ácido sulfhídrico formado durante la fermentación, con el furfural de las duelas de la barrica de roble o del metabolismo del azúcar. Su olor es a café y es perceptible en ciertos vinos viejos.²⁵

Bencilmercaptano. Se encuentra con frecuencia en ciertos vinos de

champagne envejecidos y también en chardonnays elaborados sobre lías. Su olor a tostado es intenso y, conjuntamente con el aroma anterior, es responsable de notas torrefactas y empirreumáticas.²⁷

(E)- *Whiskylactona*. Es el compuesto clave de los vinos envejecidos en barricas de roble. Su olor recuerda al coco y un contenido excesivo puede ser un defecto, pues su percepción recuerda al barniz.²⁸

Como ya se ha mencionado, todos estos compuestos, para poder identificarlos en los diferentes vinos, necesitan sobrepasar un determinado umbral de concentración. Por debajo de ella, su efecto más habitual es contribuir a incrementar una nota genérica del vino como, por ejemplo, afrutado o dulce.

Perfiles sensoriales de diferentes vinos

De todo lo expuesto, se deduce que en muchos vinos su aroma característico se debe a un compuesto impacto. Esto ocurre fundamentalmente en vinos blancos, mucho menos complejos que los tintos, en los que con frecuencia no predomina claramente el aroma de ningún compuesto o familia, debido a que coexisten varios de ellos. Con frecuencia la percepción de una nota aromática clara no se debe a la presencia de un compuesto o familia de compuestos definidos, sino a la acción conjunta de diversas sustancias con olores bien distintos. Un ejemplo de esta afirmación es la del descriptor eucalipto de algunos vinos tintos. El olor característico del eucalipto se adscribe al monoterpeno 1,8-cineol (1,3,3-trimetil-2-oxabicyclo-[2-2-2]-octano)²⁹ y la aparición de ese olor en el vino se explica por la presencia de masas de eucaliptos rodeando los viñedos, los cuales transmiten a las uvas, a través del aire, el citado terpeno. Independientemente de que esto pueda ser cierto, lo que sí se ha demostrado es que en ciertas uvas de viñedos muy alejados de eucaliptos se encuentran precursores del 1,8-cineol³⁰ y, muy probablemente, esa nota a eucalipto sea varietal. Sin embargo, esta nota también puede aparecer cuando a determinados vinos tintos se les adicionan los fenoles volátiles etilfenol y etilguayacol.³¹

Así, las notas tostadas y afrutadas de los vinos merlot de gama alta, notas muy apreciadas, se intensifican al aumentar la concentración conjunta de β -damascenona, β -ionona, furaneol, homofuraneol, maltol, y 3-metil-propanol. Sin embargo, no hay modificaciones significativas si únicamente aumentan las concentraciones de los compuestos varietales β -damascenona y β -ionona.³¹

La nota tostada de vinos de mezcla de otras variedades de uva tampoco se exalta al aumentar la concentración de otro compuesto único, el guayacol. Por el contrario, en vinos desaromatizados aparecen claramente las notas fenólicas y tostadas cuando la concentración en esta sustancia aumenta. Esto vuelve a sugerir que la nota «tostado» no es simple, sino el resultado de la interacción de diversos odorantes.

En vinos especiales, como los de madeira, no existen compuestos varietales. Estos han desaparecido de los vinos jóvenes de donde se obtienen en el curso del proceso de elaboración. La generación de su especial bouquet se debe a transformaciones químicas de oxidación, hidrólisis y combinación de los productos así originados y por

la acción de microorganismos. El número de odorantes es muy elevado y el hecho de que algunos de ellos sean desconocidos es un acicate para los científicos para continuar en el trabajo de identificación. Solamente conociendo los nombres de estos productos se podrá estudiar la ruta de su síntesis y se abrirán nuevos horizontes en enología. A ello nos dedicaremos.

Agradecimientos

Una parte importante del trabajo mostrado en la ponencia en que se basa este artículo ha sido realizada en el Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología, por lo que hay que reconocer la contribución especial de los doctores Vicente Ferreira, Ana Escudero, Eva Campo, Ricardo López, Laura Culleré e Idoia Jarauta.

Bibliografía

1. Cacho, J.: «La percepción de notas aromáticas del vino y el efecto de ciertas moléculas volátiles», *Acta XVII Congreso Anual de la ACE*. Vilanova del Vallès, Barcelona, 2006.
2. Escudero, A.; Campo, E.; Fariña, L.; Cacho, J.; Ferreira, V.: «Analytical characterization of the aroma of five premium red wines. Insights into the role of odor families and the concept of fruitiness of wines», *J Agric Food Chem* 2007; 55: 4501-4510.
3. Escudero, A.; Gogorza, B.; Melús, M.A.; Ortín, N.; Cacho, J.; Ferreira, V.: «Characterization to the aroma of a wine from Maccabeo. Key role played by compounds with low odor activity value», *J Agric Food Chem* 2004; 52: 3516-3524.
4. Jarauta, I.; Ferreira, V.; Cacho, J.: «Synergic, additive and antagonistic effects between odorants with similar odour properties». En: *Flavour Science: Recent advances and trends* (W.L.P. Bredie y M.A. Petersen, eds). Amsterdam: Elsevier, 2006.
5. Cordonnier, R.; Bayonove, C.L.: «Mise en évidence dans la baie de raisin, var. Muscat d'Alexandrie, de monoterpenes lies revelables par une ou plusieurs enzymes du fruit», *CR Acad Sci Paris (Serie D)* 1974; 278: 3387-3390.
6. Ribéreau-Gayon, P.; Boidron, J.N.; Terrier, A.: «Aroma of muscat grape varieties», *J Agric Food Chem* 1975; 23: 1042-1047.
7. Campo, E.; Ferreira, V.; Escudero, A.; Cacho, J.: «Prediction of the wine sensory properties related to grape variety from dynamic-headspace gas chromatography-olfactometry data», *J Agric Food Chem* 2005; 53: 5682-5690.
8. Guth, H.: «Identification of character impact odorants of different white wine varieties», *J Agric Food Chem* 1997; 45: 3022-3026.
9. Petka, J.; Ferreira, V.; González-Vinas, M.A.; Cacho, J.: «Sensory and chemical characterization of the aroma of a white wine made with Devin grapes», *J Agric Food Chem*. 2006; 54: 909-915.
10. Ibarz, M.J.; Ferreira, V.; Hernández-Orte, P.; Loscos, N.; Cacho, J.: «Optimization and evaluation of a procedure for the gas chromatographic-mass spectrometric analysis of the aromas generated by fast acid hydrolysis of flavor precursors extracted from grapes», *J Chromatogr A* 2006; 1116: 217-229.
11. Bouchilloux, P.; Darriet, P.; Henry, R.; Lavigne-Cruege, V.; Dubourdieu, D.: «Identification of volatile and powerful odorous thiols in Bordeaux red wine varieties», *J Agric Food Chem* 1998; 46: 3095-3099.
12. Tominaga, T.; Baltenweck Guyot, R.; DesGachons, C.P.; Dubourdieu, D.: «Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several Vitis vinifera grape varieties», *Am J Enol Vitic* 2000; 51: 178-181.
13. Ferreira, V.; Ortín, N.; Escudero, A.; López, R.; Cacho, J.: «Chemical characterization of the aroma of grenache rosé wines. Aroma Extract Dilution Analysis, quantitative determination and sensory reconstitution studies», *J. Agric. Food Chem*. 2002; 50: 4048-4054.
14. Fretz, C.B.; Luisier, J.L.; Tominaga, T.; Amado, R.: «3-mercaptohexanol: An aroma impact compound of Petite Arvine wine», *Am J Enol Vitic* 2005; 56: 407-410.
15. Darriet, P.; Lavigne, V.; Boidron, J.; Dubourdieu, D.: «Caracterisation de l'arome varietal des vins de Sauvignon par couplage chromatographique en phase gazeuse-odometrie», *J Int Sci Vigne Vin* 1991; 25: 167-174.
16. Darriet, P.; Tominaga, T.; Demole, E.; Dubourdieu, D.: «Mise en évidence dans le raisin de Vitis vinifera var. Sauvignon d'un précurseur de la 44-mercapto-4-méthylpentan-2-one», *CR Acad Sci Paris (Serie D)* 1993; 316: 1332-1335.
17. Guth, H.: «Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties», *J. Agric. Food Chem*. 1997; 45: 3027-3032.
18. Tominaga, T.; Darriet, P.; Dubourdieu, D.: «Identification de l'acétate de 3- mercaptohexanol, composé a forte odeur de buis, intervenant dans l'arome des vins de Sauvignon», *Vitis* 1996; 35: 207-210.
19. Segurel, M.A.; Razungles, A.J.; Riou, C.; Salles, M.; Baumes, R.L.: «Contribution of dimethyl sulfide to the aroma of Syrah and Grenache Noir wines and estimation of its potential in grapes of these varieties», *J Agric Food Chem* 2004; 52: 7084-7093.
20. Cullere, L.; Cacho, J.; Ferreira, V.: «An assessment of the role played by some oxidation-related aldehydes in wine aroma», *J Agric Food Chem* 2007; 55: 876-881.
21. Van Wyk, C.J.; Augustyn, O.P.H.; De Wet, P.; Joubert, W.A.: «Isoamyl acetate, a key fermentation volatile of wines of Vitis vinifera cv. Pinotage», *Am J Enol Vitic* 1979; 30: 167-173.
22. Ferreira, V.; Jarauta, I.; López, R.; Cacho, J.: «Quantitative determination of sotolon, maltol and free furaneol in wine by solid-phase extraction and gas chromatography-ion-trap mass spectrometry», *J Chromatogr A* 2003; 1010: 95-103.
23. Rogerson, F.S.S.; Castro, H.; Fortunato, N.; Azevedo, Z.; Macedo, A.; De Freitas, V.A.P.: «Chemicals with sweet aroma descriptors found in Portuguese wines from the Douro region: 2,6,6-Trimethylcyclohex-2-ene-1,4-dione and diacetyl», *J Agric Food Chem* 2001; 49: 263-269.
24. Ferreira, A.C.S.; Barbe, J.C.; Bertrand, A.: «3-hydroxy-4,5-dimethyl-3(5H)-furanone: A key odorant of the typical aroma of oxidative aged Port wines», *J Agric Food Chem* 2003; 51: 4356-4363.
25. Blanchard, L.; Tominaga, T.; Dubourdieu, D.: «Formation of furfurylthiol exhibiting a strong coffee aroma during oak barrel fermentation from furfural released by toasted staves», *J Agric Food Chem* 2001; 49: 4833-4835.

26. Tominaga, T.; Guimbertau, G.; Dubourdiou, D.: «Contribution of benzenemethanethiol to smoky aroma of certain *Vitis vinifera* L. wines», *J Agric Food Chem* 2003; 51: 1373-1376.
27. Tominaga, T.; Guimbertau, G.; Dubourdiou, D.: «Role of certain volatile thiols in the bouquet of aged Champagne wines», *J Agric Food Chem* 2003; 51: 1016-1020.
28. Polinitz, A.P.; Pardon, K.H.; Sefton, M.A.: «4-ethylphenol, 4-ethylguaiaieol and oak lactones in Australian red wines», *Aust Grapegrower Winemaker* 2000; 438: 47-50.
29. Herve, E.; Price, S.; Burns, G.: «Eucalyptol in wines showing a eucalyptus aroma», In: *Proceedings of the VIIème Symposium International d'Enologie, Actualités Enologiques Bordeaux*.
30. Fariña, L.; Boido, E.; Carrau, F.; Versini, G.; Dellacassa, E.: «Terpene compounds as posible precursors of 1,8 cineole in red grapes and wines», *J Agric Food Chem* 2005; 53: 1633-1636.
31. Otín, N.: «Caracterización química del aroma de vinos de alta calidad. Contribución al análisis y caracterización de importantes aromas típicos del vino», Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.