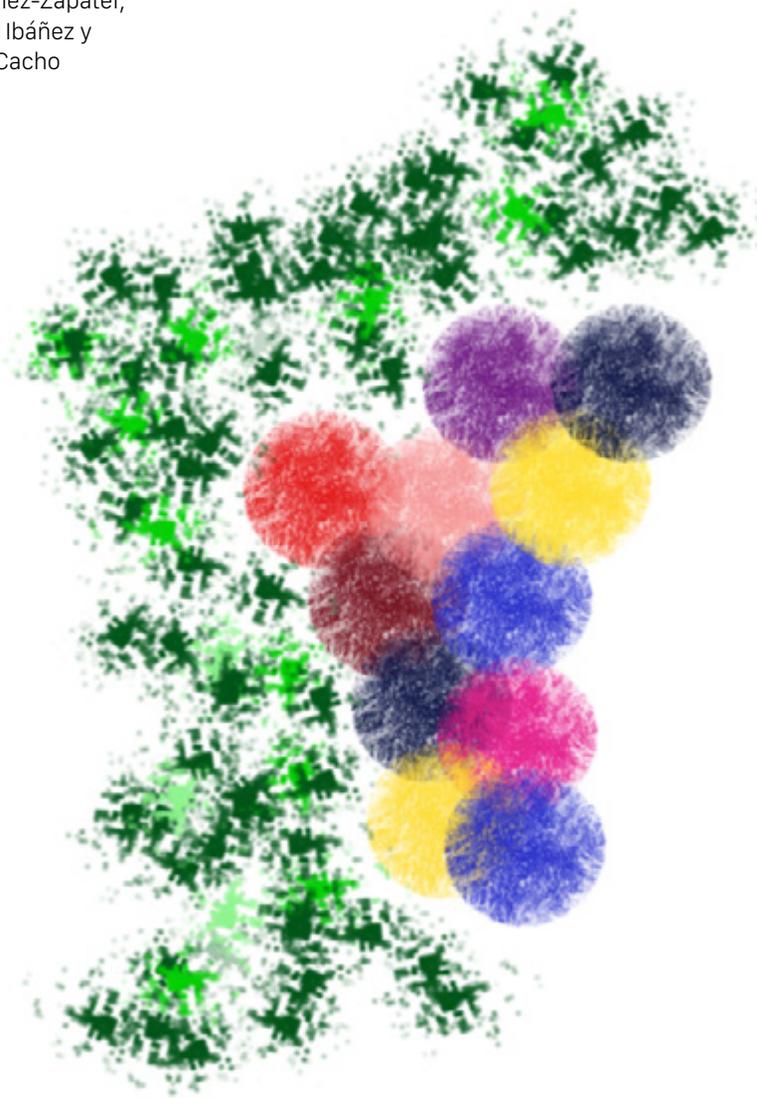


# EL POTENCIAL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

Mar Vilanova, José  
Maria Oliveira,  
Ricardo Rivas, Juan  
Carlos Alonso,

José Miguel  
Martínez-Zapater,  
Javier Ibáñez y  
Juan Cacho





# EL POTENCIAL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

Mar Vilanova, José Maria Oliveira,  
Ricardo Rivas, Juan Carlos Alonso,  
José Miguel Martínez-Zapater,  
Javier Ibáñez y Juan Cacho

Coordinadora **Mar Vilanova de la Torre**

Edita:  
**Xunta de Galicia**  
**Consellería del Medio Rural**

Asesoramiento lingüístico:  
**Antonia Vega**

Lugar:  
**Santiago de Compostela**

Diseño y maquetación:  
**Rubine Red Co.**

Diseño de portada:  
**Mar Vilanova de la Torre**

Año:  
**2017**

DL:  
**C 903-2017**

---

## PRÓLOGO

En Galicia siempre hemos defendido que nuestros vinos tienen una clara identificación con el territorio. Las condiciones climáticas, los suelos y hasta la orografía les confieren un carácter único y diferenciado.

Esta singularidad se pone de manifiesto también en la existencia de diferentes variedades autóctonas, con nombres tan sugerentes como Albariño, Brancellao, Dona Branca, Sousón o Mencía, entre otros muchos.

Estamos, pues, ante una personalidad bien definida, vinculada estrechamente a la tierra y que se percibe con claridad a través de los cinco sentidos, y entre ellos, de manera especial, el del olfato. De ahí que hablemos de un potencial aromático específico para las variedades de vid cultivadas en Galicia.

A analizar este potencial se dedica buena parte de este libro, cuyos contenidos giran también alrededor del sector vitivinícola gallego en sentido amplio, su historia y el origen y parentescos de dichas variedades.

Es esta, por lo tanto, una obra de carácter técnico y profesional, desde luego, pero también de interés general para todos los amantes del vino y su cultura, centrada en el acervo de nuestros vinos.

El completo y acreditado equipo multidisciplinar que conforman sus autores es otro argumento de peso para recorrer estas páginas cargadas de conocimiento y sugestivos aromas, los de las uvas propias de Galicia.

Ángeles Vázquez Mejuto

Conselleira del Medio Rural



---

## PRESENTACIÓN DEL LIBRO Y AGRADECIMIENTOS

Este libro se compone de dos partes. La primera parte introductoria se desarrolla en tres capítulos. El primer capítulo describe los profundos cambios que se han producido en la viticultura gallega en los últimos 30 años; el segundo aborda el origen y las relaciones de parentescos de las variedades de cultivo tradicional en Galicia y el tercer capítulo introduce al lector en el mundo del aroma de los vinos y las familias aromáticas implicadas en la percepción del aroma.

La segunda parte del libro desarrolla de manera minuciosa y mediante fichas el estudio del potencial aromático de las variedades de vid de cultivo tradicional en Galicia, estableciendo los perfiles aromáticos por variedad tanto a nivel de compuestos volátiles libres como de precursores del aroma. Las fichas varietales engloban los datos obtenidos durante los últimos 23 años, fruto de los trabajos que se han realizado en diferentes universidades y centros de investigación, Universidad de Burdeos (Francia), Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo, Australian Wine Research Institute (Adelaida, Australia), Universidad del Miño (Braga, Portugal) y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, Pontevedra).

Por lo tanto, mis agradecimientos a todas las instituciones citadas y a la Xunta de Galicia por la financiación de la mayor parte de estos trabajos, bien a través de proyectos de investigación como a través de becas para la realización de estancias de investigación en algunos de los centros mencionados.

También agradezco a la Estación Experimental de Viticultura y Enología de Ribadumia por poner a mi disposición la colección de variedades y a las bodegas que me han permitido realizar parte de mis trabajos en sus viñedos.

Mi mayor agradecimiento va dirigido a las personas con las que he trabajado mano a mano y que me han transmitido sus conocimientos a lo largo de estos años, y que cito por orden cronológico de mis trabajos de investigación, Denis Dubourdieu, Isabelle Masneuf, Tomás González-Villa, Pilar Blanco, Esperanza Fernández, Isaac Pretorius, Paul Henschke, Tracy Siebert, Zlatina Genisheva, Luca Rolle, Susana Rio y muy especialmente a José Maria Oliveira, coautor en la segunda parte de este libro, en cuyo laboratorio realicé una parte importante del trabajo que se presenta.

Quiero mostrar un especial agradecimiento a los autores colaboradores que desarrollan la primera parte de este libro y que desinteresadamente han aportado sus conocimientos para introducir al lector en los diferentes aspectos del libro, la viticultura gallega, el origen de las variedades cultivadas en Galicia y el aroma de los vinos.

Por último, quiero agradecer a los consejos reguladores de las denominaciones de origen Monterrei, Rías Baixas, Ribeira Sacra, Ribeiro, Valdeorras y Consejo Regulador de los Aguardientes y Licores Tradicionales de Galicia por su interés y apoyo para que este libro llegue al sector.

Gracias a todos  
Mar Vilanova de la Torre



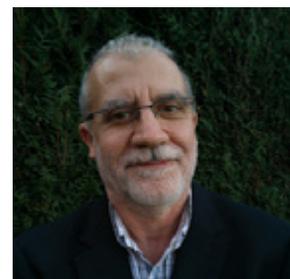
### **MAR VILANOVA DE LA TORRE**

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela y máster en Viticultura y Enología por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha ejercido como docente en las Universidades de Santiago de Compostela, Vigo, A Coruña, La Rioja y la UNED. Ha desarrollado su investigación en diferentes instituciones de España, Portugal, Francia, Australia e Italia. Desde el año 2004 es investigadora en la Agencia Estatal CSIC (Misión Biológica de Galicia). Su actividad científica se ha centrado en la selección y mejora de levaduras de vinificación y la caracterización bioquímica y sensorial de variedades de vid. En los últimos años su actividad se centra en el efecto del ambiente ("terroir" y prácticas de cultivo) sobre la calidad de uva. Su producción científica engloba más de sesenta artículos científicos, una patente, seis libros y numerosos artículos técnicos y de divulgación.



### **JOSÉ MARIA MARQUES OLIVEIRA**

Doctor en Ingeniería Química y Biológica por la Universidad del Miño. Actualmente es profesor auxiliar e investigador en el Departamento y en el Centro de Ingeniería Biológica de la Universidade del Miño. La actividad pedagógica se centra sobre todo en la temática de las tecnologías alimentarias, en especial enología, los procesos fermentativos, los métodos instrumentales de análisis y los servicios industriales. Ejerce su actividad científica en el área de la biotecnología agroalimentaria, con especial relevancia en la influencia de la tecnología de vinificación y de la materia prima en la calidad química y sensorial del producto final. El desarrollo de métodos instrumentales de análisis para la identificación y cuantificación de compuestos volátiles en diversas matrices, por GC y GC-MS, representa otro aspecto relevante de su trabajo.



### **RICARDO RIVAS BARROS**

Ingeniero agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. La práctica totalidad de su carrera profesional está ligada al servicio en la Xunta de Galicia. Tras un breve paso como analista de proyectos de inversión agroindustriales en la Dirección General de Promoción e Incentivos Económicos de la Consellería de Economía y Hacienda (embrión de lo que luego sería el IGAPE), pasó a desarrollar su actividad en la Consellería del Medio Rural, primero en Lugo, donde colaboró activamente en la puesta en marcha de la denominación de origen Ribeira Sacra, y luego ya en los servicios centrales, en Santiago de Compostela. En el año 1998 fue nombrado jefe del Servicio de Fomento de la Industrialización Agroalimentaria y desde 1999 es el responsable de la subdirección que, con distintas denominaciones a lo largo de este tiempo, se ocupa de los temas relacionados con la industrialización, la comercialización y la política de calidad agroalimentaria.



---

**JUAN CARLOS  
ALONSO BOUZA**

Ingeniero técnico agrícola en la especialidad de explotaciones vitícolas y máster en Viticultura, Enología y Marketing del vino. Trabajó como profesional libre para ARVE-UTE (Unión Temporal de Empresas formada para el establecimiento del Registro Vitícola Español, en colaboración con el INDO-MAPA). Desde 1999 es empleado público de la Xunta de Galicia en la Consellería del Medio Rural con responsabilidades relacionadas con la vitivinicultura de Galicia, como son la coordinación, gestión y control del potencial productivo del sector vitivinícola gallego, asistencia técnica para el registro vitícola de Galicia, aplicación del programa de apoyo al sector vitivinícola español para los planes de reestructuración y reconversión del viñedo en Galicia y asesor del programa de selección clonal de variedades de vid autóctonas de Galicia.

---



---

**JOSÉ MIGUEL  
MARTÍNEZ-ZAPATER**

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid y profesor de investigación de la Agencia Estatal CSIC. Ha desarrollado su actividad investigadora en el MSU-DOE Plant Research Laboratory (East Lansing, Michigan, USA) y posteriormente en España en el INIA (Madrid) y en el CSIC (Centro Nacional de Biotecnología, Madrid). En la actualidad es director del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja, Logroño) en el que forma parte del Grupo de Genética y Genómica de la Vid. En los últimos años su trabajo se centra en el estudio del desarrollo reproductivo de la vid y su impacto en la calidad de la uva. También está implicado en el desarrollo y aplicación de herramientas genómicas para la mejora genética de esta especie tanto en uva de mesa como de vinificación. Su producción científica se recoge en más de cien publicaciones científicas, dos patentes y numerosos artículos técnicos y de divulgación.

---



---

**JAVIER IBÁÑEZ MARCOS**

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Comenzó a trabajar con la vid en el IMIDRA (Madrid) en 1995, con el fin de aplicar el análisis de ADN al estudio de variedades de vid. Posteriormente se interesó además por la base genética de la variación natural para caracteres reproductivos de la vid. En 2009 se incorporó al CSIC en el Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV, La Rioja), integrando el Grupo Genética y Genómica de la Vid y profundizando en el estudio de la diversidad genética de la vid y de su desarrollo reproductivo, fundamentalmente en relación con el carácter compacidad del racimo. En este tiempo ha liderado y participado en proyectos de investigación y contratos con empresas, ha dirigido tres tesis doctorales y cuenta con más de 70 publicaciones relacionadas con la temática expuesta.

---



---

**JUAN CACHO PALOMAR**

Catedrático Emérito de Química Analítica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Profesor <<ad honorem>> en la Facultad de Enología de la Universidad Rovira y Virgili. Académico de la Real Academia de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Medalla de oro a la investigación enológica de la Federación Española de Asociaciones de Enólogos. Fundador y Director <<ad honorem>> del Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología de la Universidad de Zaragoza.

---



## PRIMERA PARTE ..... 11

### EL SECTOR VITIVINÍCOLA GALLEGO EN EL SIGLO XXI. EL TRIUNFO DE LAS VARIEDADES DE CULTIVO TRADICIONAL

Ricardo Rivas y Juan Carlos Alonso

1. Introducción .....	13
2. Una larga decadencia .....	13
3. Tres décadas de profundos cambios .....	14
4. Un nuevo mapa vitivinícola .....	15
5. Las variedades de cultivo tradicional: la clave del éxito .....	17

### ORIGEN Y PARENTESCOS DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

José M. Martínez-Zapater y Javier Ibáñez

1. Introducción .....	21
1.1. Biología de la vid .....	21
1.2. Las poblaciones de vid silvestre en Europa y en la Península Ibérica .....	22
1.3. La viticultura en la Península Ibérica .....	22
2. Información genética sobre el origen de las variedades ibéricas .....	23
2.1. Herramientas de análisis derivadas de los genomas de la vid .....	23
2.2. Las variedades cultivadas en la Península Ibérica están relacionadas con las poblaciones silvestres por vía materna .....	23
2.3. La variación en el genoma nuclear de las variedades de vid de la Península Ibérica es compatible con la existencia de introgresión de las poblaciones silvestres .....	24
2.4. La estructura genética de las variedades de vid cultivadas en la Península Ibérica sugiere la existencia de dos grupos genéticos principales .....	24
2.5. Los análisis de pedigrís identifican la existencia de hibridaciones espontáneas que constituyen el origen próximo de las variedades de la Península Ibérica cultivadas en la actualidad .....	25
3. El origen de las variedades gallegas .....	26
3.1. Contexto histórico .....	26
3.2. Variedades cultivadas .....	26
3.3. Relaciones de parentesco .....	28
Agradecimientos .....	30
Referencias bibliográficas .....	30

### EL AROMA DEL VINO: SU PERCEPCIÓN Y COMPOSICIÓN

Juan Cacho

1. Introducción .....	35
2. El efecto del etanol .....	37
3. Influencia de los metabolitos de la fermentación .....	37
4. Familias de aromas sutiles .....	38
4.1. Varietales .....	38
4.2. De fermentación .....	39
4.3. De crianza .....	39
5. Aromas y varietalidad .....	39
Referencias bibliográficas .....	44

## SEGUNDA PARTE ..... 45

### EL POTENCIAL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

Mar Vilanova y José María Oliveira

1. Introducción .....	47
2. La viticultura atlántica. Variedades gallegas .....	47
2.1. Variedades blancas .....	49
2.2. Variedades tintas .....	50
3. Perfil aromático de las variedades de cultivo tradicional en Galicia .....	51
3.1. Perfil aromático de las variedades blancas .....	52
Variedad Agudelo .....	52
Variedad Albariño .....	54
Variedad Blanco Legítimo .....	56
Variedad Caiño Blanco .....	58
Variedad Dona Branca .....	60
Variedad Godello .....	62
Variedad Loureira .....	64
Variedad Treixadura .....	66
3.2. Estudio comparativo de las variedades blancas cultivadas en Galicia en base a su composición aromática .....	68
3.3. Perfil aromático de las variedades tintas .....	70
Variedad Brancellao .....	70
Variedad Caiño Tinto .....	72
Variedad Espadeiro .....	74
Variedad Loureiro Tinto .....	76
Variedad Mencía .....	78
Variedad Merenzao .....	80
Variedad Pedral .....	82
Variedad Sousón .....	84
3.4. Estudio comparativo de las variedades tintas cultivadas en Galicia en base a su composición aromática .....	86
Referencias bibliográficas .....	88



---

# PRIMERA PARTE INTRODUCCIÓN

*Ricardo Rivas y Juan Carlos Alonso  
José Miguel Martínez-Zapater y Javier Ibáñez  
Juan Cacho*





# EL SECTOR VITIVINÍCOLA GALLEGO EN EL SIGLO XXI. EL TRIUNFO DE LAS VARIEDADES DE CULTIVO TRADICIONAL

*Ricardo Rivas y Juan Carlos Alonso*

*Consellería del Medio Rural. Xunta de Galicia*

## 1. INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura gallega atraviesa un momento dulce. Nuestros vinos están presentes en los mercados de los principales países consumidores del mundo, son elogiados por prestigiosos críticos y acaparan premios y reconocimientos a nivel internacional.

La realidad actual no tiene nada que ver con la que había en un pasado aún reciente. Seguramente ni los más optimistas podrían pensar hace apenas tres décadas que hoy íbamos a estar en esta situación. De auténtica revolución, por su rapidez y magnitud, se podría calificar el cambio operado, que difícilmente tiene parangón en otros campos de la actividad agroalimentaria y mismo de la actividad económica gallega en general.

## 2. UNA LARGA DECADENCIA

A principios de la década de los 80 del siglo pasado en Galicia se producían con carácter general vinos comunes. Según se recogía en el Programa de calidad de los vinos gallegos, aprobado en 1986 por la entonces Consellería de Agricultura, de las aproximadamente 33.000 hectáreas ocupadas por el viñedo, sólo una pequeña parte estaba cultivada con variedades potencialmente productoras de vinos de calidad. La mayor parte de las viñas estaban constituidas por la variedad blanca Palomino y la tinta Garnacha Tintorera o, lo que es peor, por híbridos productores directos (HPD), que dominaban las comarcas de las Rías Baixas. Estas variedades constituían casi el 75% de nuestro viñedo y ni siquiera la superficie restante podría considerarse apta en su totalidad para la producción de vinos de calidad. Esto era así porque en muchos casos las vides de calidad estaban en plantaciones mezcladas con las variedades comunes antes citadas o con HPD, con dificultad para hacer una vendimia separada, y en otros casos las cepas estaban en terrenos poco adecuados. La estimación que se hacía en el citado Programa de calidad de los vinos gallegos, que supone un texto de gran valor para hacer una revisión actual de la evolución de nuestra vitivinicultura, era que tan sólo un 12% de la superficie vitícola en aquel entonces podría producir vinos de calidad.

Por lo que se refiere a la elaboración, la situación tampoco animaba al optimismo. A mediados de la década de los ochenta del siglo pasado apenas había una veintena de bodegas con tecnología idónea para elaborar vinos de calidad. El tradicional minifundismo de nuestro sector agrario se reproducía de manera exacerbada en el sector enológico de manera que se contabilizaban casi 35.000 instalaciones con una capacidad inferior a los 50.000 litros, lo que suponía una ratio de menos de una hectárea por bodega. Sólo un centenar de bodegas tenía una capacidad instalada superior a los 5.000 litros. Prácticas enológicas generalizadas en otras zonas vitivinícolas, como el sulfitado, eran aquí ignoradas en una buena parte de las elaboraciones y el equipamiento habitual de las escasas bodegas industriales en la mayoría de los casos era obsoleto y no permitía el control de la temperatura en fermentación. En definitiva, las técnicas de elaboración practicadas por la mayoría de los bodegueros eran también muy deficientes.

Con esta débil estructura industrial, cerca del 80% del vino era elaborado en pequeñas bodegas por el propio viticultor y sólo un 20% era elaborado por empresas vitivinícolas, que compraban las uvas, o incluso el vino ya hecho, a los viticultores. De esta manera, la mayor parte del vino que entraba en el mercado procedía de la elaboración de los viticultores después de detraer una parte para el autoconsumo. Una parte se vendía directamente a establecimientos de restauración, pero la mayor parte se comercializaba a través de intermediarios, mayoristas en origen y en destino, que encarecían un producto en general de escasa calidad y que difícilmente podía competir en precio con los vinos de Castilla o La Mancha dados los mayores costes de producción de la viticultura gallega. La comercialización de vinos gallegos en las cadenas de distribución era anecdótica, las ventas fuera de nuestra Comunidad Autónoma eran muy poco relevantes y la exportación casi una entelequia.

A principios de los años 80 en Galicia existían únicamente dos denominaciones de origen, Ribeiro (reconocida ya en 1932 y cuyo primer reglamento es de 1957) y Valdeorras (regulada en 1957) que languidecían en un

mercado dominado por vinos comunes y en los que el segmento de los vinos de calidad estaba copado por la omnipresente denominación de origen Rioja. Baste indicar que en el Ribeiro el 98% de la superficie vitícola estaba ocupada por las variedades Palomino y Garnacha Tintorera y que en Valdeorras esta vinífera suponía el 50% y el Palomino el 18% de la superficie plantada.

La situación de la vitivinicultura gallega en esa época era la consecuencia de una larga decadencia que se había iniciado en el siglo XVIII, una vez perdidos –por diferentes razones de coyuntura política– los mercados exteriores, que habían tenido cierta importancia en los dos siglos anteriores. A partir de ahí, la mayor parte de la producción gallega va a caer en el mercado interno, lo que ocasionó excedentes y bajadas de precios. La superficie vitícola se redujo y, en muchos casos, el cultivo se trasladó de las laderas a los fondos de los valles buscando mayores producciones a menor coste. Pero la bajada de la calidad producida y la mala conservación de los vinos aún agravó más la situación, de manera especial a partir de principios del siglo XIX.

En esta situación entraron en Galicia a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX las nuevas enfermedades de la vid: el oidio, el mildiu y la filoxera, que deshicieron la casi totalidad de nuestra viticultura, de tal manera que durante el siglo XX no se recuperó más que parcialmente la superficie cultivada anteriormente, con la desaparición casi total de los viñedos de la costa cantábrica, la entrada de los híbridos productores directos, el empleo de portainjertos no adecuados y la llegada de nuevas variedades de cepas foráneas. Las variedades de cultivo tradicional retrocederán por el aumento de los costes anuales (en tratamientos y portainjertos) y por la inadaptación a los primeros portainjertos. Los vinos de calidad decaerán sin un mercado capaz de adquirirlos y las variedades foráneas, más productivas pero de menor calidad, se asentarán en las cuencas de los ríos Miño y Sil y los híbridos productores directos se extenderán por las diferentes comarcas vitícolas de las Rías Baixas.

### 3. TRES DÉCADAS DE PROFUNDOS CAMBIOS

Esta situación no empezaría a cambiar hasta principios de los años ochenta, aunque en la década anterior podrían vislumbrarse ya algunos tímidos síntomas de un cambio de tendencia. Este cambio, que como decíamos antes podría ser considerado una revolución, se debió a un conjunto de factores, entre los que destacaríamos la modificación en los hábitos de consumo del vino, la integración de España en la UE (entonces CEE) y la autonomía política que consiguió Galicia en el marco constitucional del que se dota el Estado con la llegada del régimen democrático.

Por lo que se refiere a los hábitos de los consumidores, debemos indicar que en los últimos treinta años el consumo per cápita de vino en España cayó drásticamente de

manera que la cifra actual es inferior a la mitad de la de los años 80. Pero este descenso se concentró en los vinos comunes, los antes denominados vinos de mesa, de manera que el consumo de vinos de calidad –vinos con denominación de origen o indicación geográfica– incluso aumentó en ese período. Distintas causas en las que no vamos a ahondar –el aumento del nivel de vida, las campañas de las autoridades sanitarias advirtiendo de los riesgos del consumo excesivo de alcohol, la sustitución del vino por otras bebidas, como la cerveza, etc.–, están detrás de esta tendencia. En definitiva, se bebe menos, pero se bebe mejor, y los consumidores de vino son cada vez más entendidos, tienen curiosidad por saber que vinos beben, con que uvas se elaboran y como están hechos. Este cambio de costumbres, que por prolongado en el tiempo no podemos considerar moda, benefició claramente el desarrollo de nuestros vinos de calidad, elaborados con variedades locales adaptadas a nuestras condiciones edafoclimáticas y desconocidas en otras zonas y, por lo tanto, vinos diferentes y muy del gusto del consumidor actual. Cuando hablamos de vinos blancos, que son los que mayoritariamente se producen en Galicia, este consumidor busca vinos frescos, con perfecto equilibrio en alcohol y acidez, aromáticos, afrutados, ligeros y brillantes, atractivos en su presencia global, características que tienen nuestros blancos cuando se elaboran correctamente y utilizando nuestras mejores variedades.

El segundo aspecto que incidió claramente en el despique de nuestra vitivinicultura fue la entrada de España en la CEE en 1986. A partir de ese momento se produce una importante modernización del sector agroalimentario español, que tuvo que adaptarse al mercado común y que recibió una muy voluminosa aportación de fondos para homologarse al sector agroalimentario europeo. Así, los fondos del FEOGA-O primero y del Feader después, sirvieron tanto para acometer una profunda reconversión y reestructuración de nuestro viñedo, sustituyendo variedades comunes y HPD por cepas de variedades nobles, como para realizar una espectacular renovación de las instalaciones de elaboración, en las que se generalizaron el uso de tanques de acero, con control de temperatura, el uso de equipos de filtrado y el de otros equipamientos fundamentales en la moderna enología.

Otro aspecto clave en el cambio de tendencia fue la asunción por el Gobierno gallego de las competencias en materia de agricultura, de acuerdo con el Estatuto de Autonomía de Galicia, aprobado en 1981. A partir de ese momento será una Administración más pegada al territorio y, por lo tanto, con un mejor conocimiento de la realidad, la que tomará las decisiones en relación a temas fundamentales para el desarrollo de nuestro sector agrario. Esta preocupación por poner la viticultura gallega a la altura de su potencialidad se refleja en la elaboración y aprobación del citado Programa de calidad de los vinos

gallegos. En él, tras un diagnóstico de la situación se marcaron una serie de objetivos y líneas de actuación para el período 1987-2006. Aunque el programa no contó con una financiación específica ni fue objeto de un seguimiento en su teórico período de aplicación, sirvió como guía tanto para el sector como para la Administración autonómica y la mayor parte de los objetivos marcados fueron, en mayor o menor medida, consiguiéndose.

La puesta en marcha en 1985 de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia en Leiro supone un hito en la historia reciente de nuestra vitivinicultura y otra prueba de la preocupación que el sector suscitó en la nueva administración agraria gallega. Su primer director, José Antonio Yglesias Prieto, fue uno de los grandes impulsores de la modernización de la vitivinicultura gallega y del citado programa de calidad.

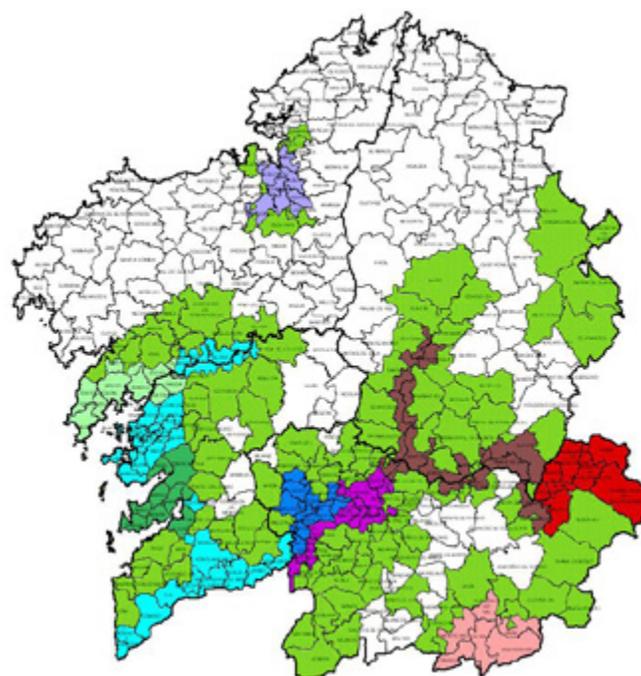
#### 4. UN NUEVO MAPA VITIVINÍCOLA

Uno de los aspectos más relevantes de la actuación administrativa en pro del sector fue la confección de un nuevo mapa vitivinícola gallego, con la creación de nuevas denominaciones de origen e indicaciones geográficas (antes conocidas como "vinos de la tierra") de manera que la gran mayoría de las comarcas vitivinícolas gallegas quedaron cubiertas por alguna de estas figuras de protección de la calidad. Así, a las dos únicas denominaciones de origen que existían anteriormente -las ya mencionadas Ribeiro y Valdeorras- se le unieron las denominaciones de origen Rías Baixas (1988), Monterrei (1992) y Ribeira Sacra (1995) y las indicaciones geográficas protegidas Valle del Miño-Ourense/Val do Miño-Ourense (1987), Betanzos (2000) y Barbanza e Iria (2006).

Los casos de las denominaciones de origen Ribeira Sacra y Rías Baixas son dos claros ejemplos de decisiones afortunadas. En ambos casos se creó una denominación única a partir de varias comarcas vitivinícolas históricas diferentes, pero con características comunes, evitando caer en localismos. Hubo que crear incluso dos marcas nuevas: Rías Baixas ya era un término bastante conocido como ámbito geográfico, pero no como nombre de un vino, y el nombre de la Ribeira Sacra era absolutamente desconocido para la ciudadanía, y hoy es una referencia, no solo como denominación de origen vitivinícola, sino para aludir a todo un territorio de gran valor paisajístico e histórico-artístico, que se desarrolló en gran medida gracias al impulso que le dio el sector vitivinícola.

Estas cinco denominaciones de origen y las tres indicaciones geográficas, estas últimas con una aportación casi testimonial, suponen la práctica totalidad de nuestro sector vitivinícola con vocación comercial, ya que la elaboración de vino sin la certificación de alguno de estos indicativos de calidad -lo que antes se denominaba "vino de mesa"- en Galicia es poco relevante. Sin embargo, sigue

Mapa vitivinícola de Galicia



Denominaciones de Origen Protegidas (DOP)

- DOP Ribeiro
- DOP Valdeorras
- DOP Monterrei
- DOP Ribeira Sacra
- DOP Rías Baixas

Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP)

- IGP Val do Miño - Ourense
- IGP Betanzos
- IGP Barbanza e Iria
- IGP Ribeiras do Morrazo (*en trámite de protección*)

Resto (sin indicación geográfica)

- Municipios con viñedo

habiendo una importante cantidad de vino sin DOP ni IGP que se elabora para autoconsumo y que muchas veces acaba entrando en el mercado por diferentes vías.

Con datos del último año cerrado (2015), las denominaciones de origen e indicaciones geográficas protegidas gallegas implican a más de dieciséis mil viticultores que cultivan una superficie próxima a las nueve mil hectáreas y a cerca de medio millar de bodegas, que en ese año comercializaron un volumen de vino que ronda los 390.000 hectolitros, con un valor en origen de casi 180 millones de euros. En la siguiente tabla se recogen los principales datos productivos de las diferentes denominaciones de origen e indicaciones geográficas en 2015.

Tabla 1. Principales datos productivos de las DOP e IGP gallegas (2015)

	Nº viticultores	Nº bodegas	Superficie (ha)	Producción (hL)	Valor económico (miles €)
Monterrei	446	25	533	23.876	11.317
Rías Baixas	5.756	183	4.077	203.442	101.721
Ribeira Sacra	2.582	94	1.268	34.999	17.499
Ribeiro	5.812	107	1.504	84.276	25.283
Valdeorras	1.460	44	1.171	40.614	23.720
<b>Total DOP</b>	<b>16.056</b>	<b>453</b>	<b>8.553</b>	<b>387.207</b>	<b>179.540</b>
Betanzos	14	6	10	83	33
Barbanza e Iria	11	3	8	139	56
Val do Miño-Ourense	8	5	5	37	15
<b>Total IGP</b>	<b>33</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>259</b>	<b>104</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16.089</b>	<b>467</b>	<b>8.576</b>	<b>387.466</b>	<b>179.644</b>

(Fonte: Consellería del Medio Rural)

Las bodegas que producen estos vinos, aun las de pequeño tamaño, están dotadas de equipamiento idóneo para la elaboración de vinos de calidad y, también de manera generalizada, se cuenta con asesoramiento enológico especializado en la elaboración. Nada que ver, por lo tanto, con la situación que se producía hace sólo dos o tres décadas. La enorme mejora productiva a nivel empresarial hizo posible también una espectacular evolución en la comercialización, de manera que muchos de los vinos, aún

con diferencias entre las diferentes denominaciones de origen, se encuentran con relativa facilidad en los establecimientos de la distribución y en el canal horeca, no solo en Galicia, sino también en las principales capitales españolas. Los progresos en la internacionalización también fueron muy grandes de manera que en las últimas campañas vitivinícolas el porcentaje de las ventas que se realizan fuera de España están próximas al 20 %, como se refleja en la Tabla 2.

Tabla 2. Peso relativo (%) de la exportación en la comercialización de los vinos gallegos con denominación de origen

	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
Monterrei	18,87	11,65	9,52	10,79	12,10	17,12	19,00
Rías Baixas	19,04	16,04	18,58	26,16	28,77	25,34	24,42
Ribeira Sacra	0,47	0,62	1,22	1,59	1,40	10,71	0,99
Ribeiro	1,25	2,46	2,48	0,98	7,67	8,58	9,12
Valdeorras	4,18	2,79	4,68	6,60	9,67	7,18	10,81
<b>TOTAL</b>	<b>11,51</b>	<b>10,69</b>	<b>12,49</b>	<b>15,11</b>	<b>19,49</b>	<b>18,72</b>	<b>17,52</b>

(Fuente: Consellería del Medio Rural y elaboración propia)

Como se puede apreciar en la tabla, la situación es bastante desigual entre las denominaciones de origen. Así, mientras la DO Rías Baixas ya comercializa una cuarta parte de su producción fuera de España, las cifras de la DO Ribeira Sacra son muy pequeñas. La especialización de esta denominación en vinos tintos es seguramente la principal razón que explica esta situación.

## 5. LAS VARIEDADES DE CULTIVO TRADICIONAL: LA CLAVE DEL ÉXITO

Sin miedo a equivocarnos podemos afirmar que la clave del éxito de los vinos gallegos está en la clara apuesta que el sector hizo por las variedades de viníferas locales. Estas variedades son, sin ninguna duda, el punto más fuerte de nuestra vitivinicultura. La diversidad de microclimas y suelos de Galicia y las técnicas de producción y selección sabiamente empleadas por los viejos viticultores dieron como resultado una magnífica herencia que, después de estar a punto de ser perdida, fue recuperada en las últimas décadas. Se trata de un grupo de variedades, tanto blancas como tintas, que están adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de las diferentes comarcas gallegas, viníferas potencialmente productoras de vinos de gran calidad, vinos comparables a algunos de los más afamados del mundo que, como en el caso de Galicia, se

producen en regiones en las que el clima presenta condiciones límite para el desarrollo de la viticultura.

En la regulación que se realizó de las nuevas denominaciones de origen e indicaciones geográficas se hizo una clara apuesta por estas variedades de vinífera, huyendo del fácil recurso, al que se acudió en otras zonas, de introducir nuevas variedades foráneas de renombre internacional (como Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Merlot, etc.) e impidiendo en unas denominaciones de origen la utilización de las variedades foráneas que ya estaban fuertemente arraigadas en nuestra viticultura o en otras denominaciones limitando el porcentaje de su uso en las elaboraciones. En las denominaciones de origen más antiguas también se dieron pasos en esa línea. Así, la DO Valdeorras modificó su regulación en 2009 para dar un papel protagonista a sus dos variedades estrella, Godello y Mencía, y la DO Ribeiro inició también un proceso de modificación de su normativa en este año 2016 en la dirección del fomento de los vinos elaborados con las variedades más adaptadas a su territorio, entre las que destaca la Treixadura.

En la Tabla 3 se recogen las distintas variedades de *Vitis vinifera* admitidas actualmente de acuerdo con la regulación de cada denominación de origen e indicación geográfica y la consideración que en esa regulación tienen: recomendada (o preferente, o principal) o autorizada.

Tabla 3. Variedades de *Vitis vinifera* admitidas en las diferentes DOP e IGP

VARIEDADES DE UVA	Vinos de calidad (DOP/IGP)							
	DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP)					INDICACIÓN GEOGRÁFICA PROTEGIDA (IGP)		
	Monterrei	Rías Baixas	Ribeira Sacra	Ribeiro	Valdeorras	Barbanza e Iria	Betanzos	Val do Miño Ourense
Agudelo, Chenín Blanc (B)						R	R	
Albariño (B)	A	R	R	A	R	R		R
Albillo Real* (B)				A				
Blanca de Monterrei (B)	A							
Brancellao (T)		A	R	A	R	R	R	R
Blanco Legítimo, Albarín Blanco (B)						R	R	
Caíño Blanco (B)	A	R						
Caíño Bravo (T)	A	R		R	R	R		R
Caíño Longo (T)	A	R		R	R	R		R
Caíño Tinto (T)	A	R		R	R	R		R
Castañal (T)		A						
Doña Blanca, Dona Branca (B)	R		R		R			R
Espadeiro, Torneiro (T)		R			R	R		

Vinos de calidad (DOP/IGP)

VARIETADES DE UVA	DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA (DOP)					INDICACIÓN GEOGRÁFICA PROTEGIDA (IGP)		
	Monterrei	Rías Baixas	Ribeira Sacra	Ribeiro	Valdeorras	Barbanza e Iria	Betanzos	Val do Miño Ourense
Ferrón (T)				A	R			
Garnacha Tintorera (T)			A	A	A		A	A
Godello (B)	R	A	R	A	R	R	R	R
Gran Negro (T)					A		A	
Juan García, Mouratón (T)			A		A			R
Lado (B)					R			
Loureira, Loureiro Blanco, Marqués (B)	A	R	R	A	R	R		R
Loureiro Tinto (T)		R				R		
Macabeo, Viura (B)				A				
Mencía (T)	A	A	R	A	R	R	R	R
Merenza, María Ordoña (T)	A		R		R		R	R
Palomino (B)				A	A		A	A
Pedral, Dozal (T)		A						
Sousón (T)	A	R		A	R	R		R
Tempranillo (T) (Araúxa**)	A			A	R			
Torrontés (B)		A	R	A	R	R		R
Treixadura (B)	R	R	R	R	R	R		R

B \ blanca

T \ tinta

R \ recomendada

A \ autorizada

\* Albillo Real: en realidad se trata de la variedad Albillo/a (diferente de Albillo Mayor y de Albillo Real) pero aún sin registrar como tal en el RVC.

\*\* Araúxa: sinonimia local no recogida oficialmente por no estar inscrita en el Registro de Variedades Comerciales (RVC).

La dinámica de funcionamiento de las cinco denominaciones de origen para adaptarse a las demandas del mercado dio como resultado que a lo largo de los años en las sucesivas vendimias fueron cogiendo cada vez más peso determinadas variedades potencialmente productoras de vinos de calidad. Así, en Rías Baixas hay un dominio total, ya desde los inicios de la denominación, de la variedad Albariño, que en la última vendimia (2016) supuso casi el 97% del total vendimiado; en el Ribeiro la variedad Treixadura supone casi el 43% del total de la vendimia de esa denominación; en Valdeorras, entre Godello y Mencía acumularon más del 84% de la uva recogida; en Ribeira Sacra la Mencía supuso el 85% y en Monterrei, Godello, Treixadura y Mencía aportaron el 90% de la uva que entró en las bodegas, siempre con datos de 2016.

En la Tabla 4 recogemos los datos de la vendimia 2016 del conjunto de las cinco denominaciones de origen, con

el reparto de la producción entre las diferentes variedades blancas y tintas y su peso.

De acuerdo con estos datos, las variedades Albariño, Godello y Treixadura suponen casi el 88% de la uva blanca que entró en las bodegas de las cinco denominaciones de origen, mientras que el peso de la variedad Palomino apenas supera el 8%. En las variedades tintas destaca la Mencía, con más del 79% de la producción, seguida a gran distancia de la Garnacha Tintorera, que no llega al 9%.

Estos datos son reveladores de la profunda renovación que sufrió la viticultura gallega, renovación basada en la recuperación de su patrimonio genético. Sin embargo, queda mucho camino por andar. De acuerdo con los datos del Registro Vitícola de Galicia (RVG), en la Comunidad Autónoma hay 33.369 hectáreas de viñedo y, de estas,

Tabla 4. Datos de la vendimia 2016

VARIEDADES BLANCAS			VARIEDADES TINTAS		
Variedad	Producción (kg)	Porcentaje (%)	Variedad	Producción (kg)	Porcentaje (%)
Albariño	32.642.057	65,19	Brancellao	117.561	1,22
Caíño Blanco	337.814	0,67	Caíño Longo	55.838	0,58
Dona Branca	91.707	0,18	Caíño Tinto	97.693	1,01
Godello	5.368.888	10,72	Castañal	7.219	0,07
Lado	14.177	0,03	Espadeiro	23.791	0,25
Loureira	337.065	0,67	Garnacha Tintorera	950.245	9,86
Torrontés	718.557	1,44	Loureira Tinta	3.593	0,04
Treixadura	5.903.047	11,79	Mencia	7.624.040	79,10
Palomino	4.187.565	8,36	Merenzae	80.469	0,83
Varias preferentes	472.260	0,94	Ferrón	13.519	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>50.073.138</b>	<b>100%</b>	Mouratón	2.895	0,03
			Pedral	6.904	0,07
			Sousón	334.051	3,47
			Tempranillo	229.422	2,38
			Varias autorizadas	26.189	0,27
			Varias preferentes	90.910	0,94
			<b>TOTAL</b>	<b>9.638.150</b>	<b>100%</b>

(Fuente: Consejos reguladores de las denominaciones de origen)

20.947 hectáreas están en zonas protegidas con DOP y 2.521 en zonas con IGP. En total son 23.468 hectáreas en el territorio delimitado frente a 8.576 hectáreas que están produciendo vino certificado. Es decir, hay casi 15.000 hectáreas en zonas con DOP o IGP que están a la margen de ellas. Una buena parte serán viñedos que por las condiciones naturales del terreno donde se sitúan no son susceptibles de producir vinos de calidad y, además, en muchos casos se tratará de viñedos formados con variedades comunes, no admitidas en la normativa de nuestros vinos de calidad. Pero estos datos reflejan que, en la medida en que la demanda de nuestros vinos de calidad lo aconseje, hay potencial para el aumento de la producción. Este aumento sería además a costa de una producción que, aunque teóricamente tiene como destino principal el autoconsumo, en muchas ocasiones acaba en el mercado, haciendo competencia desleal a los vinos comercializados con todos los requisitos legales.

Por lo que se refiere al viñedo implantado fuera de las zonas con DOP y IGP, tenemos 9.901 hectáreas de acuerdo con los datos del RVG, mayoritariamente estarán en

zonas con condiciones naturales que dificultan el cultivo de variedades de uva potencialmente productoras de vinos de calidad. Pero aún hay zonas en las que se pueden cultivar, y se cultivan, variedades compatibles con vinos de calidad, y esas zonas pueden ser objeto de integración por ampliación del territorio de alguna de las DOP o IGP existentes o de identificación de nuevas indicaciones geográficas, como es el caso de los vinos de la península del Morrazo y ayuntamientos limítrofes, para los que está en trámite actualmente este distintivo.

En definitiva, el objetivo es seguir ganando mercados con vinos singulares y la base de esa singularidad, dando por supuesta la correcta elaboración, es la utilización de esa gran colección de variedades de uva adaptadas a las condiciones específicas de nuestras comarcas productoras y que son el resultado de un largo proceso de selección y adaptación. Variedades que se caracterizan por dar lugar a vinos aromáticos y afrutados, muy del gusto del consumidor actual. Y es precisamente el potencial aromático de estas variedades el objeto principal de esta obra.



# ORIGEN Y PARENTESCOS DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

José M. Martínez-Zapater y Javier Ibáñez

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, UR, Gobierno de La Rioja)

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid y la elaboración del vino están tan integrados en la cultura europea que el conocimiento del origen de nuestros vinos y variedades de vid aporta información relevante sobre la historia, y esta historia contribuye a explicar el devenir de la vitivinicultura. El estudio detallado de la morfología de las variedades de vid, conocido como ampelografía, permite identificar familias de variedades con caracteres e incluso nombres varietales relacionados [1]. Sin embargo, no es hasta el desarrollo de los marcadores moleculares de tipo microsatélite y su aplicación en la identificación de variedades de la vid [2] cuando empieza a ser evidente la relación genética existente entre muchas de las variedades cultivadas en una misma región [3]. El rápido desarrollo de marcadores moleculares hizo posible la identificación de progenitores y descendientes de un gran número de variedades cultivadas [4,5] y más recientemente el análisis de amplias colecciones de variedades de vid indica que más del 75% de las variedades analizadas muestran relaciones de parentesco en primer grado con otras variedades [6-8]. Estas relaciones son consecuencia de hibridaciones espontáneas entre variedades que se han cultivado en algún momento en la misma zona geográfica y de su reproducción por semillas. Su estudio permite ahora reconstruir la historia de las variedades que han perdurado hasta la actualidad como testigos de la co-evolución de la vid y de las sociedades humanas.

En este capítulo revisaremos la información disponible sobre el origen y los parentescos de las variedades de vid que se cultivan en la actualidad en Galicia con especial atención a aquellas que, por no cultivarse en otras regiones, cabe pensar que podrían ser autóctonas del noroeste de la Península Ibérica. En los próximos años, el desarrollo de nuevos marcadores moleculares y su aplicación a grandes muestras de variedades, ampliadas gracias a las tareas de prospección y recolección que ocupan a muchos grupos de investigación en todas las zonas vitícolas, permitirán identificar variedades adicionales, de las que todavía quedan algunas cepas representativas en muchos de los viñedos viejos que van desapareciendo progresivamente. Como marco para integrar toda esta información,

en esta introducción haremos una breve descripción de la biología de la vid y de su distribución como especie silvestre y de cultivo en la Península Ibérica. Posteriormente, describiremos la información disponible sobre el origen y la estructura genética de las variedades de vid cultivadas en la Península Ibérica para finalmente comentar la información disponible sobre las variedades gallegas.

### 1.1. Biología de la vid

La vid (*Vitis vinifera* L.) es la única especie superviviente del género *Vitis* nativa de Eurasia. Dentro de esta especie suelen distinguirse dos formas: la forma silvestre de la que todavía existen algunas pequeñas poblaciones, generalmente localizadas en bosques de ribera, y que taxonómicamente se considera como la subespecie *sylvestris*; y la forma cultivada en la que se agrupan todas las variedades cultivadas bajo la denominación de subespecie *sativa* o *vinifera*. Las formas silvestres son dioicas, y en sus poblaciones coexisten plantas masculinas y femeninas. Las plantas silvestres trepan hasta el dosel del bosque para florecer y fructificar. La polinización es anemófila y los frutos pequeños, redondos y negros se agrupan en pequeños racimos y acumulan azúcares en la maduración para atraer a las aves que realizan la diseminación de las semillas [9]. La dioecia evita la autofecundación de las flores por lo que las plantas de vid son altamente heterocigóticas. Por el contrario, las formas cultivadas son en su mayoría hermafroditas, se podan intensamente y se cultivan como arbustos en viñedos. Las variedades también son muy heterocigóticas y su multiplicación vegetativa mantiene el genotipo varietal original durante siglos, aunque no puede evitar la acumulación de mutaciones, responsables de la variación somática que es la base de la selección clonal [10].

Las diferencias morfológicas observadas entre las formas silvestres y las formas cultivadas son consecuencia del proceso de domesticación [11] y se deben a dos efectos principales. Por un lado, el proceso de domesticación ha seleccionado los rasgos característicos de las formas cultivadas que afectan a su producción y calidad, tales como la formación de flores hermafroditas, el aumento en el tamaño de las uvas y de los racimos y un elevado contenido

de azúcar [12,13]. Por otro lado, el mismo proceso también ha generado una amplia diversificación morfológica como consecuencia de la adaptación del cultivo a distintos usos, ambientes y gustos, lo que puede observarse en la diversidad para el color de la baya [14], el sabor moscatel [15] o la ausencia de semillas en variedades de uva de mesa [16,17]. Finalmente, otros caracteres como la forma y el tamaño de las hojas y semillas también parecen haberse modificado indirectamente durante el proceso de domesticación [11].

## 1.2. Las poblaciones de vid silvestre en Europa y en la Península Ibérica

Hasta hace pocos siglos la vid silvestre (*Vitis vinifera* L. subsp. *silvestris* (Gmelin) Hegi) era una especie muy común en riberas fluviales, zonas pedregosas (coluviales) de laderas húmedas y ocasionalmente en acantilados y playas costeras en Europa Central y en la cuenca Mediterránea. Actualmente sus poblaciones sólo se localizan en algunas reservas naturales y en zonas muy concretas del sur y del centro de Europa, norte de África, Oriente Medio y en el sur del mar Caspio [18-21]. La disminución de esta especie en la naturaleza se debe principalmente a dos factores: i) el desarrollo de las poblaciones humanas y con ellas la fragmentación del hábitat, la gestión de los ríos y la reducción de los bosques de ribera; y ii) la llegada a Europa, a finales del siglo XIX, de patógenos y plagas con una incidencia muy negativa tanto en el cultivo de la vid como en sus poblaciones naturales [22], que han reducido drásticamente las poblaciones y su área de distribución [23]. Las poblaciones actuales no pueden considerarse poblaciones puras de la subespecie *silvestris*. Un análisis de estas poblaciones en Francia ha demostrado que suelen contener una mezcla de formas silvestres, formas cultivadas naturalizadas e incluso portainjertos escapados de viñedos. Además, también se pueden identificar híbridos espontáneos derivados de la polinización cruzada entre las distintas formas [24]. Una situación similar se ha descrito también en Italia [25]. La existencia de flujo génico entre las formas cultivadas y las plantas silvestres se ha cuantificado en poblaciones francesas próximas a viñedos [20] y puede afectar a la evolución de las escasas poblaciones silvestres. Por otra parte, el flujo de genes no parece ser frecuente entre los portainjertos naturalizados y las vides silvestres, debido posiblemente a que presentan diferentes comportamientos ecológicos [23].

La Península Ibérica, al igual que otras penínsulas mediterráneas, sirvió de refugio a muchas especies de plantas durante las glaciaciones del periodo cuaternario que congelaron el norte y el centro de Europa [26], y constituyó una parte muy importante del mayor centro de biodiversidad de Europa, la cuenca mediterránea [27]. Las poblaciones de vid silvestre eran muy numerosas en la Península, ocupaban una gran extensión geográfica, e incluso se han

aprovechado para distintos usos hasta finales del siglo XIX [28]. Actualmente se han localizado poblaciones en algunas cuencas fluviales y áreas costeras relacionadas con la Sierra de Ossa en Portugal y Sierra Morena en España [29], en localizaciones de Andalucía Occidental [28] y en el norte de la Península, principalmente en Asturias y el País Vasco [30,31]. Recientemente, De Andrés et al. [32] han publicado un primer inventario de poblaciones de vid silvestre en España. La primera conclusión de este estudio es que, al igual que en Francia y en Italia, las poblaciones de vid silvestre cuentan, en general, con un número muy reducido de individuos y frecuentemente incluyen tanto formas silvestres como formas cultivadas naturalizadas e híbridos espontáneos entre ambas subespecies. El trabajo analiza un total de 237 plantas procedentes de 61 localizaciones distintas en 13 cuencas fluviales. La mayor presencia de estas poblaciones se localiza en el sur, en Andalucía occidental y en el norte en las comunidades de Asturias, País Vasco, Navarra y el Norte de Castilla y León. En el mismo trabajo se analizan también algunas poblaciones residuales en Extremadura y Castilla La Mancha. Además se ha descrito la presencia de poblaciones de vid silvestre en La Rioja [33] y en localizaciones adicionales de Castilla y León [34], así como en varias cuencas fluviales del centro y sur de Portugal [35,36]. Hasta el momento no existen evidencias sobre la permanencia de poblaciones de vides silvestres en Galicia.

## 1.3. La viticultura en la Península Ibérica

La identificación de semillas de vid silvestre en los yacimientos arqueológicos mesolíticos y neolíticos del mediterráneo occidental demuestra que sus pobladores ya recolectaban uvas en los bosques de ribera y las consumían como fruta [37]. Concretamente, en la Península Ibérica el consumo de vid silvestre está documentado en los yacimientos del Calcolítico (aprox. 3000 años a.C.) [38]. Sin embargo, la producción de vino no se documenta hasta los siglos VII y VI a.C. en los yacimientos del sur y este de la Península Ibérica, ya fuertemente influidos por la colonización fenicia. Los fenicios no sólo importaron vino sino también las primeras plantas de vid domesticada e incluso los sistemas de cultivo para establecer los primeros viñedos en sus colonias ibéricas [39]. Además de los fenicios, también los griegos y los romanos diseminaron en la Península Ibérica sus prácticas vitícolas y sus variedades [40]. Unos siglos después de la caída del Imperio Romano de Occidente, la Península Ibérica fue colonizada por musulmanes desde el norte de África, lo que supuso una interacción cultural que se inició en el siglo VIII y terminó en el siglo XV, dependiendo de las distintas zonas geográficas. Los musulmanes trajeron una viticultura más centrada en el uso de variedades orientales de uva de mesa, y la producción de vino quedó posiblemente restringida en su área de influencia. Lógicamente, la interacción con

la cultura musulmana también contribuyó al acervo vitícola de la Península con prácticas y usos particulares, así como con la importación de variedades orientales utilizadas fundamentalmente como uva de mesa. Variedades como Beba, Teta de Vaca, Dominga, Valencí Tinto o Planta Fina todavía hoy pueden localizarse tanto en la Península Ibérica como en los países del Magreb [41-43]. Por otra parte, conforme los reinos cristianos ampliaban sus dominios, promovían las nuevas plantaciones de viñedo como estrategia para fijar las poblaciones de campesinos que se asentaban en los nuevos territorios [44,45]. Por tanto, a lo largo de la historia, las relaciones geográficas, históricas, comerciales, políticas y religiosas entre la Península Ibérica y otras zonas geográficas han dado lugar a un amplio intercambio y diseminación de variedades de vid que ha contribuido a aumentar la diversidad genética de las vides ibéricas. Estos mismos factores, junto a la mencionada llegada de nuevas enfermedades y plagas en el siglo XIX y el desarrollo de nuevas formas de producción, también han tenido un efecto contrario de reducción de esta diversidad genética en otros momentos de la historia [28]. La interacción conjunta de factores positivos y negativos ha modelado la mezcla de genotipos de vid que se pueden encontrar actualmente en los viñedos españoles y portugueses y en sus bancos de germoplasma.

## **2. INFORMACIÓN GENÉTICA SOBRE EL ORIGEN DE LAS VARIEDADES IBÉRICAS**

La arqueología es la disciplina que tradicionalmente aborda la reconstrucción de la historia de las poblaciones humanas y de sus usos y costumbres. Sin embargo, la genética molecular y la secuenciación del genoma humano están generando contribuciones muy importantes para comprender la evolución de la especie humana [46]. De la misma manera, la información genética y genómica disponible en plantas y animales domésticos contribuye también al conocimiento de los procesos de domesticación de estas especies de muy diversas maneras, tales como la identificación de las especies silvestres progenitoras, la estimación del número y localización de los sucesos de domesticación o el seguimiento de la secuencia temporal del proceso de domesticación [47-49]. En el caso de la vid, la culminación de la secuencia de su genoma de referencia [50,51] ofrece nuevas oportunidades para su aplicación en la resolución de preguntas históricas y biológicas sobre su domesticación o sobre el uso de la uva y del vino por distintas culturas. De alguna manera podríamos decir que la historia del proceso de domesticación de la vid está escrita en el genoma de las variedades que han llegado hasta nuestros días y puede constituir una de las evidencias más sólidas de este proceso.

### **2.1. Herramientas de análisis derivadas de los genomas de la vid**

Además del genoma nuclear, la célula vegetal contiene dos orgánulos subcelulares que disponen de su propio genoma, los cloroplastos y las mitocondrias, y ambos se han secuenciado también recientemente en genotipos de referencia de *Vitis vinifera* [52,53]. La variación en la secuencia de ADN de cualquier genoma se clasifica en dos tipos básicos: i) sustituciones de nucleótidos que provocan polimorfismos de nucleótidos únicos o SNP (Single Nucleotide Polymorphisms); y ii) inserciones o deleciones conocidas como INDEL. Este segundo grupo incluye todo tipo de inserciones-deleciones desde un solo nucleótido hasta segmentos de gran longitud. Las repeticiones de secuencias nucleotídicas simples, conocidas como microsatélites, también pueden considerarse como un tipo especial de INDEL. El estudio de la variación genética de tipos SNP y microsatélite que existe en los genomas cloroplástico y nuclear de variedades y de plantas silvestres de vid proporciona información sobre sus orígenes y relaciones genéticas. El genoma nuclear de la planta evoluciona a una velocidad cuatro veces mayor que el genoma del cloroplasto [54] convirtiendo los marcadores de ADN nuclear (SNP y microsatélites) en la herramienta más útil para el estudio de los procesos de domesticación en plantas. Por otro lado, el genoma cloroplástico se transmite de manera uniparental en la mayor parte de las especies (generalmente por vía materna en las angiospermas y paterna en las gimnospermas), y por tanto es muy útil para determinar la contribución relativa de la línea materna a la estructura genética de las poblaciones [55], analizar la existencia de flujo génico entre plantas cultivadas y silvestres o establecer el origen materno de genotipos específicos.

### **2.2. Las variedades cultivadas en la Península Ibérica están relacionadas con las poblaciones silvestres por vía materna**

El genoma del cloroplasto de la vid es una molécula de ADN circular de 160.928 bp con contenido y orden génico idéntico al de otros genomas cloroplásticos de otras especies de angiospermas [53]. Los cloroplastos de la vid se heredan por vía materna [56,57], lo que indica que los polimorfismos cloroplásticos sólo se pueden transmitir a las plantas de la siguiente generación por semillas o esquejes, pero nunca por el polen. El estudio de la diversidad genética del genoma cloroplástico de la vid se ha analizado hasta el momento mediante el estudio de polimorfismos en loci de microsatélites [56,58]. Los microsatélites cloroplásticos son repeticiones de mononucleótidos que presentan variación en el número de repeticiones, y por lo tanto en su longitud en distintos genotipos. De un total de 34 loci analizados en el genoma cloroplástico de la vid, sólo cinco mostraron polimorfismos [19]; ver también [59]). El estudio de la variación para estos loci polimórficos en una amplia muestra

de accesiones de vid, cultivadas y silvestres, permitió identificar entre 2 y 3 alelos por locus, que se combinaron en ocho clorotipos o tipos distintos de genomas cloroplásticos. Entre ellos, los cuatro que mostraron una frecuencia superior al 5% en la muestra analizada se denominaron A, B, C y D. El estudio de las frecuencias de estos clorotipos en las poblaciones de vides silvestres analizadas a lo largo de la cuenca mediterránea mostró que su distribución geográfica no es homogénea. El clorotipo A, muy distinto de los clorotipos B, C y D, es muy frecuente en las poblaciones silvestres de Europa Occidental y Central, así como en las poblaciones del Magreb, pero está ausente de las poblaciones silvestres analizadas en Oriente Próximo y en Asia. Además, los clorotipos C y D son muy frecuentes en poblaciones de Oriente Próximo y Asia pero no se encuentran en poblaciones de Europa Occidental [19].

A la vista de estos resultados, resulta muy informativo comprobar que el clorotipo A es muy abundante también en las variedades de vid de Europa Occidental y, especialmente, en variedades de vinificación de la Península Ibérica, mientras que el clorotipo C es característico de variedades orientales y muy abundante en las variedades de uva de mesa [19]. Esta misma distribución de clorotipos también se ha observado en variedades cultivadas y accesiones silvestres portuguesas [60]. En la Península Ibérica alrededor de un 75 % de las variedades de vinificación son portadoras del clorotipo A que es el clorotipo más abundante encontrado en las poblaciones ibéricas de vides silvestres (*V. vinifera* ssp. *sylvestris*) [19,60]. En el Magreb, en el norte de África, se observa lo contrario, mientras que las muestras de accesiones silvestres recogidas en poblaciones naturales son principalmente portadoras del clorotipo A, la mayor parte de las variedades cultivadas suelen ser portadoras del clorotipo C, característico de las variedades de uva de mesa [41,43,61].

Está ampliamente aceptado que los primeros sucesos de domesticación de la vid documentados y datados a partir de restos arqueológicos tuvieron lugar posiblemente en la región transcaucásica que hoy forma parte del norte de Irán. Desde esta zona, la cultura del vino y el cultivo de la vid se extendieron primero hacia el sur por la antigua Mesopotamia hasta llegar al antiguo Egipto y posteriormente de este a oeste por la cuenca mediterránea. Los resultados del análisis de clorotipos sugieren la existencia de sucesos de domesticación secundarios en el occidente de la cuenca mediterránea y en particular en la Península Ibérica, que constituyen el origen de la línea materna de muchas de las variedades cultivadas en la actualidad en esta zona geográfica [19].

### **2.3. La variación en el genoma nuclear de las variedades de vid de la Península Ibérica es compatible con la existencia de introgresión de las poblaciones silvestres**

En el genoma nuclear, la elevada tasa evolutiva de los loci microsatélites ha sido muy útil para rastrear los ancestros

de las variedades de vid y estimar su diversidad genética [6,7,62-64]. Sin embargo, los microsatélites están siendo sustituidos rápidamente por los SNP [8,65-67] que pueden proporcionar miles de marcadores genéticos en cada análisis. Todos los estudios de microsatélites nucleares que comparan las poblaciones occidentales de *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* con diferentes conjuntos de variedades de *Vitis vinifera* ssp. *vinifera* (de Europa Occidental y Central o del norte de África) ponen de manifiesto que los genotipos silvestres y cultivados se distribuyen en grupos genéticos distintos no relacionados [32,41,43,61,68,69]. Estos resultados han generado la idea de que, en Europa Occidental, las poblaciones de *V. vinifera* ssp. *sylvestris* y las variedades cultivadas pertenecen a diferentes grupos genéticos con distintos orígenes. Solamente un estudio reciente combina el análisis del genoma nuclear de variedades cultivadas con muestras de *V. vinifera* ssp. *sylvestris* procedentes tanto de zonas occidentales como de zonas orientales de su área de distribución [8]. Los resultados de este estudio sugieren una mayor similitud genética entre las variedades orientales y las poblaciones de *V. vinifera* ssp. *sylvestris* orientales que entre las variedades occidentales y las *sylvestris* occidentales [8]. Estos resultados suponen la primera evidencia genética que apoya una domesticación inicial de la vid en Oriente seguida por la diseminación de los genotipos domesticados en dirección este-oeste. Sin embargo, este estudio también respalda la existencia de introgresión de material genético de poblaciones occidentales de *V. vinifera* ssp. *sylvestris* en las variedades occidentales, lo que explicaría la similitud genética ligeramente mayor que existe entre variedades occidentales y *sylvestris* occidentales que entre estas *sylvestris* occidentales y las variedades orientales. En la misma línea, el estudio de la estructura genética de las poblaciones silvestres españolas, mencionado anteriormente [32], también identifica la existencia de sucesos de introgresión más actuales tanto de material silvestre en las formas cultivadas como de material cultivado en las poblaciones silvestres. Se puede por tanto concluir que esta introgresión existe y que tiene lugar en ambas direcciones, aunque no se dispone de información sobre cuál ha sido su incidencia a lo largo de los miles de años que llevan conviviendo la vid cultivada con la vid silvestre en la Península Ibérica. Por tanto, a pesar de su interés y de estar de acuerdo con los resultados del análisis de clorotipos, estos resultados deben interpretarse con cautela dado el pequeño número de muestras analizadas hasta la fecha.

### **2.4. La estructura genética de las variedades de vid cultivadas en la Península Ibérica sugiere la existencia de dos grupos genéticos principales**

Los escasos estudios que hasta el momento han analizado la estructura genética de las variedades de vid de la Península Ibérica ponen de manifiesto la existencia de un

alto grado de mezcla varietal posiblemente fruto de la compleja historia de civilizaciones e invasiones de la Península [63]. Este trabajo, basado en los genotipos obtenidos para 20 marcadores de tipo microsatélite, identifica dos grupos genéticos en los que se pueden encuadrar la mayoría de las variedades ibéricas con un pedigrí no excesivamente mezclado. El primer grupo estaría formado por variedades de vinificación que podríamos denominar occidentales o del occidente europeo y el segundo grupo incluiría variedades principalmente orientales utilizadas en unos casos para uva de mesa y en otros para vinificación. De un total de 226 variedades ibéricas analizadas por Bacilieri et al. [63] la mayor parte muestran un perfil genético muy mezclado y sólo 37 y 55 de ellas pertenecerían respectivamente a los dos grupos genéticos mencionados. Estos resultados coinciden con los de De Andrés et al. [32] que en otro estudio de estructura genética, realizado con los mismos 20 microsatélites pero más limitado en cuanto al número y origen de las variedades analizadas, también identificaron dos grupos genéticos de variedades cultivadas. El primero incluye la mayor parte de las variedades de la Península, mientras que el segundo agrupa muchas de las variedades europeas occidentales e incluye también algunas de las variedades ibéricas cultivadas en Galicia como Caíño Blanco, Caíño Longo o la variedad tinta Mencía. Cuando estos análisis de estructura genética tratan de maximizar el número de grupos genéticos, acaban identificando grandes familias de variedades emparentadas [63,70,71].

## **2.5. Los análisis de pedigrís identifican la existencia de hibridaciones espontáneas que constituyen el origen próximo de las variedades de la Península Ibérica cultivadas en la actualidad**

¿Qué ocurrió desde el cultivo de las primeras vides domésticas inicialmente importadas y de las que posiblemente se domesticaron secundariamente en la Península Ibérica, hasta las variedades que se cultivan en la actualidad? Desgraciadamente, en los registros que han llegado hasta nuestros días, no hay descripciones suficientemente claras que permitan la identificación de las variedades de vid cultivadas en los diferentes periodos. Algunas variedades como las moscateles se extendieron por la cuenca mediterránea desde los tiempos de la Grecia y Roma clásicas y podrían haber sido introducidas en la Península Ibérica hace más de mil años. De hecho estas variedades se pueden reconocer entre las descritas por el agrónomo andaluz del siglo XII Ahmad Ibn al-awwam al-Ishbili (Abu Zacaria) en el *Kitab al Fila*, el *Libro de Agricultura* [72], un importante texto medieval, en el que se describen las variedades de vid de su tiempo. Aparte del caso de los moscateles, no es hasta el siglo XVI cuando las primeras descripciones ampelográficas de Alonso de Herrera [73] permiten identificar algunas de las variedades ibéricas que todavía están en cultivo.

El estudio de las relaciones de parentesco entre las variedades de vid mediante el uso de marcadores moleculares de tipo microsatélite se inició en 1997 con el descubrimiento de que Cabernet Sauvignon procede de la hibridación espontánea entre Cabernet Franc y Sauvignon Blanc [5]. Este estudio abrió el camino para análisis similares en diferentes regiones vitivinícolas que mostraron que muchas variedades genéticamente relacionadas dentro de la misma zona geográfica [3] son en realidad parientes próximos [4,74,75]. Puesto que las hibridaciones de la vid dirigidas por los mejoradores no comenzaron hasta el siglo XIX y muchas de las variedades mencionadas se conocen desde hace varios siglos, cabe suponer que en la mayor parte de los casos se trata de híbridos espontáneos que han llegado a cultivarse como consecuencia bien del uso de semillas para la reproducción de la vid o bien de una gestión “descuidada” de los viñedos, que permitía que plantas híbridas entraran en producción en los campos de cultivo.

Los estudios de relaciones de parentesco entre variedades de vid realizados en grandes muestras, con marcadores microsatélites o SNP, coinciden en señalar que aproximadamente tres cuartas partes de las variedades analizadas en cada caso comparten un 50% de sus alelos [6-8]. Estas relaciones de parentesco se van analizando en detalle en cada región vitivinícola y existe un creciente número de trabajos que analizan los pedigrís de variedades francesas [4,11,75], italianas [6,76,77] o centroeuropeas [78,79]. Una situación similar también la detectan los primeros análisis de parentesco realizados hasta el momento entre las variedades de la Península Ibérica. Estos trabajos ponen de manifiesto el papel que como progenitores de las variedades actuales han tenido algunas variedades prácticamente desaparecidas. En la Península Ibérica cabe destacar el papel de la variedad femenina Hebén, que se ha encontrado de forma residual en muchos viñedos antiguos de Aragón, Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía [1], y que es progenitora de un gran número de variedades ibéricas [80]. Esta variedad comparte el 50% de los alelos en los loci analizados (es progenitor o descendiente) con más de 60 variedades de la Península [7]. Por hibridación con la variedad Tortozón generó la variedad Subirat Parent (Alarije o Malvasía de Rioja), en cruzamientos con una variedad denominada Falso Brustiano ha dado lugar a las variedades Macabeo y Xarel.lo [7,81], o junto con otras variedades peninsulares como Monastrell, Graciano o Albillo Mayor a variedades más minoritarias como Eperó de Gal, Gorgollasa, Mandón o Viñaté [81]. Como veremos más adelante, Hebén también participa en los pedigrís de variedades cultivadas actualmente en Galicia y en Portugal y está emparentada con Cayetana Blanca (Pardina, Jaén Blanco), que es a su vez un posible progenitor de variedades ibéricas en la franja occidental de la Península, y está emparentada con más de 20 variedades conocidas [7,74]. Aparte del papel de

estas variedades muy prolíficas que indica que en su día tuvieron una implantación vitícola muy relevante, también se ha podido trazar el origen de variedades que en la actualidad se reconocen como muy importantes pero que sin embargo derivan del cruzamiento de variedades menores. Este es el caso de la variedad Tempranillo, generada a partir del cruzamiento entre Albillo Mayor (Turruntés de Rioja) y Benedicto, una variedad aragonesa que en la actualidad se considera desaparecida de los campos de cultivo [82].

### 3. EL ORIGEN DE LAS VARIEDADES GALLEGAS

#### 3.1. Contexto histórico

El noroeste de la Península Ibérica posee características edáficas y climatológicas diferenciales que determinan el perfil de las variedades de vid cultivadas en la zona [70]. Sin duda, también su posición geográfica ha influido en la historia de la viticultura en la región. Concretamente, Galicia es la región más alejada de los deltas del Ebro y del Guadalquivir que, en base a la antigüedad de los yacimientos arqueológicos encontrados, fueron las zonas por las que se introdujo la cultura del vino en la Península Ibérica. De hecho, fue posiblemente con la llegada del imperio romano y la romanización de toda la Península cuando el cultivo de la vid se extendió hasta la actual Galicia, que entonces formaba parte de la provincia Tarraconensis (Strabon [83]). Posteriormente, la influencia musulmana seguramente fue de menor intensidad en esta región que en el resto de la Península, dado que el noroeste ibérico fue la primera zona geográfica recuperada por los reinos cristianos. En particular, las ciudades de León, Lugo, Astorga y Zamora volvieron al dominio cristiano menos de un siglo después de haberse culminado la invasión musulmana, a lo largo del siglo IX [84]. Además, a partir del siglo X las peregrinaciones a la tumba del apóstol Santiago a lo largo de la cornisa norte de la Península crean un canal de comunicación entre Galicia y el resto de la Europa cristiana que se consolidará cuando aumenten las dificultades de peregrinación a Jerusalén y se vaya ampliando el territorio de influencia cristiana en el norte de la Península Ibérica. En este territorio se instalan diversas órdenes monásticas del centro de Europa para dar soporte a los peregrinos trayendo con ellas sus costumbres y su cultura vitivinícola, incluyendo posiblemente las variedades de vid tan relevantes en la elaboración del vino necesario para la liturgia cristiana [83]. Finalmente, cabe mencionar también como otro factor histórico que nos ayude a comprender el origen y distribución de las variedades de vid que la frontera que separa Galicia del norte de Portugal no se creó hasta el siglo XII. Durante este tiempo el norte del actual Portugal formó parte sucesivamente de los reinos de León, de Castilla y León y de Castilla.

#### 3.2. Variedades cultivadas

Las regiones vitivinícolas del noroeste de la Península Ibérica, fundamentalmente Galicia, Asturias y El Bierzo leonés, comparten muchas variedades de vid, si bien cada zona presenta también sus propias particularidades. Esta zona integra siete denominaciones de origen protegidas (DOP): cinco en Galicia (Monterrei, Rías Baixas, Ribeira Sacra, Ribeiro y Valdeorras), una en el principado de Asturias (Cangas) y otra en El Bierzo (El Bierzo). En este capítulo nos referiremos fundamentalmente a las variedades cultivadas y/o admitidas en las DOP gallegas, algunas de las cuales se encuentran también en las otras regiones (Tabla 1).

Además de una importante riqueza varietal, existe en la zona una gran abundancia de denominaciones para las distintas variedades, que ha dado lugar a la aparición de sinonimias, homonimias y falsas sinonimias que generan una gran confusión y dificultan la identificación varietal. Por citar un ejemplo, a la variedad blanca de referencia en Galicia, Albariño, se le habían adjudicado sinonimias erróneas como Savagnin Blanc y Caíño Blanco, lo que exigió la realización de trabajos específicos de identificación para resolver las dudas generadas [85,86]. En los últimos años, varios equipos de investigación han contribuido de forma importante a clarificar la situación, utilizando herramientas morfológicas, morfométricas y moleculares para caracterizar diversos grupos varietales [70,87-93]. Además del Albariño antes citado, otras variedades concretas han merecido trabajos particulares, como es el caso de Albarín Blanco [94] o Mencía [95]. El uso de un mismo juego de marcadores moleculares de tipo microsatélite en muchos de estos trabajos ha permitido el establecimiento de sinonimias y homonimias claras, tanto nacionales como internacionales, de manera que no existen dudas en cuanto a la identificación molecular de los principales cultivares de Galicia. Es de destacar la existencia de numerosos casos de sinonimias ibéricas, con nombres españoles y portugueses, para muchas de las variedades estudiadas, que se describen en la Tabla 1. En esta tabla se recoge la denominación varietal más común en Galicia, en España y en el Catálogo Internacional de Variedades de Vid (VIVC). Sin embargo, todavía existen incógnitas por resolver, como el caso de la variedad Blanca de Monterrei, que Cabello et al. [1] consideran una sinonimia de Doña Blanca, pero para la que Díaz-Losada et al. [93] describen un genotipo diferente. En este último trabajo se mencionan también otros genotipos obtenidos para accesiones de vid de la zona que hasta el momento no pueden adjudicarse a ninguna variedad conocida. Estas accesiones podrían corresponder a variedades locales en peligro de extinción, como también es el caso de Tinta Castañal [96]. A la vista de estos ejemplos podríamos decir que, a pesar de los importantes esfuerzos realizados por varios grupos en las dos últimas décadas, el conocimiento del patrimonio vitícola gallego está todavía por completar y puede deparar nuevas sorpresas.

Tabla 1. Variedades de vid incluidas en las DO gallegas o cultivadas en el noroeste peninsular

Nombre DO Galicia	Nombre principal España	Color <sup>a</sup>	Nº de variedad VIVC <sup>b</sup>	Nombre principal VIVC <sup>b</sup>	Sinonimias / Península Ibérica <sup>c</sup>
<b>Albariño</b>	Albariño	B	15689	ALVARINHO	Albariña
<b>Albilla</b>	Chasselas*	B	2473	CHASSELAS BLANC	* Según [100] es diferente de Chasselas. Albilló, Malvasía del Bierzo, Temprano, Temprano Blanco
<b>Branca de Monterrei</b>	Blanca de Monterrei	B	2124	CARREGA BRANCO	Según [1] es Dona Branca, aunque Dona Branca es otra variedad autorizada en Monterrei
<b>Brancellao</b>	Brancellao	T	1650	ALVARELHAO	Albarello, Alvarello, Brancello, Brencellao, Brencello, Serradelo, Serradillo
<b>Caíño Branco</b>	Caíño Blanco	B	371	CAINHO DE MOREIRA	
<b>Caíño Bravo</b>	Caíño Bravo	B	818	AMARAL	Caíño Astureses
<b>Caíño Longo</b>	Caíño Longo	B	5178 / 24614	CAÍÑO LONGO	
<b>Caíño Tinto</b>	Caíño Tinto	T	1564	BORRACAL	Cachiño, Cachón, Caíño del País, Caíño Gordo, Caíño, Espadeiro, Caíño Redondo, Tinta Femia, Tinto Redondo
<b>Castañal</b>	Castañal	T	23051	CASTANAL	
<b>Dona Branca</b>	Doña Blanca	B	2742	SIRIA	Blanca de Monterrei, Cigüente, Cigüeriles, Claireto, Malvasía, Malvasía Castellana, Moza Fresca, Moza Fresca Valenciana, Siria, Valenciana, Valenciana Blanca
<b>Espadeiro</b>	Espadeiro	T			Caíño Redondo, Gascón, Tinto Gascón, Torneiro, Padeiro
<b>Ferrón</b>	Ferrón	T	7340	MANSENG NOIR	Caíño do Freixo, Espadeiro, Ferrol, Negrón
<b>Garnacha Tintureira</b>	Garnacha Tintorera	T	304	ALICANTE HENRI BOUSCHET	Alicante, Alicante Bouschet, Colorina, Garnacha, Moratón, Negral, Tintorera, Tintorera de Liria, Tintorera de Longares
<b>Godello</b>	Godello	B	12953	GOUVEIO	Cumbrão, Verdello, Verdejo Blanco
<b>Gran Negro</b>	Gran Negro	T	5012	GRAND NOIR	Negrón
<b>Lado</b>	Lado	B	23156	LADO	
<b>Loureira</b>	Loureira	B	6912	LOUREIRO BLANCO	Marqués
<b>Loureiro Tinto</b>	Loureiro Tinto		17346	LOUREIRO TINTO	Según Cabello <sup>c</sup> es Sousón, aun que Sousón es otra variedad autorizada en las Rías Baixas
<b>Macabeo</b>	Macabeo	B	13127	VIURA	Blanco de Daroca, Blanco Fino, Malvasía, San Diego, Tortosina, Verdigell, Viuna
<b>Mencía</b>	Mencía	T	7623	MENCÍA	Jaén, Tinto Mencía, Tinta Mollar
<b>Merenzao</b>	Merenzao	T	12668	TROUSSEAU NOIR	Bastardo, Carnaz, María Ordoña, María Ordoñez, Maturana Tinta, Pecho, Roibal, Tinta, Tintilla, Verdejo, Verdejo Negro, Verdejo Tinto

Nombre DO Galicia	Nombre principal España	Color <sup>a</sup>	Nº de variedad VIVC <sup>b</sup>	Nombre principal VIVC <sup>b</sup>	Sinonimias / Península Ibérica <sup>c</sup>
<b>Mouratón</b>	Juan García	T	8082	MOURATÓN	Collón de Galo, Juan García, Mencía Gorda, Negreda, Negrón de Aldán, Tinto Madrid
<b>Palomino</b>	Palomino Fino	B	8888	PALOMINO FINO	Jerez, Jerezana Fina, Listán Blanco, Listán Blanco de Canarias, Listán Gacho
<b>Pedral</b>	Pedral	T	9078	PEDRAL	Dozal, Pedral Negro, Pedrol
<b>Sousón</b>	Sousón	T	13100	VINHAO	Alvarello, Loureira Tinta, Pazao, Retinto, Sousao, Sousóns, Souzón Retinto, Tintilla, Viñón
<b>Tempranillo</b>	Tempranillo	T	12350	TEMPRANILLO TINTO	Albillo, Aragonés, Araúxa, Cencibel, Tinto Fino, etc.
<b>Torrontés</b>	Torrontés	B	715	MALVASÍA FINA	Arinto do Dão, Boal, Boal Cachudo, Gual, Tarantey de Nerga, Uval
<b>Treixadura</b>	Treixadura	B	12629	TRAJADURA	
<b>No incluidas en las DO gallegas</b>					
	Albarín Blanco	B	22838	ALBARÍN BLANCO	Branca do País, Blanca Legítima, Blanco Legítimo, Blanco País, Blanco Verdín, Raposo
	Bruñal	T	277	ALFROCHEIRO	Albarín Negro, Albarín Tinto, Baboso Negro, Bastardo Negro, Caíño Gordo, Tinta Francesa, Tinto Serodo
	Cagarrizo	B	4178	FOLGASAO	Silveiriña
	Carrasquín	T	2123	CARRASQUÍN	
	Prieto Picudo	T	9694	PRIETO PICUDO TINTO	Picudo, Verdejo Negro, Verdejo Tinto

<sup>a</sup> B \ blanca  
T \ tinta

<sup>b</sup> VIVC (Catálogo Internacional de Variedades de Vid). 31/05/2017

<sup>c</sup> De acuerdo a [1, 93, 99]

### 3.3. Relaciones de parentesco

Los resultados de los diversos análisis genéticos realizados con marcadores de microsatélites en las variedades de vid cultivadas en Galicia ponen de manifiesto la existencia, también aquí, de grupos de variedades emparentadas. Concretamente, si se excluyen de las variedades cultivadas en la actualidad (Tabla 1) aquellas cuya procedencia de otras regiones parece bien conocida [Albillo (sinónima Chasselas Blanc), Garnacha Tintorera (sinónima de Alicante Henri Bouschet), Gran Negro, Macabeo, Palomino Fino y Tempranillo], el núcleo de variedades que podríamos denominar autóctonas pertenece en su mayor parte a cuatro grupos o familias varietales que parecen organizarse alrededor de otras tantas variedades fundadoras o progenitoras (Figura 1).

Posiblemente el grupo más típico es el que tiene como posible fundador la variedad tinta Caíño Bravo conocida también como Caíño Astureses [90], y que en Portugal se conoce como Amaral. Esta variedad está relacionada con parentesco de primer grado, es decir es progenitora o descendiente de muchas variedades cultivadas en la zona, tanto tintas como blancas [Castañal, Caíño Longo, Caíño Tinto (Tinta Femia) y Sousón] [90,97]. Además, Caíño Bravo ha sido progenitora de dos variedades blancas de relevancia en Galicia y en Portugal como son Caíño Blanco (Caíño de Moreira en Portugal) y Loureira. La primera deriva de su cruzamiento espontáneo con la variedad Albariño [7,97] y la segunda con la variedad portuguesa Branco Escola (Espadeiro Branco) [7]. Caíño

Figura 1. **Relaciones de parentesco entre variedades cultivadas en el noroeste de la Península Ibérica.** Los colores azul, rojo, amarillo y verde marcan las cuatro familias varietales a las que se hace referencia en el texto. Los nombres rodeados por una línea continua corresponden a variedades aprobadas en alguna DOP gallega. Los nombres rodeados por líneas discontinuas corresponden a variedades aprobadas en otras denominaciones del noroeste de la Península. Las líneas discontinuas entre variedades indican una relación de parentesco en primer grado en la que se desconoce la dirección entre progenitor y descendiente. Las flechas indican una relación definida de progenitor a descendiente en la dirección de la flecha.



Bravo estaría también relacionada con más de diez variedades portuguesas como Amaral Branco, Falso Azal Branco, Barcello, Boal Molle, Douradinha, Malvasía de Colares, Mourisco du Minho, Rabo de Ovelha (Rabigato) y Falso Souza [7].

La citada variedad Branco Escola comparte la mitad de sus alelos con la variedad Portuguesa Batoca [7], que a su vez está emparentada en primer grado con variedades cultivadas en la actualidad tanto en Galicia como en el norte de Portugal. Entre ellas se encuentran el Espadeiro (tinto) y la variedad Treixadura ambas protegidas en DO gallegas así como las variedades portuguesas Azal, Cascal, Doçal y Doçal de Refoios [7].

Un tercer grupo estaría formado alrededor de una variedad de origen europeo denominada Traminer en el norte de Italia y Savagnin en Francia, que está emparentada en primer grado con más de 50 variedades, fundamentalmente francesas, italianas, alemanas, portuguesas, y españolas [7]. Los parientes de Traminer en la Península Ibérica se concentran fundamentalmente en el noroeste e incluyen conocidas variedades en la zona como Carrasquín, Merenzao (Trousseau Noir), Albarín Blanco (Blanco Legítimo) o Prieto Picudo (Verdejo Negro) [7]. Además, la hibridación espontánea entre Traminer y Castellana Blanca (una variedad ibérica que también ha contribuido en algunos pedigrís de la Península [7]) habría dado lugar a la variedad Godello (Gouveio en

Portugal) y a la variedad Verdejo, ampliamente cultivada en Castilla y León y ambas aromáticas. La variedad Bruñal (Albarín Negro, Alfrocheiro) es otro posible descendiente de Traminer, y también podría estar en el origen de muchas variedades cultivadas en el noroeste de la Península Ibérica como Mencía [70], Torrontés, Mouratón y Douradinha [7,70,74]. Además, entre los parientes europeos de Traminer es importante señalar la variedad Petit Manseng, que a su vez podría estar emparentada con Gros Manseng y éste a su vez podría ser progenitor o descendiente de la variedad gallega Albariño [7].

Finalmente, el cuarto grupo varietal se organiza alrededor de tres variedades fundadoras que seguramente fueron ampliamente cultivadas en Castilla y en la franja occidental de la Península: Hebén, Cayetana Blanca, y la mencionada Castellana Blanca. Hebén es progenitora junto con Bruñal de la variedad cultivada en Galicia como Torrontés y conocida en Portugal con el nombre de Arinto do Dão o Malvasía Fina. La variedad Cayetana Blanca, emparentada con Hebén, también ha hibridado con Bruñal para dar lugar a la variedad Mouratón (Juan García). Cayetana Blanca está asimismo emparentada en primer grado con un gran número de variedades ibéricas (españolas y portuguesas) como la variedad gallega Dona Branca conocida en Portugal como Siria, o la variedad Castellana Blanca mencionada anteriormente en el pedigrí de Godello y Verdejo [74].

Lógicamente, estos cuatro grupos no son compartimentos estancos y, como se ha mencionado, las variedades que hemos considerado fundadoras tienen descendientes comunes. Este es el caso de las variedades portuguesas Malvasía de Colares, descendiente del cruzamiento entre Hebén y Caíño Bravo [98], o Douradinha, descendiente del cruzamiento entre Caíño Bravo y Bruñal [7]. También se podría decir lo mismo de las variedades gallegas Caíño Blanco y Loureira que resultan de hibridaciones entre Caíño Bravo y una variedad del grupo de Traminer en el primer caso y entre Caíño Bravo y Batoca en el segundo.

Entre las variedades actualmente cultivadas en Galicia que restan por emparentar cabe mencionar a Ferrón, sinónimo de Manseng Noir, y que como tal aparece relacionada con variedades francesas como Tannat o portuguesas como São Mamede [7]. Finalmente, restarían cuatro variedades del noroeste de la Península para las que hasta el momento no se han identificado parentescos de primer grado con otras variedades conocidas: Brancellao, Cagarrizo, Lado y Pedral. Brancellao, Lado y Pedral podrían estar relacionadas con el grupo de Traminer [70], aunque se requieren estudios de pedigrís más precisos y con mayor número de marcadores para confirmar esta información. A estas incógnitas habría que añadir la posibilidad de que Blanca de Monterrei no sea sinónima de Dona Branca (en principio el genotipo analizado en EVEGA también podría estar relacionado con el grupo de la variedad Traminer) y de que Loureiro Tinto tenga un genotipo diferente de Sousón, dudas que quedan pendientes de futuros análisis.

El análisis de los genotipos de las variedades de vid europeas e ibéricas publicados hasta la fecha permite identificar el parentesco y el posible origen de la mayor parte de las variedades cultivadas actualmente en Galicia y en el noroeste de la Península Ibérica. Como hemos visto, la mayor parte están relacionadas con alguna de las cuatro familias varietales descritas, o descienden de hibridaciones entre variedades de estas familias.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Emilia Díaz-Losada su lectura crítica del manuscrito y sus aportaciones y comentarios.

Dos de estas familias varietales, centradas alrededor de Caíño Bravo y de Batoca, agrupan variedades extendidas en Galicia y en el norte de Portugal entre los ríos Miño y Duero y podrían considerarse los grupos más autóctonos del acervo varietal de la zona.

Una tercera familia varietal se constituye alrededor de la variedad Traminer, posiblemente importada de Europa Central junto con otras variedades como Manseng Noir (Ferrón) o Gros y Petit Manseng. La identificación de este grupo de variedades viene a sustentar genéticamente las hipótesis sobre la influencia del Camino de Santiago y de las órdenes monásticas del Císter en la diseminación de variedades centroeuropeas en Galicia. El gran tamaño de este grupo varietal, que incluye variedades como Bruñal, también con un gran número de descendientes, confirma la antigüedad de estas introducciones. Es posible que alguna de las variedades importadas haya sido progenitora de una de las variedades actuales de referencia en Galicia, la variedad Albariño, algo que habrá que rastrear con marcadores moleculares en la zona. Finalmente, las variedades del noroeste peninsular muestran también influencia de un cuarto grupo varietal que incluye variedades como Hebén, Cayetana Blanca y Castellana Blanca que son progenitoras de muchas variedades castellanas, portuguesas y mediterráneas, y que posiblemente presentan unos rasgos de tamaño de baya y de racimo que se corresponden más con los de las variedades de uva de mesa con las que posiblemente están más relacionadas como consecuencia de una mayor interacción con la viticultura musulmana.

Como conclusión podríamos decir que Galicia cuenta con un acervo varietal muy complejo y característico compuesto por un gran número de variedades autóctonas que la historia ha mezclado con variedades castellanas y del occidente europeo. Este acervo constituye posiblemente uno de los elementos más importantes de la tipicidad de sus vinos, que es necesario conocer y conservar.

## Referencias bibliográficas

1. Cabello, F., J. Ortiz, G. Muñoz-Organero, I. Rodríguez-Torres, A. Benito, C. Rubio & R. Sáiz (2011) Variedades de Vid en España. Madrid: Comunidad de Madrid y Editorial Agrícola.
2. Thomas, M.R., P. Cain & N.S. Scott (1994) DNA typing of grapevines: A universal methodology and database for describing cultivars and evaluating genetic relatedness. *Plant Molecular Biology*, 25: 939-949.
3. Sefc, K.M., M.S. Lopes, F. Lefort, R. Botta, K.A. Roubelakis-Angelakis, J. Ibáñez & H. Steinkellner (2000) Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 100: 498-505.
4. Bowers, J.E., J.M. Boursiquot, P. This, K. Chu, H. Johansson & C.P. Meredith (1999) Historical genetics: the parentage of Chardonnay, Gamay, and other wine grapes of northeastern France. *Science*, 285: 1562-1565.
5. Bowers, J.E. & C.P. Meredith (1997) The parentage of a classic wine grape, Cabernet Sauvignon. *Nature Genetics*, 16 (1): 84-87.

6. Cipriani, G., A. Spadotto, I. Jurman, G. Di Gaspero, M. Crespan, S. Meneghetti & R. Testolin (2010) The SSR-based molecular profile of 1005 grapevine (*Vitis vinifera* L.) accessions uncovers new synonymy and parentages, and reveals a large admixture amongst varieties of different geographic origin. *Theoretical and Applied Genetics*: 1-17.
7. Lacombe, T., J.M. Boursiquot, V. Laucou, M. Di Vecchi-Staraz, J.-P. Péros & P. This (2013) Large-scale parentage analysis in an extended set of grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 126 (2): 401-414.
8. Myles, S., A.R. Boyko, C.L. Owens, P.J. Brown, F. Grassi, M.K. Aradhya & E.S. Buckler (2011) Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (9): 3457-3458.
9. Hegi, G. (1925) *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. München (Alemaña): Hansen Verlag.
10. Torregrosa, L., L. Fernández, A. Bouquet, J.M. Boursiquot, F. Pelsy & J.M. Martínez-Zapater (2011) Origins and Consequences of Somatic Variation in Grapevine, in *Genetics, Genomics, and Breeding of Grapes*. Science Publishers: 68-92.
11. This, P., T. Lacombe & M.R. Thomas (2006) Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics*, 22 (9): 511-519.
12. Levadoux, L. (1956) Les populations sauvages et cultivées de *Vitis vinifera* L., in *Annales de L'amélioration des plantes*: 59-118.
13. Olmo, H.P. (1995) Grapes. *Vitis, Muscadinia (Vitaceae)*, en *Evolution of Crop Plants*, J. Smartt y N.W. Simmonds, Editors. Longman Scientific & Technical: 485-490. London
14. Fournier-Level, A., T. Lacombe, L. Le Cunff, J.M. Boursiquot & P. This (2010) Evolution of the VvMybA gene family, the major determinant of berry colour in cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Heredity*, 104 (4): 351-362.
15. Emanuelli, F., J. Battilana, L. Costantini, L. Le Cunff, J.M. Boursiquot, P. This & M.S. Grando (2010) A candidate gene association study on muscat flavor in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biology*, 10: 241.
16. Cabezas, J.A., M.T. Cervera, L. Ruíz-García, J. Carreno & J.M. Martínez-Zapater (2006) A genetic analysis of seed and berry weight in grapevine. *Genome*, 49 (12): 1572-1585.
17. Karaagac, E., A. Vargas, M. de Andrés, I. Carreño, J. Ibáñez, J. Carreño & J.A. Cabezas (2012) Marker assisted selection for seedlessness in table grape breeding. *Tree Genetics & Genomes*, 8 (5): 1003-1015.
18. Arnold, C., F. Gillet & J.M. Gobat (1998) Occurrence of the wild vine *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* in Europe. *Vitis*, 37 (4): 159-170.
19. Arroyo-García, R., L. Ruíz-García, L. Bolling, R. Ocete, M.A. López, C. Arnold & J.M. Martínez-Zapater (2006) Multiple origins of cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) based on chloroplast DNA polymorphisms. *Molecular Ecology*, 15 (12): 3707-3714.
20. Di Vecchi-Staraz, M., V. Laucou, G. Bruno, T. Lacombe, S. Gerber, T. Bourse & P. This (2009) Low Level of Pollen-Mediated Gene Flow from Cultivated to Wild Grapevine: Consequences for the Evolution of the Endangered Subspecies *Vitis vinifera* L. subsp. *silvestris*. *Journal of Heredity*, 100 (1): 66-75.
21. Grassi, F., M. Labra, S. Imazio, R.O. Rubio, O. Failla, A. Scienza & F. Sala (2006) Phylogeographical structure and conservation genetics of wild grapevine. *Conservation Genetics*, 7 (6): 837-845.
22. Töpfer, R., L. Hausmann & R. Eibach (2011) *Molecular Breeding, in Genetics, Genomics, and Breeding of Grapes*, A.F. Adam-Blondon, J.M. Martínez-Zapater & C. Kole, Editors. British Isles: Science Publishers: 160-185. Jersey.
23. Arrigo, N. & C. Arnold (2007). Naturalised *Vitis* Rootstocks in Europe and Consequences to Native Wild Grapevine. *PLoS ONE*, 2 (6): e521.
24. Lacombe, T., V. Laucou, M. Di Vecchi, L. Bordenave, T. Bourse, R. Siret & P. This (2003) Inventory and characterization of *Vitis vinifera* ssp. *silvestris* in France, en *Proceedings of the 8th International Conference on Grape Genetics and Breeding*, Vols 1 y 2, E. Hajdu & E. Borbas, Editors. p. 553-557.
25. Di Vecchi Staraz, M., R. Bandinelli, M. Boselli, P. This, J.M. Boursiquot, V. Laucou & D. Vares (2007) Genetic structuring and parentage analysis for evolutionary studies in grapevine: Kin group and origin of the cultivar sangiovese revealed. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132 (4): 514-524.
26. Gómez, A. & D. Lunt (2006) Refugia within refugia: patterns of phylogeographic concordance in the Iberian Peninsula, en *Phylogeography of Southern European Refugia*, F.N. Weiss S, Editor. Springer: Dordrecht, the Netherlands: 155-188.
27. Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772): 853-858.
28. Ocete, R., M. Cantos, M.A. López, A. Gallardo, M.A. Pérez, A. Troncoso & J. Liñán (2007) Caracterización y conservación del recurso fitogenético vid silvestre en Andalucía. España: Fundación Andaluza del Alcornoque y el Corcho.
29. Ocete, R., M. Cantos, M.A. López, I. Gómez & A. Troncoso (2002) Wild grapevine populations in the Ossa-Morena mountain range (Portugal-Spain): Location, characterization and sanitary state. *Vitis*, 41 (1): 55-56.
30. Ocete, R., M. Ángeles López, A. Gallardo & C. Arnold (2008) Comparative analysis of wild and cultivated grapevine (*Vitis vinifera*) in the Basque Region of Spain and France. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 123 (1-3): 95-98.
31. Ocete Rubio, R., M.A. López Martínez, A. Gallardo Cano, C. Arnold, M.A. Pérez Izquierdo & I.M. Rubio Iribarren (2004) La Vid Silvestre en el País Vasco y territorios Limítrofes : Ecología, distribución y riesgos para su conservación. 1 ed. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
32. De Andrés, M.T., A. Benito, G. Pérez-Rivera, R. Ocete, M.A. López, L. Gaforio & R. Arroyo-García (2012) Genetic diversity of wild grapevine populations in Spain and their genetic relationships with cultivated grapevines. *Molecular Ecology*, 21 (4): 800-816.
33. Martínez de Toda, F. & J.C. Sancha (1999) Characterization of Wild Vines in La Rioja (Spain). *American Journal of Enology and Viticulture*, 50 (4): 443-446.
34. Santana, J.C., M. Heuertz, C. Arranz, J.A. Rubio, J.M. Martínez-Zapater & E. Hidalgo (2010) Genetic Structure, Origins and Relationships of Grapevine Cultivars from the Castilian Plateau of Spain. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61 (2): 214-224.
35. Cunha, J., M. Baleiras-Couto, J.P. Cunha, J. Banza, A. Soveral, L.C. Carneiro & J.E. Eiras-Dias (2007) Characterization of Portuguese populations of *Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris* (Gmelin) Hegi. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54 (5): 981-988.
36. Cunha, J., M.T. Santos, L.C. Carneiro, P. Feveireiro & J.E. Eiras-Dias (2009) Portuguese traditional grapevine cultivars and wild vines (*Vitis vinifera* L.) share morphological and genetic traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56 (7): 975-989.
37. Guilaine, J. (1976) *Premiers bergers et paysans de l'Occident méditerranéen*. Paris. Mouton.
38. Arnanz, A.M. (1988) *Arqueobotánica de la Península Ibérica: Frutos y semillas*. Universidad Complutense. Madrid.
39. Ruíz-Mata, D. (2009) El vino en época prerromana en Andalucía Occidental, en *Arqueología del vino: Los orígenes del vino en Occidente*, S. Celestino Pérez, Editor. Consejo Regulador de las DD.OO. "Jerez-Xères-Sherry" - "Manzanilla-Sanlúcar de

- Barrameda" y "Vinagre de Jerez". Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Instituto de Arqueología-Mérida, Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAM-CSIC). Madrid.
40. Phillips, R. (2001) A short history of wine. New York: Ecco/HarperCollins.
  41. Ghaffari, S., N. Hasnaoui, L.H. Zinelabidine, A. Ferchichi, J.M. Martínez-Zapater & J. Ibáñez (2013) Genetic Identification and Origin of Grapevine Cultivars (*Vitis vinifera* L.) in Tunisia. American Journal of Enology and Viticulture. 64 (4): 538-544.
  42. Laiadi, Z., M.M. Bentchikou, G. Bravo, F. Cabello & J.M. Martínez-Zapater (2009) Molecular identification and genetic relationships of Algerian grapevine cultivars maintained at the germplasm collection of Skikda (Algeria). Vitis. 48 (1): 25-32.
  43. Zinelabidine, L.H., A. Haddioui, G. Bravo, R. Arroyo-García & J.M. Martínez-Zapater (2010) Genetic Origins of Cultivated and Wild Grapevines from Morocco. American Journal of Enology and Viticulture. 61 (1): 83-90.
  44. Borrero Fernández, M. (1995) La viña en Andalucía durante la Edad Media, en Historia y cultura del vino en Andalucía, J.J.I. Rodríguez, Editor. Universidad de Sevilla: Sevilla p. 33-63.
  45. Villegas Díaz, L.R. (2007) Variedades de viñedo en la Edad Media, en Cuadernos de Estudios Manchegos. p. 18-38.
  46. Paeaebo, S. (2014) The Human Condition-A Molecular Approach. Cell. 157 (1): 216-226.
  47. Burke, J.M., J.C. Burger & M.A. Chapman (2007) Crop evolution: from genetics to genomics. Current Opinion in Genetics & Development. 17 (6): 525-532.
  48. Purugganan, M.D. & D.Q. Fuller (2009) The nature of selection during plant domestication. Nature. 457 (7231): 843-848.
  49. Zeder, M.A., E. Emshwiller, B.D. Smith & D.G. Bradley (2006) Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. Trends in Genetics. 22 (3): 139-155.
  50. Jaillon, O., J.M. Aury, B. Noel, A. Policriti, C. Clepet, A. Casagrande & P. Wincker (2007) The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. Nature. 449 (7161): 463-467.
  51. Velasco, R., A. Zharkikh, M. Troggo, D.A. Cartwright, A. Cestaro, D. Pruss & R. Viola (2007) A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety. PLOS ONE. 2 (12): e1326.
  52. Goremykin, V.V., F. Salamini, R. Velasco & R. Viola (2009) Mitochondrial DNA of *Vitis vinifera* and the Issue of Rampant Horizontal Gene Transfer. Molecular Biology and Evolution. 26 (1): 99-110.
  53. Jansen, R.K., C. Kaitanis, C. Saski, S.B. Lee, J. Tomkins, A.J. Alverson & H. Daniell (2006) Phylogenetic analyses of *Vitis* (Vitaceae) based on complete chloroplast genome sequences: effects of taxon sampling and phylogenetic methods on resolving relationships among rosids - art. no. 32. BMC Evolutionary Biology. 6: 32-32.
  54. Wolfe, K.H., W.H. Li & P.M. Sharp (1987) Rates of nucleotide substitution vary greatly among plant mitochondrial, chloroplast, and nuclear DNAs. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 84: 9054-9058.
  55. Provan, J., W. Powell & P.M. Hollingsworth (2001) Chloroplast microsatellites: new tools for studies in plant ecology and evolution. Trends in Ecology & Evolution. 16 (3): 142-147.
  56. Arroyo-García, R., F. Lefort, M.T. de Andrés, J. Ibáñez, J. Borrego, N. Jouve & J.M. Martínez-Zapater (2002) Chloroplast microsatellite polymorphisms in *Vitis* species. Genome. 45 (6): 1142-1149.
  57. Strefeler, M.S., N.F. Weeden & B.J. Reisch (1992) Inheritance of chloroplast DNA in 2 full-sib *Vitis* populations. Vitis. 31 (4): 183-187.
  58. Imazio, S., M. Labra, F. Grassi, A. Scienza & O. Failla (2006) Chloroplast microsatellites to investigate the origin of grapevine. Genetic Resources and Crop Evolution. 53 (5): 1003-1011.
  59. This, P., J.M. Martínez-Zapater, J.P. Péros & T. Lacombe (2011) Natural variation in *Vitis*, in Genetics, Genomics, and Breeding of Grapes, A.F. Adam-Blondon, J.M. Martínez-Zapater & C. Kole, Editors. British Isles: Science Publishers: Jersey. p. 30-67.
  60. Cunha, J., M.T. Santos, J. Brazao, L.C. Carneiro, M. Veloso, P. Fevereço & J.E.J. Eiras-Dias (2010) Genetic Diversity in Portuguese native *Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera* and ssp. *sylvestris*. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 46: S54-S56.
  61. Snoussi, H., M.H. Ben Slimane, L. Ruiz-García, J.M. Martínez-Zapater & R. Arroyo-García (2004) Genetic relationship among cultivated and wild grapevine accessions from Tunisia. Genome. 47 (6): 1211-1219.
  62. Aradhya, M.K., G.S. Dangl, B.H. Prins, J.M. Boursiquot, M.A. Walker, C.P. Meredith & C.J. Simon (2003) Genetic structure and differentiation in cultivated grape, *Vitis vinifera* L. Genetical Research. 81 (3): 179-192.
  63. Bacilieri, R., T. Lacombe, L. Le Cunff, M. Di Vecchi-Staraz, V. Laucou, B. Genna & J.M. Boursiquot (2013) Genetic structure in cultivated grapevines is linked to geography and human selection. BMC Plant Biology. 13.
  64. Laucou, V., T. Lacombe, F. Dechesne, R. Siret, J.P. Bruno, M. Dessup & P. This (2011) High throughput analysis of grape genetic diversity as a tool for germplasm collection management. Theoretical and Applied Genetics. 122 (6): 1233-1245.
  65. Cabezas, J.A., J. Ibáñez, D. Lijavetzky, M.D. Vélez, G. Bravo, V. Rodríguez & J.M. Martínez-Zapater (2011) A 48 SNP set for grapevine cultivar identification. BMC Plant Biology. 11: 153.
  66. Lijavetzky, D., J.A. Cabezas, A. Ibáñez, V. Rodríguez & J.M. Martínez-Zapater (2007) High throughput SNP discovery and genotyping in grapevine (*Vitis vinifera* L.) by combining a re-sequencing approach and SNPlex technology. BMC Genomics. 8: 424.
  67. Myles, S., J.-M. Chia, B. Hurwitz, C. Simon, G.Y. Zhong, E. Buckler & D. Ware (2010) Rapid Genetic Characterization of the Genus *Vitis*. PLoS ONE. 5 (1): e8219.
  68. Dzhambazova, T., I. Tsvetkov, I. Atanassov, K. Rusanov, J.M. Martínez-Zapater, A. Atanassov & T. Hvarleva (2009) Genetic diversity in native Bulgarian grapevine germplasm (*Vitis vinifera* L.) based on nuclear and chloroplast microsatellite polymorphisms. Vitis. 48 (3): 115-121.
  69. Grassi, F., M. Labra, S. Imazio, A. Spada, S. Sgorbati, A. Scienza & F. Sala (2003) Evidence of a secondary grapevine domestication centre detected by SSR analysis. Theoretical and Applied Genetics. 107 (7): 1315-1320.
  70. Díaz-Losada, E., A.T. Salgado, A.M. Ramos-Cabrer, B. Díaz-Hernández & S. Pereira-Lorenzo (2012) Genetic and geographical structure in grapevines from northwestern Spain. Annals of Applied Biology. 161 (1): 24-35.
  71. Emanuelli, F., S. Lorenzi, L. Grzeskowiak, V. Catalano, M. Stefanini, M. Troggo & M.S. Grando (2013) Genetic diversity and population structure assessed by SSR and SNP markers in a large germplasm collection of grape. BMC Plant Biology. 13 (1): 39.
  72. Abu Zacari Iahia (Aben Mohamed Ben Ahmed Ebn el Awam) (1988) Libro de agricultura. Facsímil (1802) ed. Clásicos Agrarios. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
  73. Herrera, G.A.d. (1513) Agricultura General. Edición facsímil (1981) ed. Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
  74. Zinelabidine, L.H., A. Haddioui, V. Rodríguez, F. Cabello, J.E. Eiras-Dias, J.M. Martínez-Zapater & J. Ibáñez (2012) Identification by SNP analysis of a major role for Cayetana Blanca in the genetic network of Iberian Peninsula grapevine varieties. American Journal of Enology and Viticulture. 63 (1): 121-126.

75. Boursiquot, J.M., T. Lacombe, V. Laucou, S. Julliard, F.X. Perrin, N. Lanier & P. This (2009) Parentage of Merlot and related winegrape cultivars of southwestern France: discovery of the missing link. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 15 (2): 144-155.
76. Crespan, M., A. Calo, S. Giannetto, A. Sparacio, P. Storchi & A. Costacurta (2008) 'Sangiovese' and 'Garganega' are two key varieties of the Italian grapevine assortment evolution. *Vitis*. 47 (2): 97-104.
77. Vouillamoz, J.F., A. Monaco, L. Costantini, M. Stefanini, A. Scienza & M.S. Grando (2007) The parentage of 'Sangiovese', the most important Italian wine grape. *Vitis*. 46 (1): 19-22.
78. Sefc, K.M., H. Steinkellner, J. Glossl, S. Kampfer & F. Regner (1998) Reconstruction of a grapevine pedigree by microsatellite analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 97: 227-231.
79. Vouillamoz, J., D. Maigre & C.P. Meredith (2003) Microsatellite analysis of ancient alpine grape cultivars: pedigree reconstruction of *Vitis vinifera* L. 'Cornalin du Valais'. *Theoretical and Applied Genetics*. 107 (3): 448-454.
80. Ibáñez, J., M.T. de Andrés, L.H. Zinelabidine, J.A. Cabezas, L. Gaforio, G. Muñoz Organero & J.M. Martínez-Zapater (2013) Estudio de parentesco de variedades de vid mediante marcadores de ADN, en Patrimonio cultural de la vid y el vino, S.C. Pérez & J.B. Pérez, Editores. UAM Ediciones: Madrid. p. 275-281.
81. García-Muñoz, S., T. Lacombe, M.T. de Andrés, L. Gaforio, G. Muñoz-Organero, V. Laucou & F. Cabello (2011) Grape varieties (*Vitis vinifera* L.) from the Balearic Islands: genetic characterization and relationship with Iberian Peninsula and Mediterranean Basin. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59 (4): 589-605. .
82. Ibáñez, J., G. Muñoz-Organero, L.H. Zinelabidine, M.T. de Andrés, F. Cabello & J.M. Martínez-Zapater (2012) Genetic Origin of the Grapevine Cultivar Tempranillo. *American Journal of Enology and Viticulture*. 63 (4): 549-553.
83. Huetz de Lempis, A. (1967) *Vignobles et vins du Nord-Ouest de L'Espagne*. Vol. 1. Bordeaux, France: Impressions Belleneff.
84. García de Cortázar, F. & J.M. González Vesga (1994) *Breve Historia de España*. Madrid: Alianza editorial.
85. Loureiro, M.D., M.C. Martínez, J.M. Boursiquot & P. This (1998) Molecular marker analysis of *Vitis vinifera* 'Albariño' and some similar grapevine cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123 (5): 842-848.
86. Santiago, J.L., S. Boso, P. Gago, V. Alonso-Villaverde & M.C. Martínez (2007) Molecular and ampelographic characterisation of *Vitis vinifera* L.'Albariño', 'Savagnin Blanc' and 'Caiño Blanco' shows that they are different cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 5 (3): 333-340.
87. Santiago, J.L., S. Boso, M.D. Martínez, O. Pinto-Carnide & J.M. Ortiz (2005) Ampelographic comparison of grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) grown in northwestern Spain and northern Portugal. *American Journal of Enology and Viticulture*. 56 (3): 287-290.
88. Gago, P., J.L. Santiago, S. Boso, V. Alonso-Villaverde, M.S. Grando & M.C. Martínez (2009) Biodiversity and Characterization of Twenty-two *Vitis vinifera* L. Cultivars in the Northwestern Iberian Peninsula. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60 (3): 293-301.
89. Vilanova, M., M. de la Fuente, M. Fernández-González & A. Masa (2009) Identification of New Synonymies in Minority Grapevine Cultivars from Galicia (Spain) Using Microsatellite Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60 (2): 236-240.
90. Díaz-Losada, E., A.T. Salgado, A.M. Ramos-Cabrer, S.R. Segade, S.C. Diéguez & S. Pereira-Lorenzo (2010) Twenty microsatellites (SSRs) reveal two main origins of variability in grapevine cultivars from Northwestern Spain. *Vitis*. 49 (2): 55-62.
91. Gago, P., J.L. Santiago, S. Boso, V. Alonso-Villaverde, I. Orriols & M.C. Martínez (2011) Identity of three grapevine varieties from a rediscovered viticulture region in northwest Spain. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 45 (4): 245-254.
92. Martín, J.P., C. Arranz, I.D. Castro, J. Yuste, J.A. Rubio, O. Pinto-Carnide & J.M. Ortiz (2011) Prospection and identification of grapevine varieties cultivated in north Portugal and northwest Spain. *Vitis*. 50 (1): 29-33.
93. Díaz-Losada, E., A.T. Salgado, I. Orriols-Fernández, A.M. Ramos-Cabrer & S. Pereira-Lorenzo (2013) New Synonyms and Homonyms for Cultivars from Northwestern Spain. *American Journal of Enology and Viticulture*. 64 (1): 156-162.
94. Santiago, J.L., S. Boso, M. Vilanova & M.C. Martínez (2005) Characterisation of cv. Albarin Blanco (*Vitis vinifera* L.). Synonyms, homonyms and errors of identification associated with this cultivar. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 39 (2): 57-65.
95. Martínez, M.C., J.L. Santiago, J.E. Pérez & S. Boso (2006) The grapevine cultivar Mencia (*Vitis vinifera* L.): Similarities and differences with respect to other well known international cultivars. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 40 (3): 121-132.
96. Santiago, J.L., S. Boso, P. Gago, V. Alonso-Villaverde & M.C. Martínez (2008) A contribution to the maintenance of grapevine diversity: The rescue of Tinta Castañal (*Vitis vinifera* L.), a variety on the edge of extinction. *Scientia Horticulturae*. 116 (2): 199-204.
97. Díaz-Losada, E., A.T. Salgado, A.M. Ramos-Cabrer & S. Pereira-Lorenzo (2011) Determination of Genetic Relationships of Albarino and Loureira Cultivars with the Caino Group by Microsatellites. *American Journal of Enology and Viticulture*. 62 (3): 371-375.
98. Lacombe, T., J.M. Boursiquot, V. Laucou, F. Dechesne, D. Vares & P. This (2007) Relationships and genetic diversity within the accessions related to malvasia held in the Domaine de Vassal grape germplasm repository. *American Journal of Enology and Viticulture*. 58 (1): 124-131.
99. Díaz-Losada E., I. Orriols, F. Rego, A. Tato Salgado, A.M. Ramos-Cabrer & S. Pereira-Lorenzo. 2011. A Colección de Vides de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia. Xunta de Galicia, Consellería del Medio Rural, Santiago de Compostela, España.
100. Díaz-Losada, E., S. Cortés-Diéguez, I. Rodríguez-Torres, J. M. Miras-Avalos, I. Orriols-Fernández & S. Pereira-Lorenzo (2013). Characterization of the nearly extinct 'Albilla' cultivar from Galicia and its relationships with other Spanish 'Albillos'. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 47(4): 261-268.



# EL AROMA DEL VINO: SU PERCEPCIÓN Y COMPOSICIÓN

**Juan Cacho**

*Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología  
Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza*

## 1. INTRODUCCIÓN

Conocer la composición química de un vino de forma rápida, sencilla y fiable y el efecto sensorial de tal composición ha sido, desde siempre, una aspiración de los enólogos. Para dar respuesta a esta demanda la química analítica ha puesto a su disposición, en cada momento, los conocimientos y técnicas existentes de forma que han sido identificados más de mil componentes en los diferentes vinos y en las bodegas ha ido aumentando, de día en día, el número de parámetros que se analizan en el vino. La mayoría de las veces estos parámetros están relacionados directamente con aspectos legales y de evolución (acidez volátil, contenido en sulfitos, IPT, etc.), pero también con las sensaciones que nos produce a través de alguno de nuestros sentidos, tales como tono e intensidad cromática o astringencia.

En relación al aroma, la situación es diferente, pues a día de hoy no solamente no existe un índice de aromas que de forma global indique en un vino su probable intensidad, sino tampoco y, más importante, un algoritmo que diga, a la vista de los datos cuantitativos de sus componentes volátiles, a que olerá exactamente, a no ser, claro está, que el vino tenga un defecto bien marcado.

La razón de esta diferencia estriba en que el sentido del olfato parece operar de forma distinta al resto de los sentidos y todavía no se conoce el mecanismo por el que el cerebro identifica los olores y los clasifica en agradables y desagradables. Esta es una labor en la que están inmersos los biólogos moleculares y los neurofisiólogos, y aunque se esté lejos de la completa comprensión, gracias a sus logros en los últimos 20 años se pueden explicar el porqué de ciertos olores del vino.

Con frecuencia los vinos elaborados de la misma forma, o un mismo vino criado en barricas similares o aparentemente iguales, presentan aromas muy diferentes, con notas que recuerdan a flores, frutas o hierbas bien distintas, y el análisis químico de tales vinos no muestra diferencias que expliquen el porqué de tales aromas. Con frecuencia, también, no aparece el compuesto químico que normalmente es responsable de esa nota aromática.

La causa de estas diferencias se puede explicar en parte gracias a lo descubierto sobre los receptores olfativos y la creación de los mapas de olores. De forma sencilla se puede decir que en la pituitaria, en la mucosa olfativa, existen más de cinco millones de neuronas olfativas de trescientos cincuenta tipos diferentes. Estas neuronas poseen una forma poco corriente, puesto que tienen en su extremidad una mata de cilios en los que se encuentran los receptores olfativos, los cuales se conocen con diversos nombres: receptores transmembrana de siete dominios (en razón a su anclaje mediante siete segmentos a la membrana de las células), receptores heptahelicoidales (en razón a su estructura helicoidal), receptores serpentina y receptores ligados a proteínas G.

De forma general, estos receptores actúan como transductores de señales a través de la membrana celular, es decir, que su misión es conectar el mundo exterior con el interior de la célula. Reciben del exterior un ligando que al unirse al receptor altera su forma y genera una señal que traspasa al interior de la célula. Allí el receptor se acopla a una proteína G que se activa y fragmenta, y el fragmento libre (subunidad  $\alpha$ ) desencadena una cadena de reacciones que altera el metabolismo de la célula. Antes de que el ligando exterior se separe, el receptor puede activar cientos de proteínas G, amplificando, lógicamente, la señal.

Las proteínas receptoras poseen regiones en las que la secuencia de aminoácidos de los distintos receptores es muy parecida, lo que justifica la pertenencia a una superfamilia. Pero en otras regiones de la proteína la secuencia de aminoácidos cambia de un receptor a otro y gracias a esta diversidad los receptores son capaces de unirse a un gran número de moléculas odorantes diferentes y así detectarlos. El hecho de la diversidad en la secuencia aminoacídica hace que sean sensibles a un cierto número de odorantes, pero no a todos, es decir, que algunas moléculas de odorantes activan un receptor dado, pero otras son incapaces de hacerlo.

Se ha demostrado que un receptor no reconoce a una molécula como tal, sino únicamente a una parte, aquella a través

de la cual la molécula se introduce en el receptor y se une a él durante cierto tiempo. Por consiguiente, un receptor olfativo puede reconocer a varias moléculas odorantes distintas que tengan tal parte común, y a su vez, una molécula odorante, con diversas agrupaciones funcionales, es capaz de activar, o ser reconocida, por varios receptores de tipos diferentes. Igualmente ciertas moléculas odorantes se reconocen por diferentes combinaciones de receptores; por tanto, una molécula puede unirse a un receptor por una de sus regiones y a otros receptores por otras.

Al activarse un receptor la proteína cambia su conformación y se origina una cascada de reacciones enzimáticas que al final terminan en señales eléctricas. Estas viajan a través de los axones celulares y se transfieren a glomérulos del bulbo olfativo. Desde aquí las señales se envían a la corteza cerebral y al sistema límbico, el cual genera los sentimientos y las emociones. Posiblemente por ese motivo un olor puede evocar recuerdos y permite comparar, por ejemplo, el olor de un vino con el de otro degustado hace mucho tiempo.

A partir de esos datos las neuronas cerebrales establecen diversos mapas sensoriales olfativos y explica la razón por la que, con un número limitado de receptores distintos, se pueden reconocer un gran número de aromas, más de diez mil, y también por qué una mezcla de moléculas odorantes puede originar notas de olores diferentes a los de las moléculas constituyentes de la mezcla. El recuerdo de una nota puede ser fugaz porque aparecen otras formas concurrentes que lo sustituyan. De aquí la dificultad, a veces, de confirmar la existencia de una nota una vez reconocidas.

En las mezclas de odorantes con frecuencia se percibe la sensación como compuesta, incluso si los componentes no son identificables, pero en otras la sensación es homogénea y no es posible su discriminación sensorial. En cuanto a la intensidad difícilmente es la suma de los componentes individuales. Esto se debe a que, aun cuando el mismo tipo de receptor responda a todas las moléculas, no lo hace con la misma eficacia, y en una situación de competencia la mera aditividad de los efectos es bastante improbable.

Se ha demostrado que, en muchos casos, ligeros cambios en la estructura química originan cambios en el aroma pues se activan distintas clases de receptores. Pero esto no sucede solamente al modificar el grupo funcional de la molécula, sino también en los isómeros. Así la vainillina huele a vainilla y la isovainillina tiene un cierto olor fenólico. Más sorprendente e interesante es lo que ocurre con ciertos isómeros enantioméricos, como los de la carvona. La forma R huele a menta mientras que la S huele a alcaravea. Sin embargo, hay otros pares de enantiómeros que activan exactamente a los mismos tipos de receptores, y en consecuencia poseen el mismo olor. Es el caso de los enantiómeros R y S del alcanfor.

También es muy interesante el efecto de la isomería en el umbral de detección. Determinados isómeros dan respuesta a concentraciones muy bajas, mientras que otros necesitan concentraciones mucho más altas para activar el número suficiente de receptores. En cuanto al olor percibido se dan casos curiosos de cambio en el mismo por variación de la concentración. Al aumentar ésta, aumenta el número de receptores de clases distintas que se activan, y por consiguiente cambia sustancialmente el mapa de olor obtenido. Es el ejemplo del indol que a niveles de trazas posee olor floral y al aumentar la concentración huele a podrido. Lo mismo podría decirse de los tioles polifuncionales como la 4-metil-4-mercapto-pentanona con olores agradables a fruta tropical a baja concentración y a sudor humano y pis de gato a concentraciones un poco más elevadas.

Otro aspecto interesante de la olfacción de los odorantes es el efecto de enmascaramiento o atenuación del olor de unas moléculas por la presencia de otras. Esto se debe a lo que acontece en el bulbo olfativo. A él llegan miles de mensajes eléctricos y convergen en puntos de encuentro llamados glomérulos. Cada glomérulo trata la información originada por un único tipo de receptor olfativo de un cierto rango de odorantes que poseen características moleculares similares. Los glomérulos se localizan próximo unos a otros originando clústers, con una distribución tridimensional que no es aleatoria, sino que responde a una lógica molecular. Crea una serie de mapas topográficos que son un factor clave para permitir al "software" olfatorio procesar la información. Estos mapas olfatorios son capaces de interferir unos con otros. Se ha demostrado que los aceites esenciales de clavo e hinojo, con sus moléculas principales eugenol y anetol, activan clústers de glomérulos que están junto a los activados por alquilaminas, e inhiben la transmisión de las señales de estas últimas a las neuronas mitrales. Esto supone la supresión del olor de las alquilaminas, moléculas responsables de los olores pútridos de los alimentos descompuestos, fundamentalmente carne y pescado, y explica el papel histórico que ha tenido el clavo e hinojo como ingredientes culinarios.

Asimismo el olor de ciertos aldehídos se inhibe por la acción del eugenol y explica el porqué de la mejora olfativa de vinos prematuramente oxidados al criarlos en barrica. Ejemplos de este tipo hay muchos, y desde un punto de vista enológico es interesante la interacción de terpenos y mercaptanos y la acción del etanol.

La modificación de la percepción del aroma de una mezcla de odorantes en el vino no se debe solamente a estos efectos, sino también a su interacción con los compuestos no volátiles del mismo. En el vino están presentes familias de polifenoles, proteínas, polisacáridos, lípidos, polioles, etc., los cuales modifican sensiblemente la volatilidad de muchos aromas y, como consecuencia, el perfil aromático de tal vino, y por tanto el aroma percibido orthonasalmente.

Se ha demostrado que si se separa la fracción volátil de un vino blanco de su fracción no volátil, y sobre esta última se adiciona la fracción volátil de otro vino blanco diferente, el aroma percibido en este nuevo vino no difiere sustancialmente del vino original, a pesar de que el aroma del otro vino fuese bien distinto. Si la fracción volátil adicionada correspondiese a un vino tinto, el aroma percibido ortonasalmente del nuevo vino correspondería, sorprendentemente, también, al de un vino blanco. De la misma forma, si sobre la fracción no volátil de un vino tinto se adiciona la fracción volátil de un vino blanco, el aroma resultante es de un vino que se asemeja totalmente al de un vino tinto, y esa semejanza es tanto mayor cuanto más astringente es el vino tinto original. Como es de suponer, si la fracción volátil que se añade es la de otro vino tinto, aunque sea muy diferente, el aroma del nuevo vino es el de un vino tinto.

Estas experiencias demuestran claramente que la fracción no volátil modula sensiblemente el aroma que se desprende de un vino. Esta modulación se explica con los datos que se obtienen del análisis por GC-MS y GCO del espacio de cabeza de tales vinos y pone de manifiesto que la fracción no volátil de un vino tinto tiene un poder de retención de odorantes superior a la del vino blanco. Tales retenciones dependen de la naturaleza química de los odorantes. Así, los ácidos y los ésteres son especialmente sensibles mientras que en los alcoholes la retención es casi despreciable. En consecuencia, se puede afirmar, que la polaridad y la funcionalidad son las responsables del diferente comportamiento de los odorantes.

Como colofón de todo lo dicho podemos concluir que la predicción de las notas aromáticas de un vino y su intensidad a partir de su análisis químico habitual es difícil, o imposible, sobre todo para un vino tinto. Sin embargo, podemos explicar, en una buena parte, el porqué de ciertas notas sensoriales de un vino, ya que conocemos los componentes aromáticos que las originan y, en muchos casos, sus efectos aditivos, sinérgicos, antagónicos y de interacción con la fracción no volátil.

## 2. EL EFECTO DEL ETANOL

Aunque en todo lo anteriormente explicado no se ha dicho nada referente al efecto de los compuestos mayoritarios volátiles en la percepción del aroma de una mezcla, no hay duda de que, intuitivamente, la presencia de multitud de moléculas de una sustancia hace pensar que tienen que influir y modificar la percepción del resto. Esto es especialmente evidente en el caso del vino, en donde el agua es el componente mayoritario seguido del etanol, con un contenido del orden del 12 a 13%

El agua es incolora, inodora e insípida, y siempre se encuentra presente en el aire que respiramos, luego por

su olor no puede tener efecto en la percepción, aunque sí, indirectamente, por su polaridad, en la evaporación de otras moléculas volátiles odoríferas. Sin embargo, el efecto de la percepción de odorantes en atmósferas humidificadas no ha sido particularmente estudiado.

El etanol por el contrario tiene diversos efectos conocidos en la percepción sensorial tales como: crear un estímulo por activación de receptores trigeminales en la boca y garganta, modificar el coeficiente de reparto de muchos odorantes, especialmente de los compuestos más hidrofóbicos, y modificar la tensión superficial y crear las lágrimas y piernas del vino con su efecto en la evaporación de todos los volátiles. En la práctica estos efectos se traducen en la disminución de la percepción de ciertas notas como la frutal de los ésteres o la exaltación de otras como las del eugenol y decanol.

## 3. INFLUENCIA DE LOS METABOLITOS DE LA FERMENTACIÓN

En el transcurso de la fermentación se origina una mezcla de metabolitos derivados fundamentalmente de las acciones enzimáticas sobre los azúcares, materia nitrogenada y materia lipídica y a las interacciones entre tales metabolitos. Su olor es característico y los componentes de la mezcla están perfectamente integrados, de forma que su olor característico, vinoso, es imposible relacionarlo con un solo componente o grupo de componentes. Su estudio por olfatometría ha demostrado que unos veinte 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 5 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. Aparentemente, únicamente un compuesto, la  $\beta$ -damascenona, proviene directamente de las uvas, ya que el resto se origina como consecuencia del metabolismo de las levaduras. Estas sustancias son alcoholes superiores (butílicos, isoamílico, hexílico, feniletílico), ácidos (acético, butílicos, hexanoico, octanoico, isovalerianico), ésteres etílicos de los ácidos grasos, acetatos y sustancias como diacetilo, acetoina y acetaldehído.

Una propiedad muy importante de esta mezcla es la mínima o nula variación de su aroma por modificación de la concentración de alguno de sus componentes. Es un efecto similar al de las disoluciones tampón que se utilizan en los laboratorios de química para mantener el pH de disoluciones. Únicamente la eliminación de la  $\beta$ -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, afortunadamente, 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 4-etil-fenol y 2,4,6 tricloroanisol, pero su descripción y efecto se sale del contexto de esta explicación.

#### 4. FAMILIAS DE AROMAS SUTILES

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 9 y en ellas están incluidos lógicamente los compuestos citados anteriormente. Así se tienen:

- a) Fenoles volátiles tales como guayacol, eugenol, isoeugenol, 2,6-dimetoxifenol y alil-2,6-dimetoxifenol. Los precursores de estas sustancias se encuentran en las uvas.
- b) Ésteres etílicos de los ácidos grasos. Sus notas son frutales, a manzana, y los componentes de la serie están muy relacionados.
- c) Acetatos de alcoholes superiores.
- d) Ésteres etílicos de ácidos grasos cíclicos o ramificados, identificados hace poco tiempo.
- e) Aldehídos alifáticos con 8, 9 y 10 átomos de carbono.
- f) Aldehídos ramificados como 2-metilpropanal, 2-metilbutanal y 3-metilbutanal.
- g)  $\gamma$ -lactonas alifáticas:  $\gamma$ -octa, nona, deca, undeca y dodecalactona, con notas a melocotón.
- h) Vainillina y derivados como acetovainillona y vainillatos de metilo y etilo.
- i) Componentes con aroma a caramelo, tales como furaneol, homofuraneol y maltol.

A todas estas familias habría que añadir ciertos derivados de los carotenoides y algunos terpenos.

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. Algunos 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:

##### 4.1. Varietales

**Linalol.** Fue el primer compuesto impacto descrito en la bibliografía. Posiblemente sea el más conocido, pues se encuentra en las uvas Moscatel, 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. La presencia de otros terpenos, nerol, geraniol,  $\alpha$ -terpineol y citronelol, potencia extraordinariamente la percepción de la nota linalol.

**Óxido de rosa-cis.** Se encuentra en uvas de tipo Alsaciano como Gewürztraminer, Devin y en otras variedades blancas neutras, aunque en concentraciones muy inferiores a las citadas. Por lo general en estas últimas está en forma ligada glicosídica, por lo que en las uvas y mosto no se percibe su olor. Este 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-mercapto-hexanol.** Se encuentra en forma ligada, aunque todavía no se conoce bien si sus precursores son cisteínicos o derivados del glutatión o de ambos. Se ha encontrado tanto en vinos tintos (Cabernet-Sauvignon, Merlot) como rosados (Garnacha) y blancos (Petit Arvine). Su olor recuerda al mango verde o al boj.

**4-metil-4-mercapto pentanona.** Proviene de precursores cisteínicos y posiblemente del glutatión y su olor recuerda al del boj. En los vinos Sauvignon Blanc y Scheurebe es un componente varietal importante.

**Acetato de 3-mercapto hexilo.** Comunica a los vinos blancos las notas de fruta tropical. Es un componente clave del aroma del vino Sauvignon Blanc y del Verdejo. 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.

El sulfuro de dimetilo es muy volátil y durante el proceso de fermentación, conforme se va generando, se va eliminando arrastrado por el CO<sub>2</sub>, 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).

#### 4.2. 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).

**Diacetilo.** Es el compuesto responsable de las notas a pastelería de ciertos vinos y su percepción es muy dependiente de la concentración y tipo de vino. Parece evidente su contribución a las notas dulces de los vinos de Oporto.

#### 4.3. De crianza

**Sotolón.** 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.

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

**Bencilmercaptano.** Se encuentra con frecuencia en ciertos vinos de Champagne envejecidos y también en Chardonnays elaborados sobre lías. Su olor es intenso a tostado y, conjuntamente con el aroma anterior, es responsable de notas torrefactas y empireumáticas.

**(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.

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 él su efecto más habitual es contribuir a incrementar una nota genérica del vino, como por ejemplo afrutado o dulce.

## 5. AROMAS Y VARIETALIDAD

Las moléculas odoríferas de las uvas, por lo general, son características de la variedad y por esta razón a estos aromas primarios o prefermentativos se denominan varietales. Los primeros compuestos de esta clase que se identificaron pertenecen a la familia de los monoterpenos; son el linalol y el nerol, y aunque están presentes en muchas variedades de uva, únicamente en las Moscatel y algunas Alsacianas su concentración es alta y su olor corresponde al de sus vinos.

Otras moléculas importantes existentes en las uvas pertenecen a la familia de las piracinas, siendo la isobutilmetoxipiracina la que tiene el papel más importante. El olor característico de estas sustancias es herbáceo y vegetal y, en la mayoría de los vinos, no puede considerarse una nota positiva. El contenido en piracinas de las uvas disminuye con la maduración y su concentración puede ser despreciable. Por esta razón una nota destacada en el vino indica casi siempre una vendimia prematura. Estas moléculas están presentes en muchas variedades de uva y en la familia de los Cabernet y en Merlot es donde aparece la mayor concentración.

El resto de moléculas odorantes en variedades de *Vitis vinifera* no contribuyen al aroma varietal del vino, y por lo tanto no se pueden considerar indicadores de la variedad de uva. Quien de verdad contribuye, además de factores del "terroir", son los precursores de aromas inodoros que se revelan durante la fermentación y crianza.

Los aromas herbáceos que con frecuencia aparecen en mostos y vinos no son varietales. Normalmente se deben a aldehídos que se forman a partir de ácidos grasos insaturados existentes en el hollejo y en la pulpa, y que al romperse el grano, en contacto con el aire, sufren un proceso enzimático de oxidación que produce hexanal y 2-hexenal. Como todas las uvas contienen estos productos, y en concentración similar, los aromas no pueden considerarse varietales. Durante la fermentación las levaduras reducen los aldehídos a alcoholes. Por consiguiente, la presencia de cantidades elevadas de hexanal en el vino se puede considerar un defecto.

En el proceso fermentativo se metabolizan muchas familias de compuestos que generan el aroma del vino, y aunque a tales familias se las debería considerar precursoras de aroma, como por ejemplo a los azúcares, no se las denomina así, ya que todas las uvas conducen a los mismos productos. Únicamente se consideran como tales a los ácidos fenólicos y a los aminoácidos, como ya se ha indicado.

Los ácidos cinámicos cumárico y ferúlico son los precursores de los fenoles volátiles vinil y etil fenol y vinil y etil guayacol respectivamente. Estos ácidos se encuentran mayoritariamente en el hollejo de las uvas por lo que, en principio, los vinos obtenidos de uvas maceradas deberían tener los contenidos más altos en esos aromas. Sin

embargo, esto no es así, ya que las actividades enzimáticas de descarboxilación que lleva a cabo la enzima cinnamato descarboxilasa, que está presente en las levaduras, se inhiben en presencia de catequinas. Al ser el contenido de esa sustancia inferior en los vinos blancos que en los tintos por su distinta maceración, la actividad enzimática genera más cantidad de los fenoles volátiles citados.

Los aminoácidos juegan un papel fundamental en el proceso fermentativo por ser fuente de nitrógeno para las levaduras. Por acciones enzimáticas descarboxilasas, transaminasas, deaminasas, liasas y dehidratasas se generan entre otras sustancias alfa-cetoácidos, aldehídos, alcoholes y ácidos carboxílicos. Al ser el perfil aminoácido de las uvas una característica varietal, también lo es el perfil aromático generado por sus aminoácidos.

Durante la fermentación se generan aromas que provienen de derivados glicosilados, de carotenoides, de cisteína y de glutatión. Los derivados glicosilados son moléculas que combinan una molécula de glucosa, inodora, con otra volátil y odorífera denominada aglicón. La molécula de glucosa puede estar unida a otro azúcar originando un diglicósido.

La molécula de aglicona puede pertenecer a familias muy diversas, pero para unirse a la glucosa necesita tener una función alcohol, fenol o ácido. Como existen muchas moléculas que poseen estas funciones también es muy grande el número de precursores de glicósidos conocidos, superior a 100.

La ruptura del enlace glicosídico y la liberación de la aglicona volátil tiene lugar tanto por vía enzimática en la fermentación alcohólica y en la maloláctica y también por acción de la acidez del vino, que hidroliza el enlace. Por consiguiente, la generación de aromas tiene lugar también durante la crianza.

Las enzimas glicosidásicas están presentes en las uvas, por lo que se podría pensar que la liberación de las agliconas tendría lugar preferentemente durante el proceso fermentativo. Sin embargo, esto no es así, ya que la glucosa inhibe la acción glicosidásica, lo cual, unido al pH bajo del mosto, limita mucho la actividad de las enzimas citadas.

La industria bioenológica suministra preparados enzimáticos de hongos filamentosos que poseen buena actividad al final de la fermentación, cuando han desaparecido la mayoría de los azúcares. En estas condiciones la liberación de aromas es apreciable. También lo es la transformación de unos compuestos en otros, como es el caso de la formación de citronelol a partir de geraniol.

El primer grupo de compuestos glicosilados descubierto en las uvas fueron los terpenos, cuando en 1956 Cordonnier identificó linalol, geraniol y  $\alpha$ -terpineol. Desde entonces se ha investigado mucho sobre estas sustancias.

Hoy se sabe que su acumulación en las uvas comienza en la maduración, pero no se ha encontrado una relación lineal entre los parámetros clásicos de seguimiento de la misma y el contenido en glicósidos. Esta es la razón por la que no existe un índice similar al de los fenoles.

Los carotenoides y sus derivados son otra familia importante de precursores de aromas. Se encuentran en el hollejo de las uvas, por lo que la maceración pelicular juega un papel importante en su paso al mosto y al vino. Por degradación *in vitro* de  $\beta$ -caroteno se origina un compuesto muy interesante, la  $\beta$ -ionona que posee un olor intenso a violetas. Este tipo de degradación no es específico de esta sustancia, sino que es bastante común y otras sustancias importantes como la  $\beta$ -damascenona también se originan por esta ruta, además de formarse por degradación de sus correspondientes glicósidos y norisoprenoides. La  $\beta$ -damascenona huele a ciruela pasa, pero su papel más importante es el potenciar los aromas de otras sustancias. Los carotenoides son los precursores biogénicos de otros glicósidos de C<sub>13</sub>-norisoprenoides, como los vitispiranos con olores intensos a tabaco.

A diferencia de las familias de odorantes derivados de carotenoides y de terpenos, la de los compuestos generados a partir de los S-conjugados de cisteína y glutatión son relativamente pocos. Hasta el momento, y como importantes, únicamente se han identificado los siguientes S-(1-hidroxihex-3-il)-L-cisteína (P3MH) S-(4-metil-2-oxopent-4-il)-L-cisteína (P4MMP), S-(4-metil-2-oxopent-4-il)-L-glutatión, S-(4-metil-2-hidroxipent-4-il)-L-cisteína (P4MMPOH) y S-1-hidroxihex-3-il)-glutatión, todos ellos precursores de los tioles anteriormente mencionados. Como precursor del sulfuro de dimetilo se ha encontrado la metil-metionina.

Los contenidos de estos compuestos son pequeños, pero ya se ha mencionado la importancia sensorial de los tioles que generan. Estos precursores están localizados en la pulpa de las uvas y en el hollejo, en este último especialmente el P3MH. Este compuesto es el más abundante en todas las variedades de uva.

Como reiteradamente se ha mencionado, estos aromas varietales y sus precursores son los que originan aromas bien distintos en las diferentes clases de vinos, tanto al final de la fermentación como en su envejecimiento. Los grandes vinos expresan lo mejor de su aroma al cabo de unos años cuando los precursores se han hidrolizado y liberado las notas sutiles que nos hacen revivir todo un universo aromático y cuando los procesos de oxidación-reducción han generado nuevos odorantes. Por tanto, estudiemos mejor la generación y evolución de los precursores en las uvas para conseguir que a la bodega llegue un fruto que permita elaborar ese vino con el que siempre soñamos.

Tabla 1. Compuestos existentes en el aroma del vino

Compuestos	Nota aromática	Umbral de detección	Efectos en el aroma del vino
<b>Ésteres etílicos lineales</b>			Beneficiosos. Contribuyentes importantes actuando como familias
Propanoato de etilo	Frutal	5, 5 a	
Butirato de etilo	Fresa, láctico	125 b	
Hexanoato de etilo	Afrutado, anís, fresa	62 b	
Octanoato de etilo	Fresa	580 b	
Decanoato de etilo	Jabón	200 b	
<b>Ésteres etílicos ramificados</b>			Beneficiosos. Contribuyentes sutiles actuando como familias
Isoburiato de etilo	Fresa	15 b	
2-metil butirato de etilo	Afrutado, anís, fresa	18 b	
3-metil butirato de etilo	Afrutado, anís	3b	
2-metil pentanoato de etilo	Dulce, floral	10 b	
3-metil pentanoato de etilo	Dulce	50 c	
4-metil pentanoato de etilo	Láctico, afrutado	75 c	
<b>Acetatos</b>			Beneficiosos. Contribuyentes importantes
Acetato de etilo	Pegamento	12, 3 a	Podría ser un "off flavour"
Acetato de propilo	Afrutado, alcohólico		
Acetato de butilo	Afrutado	1, 8 a	
Acetato de isobutilo	Dulce, alcohólico	1, 6 a	
Acetato de isoamilo	Plátano	30 b	Compuesto impacto
Acetato de hexilo	Plátano	1, 5 a	
Acetato de fenil-etilo	Rosas	250 b	
<b>Monoterpenoides y norisoprenoides</b>			Beneficiosos. Contribuyentes sutiles
Linalol	Floral, madera de rosa	25 b	Compuesto impacto en moscatel y vinos terpénicos
Acetato de linalol	Floral		
$\alpha$ -terpineol	Alcanforado	250 b	
$\beta$ -citronelol	Cítrico	100 b	
Óxido de rosa-cis	Rosas		Presente en Gewürztraminer
Geraniol	Geranio	20 b	
Nerol	Rosa		
$\beta$ -damascenona	Ciruela pasa, manzana asada	0, 05 b	Potenciador del aroma
$\alpha$ -ionona	Violetas	2, 5 b	
$\beta$ -ionona	Violetas	0, 09 b	
<b>Lactonas</b>			Beneficiosos. Contribuyentes sutiles
<i>trans</i> -whisky lactona	Coco, madera	790 b	Compuesto impacto en vinos envejecidos en madera de roble
<i>cis</i> -whisky lactona	Coco, madera	67 b	
$\gamma$ -butirolactona	Dulce, graso, melocotón	35 a	Contribuyente despreciable
$\delta$ -octalactona	Melocotón	400 b	
$\gamma$ -nonalactona	Coco, graso	30 b	
$\delta$ -nonalactona	Graso	2, 6 a	
$\gamma$ -decalactona	Melocotón	0, 7 b	
$\delta$ -decalactona	Melocotón	386 b	

Compuestos	Nota aromática	Umbral de detección	Efectos en el aroma del vino
<b>Ésteres cinámicos</b>			Beneficiosos. Contribuyentes sutiles
<b>Dihidrocinnamato de etilo</b>	Dulce, agradable	1, 6 b	Compuesto impacto en vinos de maceración carbónica
<b>Cinnamato de etilo</b>	Floral, dulce	1, 1 b	Compuesto impacto en vinos de maceración carbónica
<b>Derivados de la vainilla</b>			Beneficiosos. Contribuyentes sutiles
<b>Vainillina</b>	Vainilla	995 b	
<b>Vainillato de metilo</b>	Vainilla	3 a	
<b>Vainillato de etilo</b>	Vainilla	8 a	
<b>Acetatovainillona</b>	Vainilla	25 a	
<b>Alcoholes de fusel</b>			Perjudiciales. Contribuyentes importantes
<b>Isobutanol</b>	Amargo, verde		
<b>1-Butanol</b>	Fusel	150 a	
<b>Alcohol isoamilico</b>	Fusel	30 a	
<b>Metionol</b>	Plástico, verde, carne	3, 2 a	Depresor del aroma
<b>Alcohol bencílico</b>	Floral, rosas, químico	200 a	
<b>β-Fenil etanol</b>	Rosas	14 b	
<b>1-Hexanol</b>	Hierba, verde	8 a	
<b>cis-3-Hexenol</b>	Hierba	400 b	
<b>Compuestos carbonílicos</b>			Perjudiciales
<b>Acetaldehído</b>	Manzana pasada		Podría ser un "off flavour". Contribución sutil o despreciable
<b>Diacetilo</b>	Láctico, fresa		Papel ambiguo. Contribuyente importante
<b>Acetoina</b>	Láctico, grasa	150 a	Contribuyente sutil o despreciable
<b>Benzaldehído</b>	Almendras amargas	2 a	Contribuyente despreciable
<b>Metional</b>	Judías verdes, patatas cocidas	0,5 b	Depresor del aroma
<b>2-Metil butanal</b>	Graso, verde	16, 5	
<b>Octanal</b>	Limón, naranja, disolvente	2, 5 b	
<b>Nonenal</b>	Verde, cítrico	2, 5 b	
<b>Decanal</b>	Piel de naranja, serrín	1, 25 b	
<b>(E-E) 2,4 Decadienal</b>	Rancio		
<b>Isobutiraldehído</b>	Punzante, frutal	6 b	
<b>Isovaleraldehído</b>	Graso, melocotón	4, 6 b	
<b>Heptanal</b>	Nueces, frutal	15 b	
<b>(E)-2-Hexenal</b>	Almendra amarga	4 b	
<b>(E)-2-Heptenal</b>	Almendra amarga	9, 3 b	
<b>(E)-2-Octenal</b>	Graso, nueces	3 b	
<b>(E)-2-Nonenal</b>	Serrín	0, 62 b	
<b>(E-E) 2,6-Nonadienal</b>	Pepino	0, 02 b	
<b>Fenil acetaldehído</b>	Miel	1 b	Negativo
<b>2-Furaldehído (Furfural)</b>	Madera, dulce	14, 1 b	
<b>2,3 Pentanodiona</b>	Láctico		
<b>1-octen-3-one</b>	Champiñón	15 c	Puede ser un "off flavour"
<b>3 metil nonanediona</b>	Dulce, fruta madura		

Compuestos	Nota aromática	Umbral de detección	Efectos en el aroma del vino
<b>Ácidos</b>			Papel ambiguo. Contribuyentes netos depresores
Ácido acético	Vinagre	300 a	Podría ser un "off flavour"
Ácido isobutírico	Queso	33 b	
Ácido butírico	Queso	173 b	
Ácido isovalerianico	Queso		
Ácido hexanoico	Queso de cabra	420 b	
Ácido octanoico	Rancio, graso	500 b	
Ácido decanoico	Rancio, graso	1 a	
<b>Fenoles</b>			Depresores. Contribuyentes importantes dependiendo del tipo de vino
Guayacol	Humo, fenólico	9,5 b	
4-metil guayacol	Quemado	65 b	
4-etil guayacol	Especiado, clavo	33 b	Depresor del aroma. Podría ser un "off flavour"
4-vinil guayacol	Pimienta, clavo	40 b	Depresor del aroma. Podría ser un "off flavour"
4-vinil fenol	Medicinal, tinta	180 b	Depresor del aroma. Podría ser un "off flavour"
Isoeugenol II	Espicias	6 b	
Eugenol	Clavo	6 b	
o-cresol	Betún	31 b	
p-cresol	Medicinal, cuero	10 b	
m-cresol	Farmacéutico	68 b	
Fenol	Tinta	250 b	
4-etil fenol	Caballo, cuero	25 b	Depresor del aroma. Podría ser un "off flavour"
3-etil fenol	Cuero, animal		
Siringol	Humo	2 a	
4-alil-2,6 dimetoxifenol	Especiado, humo	1,2 a	
4-propilguayacol	Fenólico	10 b	
2,6 dimetoxifenol	Medicinal	570 b	
<b>Enolonas</b>			Contribuyentes importantes sutiles o impacto
Furaneol	Caramelo, algodón Candy	120 b	
Homofuraneol	Caramelo	125 b	
Cicloteno	Caramelo	2 a	
Maltol	Caramelo	5 a	
Dihidromaltol	Caramelo		
Sotolón	Dulce, nuez, curry	9 b	
<b>Tioles polifuncionales</b>			Beneficiosos. Compuestos impacto en ciertos vinos
4-metil-4-mercapto-2-pentanona	Boj, sudor	0,8 c	Impacto en vinos Sauvignon de Nueva Zelanda
3-mercapto hexanol	Pomelo, boj	60 c	Compuesto impacto en ciertos rosados
Acetato de 3-mercaptohexilo	Fruta de la pasión	4 c	Impacto en vino Verdejo. Contribuyente importante en muchos vinos
2- metil-3-furantiol	Tostado, fritos, barbacoa	1 c	Despreciable en la mayoría de los vinos
2-furfuriltiol	Café, tostado	0,4 c	Impacto en vinos Sauvignon del Loira Despreciable en otros vinos
Benzil mercaptano	Quemado, tostado	0,3 c	Contribución despreciable en la mayoría de los vinos

Compuestos	Nota aromática	Umbral de detección	Efectos en el aroma del vino
<b>Tioles volátiles</b>			
Ácido sulfhídrico	Huevos podridos	1, 1 b	Papel ambiguo. Desde potenciador del aroma hasta "off flavour"
Sulfuro de metilo	Verdura podrida	1, 8 b	
Sulfuro de etilo	Ajo		
Disulfuro de dietilo	Cebolla	4, 3 b	
Sulfuro de dimetilo	Aspargina, membrillo	25 b	
Disulfuro de dimetilo	Col	29, 5 b	
Sulfuro de dietilo	Ajo	0, 63 b	
Disulfuro de bis-2-metil-furilo	Palomitas de maíz, tostado		
Etanotiol	Goma	1, 1 b	
<b>Piracinas</b>			Papel negativo
3,5 dimetil-2-metoxipiracina	Cartón, húmedo		
3-isopropil-2-metoxipiracina	Tierra, pimienta	15 c	
2-acetil piracina	Tostado, quemado		
<b>Misceláneos</b>			
Lactato de etilo	Dulce, frutal	154 a	
Sucicanato de dietilo	Frutal, manzana asada	200 a	
Furoato de etilo		16 b	
Ciclohexanoato de etilo	Afrutado		
2-metilisoborneol	Desagradable, lejía	20 a	"off flavour"
2,4,6 Tricloroanisol	Humedad, corcho	4 b	"off flavour"
Geosmina	Mohoso, cenagoso	25 b	"off flavour"

Expresado en ppm (a)

Expresado en ppb (b)

Expresado en ppt (c)

## Referencias bibliográficas

Francesc Montejo. Bridging the Olfactory Code. [www.PerfumerFlavorist.com](http://www.PerfumerFlavorist.com).

Kensaku Mori, Yuji K. Takahashi, Kei M. Igarashi & Masahiro Yamaguchi (2006) Maps of Odorant Molecular Features in the Mammalian Olfactory Bulb. *Physiol Rev*, 86: 409-433.

Yuji K. Takahashi, Shin Nagayama & Kensaku Mori (2004) Detection and Masking of Spoiled Food Smells by Odor Maps in the Olfactory Bulb. *The Journal of Neuroscience*, 24(40): 8690-8694.

Yuki Oka, Masayo Omura, Hiroshi Kataoka & Kazushige Touhara (2004) Olfactory receptor antagonism between odorants. *The EMBO Journal*, 23: 120-126.

Manuel Zarzo, David T. & Stanton (2009) Understanding the underlying dimensions in perfumers'odor perception space as a basis for developing meaningful odor maps. *Attention, Perception and Psychophysics*, 71 (2): 225-247.

---

# SEGUNDA PARTE EL POTENCIAL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

*Mar Vilanova*  
*José María Oliveira*





# EL POTENCIAL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN GALICIA

Mar Vilanova<sup>1</sup> y José María Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Misión Biológica de Galicia  
(CSIC-Pontevedra)

<sup>2</sup> Centro de Ingeniería Biológica  
(Universidad del Miño-Braga)

## 1. INTRODUCCIÓN

El aroma del vino es de una enorme complejidad, por una parte debido al gran número de compuestos que interviene y por otra a la gran variabilidad de concentraciones. Además, cada compuesto presenta su propio umbral de percepción olfativo que muchas veces está condicionado por el conjunto de otros compuestos presentes en el vino [1,2].

Esta composición aromática del vino está relacionada con el desarrollo de las diferentes etapas de producción y con el trabajo en bodega desarrollado por el enólogo, pero fundamentalmente es el reflejo de la uva inicial, en particular de la variedad y del "terroir".

Además, se sabe que mientras que el perfil cualitativo varietal depende estrictamente del cultivar, las cantidades relativas de cada compuesto, y por lo tanto sus características sensoriales dependen del "terroir", que incluye todos los parámetros que afectan a una zona vitícola, como son el clima, el suelo y las prácticas de cultivo [3]. Así, aun cuando una variedad de uva se encuentre en zonas geográficas alejadas y sea vinificada usando técnicas diferentes, el vino resultante poseerá ciertas cualidades inherentes a la tipicidad de la variedad. Por lo tanto, la identificación y cuantificación de los compuestos aromáticos presentes en la uva empleada en la elaboración del vino, es esencial ya que define, en gran medida, su calidad [4].

Los compuestos aromáticos presentes en las variedades de vid pertenecen a las familias de terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, ácidos grasos, fenoles volátiles y otros compuestos como lactonas, compuestos carbonilados o aldehídos (Tabla 1). Dependiendo del origen, el aroma de un vino se clasifica en varietal, pre-fermentativo, fermentativo y post-fermentativo.

**Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides.** Son las familias de compuestos más relacionados con la tipicidad de las variedades de vid. Estos se encuentran en la uva de dos formas, como compuestos volátiles libres y como compuestos glicosilados o precursores (fracción ligada del

aroma). Los compuestos glicosilados conforman una importante reserva de aromas varietales, el potencial aromático, que a través de su hidrólisis pueden generar compuestos aromáticos incrementando las características aromáticas del producto final [5-11].

Los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides representan la base de la tipicidad de las variedades aromáticas ya que contribuyen de forma significativa al aroma varietal de los vinos debido a su bajo umbral de detección olfativa, así como a su calidad aromática [12].

Los principales terpenos, incluyendo los más interesantes desde el punto de vista olfativo, son linalol, nerol, geraniol, citrionelol, α-terpineol, Ho-trienol, óxidos monoterpénicos, óxidos de linalol y diendoles. Los diendoles terpénicos no tienen propiedades olfativas de interés pero pueden actuar como precursores puesto que dan lugar a otros compuestos aromáticos como Ho-trienol u óxido de nerol.

La degradación de los carotenoides da lugar a norisoprenoides. De ellos, los de 13 átomos de carbono, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, tienen interesantes propiedades aromáticas por sus bajos umbrales de percepción. Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides están presentes en la uva fundamentalmente en forma de precursores glicosídicos. Entre ellos destacan los precursores de las iononas y de la β-damascenona.

## 2. LA VITICULTURA ATLÁNTICA. VARIEDADES GALLEGAS

La viticultura atlántica se sitúa en el noroeste de Península Ibérica que incluye Galicia y el norte de Portugal, donde se cultivan variedades comunes de vid (*Vitis vinifera*).

En Galicia las variedades blancas más cultivadas son Agudelo, Albariño, Blanco Legítimo, Caíño Blanco, Dona Branca, Godello, Loureira y Treixadura. Entre los cultivares tintos los más destacados son Brancellao, Espadeiro, Caíño Tinto, Loureiro Tinto, Mencía, Mouratón, Pedral y Sousón.

Tabla 1. Familias aromáticas más importantes y descriptores aromáticos de los compuestos más comunes identificados en la uva

Familia		Compuesto	Descriptor
Alcoholes		Alcohol bencílico	Almendra
		2-feniletanol	Rosa
		1-butanol	Hierba cortada
		1-propanol	Fruta
Compuestos en C <sub>6</sub>		Hexanol	Resina de pino
		<i>E</i> -3-hexenol	Hierba cortada
		<i>Z</i> -3-hexenol	Hierba cortada
		<i>E</i> -2-hexenol	Hierba cortada
		<i>Z</i> -2-hexenol	Hierba cortada
Terpenos		Linalol	Floral, rosa
		Nerol	Floral, rosa, lima
		Geraniol	Floral, geranio, rosa
		Citronelol	Cítrico, limón verde
		$\alpha$ -terpineol	Pino, lirio
		4-terpineol	Nuez moscada
		Ho-trienol	Tilo
		Limoneno	Cítrico, limón
		Farnesol	Floral, lirio
C <sub>13</sub> -norisoprenoides		$\alpha$ -ionona	Violeta
		$\beta$ -ionona	Violeta
		$\beta$ -damascenona	Manzana, miel, floral
		3-oxo- $\alpha$ -ionol	Especias, tabaco
		$\alpha$ -ionol	Frambuesa
		$\beta$ -damascona	Fruta, tabaco
		Teaspirano	Té
		Vomifoliol	Floral
Ácidos grasos		Ácido propanoico	Lácteos
		Ácido butanoico	Mantequilla, queso
		Ácido hexanoico	Queso de cabra
		Ácido octanoico	Rancio, graso
		Ácido decanoico	Cera, rancio, graso
Fenoles volátiles		Eugenol	Clavo
		4-etilfenol	Fenol, cuero
		4-vinilguayacol	Curry, clavo, especiado
		4-vinilfenol	Medicinal, tinta
		Vainillina	Vainilla
		Guayacol	Humo, fenol
Otros		Metionol	Col cocida
		Benzaldehído	Almendra amarga
		Acetaldehído	Manzana pasada

Descriptores aromáticos de los diferentes compuestos [13-15]

## 2.1. Variedades blancas

El Albariño en Galicia, y Alvarinho en el norte de Portugal, es la variedad blanca más importante de la viticultura atlántica, no solo por su producción sino también por su alta calidad y reconocimiento.

La variedad Albariño ha sido objeto de numerosos estudios [16-29]. Esta variedad estuvo caracterizada por una alta intensidad de aromas florales y frutales debido a su alta concentración de terpenos responsables de estas notas aromáticas.

Ribéreau-Gayon realizó un estudio comparativo de los aromas de diferentes variedades blancas y compara el vino Albariño con vinos elaborados con variedades como Riesling, Muscadelle o Sauvignon Blanc, demostrando que el Albariño era más rico en compuestos terpénicos [4].

Otros estudios desarrollados con esta variedad cultivada en la denominación de origen Rías Baixas [30] mostraron que la variedad Albariño contenía altas concentraciones de terpenos tanto en su fracción libre como en su fracción ligada. En este estudio el vino Albariño estuvo caracterizado por aromas balsámicos, frutales y florales con altos valores de su actividad odorífera contribuyendo así, en gran medida, al aroma.

Otros estudios han permitido estudiar el efecto del "terroir" sobre el aroma del vino Albariño de las diferentes subzonas de la denominación de origen Rías Baixas (Condado do Tea, Val do Salnés, O Rosal y Ribeira do Ulla), tanto a nivel sensorial [31] como a nivel de compuestos volátiles [25,32,33]. A nivel sensorial, el descriptor aromático "manzana" fue el descriptor común a todas las subzonas y los descriptores que marcaron las diferencias entre subzonas fueron la fruta madura, láctico, piña, plátano, pera, cítrico y floral. A nivel de compuestos volátiles, los alcoholes caracterizaron los vinos Albariño de la subzona de O Rosal, terpenos y ésteres etílicos caracterizaron la subzona de Val do Salnés y  $C_{13}$ -norisoprenoides, fundamentalmente  $\alpha$ -ionona, caracterizaron la subzona de Condado do Tea. Terpenos y alcoholes fueron las familias de compuestos volátiles que diferenciaron los vinos Albariño del norte y del sur de Galicia.

Otros investigadores [34] realizaron un estudio comparativo sobre la composición de dos variedades aromáticas cultivadas en la región de los vinhos verdes (norte de Portugal), Alvarinho (Albariño) y Loureiro (Loureira), variedades muy apreciadas para la elaboración de vinos monovarietales por sus características aromáticas a flores y frutas. Loureiro mostró ser una variedad aromática debido a sus altos niveles de linalol en su fracción libre. Alvarinho, variedad en general más pobre en aromas en su fracción libre que la Loureiro, presentó interesantes niveles de compuestos terpénicos en la fracción ligada al igual que la variedad Loureiro.

Loureiro y Alvarinho son variedades con una gran reserva de compuestos volátiles [28,34]. Esto es muy importante

en la elaboración de vinos ya que estos compuestos, en particular el linalol, pueden ser liberados de su glicósido por enzimas específicos y así contribuir al aroma final el vino. Los compuestos varietales que pueden marcar el aroma de estas variedades parecen ser el linalol, Ho-trienol,  $\alpha$ -terpineol y  $\beta$ -damascenona. Los terpenos fueron más importantes en la variedad Loureiro y los  $C_{13}$ -norisoprenoides en la variedad Alvarinho.

Por otra parte, el vino Alvarinho es rico en ácidos grasos volátiles y ésteres etílicos, los cuales aportan un carácter afrutado a estos vinos. Loureiro contiene altos niveles de ésteres de ácidos orgánicos y 2-feniletanol, aportando notas frutales y florales a sus vinos.

Otros trabajos llevados a cabo por Oliveira y col. en el norte de Portugal [35,36] mostraron el carácter tropical en los vinos elaborados con la variedad Alvarinho, mientras que los vinos elaborados con la variedad Loureiro mostraron intensas notas a cítricos. En estos trabajos también se indica la posibilidad de discriminar entre estas dos variedades en base a su composición en compuestos en  $C_6$  en su fracción libre, así como por los hidróxidos de linalol en su fracción glicosilada.

Genisheva y Oliveira [29] compararon la composición volátil de todas las variedades blancas de la región de los vinos verdes (Arinto, Azal, Aveso, Batoca, Trajadura, Alvarinho y Loureiro). En su fracción libre, la variedad Loureiro, podía ser fácilmente diferenciada del resto de las variedades blancas por sus importantes niveles de linalol, que se encontraban por encima de su umbral de percepción. En el caso de la variedad Trajadura (Treixadura) fue el geraniol el compuesto dominante, mostrando un perfil más equilibrado en sus compuestos en ambas formas, libre y glicosilada. Por otra parte, la variedad Alvarinho resultó ser más rica en compuestos glicosilados, seguida de Loureiro. En esta fracción, linalol y diendoles volátiles fueron los más abundantes en la variedad Loureiro.

Otras variedades blancas minoritarias cultivadas en Galicia, Blanco Legítimo y Agudelo, también fueron caracterizadas a nivel de compuestos aromáticos [37,38]. Estas variedades son cultivadas fundamentalmente en Betanzos, la zona vitícola situada más al norte de Galicia, donde la maduración de la uva está limitada por la climatología. Los resultados de este estudio mostraron que el octanoato de etilo (aroma a manzana), acetato de isoamilol (plátano), hexanoato de etilo (frutal) y  $\beta$ -damascenona (floral) fueron los aromas predominantes en los vinos elaborados con Blanco Legítimo y Agudelo en Betanzos. Blanco Legítimo resultó ser un vino muy aromático dominado por aromas a cítricos, banana, manzana y piña, mientras que Agudelo, menos aromático que el Blanco Legítimo, presentó niveles medios de aromas frutales.

Varios autores han estudiado la composición aromática de la variedad Godello [21,39,40]. Estos estudios confirman que los aromas frutales son los predominantes debido a los ésteres etílicos generados en la fermentación alcohólica. En cuanto a los aromas primarios, este estudio confirma que  $\beta$ -citronelol,  $\beta$ -damascenona y  $\beta$ -ionona resultaron ser los aromas típicos de esta variedad.

Los vinos elaborados con la variedad Godello cultivada en la denominación de origen Valdeorras fueron estudiados a nivel sensorial por un panel de consumidores [41] y por un panel de catadores profesionales [42]. Los resultados de estos estudios mostraron que los descriptores aromáticos característicos y comunes en ambos paneles eran manzana, melón, floral, cítrico y vegetal.

La variedad Godello también fue estudiada en la zona vitícola de Betanzos [38], donde los compuestos en  $C_6$  fue la familia de compuestos mayoritaria seguida por los terpenos.

Un estudio más reciente compara las características aromáticas de las variedades blancas más importantes cultivadas en Galicia, Loureira, Blanco Legítimo, Torrontés, Treixadura y Albariño, estableciendo relaciones entre la composición volátil y las características sensoriales de los vinos [43]. En este estudio se muestra una alta correlación entre cuatro descriptores sensoriales (intensidad aromática, floral, herbáceo y fruta madura) y los perfiles químicos. Los vinos elaborados con las variedades Blanco Legítimo y Loureira mostraron la mayor concentración de terpenos. A nivel sensorial el vino mejor puntuado, en su valoración global (olfativa y gustativa), fue el vino Albariño.

## 2.2. Variedades tintas

Diversos trabajos muestran los resultados de los estudios realizados sobre la composición aromática de variedades tintas y sus vinos dentro de la viticultura atlántica. En los últimos años ha habido una tendencia a la recuperación de variedades minoritarias de cultivo tradicional en Galicia. Estos cultivares están bien adaptados a su área de producción y transmiten a sus vinos las características del "terroir" en las que son cultivadas. A pesar de ser minoritaria, la variedad tinta Caíño Tinto es una de las más apreciadas en las denominaciones de origen Rías Baixas y Ribeiro.

Los vinos elaborados con Caíño Tinto, Caíño Longo y Caíño Bravo han sido caracterizados a nivel aromático [44]. Los vinos de Caíño Longo mostraron altas concentraciones de acetatos y ésteres etílicos. Las concentraciones de estos compuestos fueron, sin embargo, comparativamente más bajas en los vinos elaborados con la variedad Caíño Bravo. Desde el punto de vista enológico, el vino elaborado con Caíño Tinto fue el más interesante porque su composición fue más equilibrada. Los compuestos no terpénicos fueron los más abundantes en estas variedades [45].

Otros estudios muestran las características aromáticas de los vinos producidos por otras variedades tintas minoritarias cultivadas en Galicia como son la Castañal y Serradelo [37,46]. Los compuestos que determinaron el aroma en la variedad Castañal fueron los ésteres etílicos y acetatos, la  $\beta$ -ionona, 3-metil-1-butanol, alcohol bencílico y 2-feniletanol. Estos datos sugirieron que los vinos de la variedad Castañal presentaban aromas a frutas (mora) y flores (rosa) [46]. Por otra parte, los compuestos característicos de los vinos elaborados con la variedad tinta Serradelo, variedad también minoritaria cultivada en la zona vitícola de Betanzos, fueron octanoato de etilo y  $\beta$ -damascenona (aromas frutales y florales) [37]. Los compuestos ligados fueron los mayoritarios en los mostos de esta variedad.

El aroma de variedades tintas (Pedral, Sousón, Caíño Redondo, Espadeiro y Mencía) cultivadas en Galicia, y más concretamente en la zona geográfica de la denominación de origen Rías Baixas, fue estudiado por diversos autores [47] con el fin de conocer el potencial aromático de estas variedades. Los resultados de este estudio mostraron que las variedades Caíño Redondo y Pedral alcanzaban las mayores concentraciones de compuestos volátiles. La fracción libre era la predominante en todas las variedades, excepto en Pedral. Todas las variedades tintas estudiadas estuvieron caracterizadas por altas concentraciones de compuestos en  $C_6$  y alcoholes en su fracción libre, especialmente en Caíño Redondo. Sousón y Mencía mostraron similares características en su fracción libre, sin embargo Pedral mostró una importante contribución de compuestos glicosilados o precursores. Esta última variedad estuvo caracterizada por mayores concentraciones de alcoholes, terpenos, fenoles volátiles y  $C_{13}$ -norisoprenoides.

Un estudio más reciente muestra las características aromáticas de los vinos elaborados con las variedades Brancellao, Mencía, Merenzao, Mouratón y Sousón, cultivadas en la zona de la denominación de origen Rías Baixas, estableciendo relaciones entre su perfil sensorial y su composición volátil [48]. Los resultados de este estudio mostraron un importante efecto del cultivar en un gran número de compuestos analizados, que variaban significativamente entre los vinos. Los vinos elaborados con la variedad Mencía presentaban las mayores concentraciones de  $\gamma$ -nonalactona, mientras que los vinos de Sousón fueron más ricos en monoterpenos. Sin embargo, no se encontraron diferencias en el contenido en ésteres, debido probablemente al uso de la misma levadura en todas las vinificaciones. En este estudio también se encontraron altas correlaciones entre los descriptores sensoriales (calidad aromática, intensidad aromática, herbáceo y frutas rojas) y la composición volátil de los vinos.

Con respecto a Mencía, un estudio muestra el perfil aromático de los vinos elaborados con esta variedad en

la denominación de origen Valdeorras [49]. El perfil de estos vinos estuvo caracterizado por altos niveles de alcoholes, además de ésteres etílicos y acetatos que aportaron aromas a banana, piña y pera. También estuvo presente en estos vinos la  $\beta$ -ionona con aroma a violetas.

Los vinos elaborados con la variedad Mencía, cultivada en la denominación de origen Ribeira Sacra, también fueron estudiados a nivel sensorial por el panel de catadores de esta denominación [50]. En este estudio se demostró que la zona geográfica aportaba matices diferenciadores a los vinos elaborados con esta variedad cultivada en las diferentes subzonas de esta denominación.

Por último, Vilanova y col. [51] desarrollan un estudio sobre la composición volátil de variedad Mencía en las cinco subzonas que engloba la denominación de origen Ribeira Sacra (Amandi, Chantada, Ribeiras do Sil, Ribeiras do Miño y Quiroga-Bibei), en el que se muestran los resultados medios de cuatro cosechas consecutivas. En este estudio se muestra el efecto del "terroir" y de la cosecha sobre la composición aromática de la variedad Mencía. Los resultados concluyeron que la composición de esta variedad estuvo más influenciada por la cosecha que por el "terroir". La fracción glicosilada mostró la mayor variabilidad entre zonas geográficas. Esta variabilidad en terpenos glicosilados puede ser interpretada como un mayor potencial en función de la zona geográfica y la cosecha para expresar estos aromas positivos en los vinos elaborados con la variedad Mencía. La subzona de Ribeiras do Sil, subzona que mostró la mayor ratio de maduración (azúcar/acidez total), alcanzó la mayor concentración de compuestos aromáticos en ambas fracciones, libre y glicosilada. Los compuestos en  $C_6$  y los compuestos carbonilados estuvieron muy influenciados por el grado de maduración.

### 3. PERFIL AROMÁTICO DE LAS VARIEDADES DE CULTIVO TRADICIONAL EN GALICIA

A continuación se presenta la composición aromática de las variedades blancas y tintas de cultivo tradicional en Galicia, en sus fracciones libre (aromática) y glicosilada (precursores) expresados en composición relativa (%) y en concentración ( $\mu\text{g/L}$ ).

Todas las variedades caracterizadas e incluidas en este libro fueron estudiadas en sus lugares de cultivo en Galicia, zonas vitícolas todas ellas pertenecientes a los ámbitos geográficos de las diferentes denominaciones de origen gallegas o indicaciones geográficas protegidas.

La extracción de los compuestos volátiles y glicosilados fue realizada mediante la técnica de extracción en fase sólida (SPE). La identificación y cuantificación de los compuestos extraídos fue realizada mediante la técnica de cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MS) [36]. Las concentraciones de los compuestos analizados por cada variedad se corresponden con resultados medios de entre 5 y 10 cosechas dependiendo de la variedad.

Las variedades estudiadas y caracterizadas se muestran a continuación, así como el área geográfica de muestreo.

Las variedades blancas:

Agudelo (IGP Betanzos), Albariño (DO Rías Baixas), Blanco Legítimo (IGP Betanzos), Caíño Blanco (DO Rías Baixas), Dona Branca (DO Monterrei), Godello (DO Valdeorras), Loureira (DO Rías Baixas) y Treixadura (DO Rías Baixas).

Las variedades tintas:

Brancellao (DO Rías Baixas), Caíño Tinto (DO Rías Baixas), Espadeiro (DO Rías Baixas), Loureiro Tinto (DO Rías Baixas), Mencía (DO Ribeira Sacra), Merenzao (DO Valdeorras), Pedral (DO Rías Baixas) y Sousón (DO Rías Baixas).

### 3.1. Perfil aromático de las variedades blancas

#### Variedad AGUDELO

La Figura 1 muestra la composición aromática global y las fracciones libre y glicosilada de la variedad Agudelo cultivada en la zona vitícola de Betanzos y expresada en concentración y en composición relativa.

La composición aromática total muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (64%) que en forma de precursores (36%), con concentraciones que van desde 224 µg/L en su fracción libre a los 128 µg/L en forma glicosilada. La concentración total de compuestos que marcan el potencial aromático de los mostos de la variedad Agudelo fue de 352 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Agudelo encontramos alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel global la familia de compuestos mayoritaria fue los compuestos en C<sub>6</sub> que aportan aromas herbáceos y vegetales, y que supuso el 60% de la composición del mosto, seguida por las familias de alcoholes (18%) y terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (14%) (Figura 2a).

La Figura 2b muestra el reparto de familias aromáticas en el mosto de la variedad Agudelo en su fracción libre, donde los compuestos en C<sub>6</sub> fueron los mayoritarios alcanzando el 89% de esta fracción. Sin embargo, en la fracción ligada (Figura 2c) fue la familia de los alcoholes (46%) la que mostró mayor concentración, seguida muy de cerca por los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (36%), sumando entre ambas familias de compuestos el 82% de la fracción ligada.

Figura 1. Composición aromática del cultivar Agudelo en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

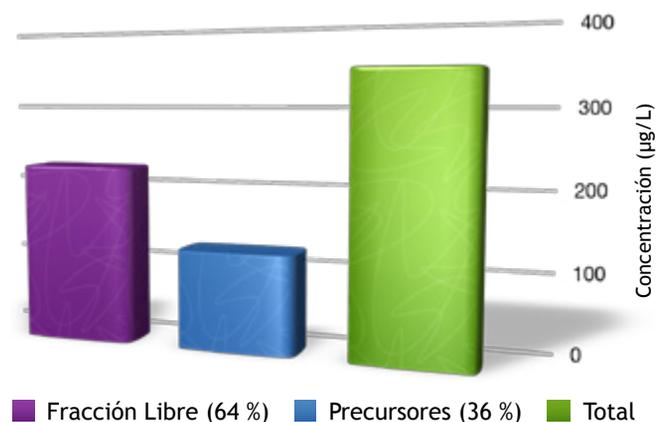
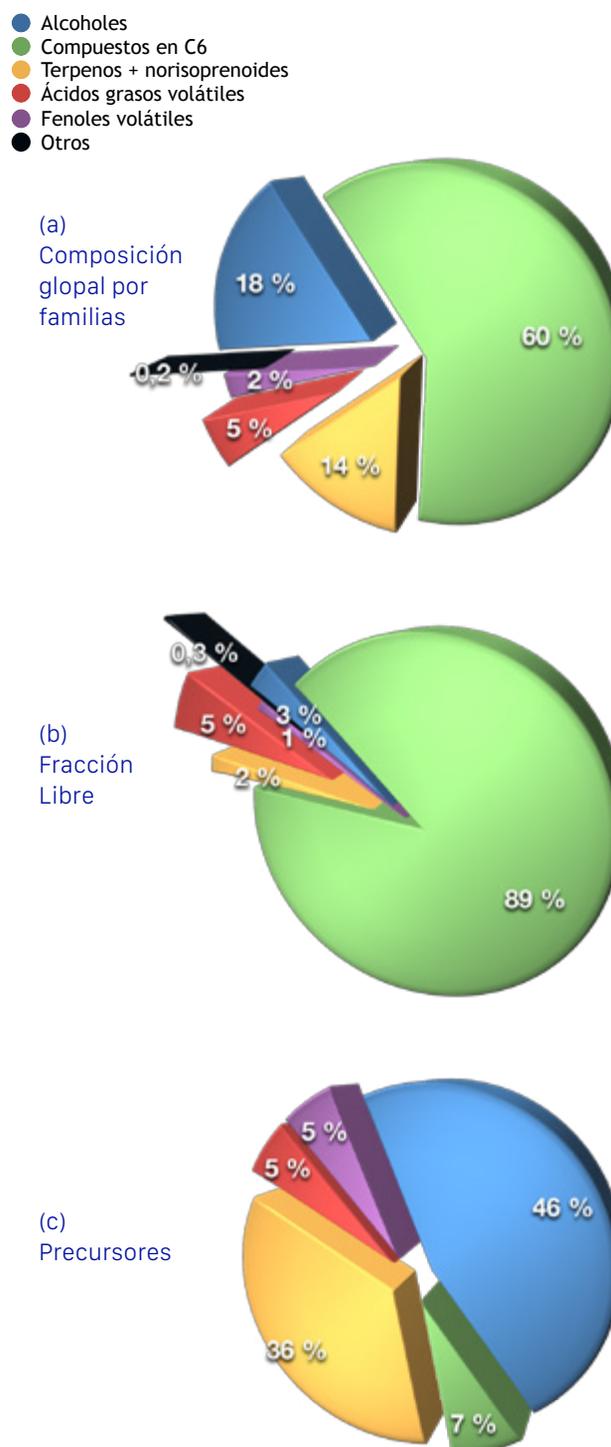


Figura 2. Composición aromática del cultivar Agudelo por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Agudelo se encuentran los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides. En la Figura 3 se observa la superioridad de los precursores del aroma (93%) frente a los compuestos libres (7%). Los valores en concentración fueron de 45 µg/L para la fracción ligada y de 3,5 µg/L para la fracción libre.

Tanto en la fracción libre como en la glicosilada, los terpenos se encontraron en mayores concentraciones frente a los C<sub>13</sub>-norisoprenoides.

La fracción libre de los terpenos estuvo dominada por los diendoles (2 µg/L, 48% de esta fracción). Dentro de la fracción ligada, el compuesto terpénico mayoritario en la variedad Agudelo fue el linalol junto con sus óxidos e hidróxidos, alcanzando valores de 24 µg/L (55% de los precursores).

Respecto a los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, familia representada únicamente por tres compuestos, se encontraron en concentraciones de 0,36 µg/L en su fracción libre y en 5 µg/L en su fracción ligada, lo que supuso un 11% de cada una de estas fracciones.

En la Figura 4 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Agudelo, tanto en su forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 3. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Agudelo en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

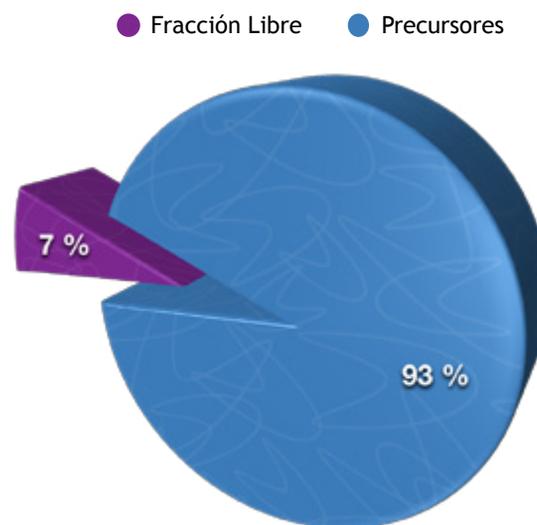
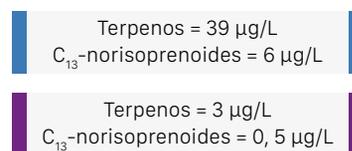
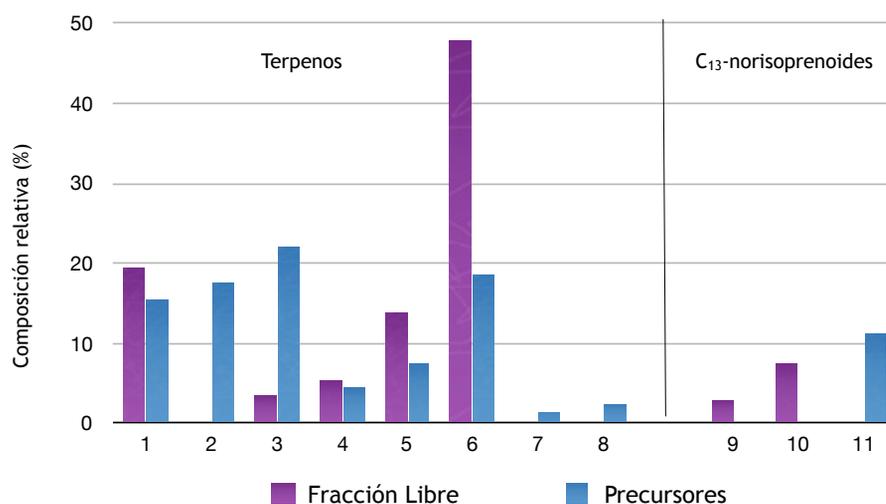


Figura 4. Perfil aromático varietal del cultivar Agudelo. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y glicosilada

Óxidos de Linalol (1); Hidróxidos de Linalol (2); Linalol (3); α-terpineol (4); Geraniol (5); Diendoles (6); Nerol (7); Ho-trienol (8); β-damascenona (9); β-ionona (10); 4-oxo-β-ionol (11)



## Variedad ALBARIÑO

La composición aromática de la variedad Albariño a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 5.

La variedad Albariño muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.818 µg/L (61% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores que supuso una concentración de 1.156 µg/L (39%). La concentración global media de los años de estudio y que muestra el potencial de esta variedad fue de 2.974 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Albariño se identificaron alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global los compuestos mayoritarios fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (47% del total), seguidos por los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (18%), que se caracterizan por aportar aromas frutales y florales (Figura 6a).

Dentro de la fracción libre (Figura 6b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (75%), sin embargo en la fracción ligada o precursores (Figura 6c) fueron los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides las familias mayoritarias, sumando entre ambas un 40% del total de esta fracción, lo que supone un gran potencial de aromas frutales y florales para el futuro vino. Alcoholes y fenoles volátiles sumaron el 41% de los precursores.

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Albariño se encuentran los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides. Estas familias de compuestos se encontraron en la variedad Albariño en mayor concentración en forma de precursores (446 µg/L; 84%) que en su fracción libre (83 µg/L; 16%), sumando un total de 539 µg/L. La superioridad de la fracción glicosilada frente a la libre denota el alto potencial aromático varietal de

Figura 5. Composición aromática del cultivar Albariño en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

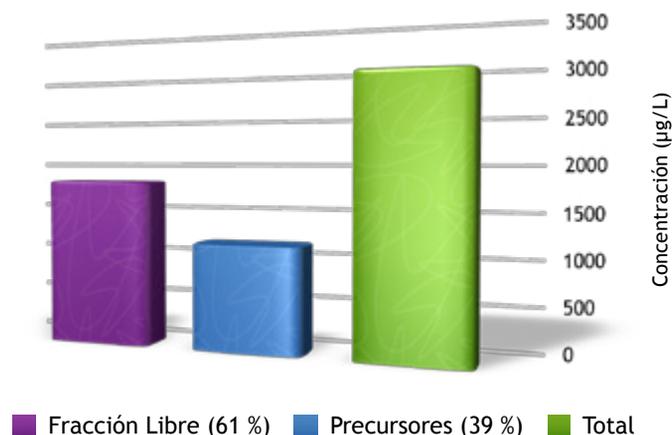
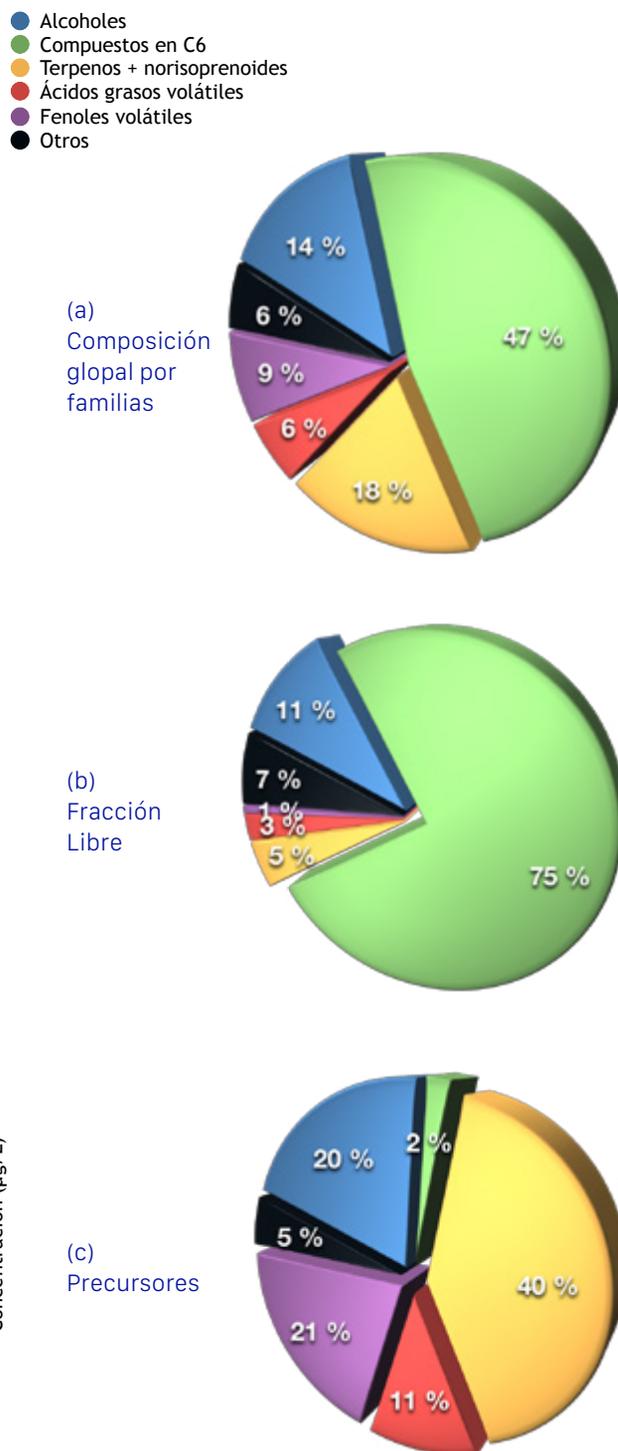


Figura 6. Composición aromática del cultivar Albariño por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



este cultivar (Figura 7). Tanto en la fracción libre como en la glicosilada, los terpenos se encontraron en mayores concentraciones frente a los C<sub>13</sub>-norisoprenoides.

Los terpenos más importantes en la variedad Albariño fueron el linalol y sus óxidos e hidróxidos, lo que supuso el 30% de los compuestos varietales en su fracción libre y el 41% en la fracción ligada, con concentraciones de 25 µg/L y 185 µg/L, respectivamente. Los diendiolos mostraron altos niveles en la variedad Albariño, fundamentalmente en su fracción ligada (90 µg/L), lo que supuso 20% de esta fracción.

Otros terpenos presentes en el mosto de la variedad Albariño fueron el geraniol, nerol, limoneno, β-citronelol, α-terpineol, 4-terpineol y Ho-trienol. Todos estos compuestos aportan aromas frutales y florales al mosto. Otro terpeno, el farnesol, se encontró únicamente en su forma libre en un 19% del total de esta fracción. Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, en la mayor parte de las variedades de vid, se encuentran en la uva fundamentalmente en forma glicosilada, como es el caso de la variedad Albariño, donde la mayor concentración se encuentra en forma de precursores, que cuando son liberados por acción enzimática aportan aromas florales al vino.

En la Figura 8 se representan los perfiles aromáticos varietales, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Albariño, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 7. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Albariño en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

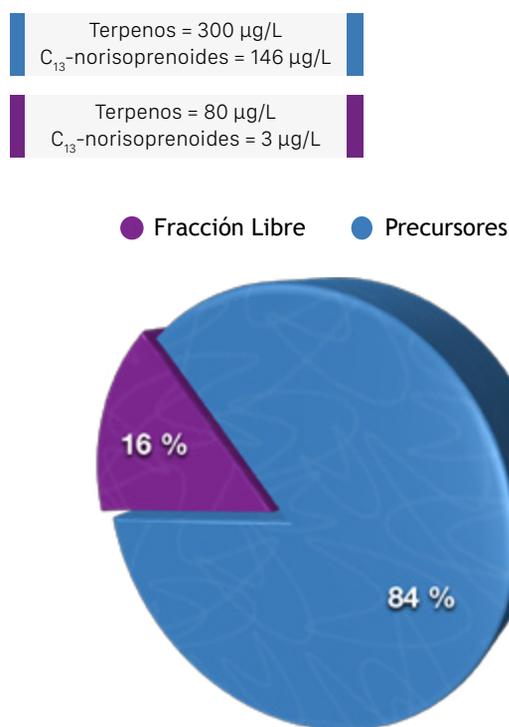
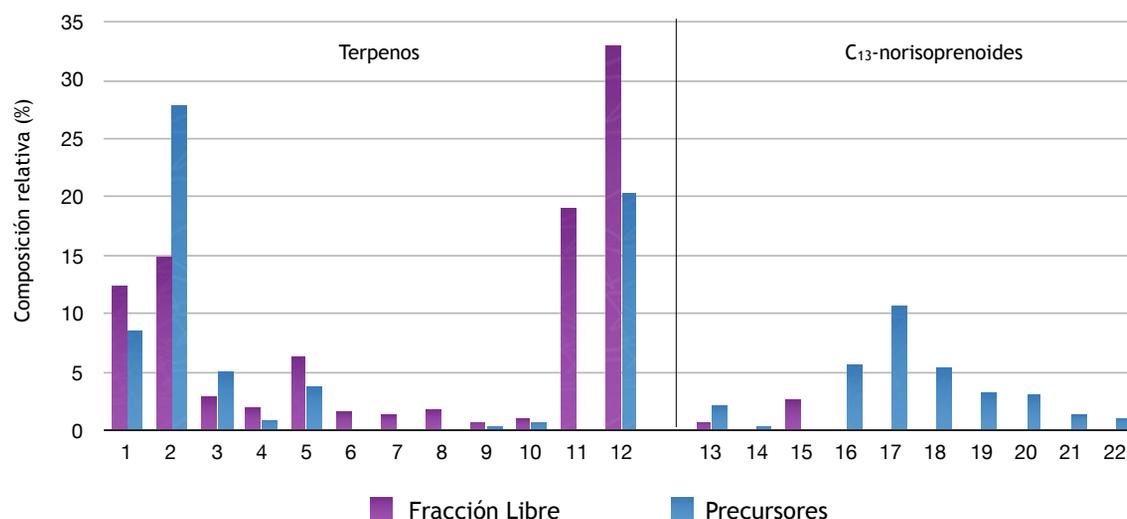


Figura 8. **Perfil aromático varietal del cultivar Albariño. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Limoneno (6); Citronelol (7); 4-terpineol (8); α-terpineol (9); Ho-trienol (10); Farnesol (11); Diendiolos (12); β-damascenona (13); β-damascona (14); α-ionol (15); 3-hidroxi-β-damascona (16); 3-oxo-α-ionol (17); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (18); 3-hidroxi-7,8-dehidro-α-ionol (19); 4-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (20); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (21); megastigma-7-eno-3,9-diol (22)

## Variedad BLANCO LEGÍTIMO

La Figura 9 muestra la composición aromática global y en las fracciones libre y glicosilada de la variedad Blanco Legítimo cultivada en Betanzos, zona vitícola situada más al norte de Galicia, y expresada en concentración y en composición relativa.

La composición aromática total muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (1.928 µg/L) que en forma de precursores (539 µg/L), lo que representa una concentración relativa del 78% y 22% respectivamente. La composición global alcanzó una concentración de 2.467 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Blanco Legítimo volvemos a encontrar, como en el resto de las variedades blancas analizadas, las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel global, las familias compuestos mayoritarias identificadas fueron los compuestos en C<sub>6</sub>, que suponen el 52% de la composición del mosto, seguida por la familia de ácidos grasos volátiles y alcoholes (16% en cada una de estas familias) (Figura 10a).

La familia de los compuestos en C<sub>6</sub> dominan la fracción libre (64%) (Figura 10b) donde los alcoholes también tuvieron una buena representación en esta fracción del aroma (17%). El 22% restante de la composición libre la completan el resto de las familias identificadas y cuantificadas en los mostos de esta variedad.

En la fracción ligada las familias mayoritarias fueron los ácidos grasos volátiles (53%), seguidas por las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (14%) y alcoholes (12%) (Figura 10c). Los fenoles volátiles en su fracción glicosilada suponen un 9% y los compuestos en C<sub>6</sub> un 7%.

Figura 9. Composición aromática del cultivar Blanco Legítimo en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

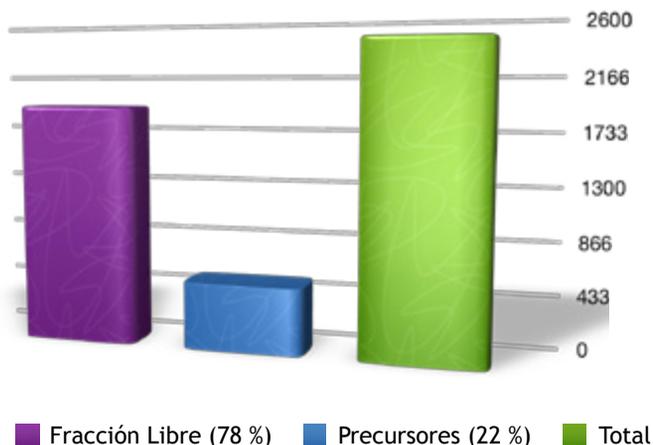
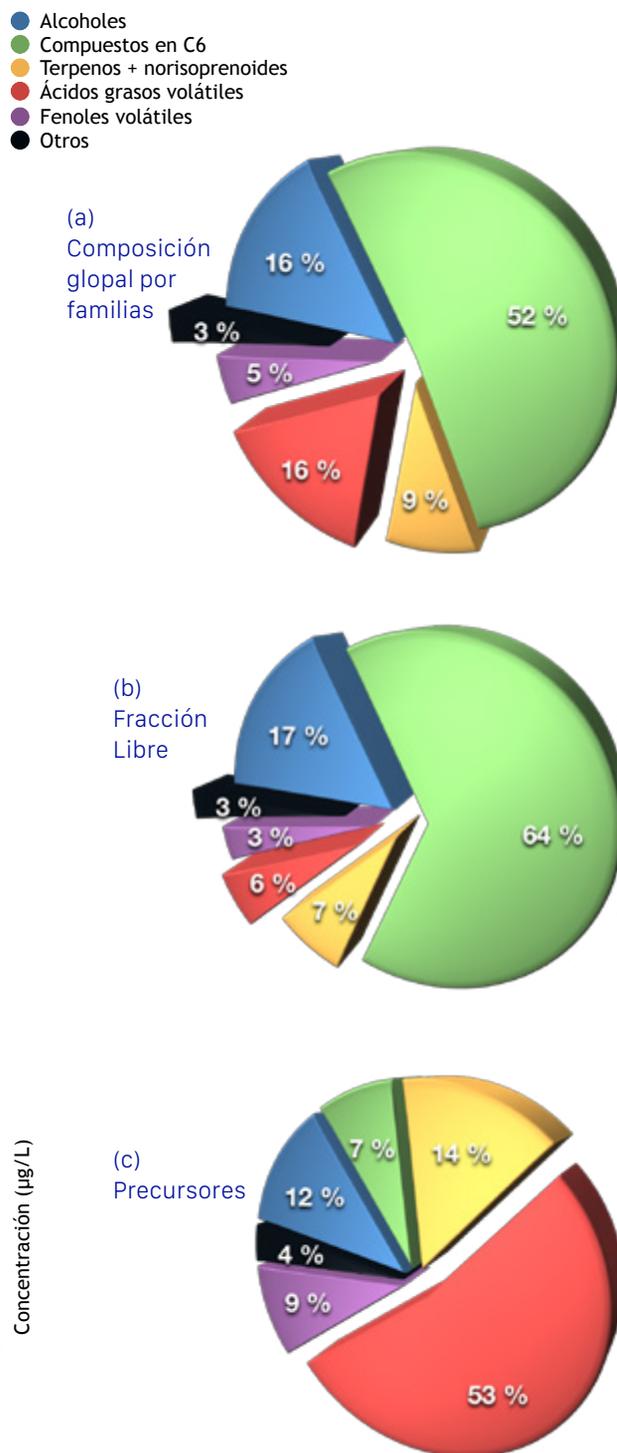


Figura 10. Composición aromática del cultivar Blanco Legítimo por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada (c)



A nivel de compuestos que marcan el aroma varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, en el cultivar Blanco Legítimo se observa que la fracción libre fue superior (54%) a la fracción ligada o precursores del aroma (46%) con concentraciones que van desde los 97 µg/L y 82 µg/L respectivamente (Figura 11). En este caso, tanto en la fracción libre como en la glicosilada, los terpenos se encontraron en mayores concentraciones frente a los C<sub>13</sub>-norisoprenoides.

Los compuestos terpénicos mayoritarios en la variedad Blanco Legítimo fueron el linalol y sus óxidos en su fracción libre alcanzando valores de 39 µg/L, lo que supone un 41% de esta fracción. En su fracción ligada, el citronelol es el compuesto mayoritario dentro de la familia de los terpenos alcanzando un 24%, seguido por los diendoles (21%).

Entre los C<sub>13</sub>-norisoprenoides solamente fue identificado y cuantificado un compuesto en su fracción libre, el 3-oxo-α-ionol, que supuso el 31% de la fracción. En la fracción glicosilada fueron identificados cuatro compuestos, siendo el mayoritario, una vez más, el 3-oxo-α-ionol (12%). En la Figura 12 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Blanco Legítimo, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 11. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Blanco Legítimo en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

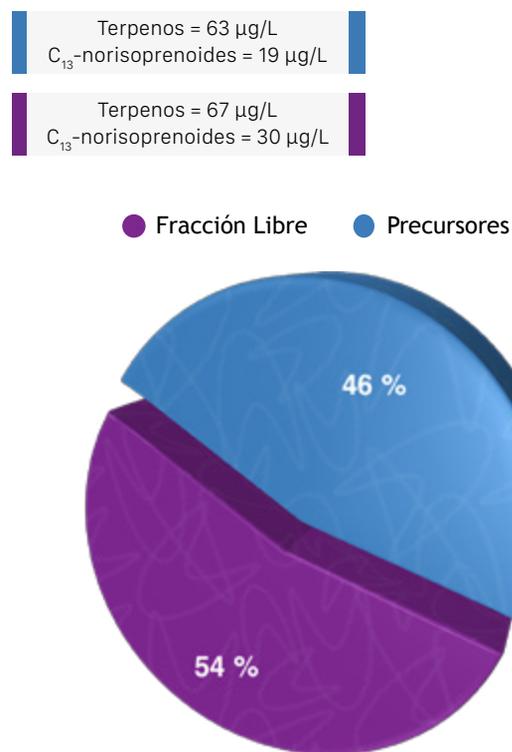
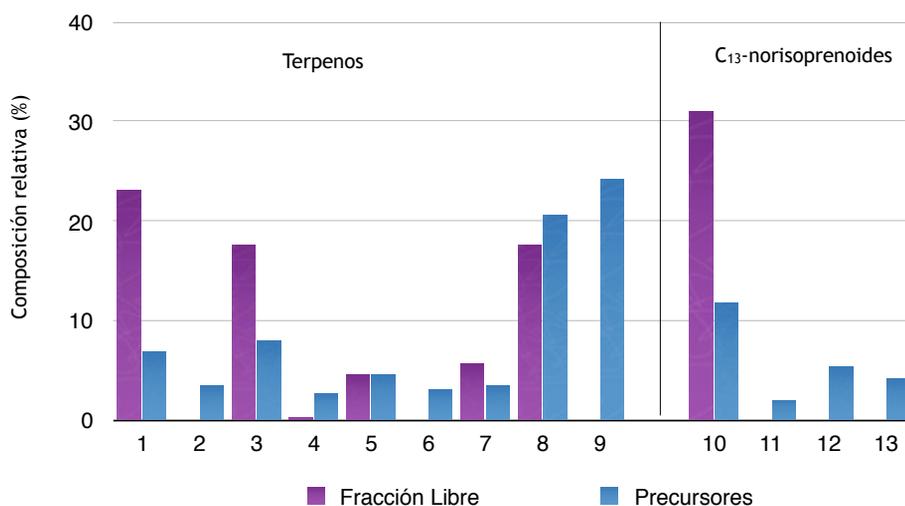


Figura 12. Perfil aromático varietal del cultivar Blanco Legítimo. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); α-terpineol (4); Geraniol (5); Nerol (6); Ho-trienol (7); Diendoles (8); Cítronelol (9); 3-oxo-α-ionol (10); 4-oxo-α-ionol (11); 3-hidroxi-7,8-dihidro-β-ionol (12); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (13)

## Variedad CAÍÑO BLANCO

La Figura 13 muestra la composición aromática total y en sus fracciones libre y glicosilada de la variedad Caíño Blanco cultivada en Galicia, y expresada en concentración y en composición relativa.

La composición aromática total muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (2.815 µg/L) que en forma de precursores (1.061 µg/L), lo que representa una concentración relativa de 73% y 27% respectivamente. La composición global alcanzó una concentración de 3.876 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Caíño Blanco volvemos a identificar, como en el resto de las variedades blancas analizadas, las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros.

A nivel global, los compuestos en C<sub>6</sub> fue la familia mayoritaria que supuso el 64% de la composición del mosto, seguida por la familia de ácidos grasos volátiles (16%) (Figura 14a).

La familia de los compuestos en C<sub>6</sub> dominan la fracción libre (85%) (Figura 14b), sin embargo en la fracción glicosilada o precursores (Figura 14c) son los ácidos grasos volátiles la familia mayoritaria (44%) en esta fracción, seguida por la familia de los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (21%) y fenoles volátiles (17%).

A nivel de compuestos que marcan el aroma varietal (terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides) del cultivar Caíño Blanco, en la Figura 15 se puede observar que la fracción glicosilada fue muy superior (69%) a la fracción libre (31%), con concentraciones de 221 µg/L y 97 µg/L, respectivamente.

Figura 13. Composición aromática del cultivar Caíño Blanco en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

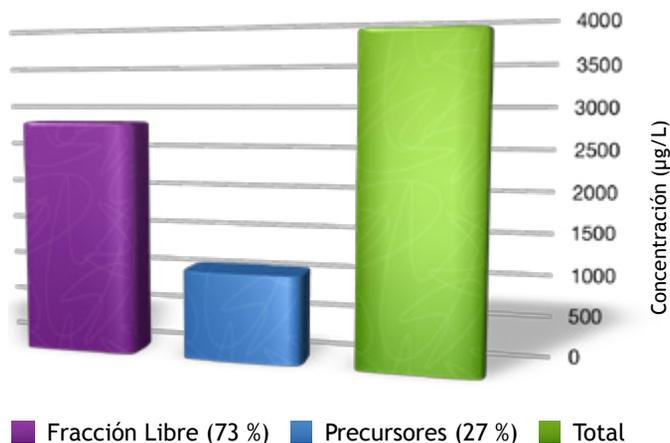
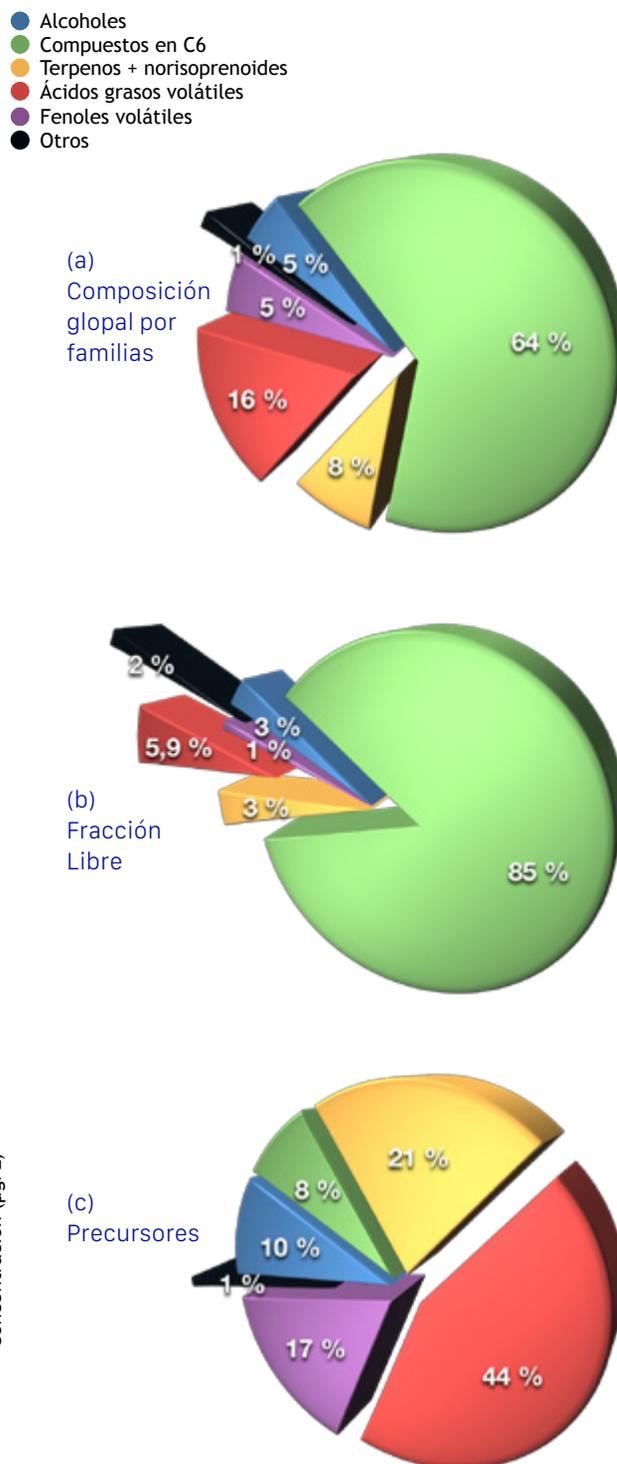


Figura 14. Composición aromática del cultivar Caíño Blanco por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



En esta variedad la concentración de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en su fracción libre fue similar (49 µg/L y 48 µg/L respectivamente), sin embargo, en la fracción glicosilada la concentración de C<sub>13</sub>-norisoprenoides (165 µg/L) fue tres veces superior a la de terpenos ligados (56 µg/L).

El compuesto terpénico mayoritario en la variedad Caíño Blanco en su fracción libre fue el Ho-trienol, alcanzando valores de 27 µg/L, lo que supuso un 28% de los compuestos varietales libres. En su fracción ligada, son los hidróxidos de linalol (25 µg/L), seguidos por el geraniol (10 µg/L) y el α-terpineol (9 µg/L) los compuestos varietales mayoritarios, alcanzando un 11%, 5% y 4%, respectivamente.

Entre los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol fue el mayoritario de la fracción libre (42%; 40 µg/L) y 3-oxo-α-ionol de la fracción glicosilada (62%; 137 µg/L).

En la Figura 16 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Caíño Blanco, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 15. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Caíño Blanco en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

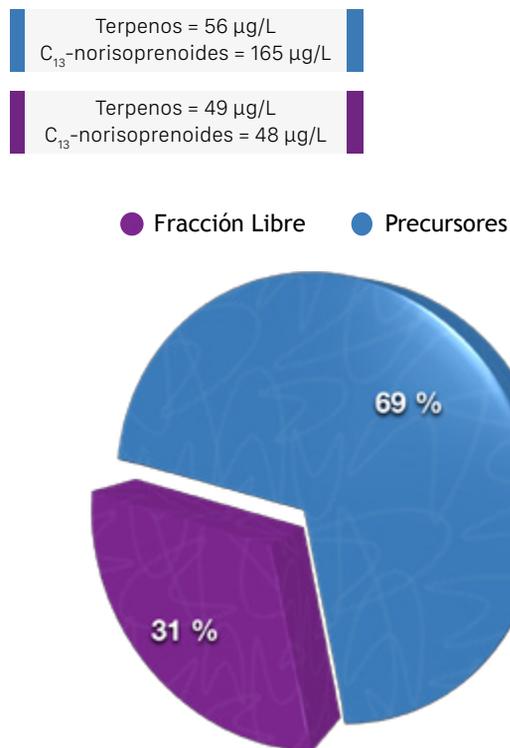
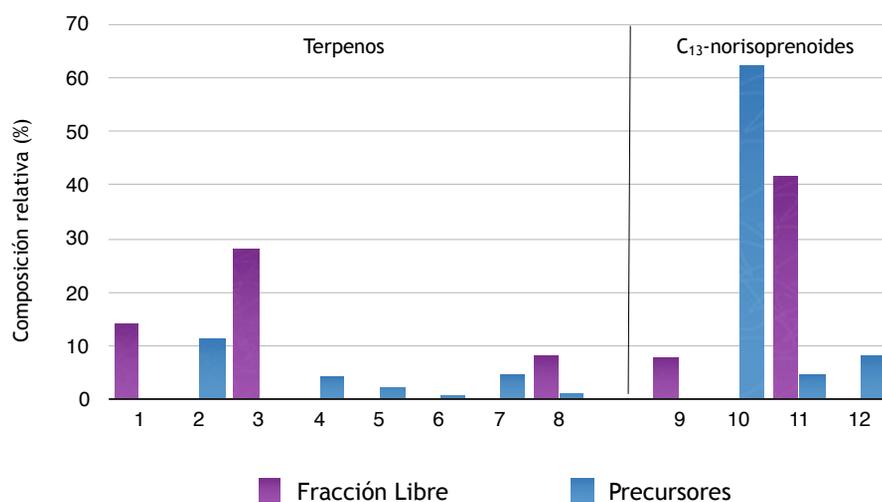


Figura 16. **Perfil aromático varietal del cultivar Caíño Blanco. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Ho-trienol (3); α-terpineol (4); Citronelol (5); Nerol (6); Geraniol (7); Diendoles (8); α-ionona (9); 3-oxo-α-ionol (10); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (11); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (12)

## Variedad DONA BRANCA

A continuación se muestra la composición aromática global de la variedad Dona Branca expresada en concentración, así como sus fracciones libres y glicosilada expresadas en concentración y en composición relativa respecto al global.

La composición aromática de la variedad Dona Branca (Figura 17) mostró concentraciones muy similares de compuestos aromáticos en su fracción libre (982 µg/L) como en forma de precursores (1.071 µg/L), lo que supone una composición relativa del 48% y 52%, respectivamente. La composición global alcanzó una concentración de 2.053 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Dona Branca se identificaron, una vez más, alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel global, los alcoholes fue la familia de compuestos mayoritaria que supuso el 27% de la composición del mosto de la variedad Dona Branca, seguida por la familia de los ácidos grasos volátiles y compuestos en C<sub>6</sub>, representadas cada una de ellas por un 23% de la composición total (Figura 18a). Los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides supusieron un 14% de la composición global del mosto.

En la fracción libre (Figura 18b), los compuestos en C<sub>6</sub> fue la familia mayoritaria que alcanzó el 41% de esta fracción, seguida por la familia de los alcoholes (33%).

En la fracción ligada (Figura 18c), la familia de ácidos grasos volátiles fue la mayoritaria (33%), seguida por la familia de los alcoholes (22%). Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides sumaron un 22% de la fracción ligada. Los fenoles volátiles representaron un 16% de esta fracción.

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Dona Branca se identificó una mayor proporción de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides como precursores (79%)

Figura 17. Composición aromática del cultivar Dona Branca en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

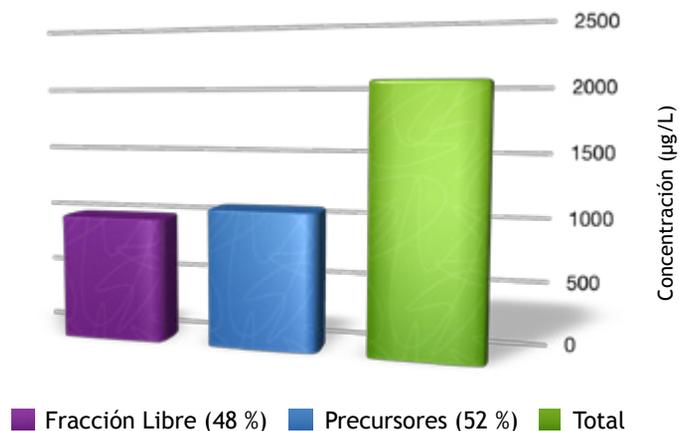
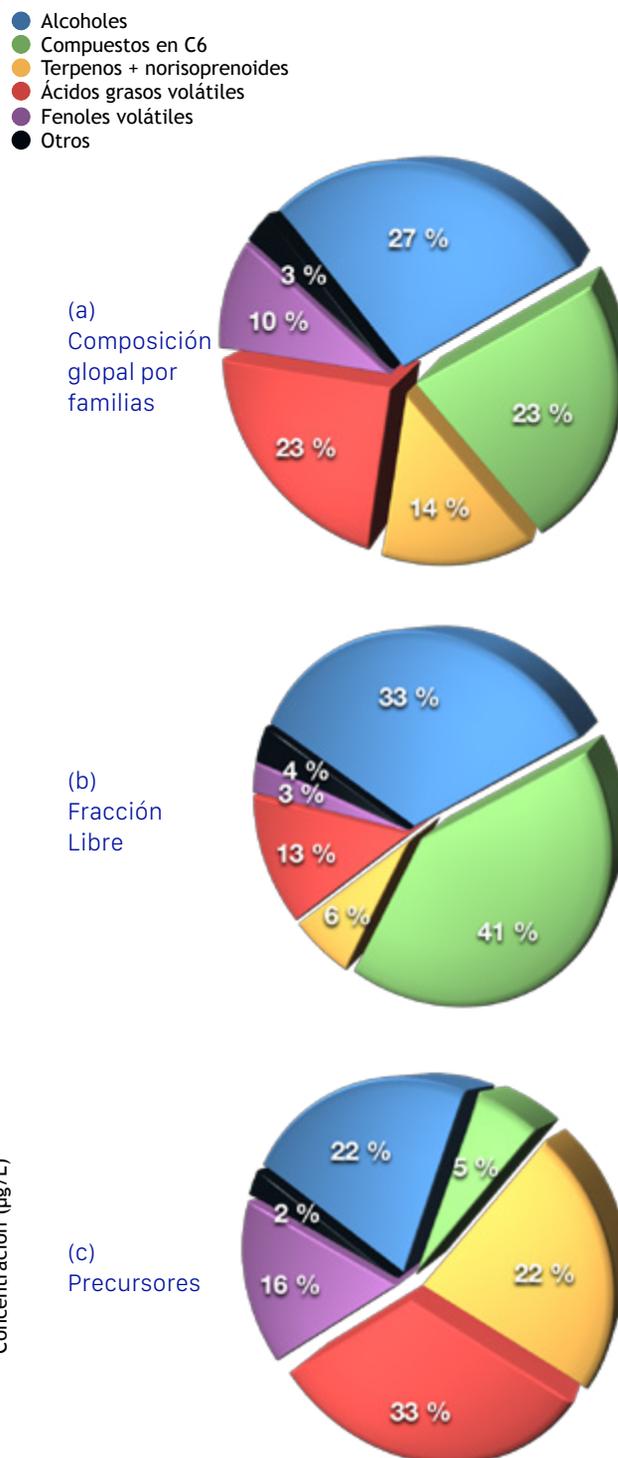


Figura 18. Composición aromática del cultivar Dona Branca por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



frente a la composición libre (21%) con concentraciones de 231 µg/L y 63 µg/L, respectivamente (Figura 19).

La concentración de terpenos fue mayor en su fracción glicosilada (226 µg/L) que libre (63 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides solamente fueron identificados y cuantificados en su fracción ligada y estuvieron representados por un único compuesto (β-ionona) con concentración de 5 µg/L.

El terpeno mayoritario en la variedad Dona Branca fue el linalol junto con sus óxidos e hidróxidos alcanzando un total de 29 µg/L en su fracción libre y de 174 µg/L en su fracción ligada, lo que supuso un 46% y un 76% de la composición varietal en sus fracciones libre y ligada, respectivamente. Otros terpenos con cierta relevancia en los mostos de la variedad Dona Branca fueron Ho-trienol (15%) y geraniol (13%) en la fracción libre.

Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides estuvieron representados en la variedad Dona Branca por un único compuesto, β-ionona (aroma a violetas), que fue identificado y cuantificado únicamente en forma de precursores, alcanzando valores de 5 µg/L (2% de los compuestos varietales en su fracción ligada). Esto supone un alto potencial de aromas florales de esta variedad debido al bajo umbral de percepción de este compuesto.

En la Figura 20 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Dona Branca, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 19. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Dona Branca en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

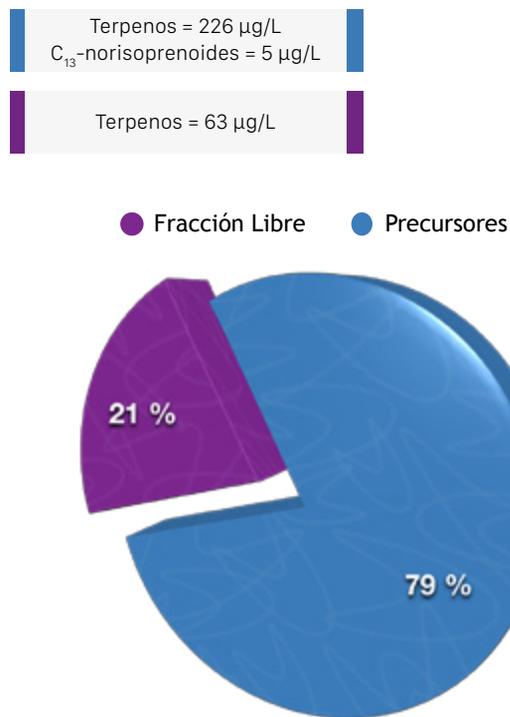
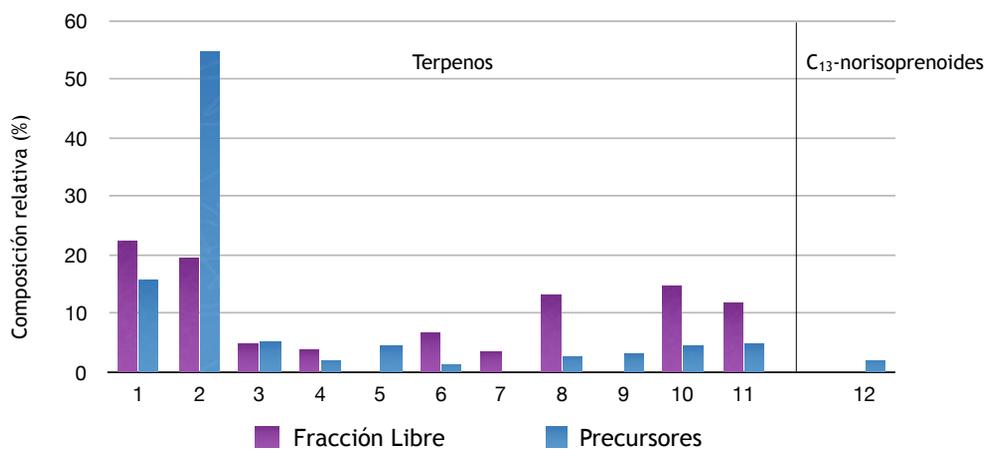


Figura 20. **Perfil aromático varietal del cultivar Dona Branca. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en las fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); α-terpineol (4); 4-terpineol (5); Nerol (6); Citronelol (7); Geraniol (8); Limoneno (9); Ho-trienol (10); Diendoles (11); β-ionona (12)

## Variedad GODELLO

La Figura 21 muestra la composición aromática global y en sus fracciones libre y glicosilada de la variedad Godello cultivada en Galicia y expresada en concentración y en composición relativa.

La composición aromática total muestra, al igual que otras variedades estudiadas, una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (2.572 µg/L) que en forma de precursores (265 µg/L), lo que supone un 91% y un 9%, respectivamente, de la composición global, que alcanzó una concentración total de 2.837 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Godello se identificaron las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel global, la familia de compuestos mayoritaria fue los compuestos en C<sub>6</sub> alcanzando el 87% de la composición global del mosto, seguida por las familias de alcoholes superiores (7%) y terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (3%). El 3% restante se reparte en el resto de las familias identificadas y cuantificadas (Figura 22a).

Los compuestos en C<sub>6</sub> fueron los mayoritarios en la fracción libre del mosto de esta variedad (Figura 22b), alcanzando el 96% de esta fracción, sin embargo en la fracción ligada (Figura 22c) fueron los alcoholes los mayoritarios (36%), seguidos muy de cerca por los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (30%) y los fenoles volátiles (25%).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Godello se observa la dominancia de la composición glicosilada de las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, lo que supuso un 93% de estos

Figura 21. Composición aromática del cultivar Godello en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

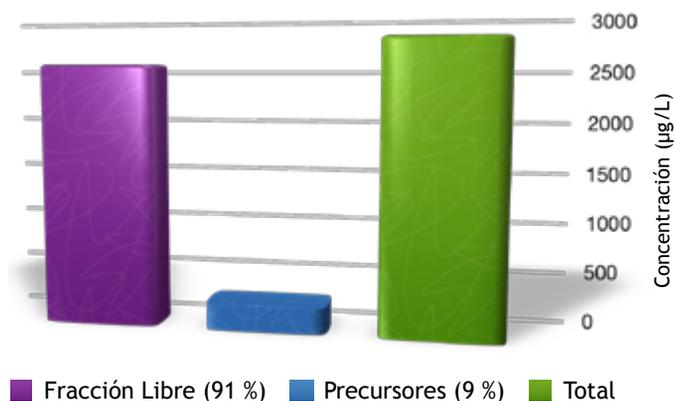
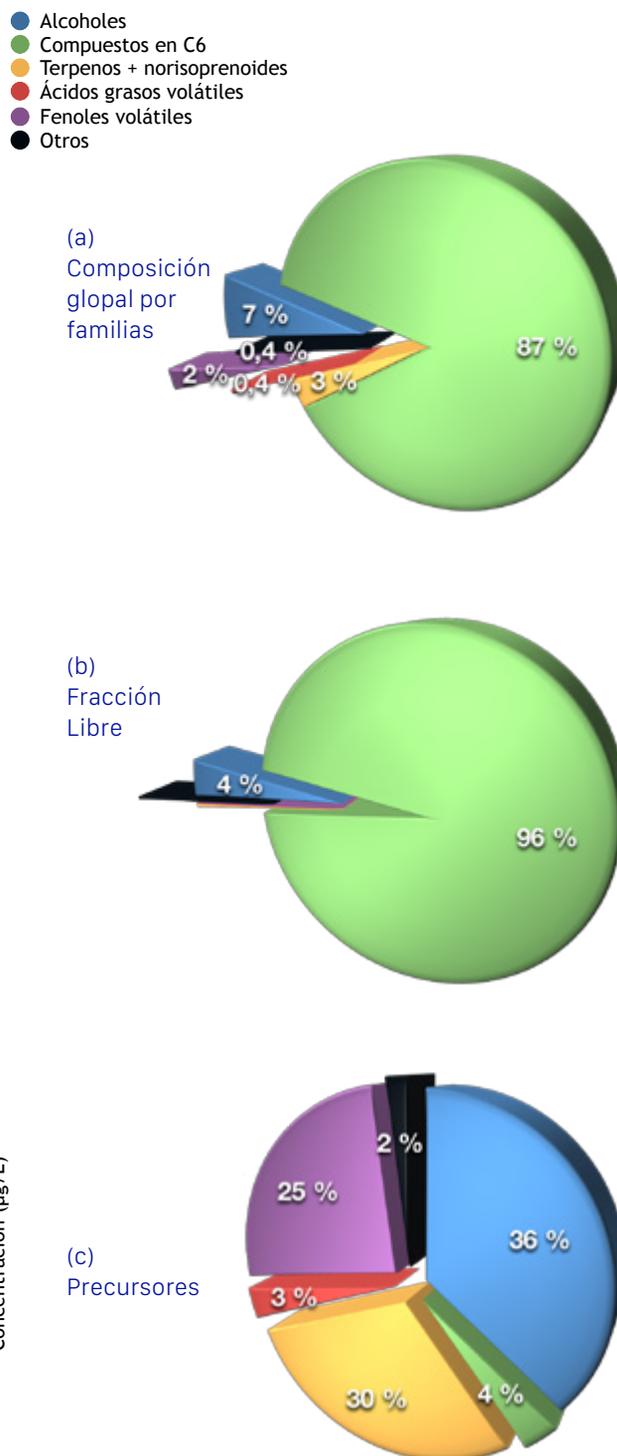


Figura 22. Composición aromática del cultivar Godello por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



compuestos frente a la libre (7%) alcanzando concentraciones de 80 µg/L y 6 µg/L, respectivamente (Figura 23).

En la variedad Godello, la concentración de terpenos fue mayor en su fracción glicosilada (20 µg/L) que libre (6 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides solamente fueron identificados y cuantificados en su fracción ligada y con concentración de 60 µg/L superando la concentración de terpenos totales.

El compuesto terpénico mayoritario en la variedad Godello fue el geraniol en su fracción libre (4 µg/L), lo que supuso un 62% del aroma varietal en esta fracción. Sin embargo, fueron los óxidos e hidróxidos de linalol los que dominaron la fracción ligada (15 µg/L; 20%).

La familia de C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fue identificada y cuantificada en su fracción ligada, destacando el 3-hidroxi-β-damascona y 3-oxo-α-ionol que alcanzaron valores de 18 µg/L y 15 µg/L, respectivamente. Ambos compuestos suponen un 41% de aroma varietal en su fracción ligada o precursores.

En la Figura 24 se muestra el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Godello, tanto en forma libre como en forma de precursores glicosilados sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 23. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Godello en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

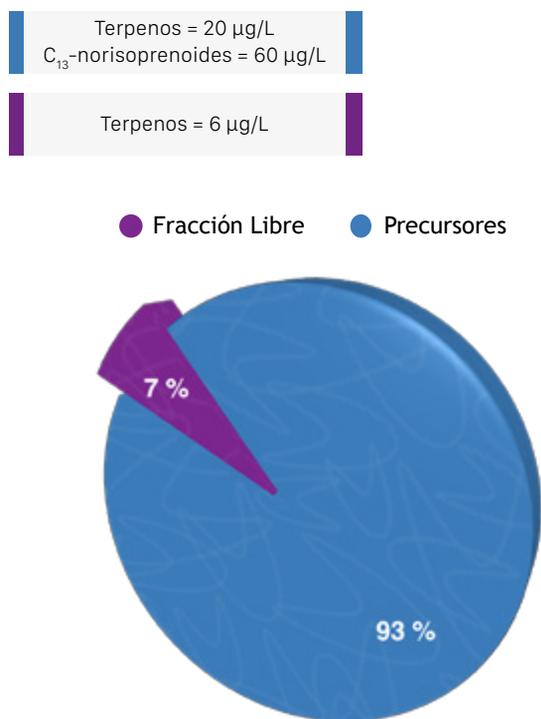
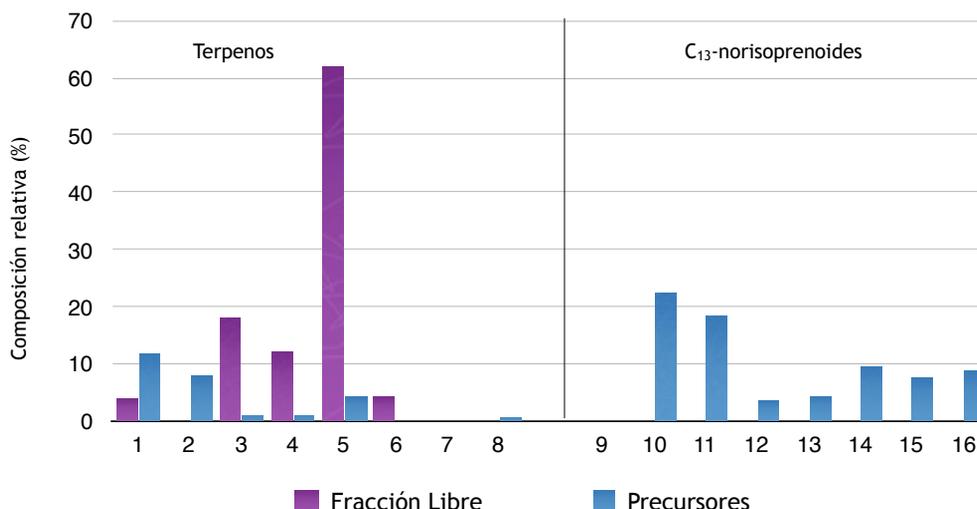


Figura 24. **Perfil aromático varietal del cultivar Godello. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Citronelol (6); Hidroxicitronelol (7); Diindoles (8); β-damascona (9); 3-hidroxi-β-damascona (10); 3-oxo-α-ionol (11); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (12); 3-hidroxi-7,8-dihidro-β-ionol (13); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (14); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (15); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (16)

## Variedad LOUREIRA

La composición aromática de la variedad Loureira cultivada en la zona geográfica de la denominación de origen Rías Baixas estuvo caracterizada por una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (2.156 µg/L; 72% del total) frente a su fracción glicosilada o precursores (832 µg/L; 28% de total), sumando entre ambas fracciones 2.988 µg/L. Estos resultados se muestran en la Figura 25.

Las familias de compuestos aromáticos identificadas en el mosto de la variedad Loureira fueron alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos en menor medida.

A nivel global la familia de compuestos mayoritarios fue los compuestos en C<sub>6</sub> que supusieron el 52% de la composición aromática del mosto, seguida por las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (17%) y los ácidos grasos volátiles (14%) (Figura 26a).

En la fracción libre (Figura 26b), los compuestos en C<sub>6</sub> fueron los mayoritarios y alcanzaron un 70% de esta fracción, donde terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides mostraron el 11% de la composición. Sin embargo, en la fracción ligada (Figura 26c), fueron los ácidos grasos volátiles los mayoritarios (36%), seguidos muy de cerca por los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (32%), sumando entre ambas familias de compuestos el 68% de la fracción glicosilada. Alcoholes, fenoles volátiles y compuestos en C<sub>6</sub> también se encontraron como precursores.

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Loureira se observa que las fracciones libres y glicosilada de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides fueron muy similares (48% y 52%, respectivamente), con valores que van desde 247 µg/L para la fracción libre a 270 µg/L para la fracción ligada, sumando un total de 517 µg/L (Figura 27).

Figura 25. Composición aromática del cultivar Loureira en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

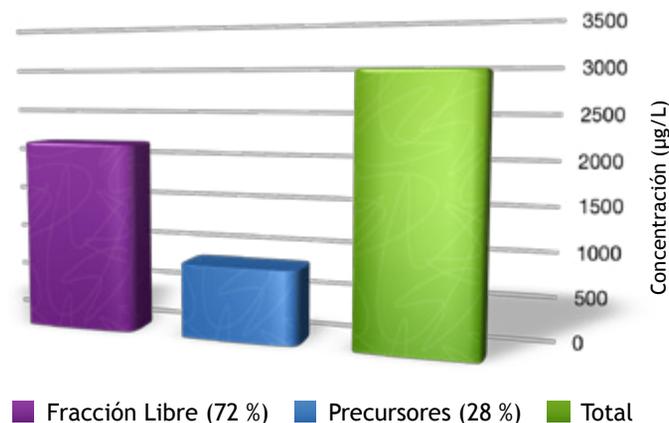
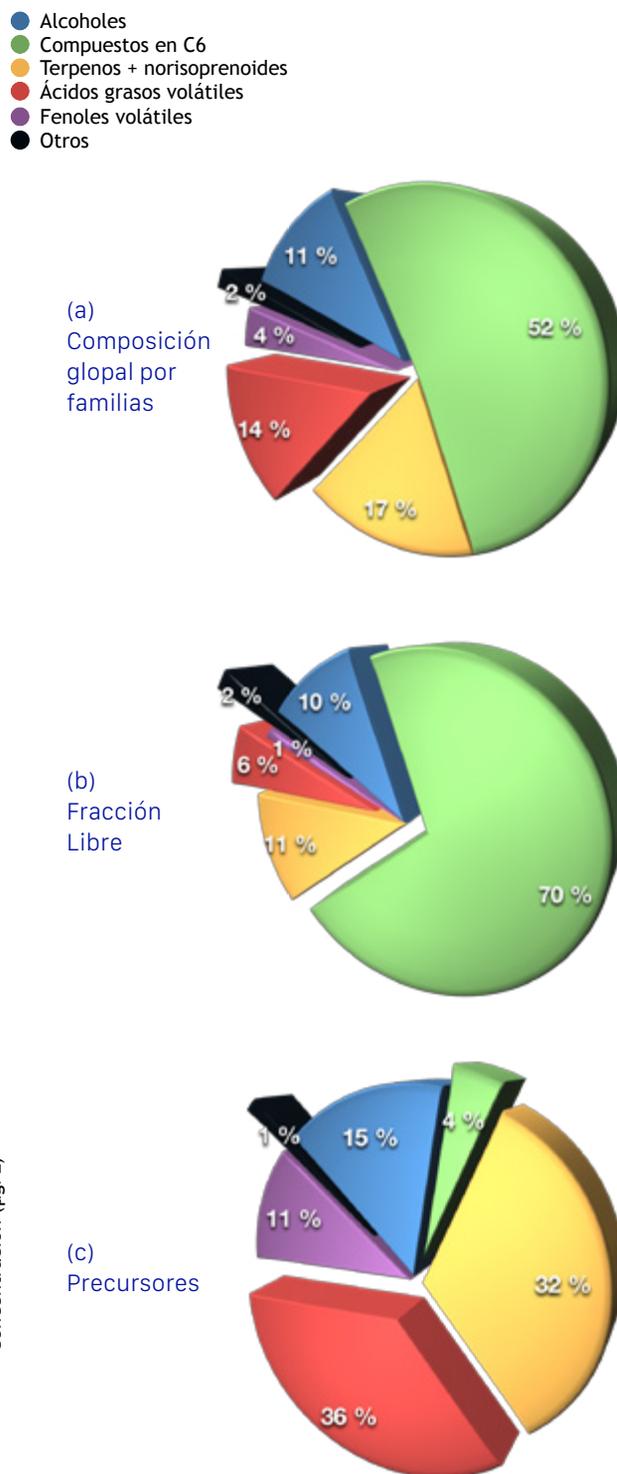


Figura 26. Composición aromática del cultivar Loureira por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada (c)



En la variedad Loureira, la concentración de terpenos fue mayor en su fracción libre (247 µg/L) que en forma de precursores o glicosilados (151 µg/L), sin embargo, los C<sub>13</sub>-norisoprenoides solamente fueron identificados y cuantificados en su fracción ligada y alcanzaron una concentración de 119 µg/L (44% de los precursores varietales), lo que supone un alto potencial de aromas florales para esta variedad.

El compuesto terpénico mayoritario en la variedad Loureira fue el linalol que junto con sus óxidos alcanzaron valores de 208 µg/L en su fracción libre, lo que supuso el 84% de esta fracción. En la fracción ligada el linalol, junto con sus óxidos e hidróxidos, mostraron una concentración de 68 µg/L (25% de esta fracción). Los diendoles también mostraron altas concentraciones en su fracción glicosilada (71 µg/L; 26%). Otros terpenos presentes en el mosto de la variedad Loureira fueron el nerol, geraniol, 4-terpineol, α-terpineol y Ho-trienol.

Por otra parte, los C<sub>13</sub>-norisoprenoides estuvieron representados por tres compuestos, de los cuales 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol mostró la mayor concentración, que supuso un 33% de la fracción varietal ligada.

En la Figura 28 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Loureira, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 27. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Loureira en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

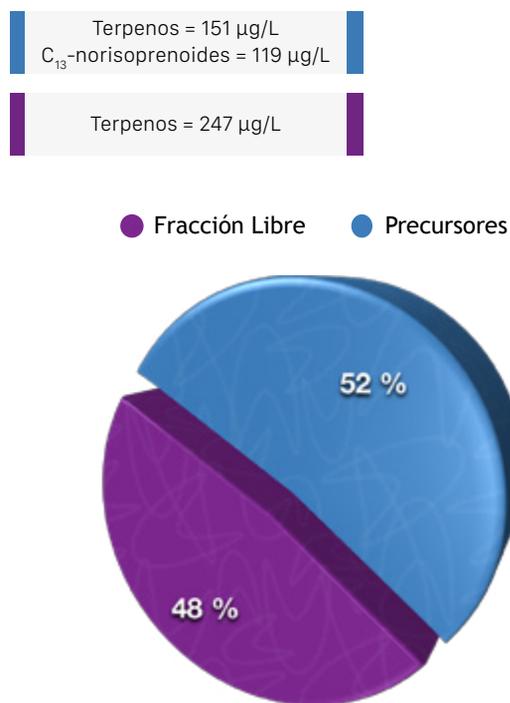
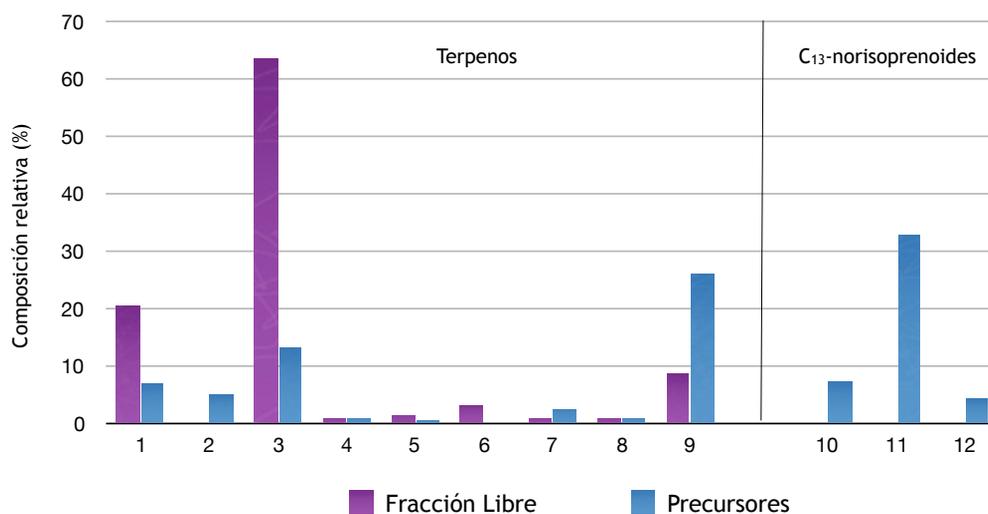


Figura 28. **Perfil aromático varietal del cultivar Loureira. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); 4-terpineol (6); α-terpineol (7); Ho-trienol (8); Diendoles (9); 3-oxo-α-ionol (10); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (11); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (12)

## Variedad TREIXADURA

La Figura 29 muestra la composición aromática global y de las fracciones libre y glicosilada de la variedad Treixadura cultivada en la denominación de origen Rías Baixas, y expresada en concentración y composición relativa.

La composición aromática a nivel global muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre (3.592 µg/L; 94%) que en forma de precursores (215 µg/L; 6%). La concentración global media de los años de estudio fue de 3.807 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Treixadura se identificaron alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel global la familia de compuestos en C<sub>6</sub> fue la familia mayoritaria que alcanzó el 82% de la composición aromática total del mosto, seguida por la familia de alcoholes, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides y ácidos grasos volátiles, sumando un total del 16% (Figura 30a).

En la fracción libre (Figura 30b), los compuestos en C<sub>6</sub> fue la familia mayoritaria (86% de esta fracción), sin embargo en la fracción ligada (Figura 30c) los compuestos mayoritarios resultaron ser las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (39%), seguidas muy de cerca por los compuestos en C<sub>6</sub> (32%), sumando entre ambas familias de compuestos el 71% de la fracción ligada.

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal o tipicidad del cultivar Treixadura (terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides), en la Figura 31 se observa que sus fracciones libre y glicosilada estuvieron muy próximas en su composición relativa (49% y 51%, respectivamente), con valores de concentración de 81 µg/L para la fracción libre y 83 µg/L para la fracción ligada, sumando un total de 164 µg/L. En la variedad Treixadura, la concentración de terpenos fue mayor en su fracción libre (64 µg/L) que en la

Figura 29. Composición aromática del cultivar Treixadura en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

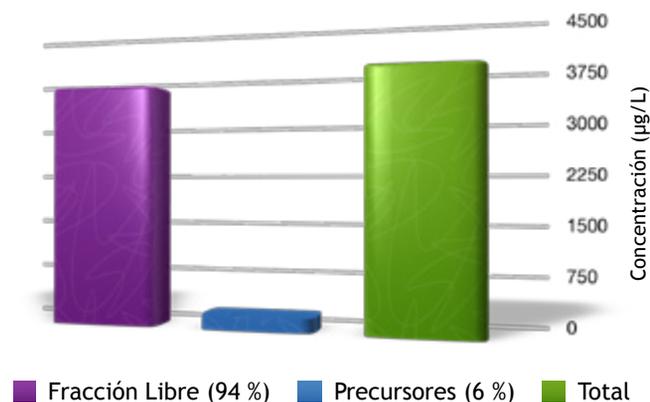
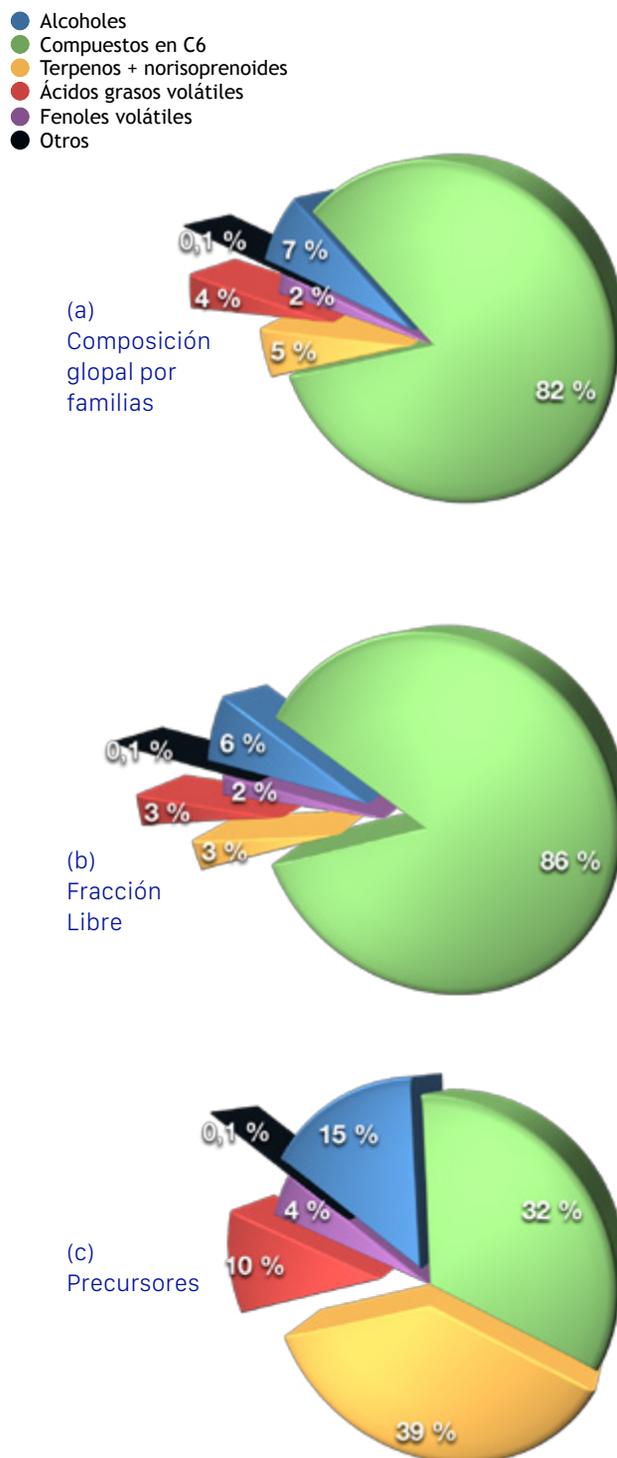


Figura 30. Composición aromática del cultivar Treixadura por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada (c)



glicosilada (55 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides alcanzaron mayor concentración en su fracción ligada (28 µg/L) frente a la libre (17 µg/L).

El compuesto terpénico mayoritario en la variedad Treixadura fue el geraniol que alcanzó valores de 32 µg/L en su fracción libre y 23 µg/L en su fracción ligada, sumando un total de 55 µg/L. La suma de ambas fracciones libre y glicosilada supone un 33% de geraniol en el total de los compuestos varietales identificados y cuantificados en el mosto.

El limoneno es el segundo compuesto mayoritario en la variedad Treixadura tanto en su fracción libre como glicosilada (20 µg/L y 14 µg/L, respectivamente), alcanzando un 21% del total de los compuestos varietales identificados y cuantificados.

Entre los C<sub>13</sub>-norisoprenoides cuantificados el teaspirano fue el mayoritario en su fracción libre (9 µg/L), sin embargo en la fracción ligada fue la β-damascenona el compuesto mayoritario, alcanzando una concentración de 14 µg/L. Ambos compuestos sumaron un 17% del total de los compuestos varietales cuantificados en el mosto de la variedad Treixadura.

En la Figura 32 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Treixadura, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 31. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Treixadura en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

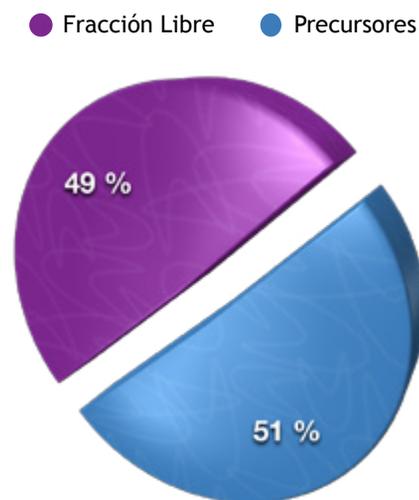
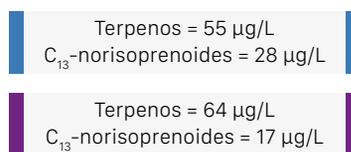
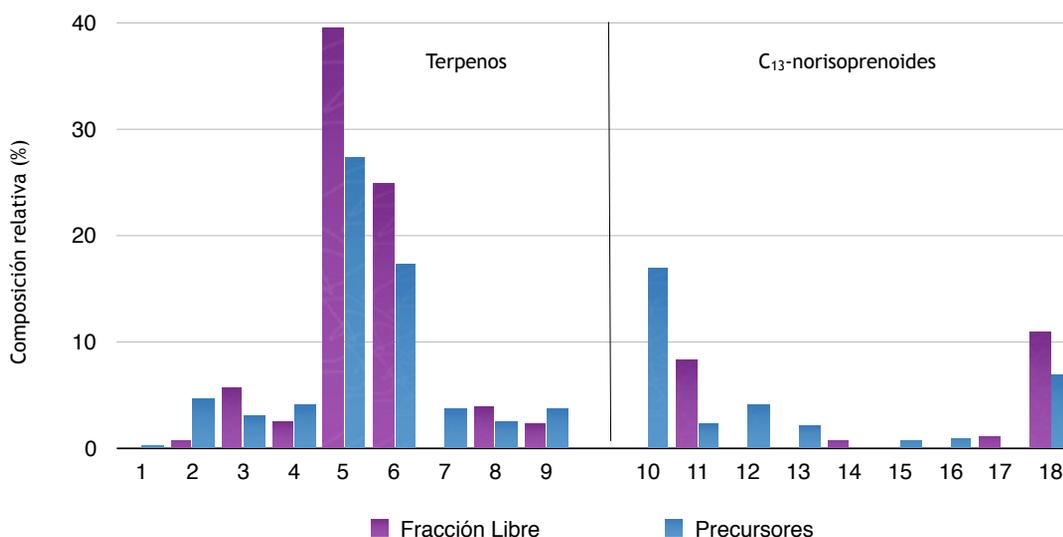


Figura 32. **Perfil aromático varietal del cultivar Treixadura. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en las fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Limoneno (6); Citronelol (7); 4-terpineol (8); α-terpineol (9); β-damascenona (10); α-ionona (11); β-ionona (12); 3-hidroxi-β-damascona (13); 3-oxo-α-ionol (14); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (15); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (16); 3-hidroxi-β-ionona (17); Teaspirano (18)

### 3.2. Estudio comparativo de las variedades blancas cultivadas en Galicia en base a su composición aromática

A continuación se presentan cuatro análisis de componentes principales (ACP) con el objetivo de mostrar una representación gráfica de todas las variedades blancas estudiadas en base a su potencial aromático. Esta representación permite conocer la proximidad o distancia existente entre ellas a nivel de composición aromática.

La Figura 33 muestra la distribución de las variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a las diferentes familias de compuestos aromáticos estudiadas. La representación gráfica muestra tres grupos de variedades, un primer grupo, situado en la parte positiva del eje X, se encuentran las variedades Albariño, Dona Branca, Caíño Blanco, Loureira y Blanco Legítimo, caracterizadas por ácidos grasos, terpenos,  $C_{13}$ -norisoprenoides, fenoles volátiles, alcoholes y otros compuestos. En un segundo grupo, situado en la parte negativa del mismo eje, se sitúan las variedades Treixadura y Godello, caracterizadas por los compuestos en  $C_6$ , y por último la variedad Agudelo, que se sitúa en la parte negativa de ambos ejes (X e Y), siendo la variedad menos aromática de todas las variedades blancas estudiadas.

Un segundo análisis de componentes principales (Figura 34) muestra la distribución de las variedades blancas en base a su composición aromática varietal, terpenos y  $C_{13}$ -norisoprenoides, en sus fracciones libre y glicosilada (ligada o precursores). En este caso se puede observar que las variedades Loureira y Albariño, situadas en la parte positiva del eje X, fueron las variedades que mostraron mayores concentraciones de terpenos libres

y glicosilados, así como los  $C_{13}$ -norisoprenoides ligados. La variedad Caíño Blanco se caracterizó por altas concentraciones de  $C_{13}$ -norisoprenoides libres. El resto de variedades blancas no mostraron altas concentraciones de las familias varietales estudiadas, en su conjunto.

La Figura 35 muestra la distribución de variedades blancas en base a la composición terpénica (fracciones libre y glicosilada). En la representación gráfica se observan tres grupos de variedades. Un primer grupo muestra la variedad Albariño distante del resto de variedades, donde los terpenos le aportan un carácter floral, fundamentalmente nerol, hidróxidos de linalol y diendoles; un segundo grupo formado por las variedades Loureira y Dona Branca, caracterizadas por aromas florales marcados por el linalol y sus óxidos, y un tercer grupo de variedades, muy próximas entre ellas en composición terpénica, formado por Caíño Blanco, Godello, Agudelo, Treixadura y Blanco Legítimo, donde destacan por aromas florales y sobre todo frutales de la serie cítrica.

Por último, la figura 36 representa la distribución de variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición en  $C_{13}$ -norisoprenoides (fracciones libre y glicosilada). En este caso la representación gráfica muestra una agrupación de variedades, situándose en extremos opuestos del eje X Caíño Blanco y Treixadura, lo que implica variedades muy diferentes en cuanto a su composición en  $C_{13}$ -norisoprenoides, lo que también ocurre con las variedades Godello y Loureira, que se sitúan en los extremos opuestos del eje Y.

Figura 33. Distribución de las variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a las diferentes familias de compuestos aromáticos

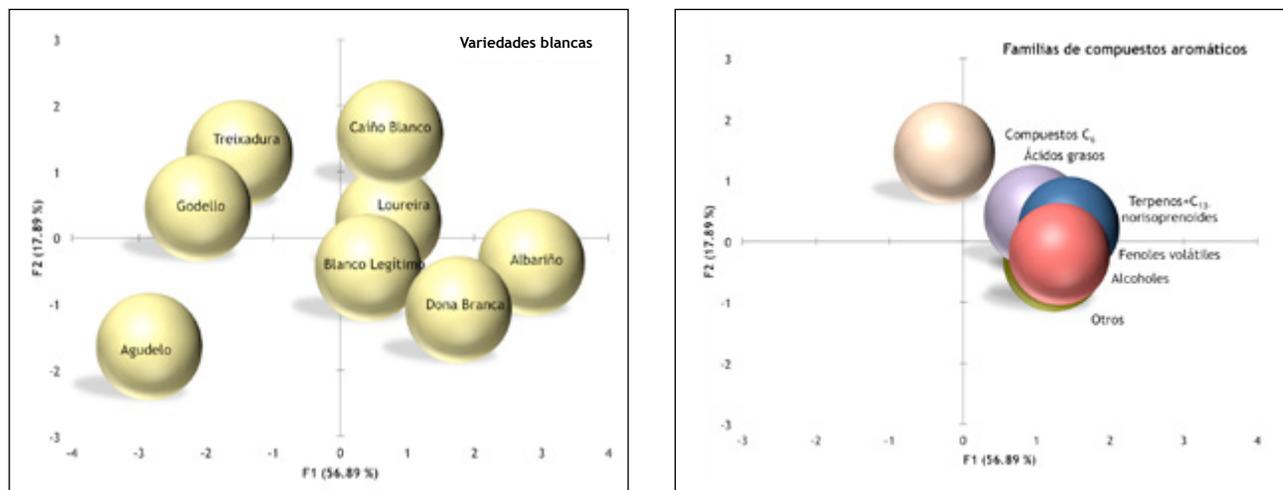


Figura 34. Distribución de las variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición aromática varietal, terpenos y  $C_{13}$ -norisoprenoides, en sus fracciones libre y glicosilada

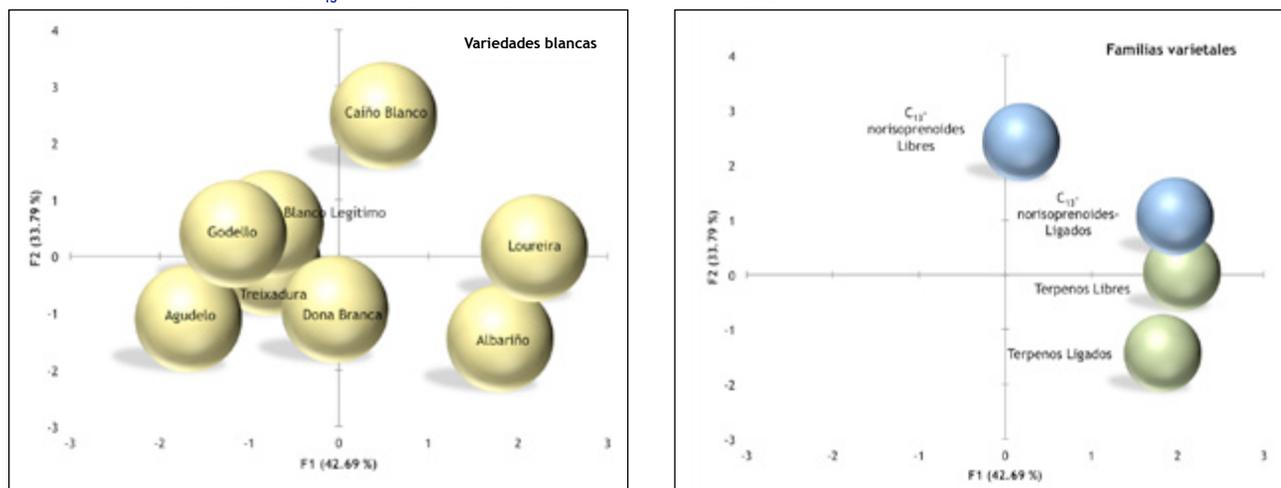


Figura 35. Distribución de las variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición terpénica

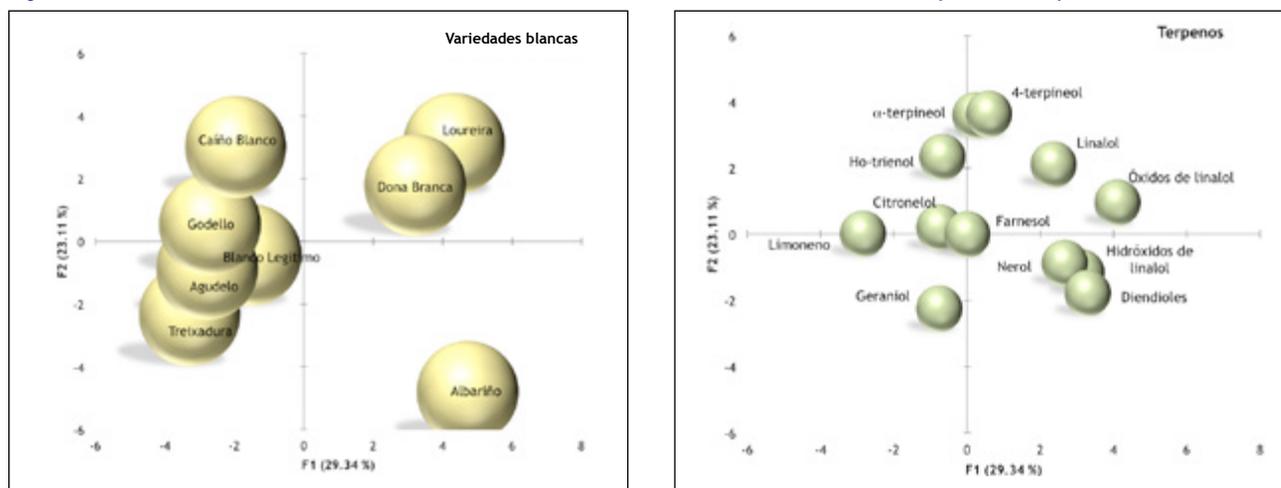
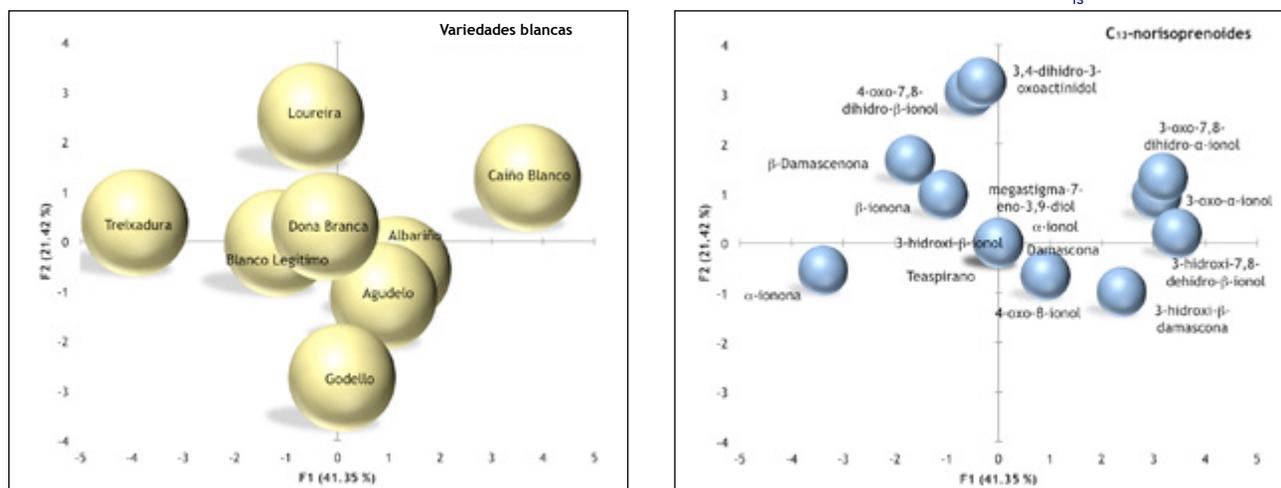


Figura 36. Distribución de las variedades blancas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición en  $C_{13}$ -norisoprenoides



### 3.3. Perfil aromático de las variedades tintas

#### Variedad BRANCELLAO

La composición aromática de la variedad Brancellao a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 37.

La variedad Brancellao muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.333 µg/L (81% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores, que supuso una concentración de 307 µg/L (19% de la composición global). La concentración global media de los años estudio fue de 1.640 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Brancellao se identificaron alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global, los compuestos mayoritarios de la variedad Brancellao fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (77% del total) que aportan aromas herbáceos y vegetales, seguidos por los alcoholes (11%) y de las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (7%) (Figura 38a).

Dentro de la fracción libre (Figura 38b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (94%), sin embargo en la fracción ligada o precursores (Figura 38c) fueron las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides los que dominan la composición del mosto, sumando un 38% del total de esta fracción, lo que implica un gran potencial de aromas frutales y florales para el futuro vino. Además los alcoholes también se encontraron en altas concentraciones relativas (34% de la composición global).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Brancellao (terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides),

Figura 37. Composición aromática del cultivar Brancellao en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

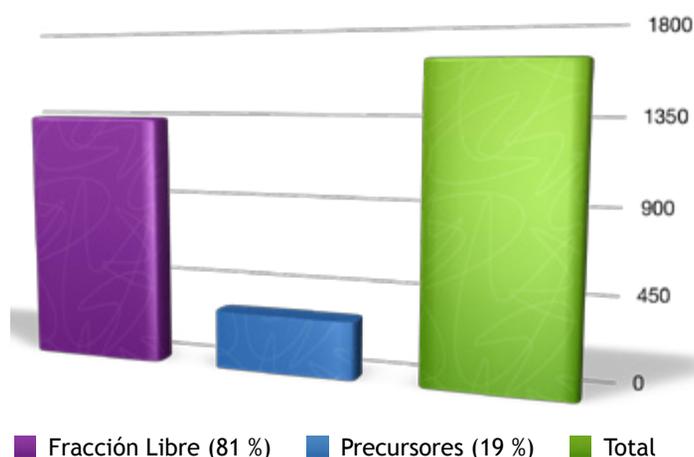
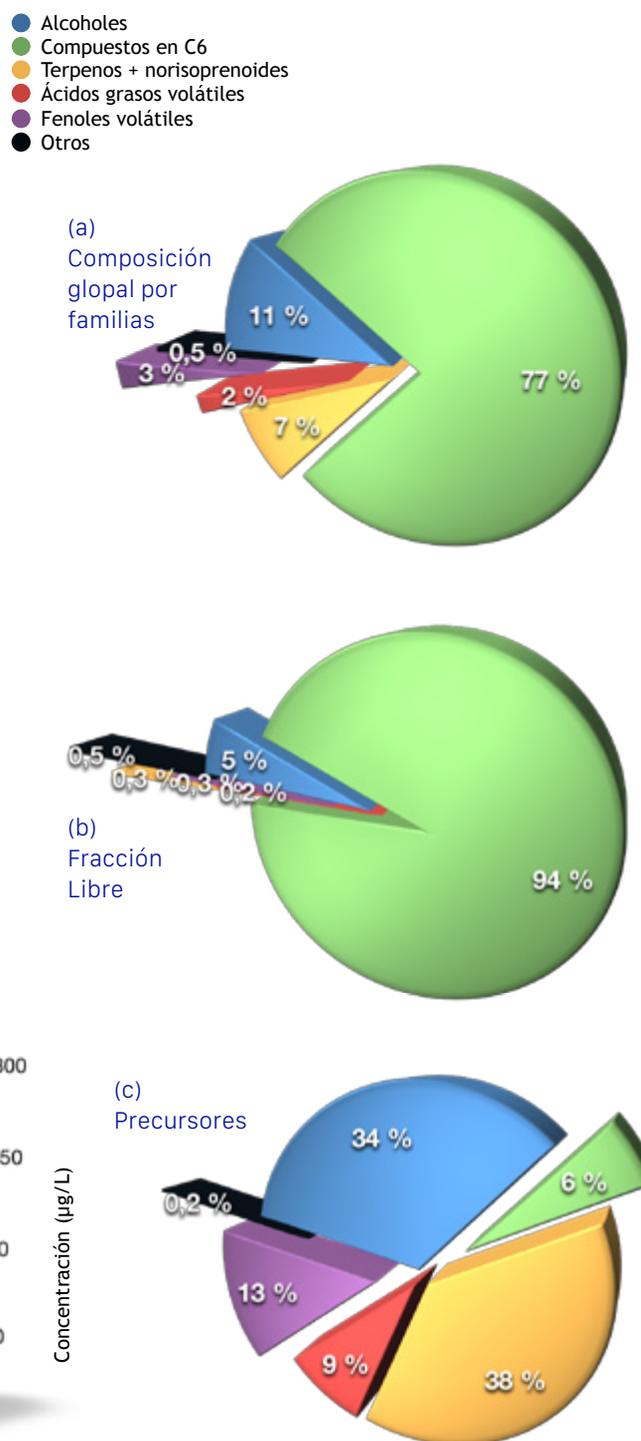


Figura 38. Composición aromática del cultivar Brancellao por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



se observa que la mayor concentración se alcanzó en la fracción glicosilada (112 µg/L frente a la libre (3,5 µg/L), lo que supuso una composición relativa al total de un 97% y un 3%, respectivamente. Una vez más la superioridad de la fracción glicosilada frente a la libre denota el alto potencial aromático varietal de este cultivar (Figura 39).

En la variedad Brancellao la concentración de terpenos fue mayor en su fracción glicosilada (62 µg/L) que libre (3,5 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fueron identificados y cuantificados en su fracción glicosilada (50 µg/L).

Los terpenos más importantes en la variedad Brancellao resultaron ser el linalol y geraniol en su fracción libre (93% de la fracción libre), mientras que en su fracción ligada, fracción mayoritaria, destacaron el linalol y sus hidróxidos (36% de esta fracción) (Figura 40).

La familia de C<sub>13</sub>-norisoprenoides, representada por ocho compuestos, fue identificada y cuantificada únicamente en su fracción glicosilada. En esta fracción, el 3-oxo-α-ionol fue el compuesto mayoritario (14 µg/L), lo que supuso un 12% del aroma varietal ligado.

En la Figura 40 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Brancellao, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 39. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Brancellao en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

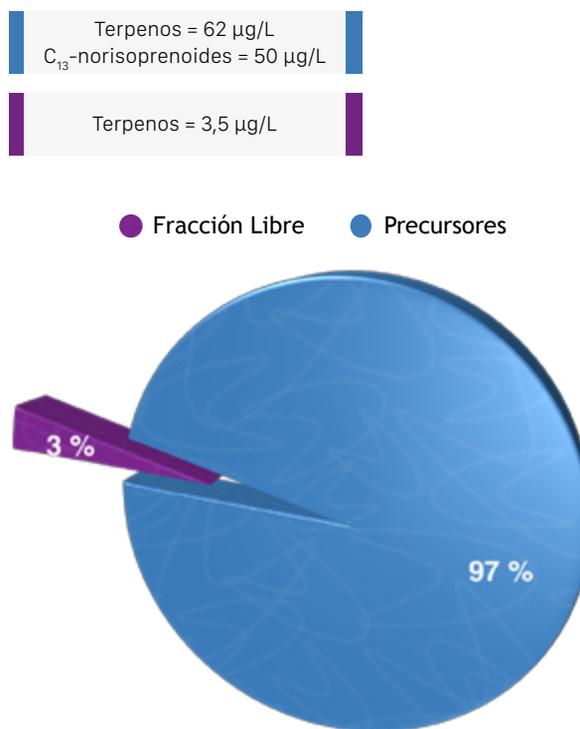
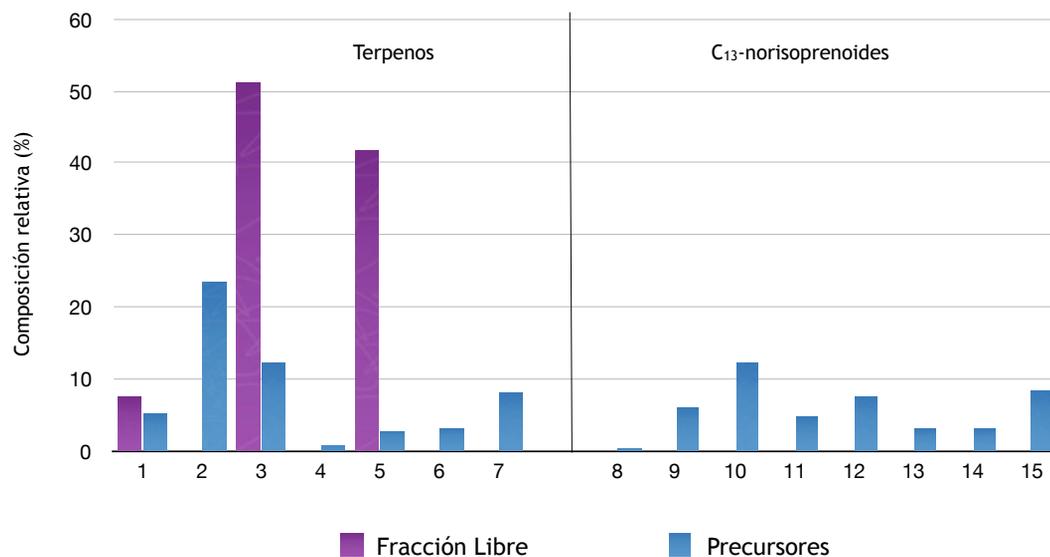


Figura 40. Perfil aromático varietal del cultivar Brancellao. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); α-terpineol (6) Diendoles (7); β-damascona (8); 3-hidroxi-β-damascona (9); 3-oxo-α-ionol (10); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (11); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (12); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (13); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (14); Vomifoliol (15)

## Variedad CAÍÑO TINTO

La composición aromática de la variedad Caíño Tinto a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 41.

La variedad Caíño Tinto muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.418 µg/L (86% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores que supuso una concentración de 234 µg/L (14% de la composición global). La concentración global media de los años de estudio fue de 1.652 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Caíño Tinto fueron identificadas las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global, los compuestos mayoritarios de la variedad Caíño Tinto fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (65% del total), seguidos por los alcoholes (29%). Las familias de compuestos aromáticos restantes suman en total un 6% del total de los compuestos analizados (Figura 42a).

Dentro de la fracción libre (Figura 42b), la familia de compuestos en C<sub>6</sub> resultó ser la mayoritaria (75%), seguida por la familia de los alcoholes (22%). Sin embargo, en la fracción ligada o precursores (Figura 42c) fueron los alcoholes los que dominan la composición del mosto, sumando un 65% del total de esta fracción, seguida por las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (19%).

A nivel de familias de compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Caíño Tinto, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, estos se encuentran en esta variedad

Figura 41. Composición aromática del cultivar Caíño Tinto en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

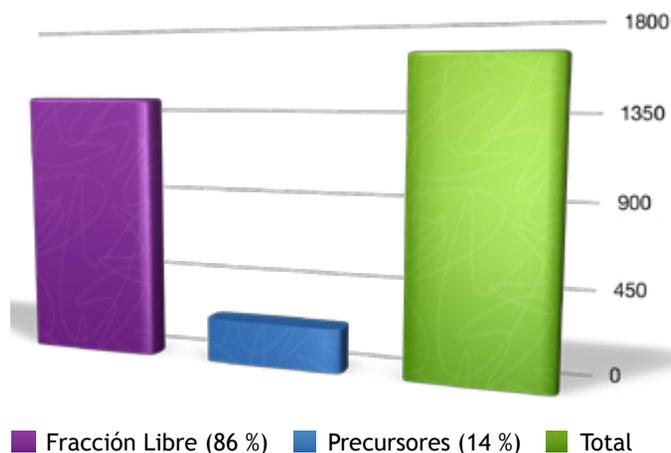
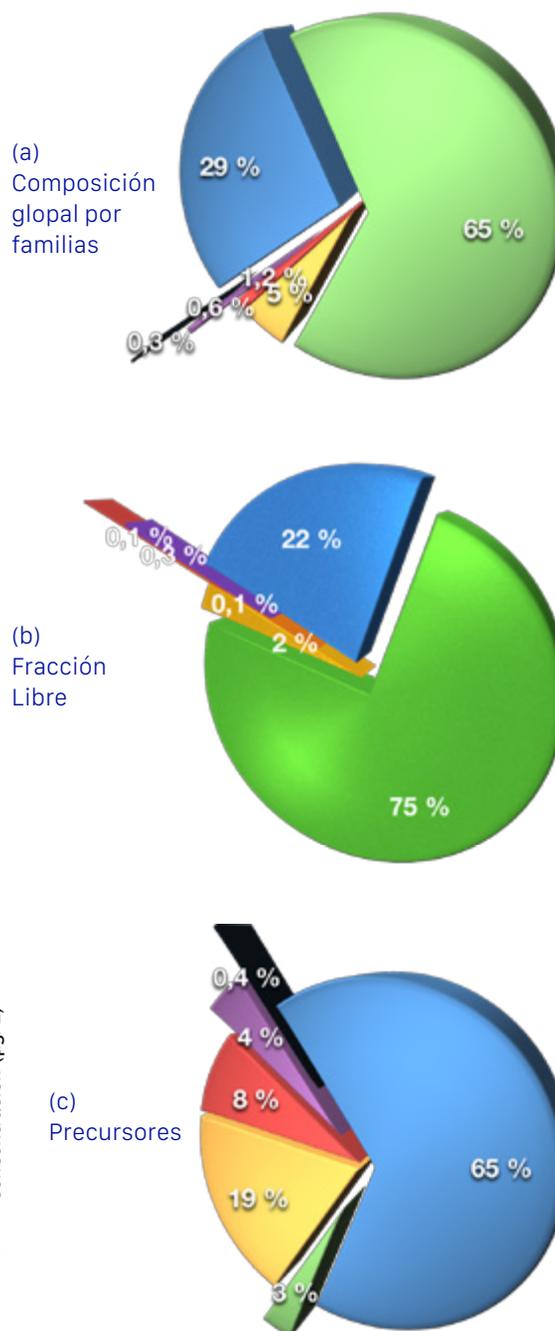


Figura 42. Composición aromática del cultivar Caíño Tinto por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)

- Alcoholes
- Compuestos en C<sub>6</sub>
- Terpenos + norisoprenoides
- Ácidos grasos volátiles
- Fenoles volátiles
- Otros



en bajas concentraciones, mostrando una ligera mayor concentración en forma de precursores (40 µg/L; 54%) que en su fracción libre (35 µg/L; 46%), sumando un total de 75 µg/L (Figura 43).

En la variedad Caíño Tinto la concentración de terpenos fue mayor en su fracción libre (35 µg/L) que en su fracción glicosilada (10 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fueron identificados y cuantificados en su fracción glicosilada (30 µg/L).

Los terpenos más importantes en la variedad Caíño Tinto fueron el linalol y el geraniol que sumaron el 95% de los terpenos en su fracción libre. El nerol supuso el 5% restante de esta fracción. Sin embargo, en la fracción ligada fueron los óxidos de linalol y α-terpineol los únicos terpenos identificados y cuantificados, alcanzando entre ambos el 43% de esta fracción (Figura 44).

Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, únicamente identificados en su fracción ligada, estuvieron representados por cinco compuestos, de los cuales 3-hidroxi-β-damascona y 3-oxo-α-ionol fueron los mayoritarios, sumando el 50% de esta fracción glicosilada.

En la Figura 44 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Caíño Tinto, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 43. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Caíño Tinto en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

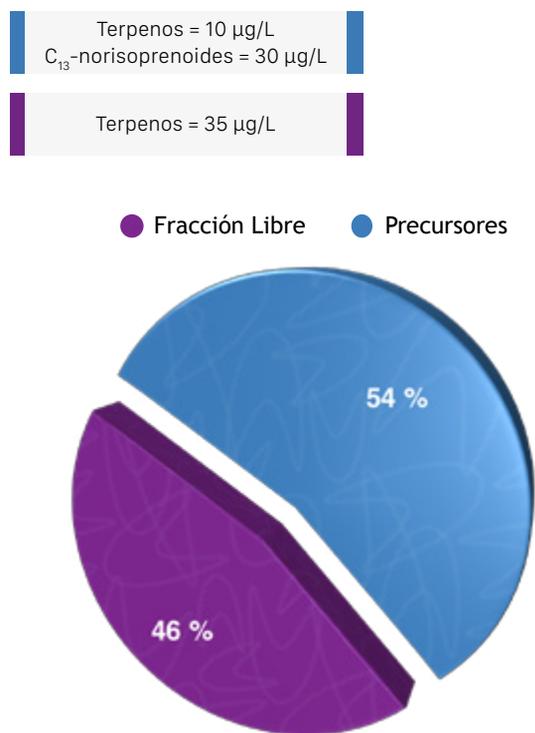
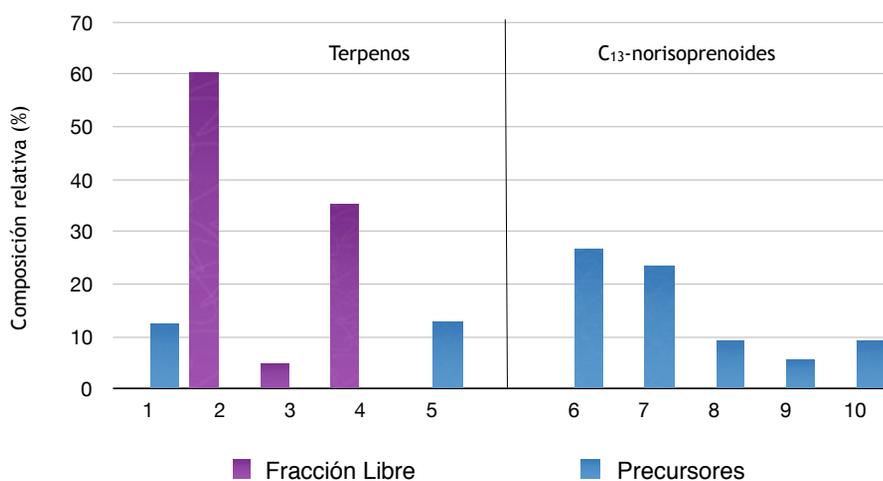


Figura 44. **Perfil aromático varietal del cultivar Caíño Tinto. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores.**



Óxidos de linalol (1); Linalol (2); Nerol (3); Geraniol (4); α-terpineol (5); 3-hidroxi-β-damascona (6); 3-oxo-α-ionol (7); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (8); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (9); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (10)

## Variedad ESPADEIRO

La composición aromática de la variedad tinta Espadeiro a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada se muestra en la Figura 45.

La variedad Espadeiro muestra una mayor concentración en su fracción libre, que alcanzó valores de 523 µg/L (77% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores que supuso una concentración de 160 µg/L (23% de la composición global). La concentración global media de los años de estudio fue de 683 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Espadeiro se identificaron, una vez más, alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global, los compuestos mayoritarios del cultivar Espadeiro fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (66% del total) que aportan aromas herbáceos y vegetales, seguidos por los alcoholes (18%) y por las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (12%), que se caracterizan por poseer aromas frutales y florales (Figura 46a).

Dentro de la fracción libre (Figura 46b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (85%), sin embargo en la fracción ligada o precursores (Figura 46c) fueron los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides los que dominan la composición del mosto, sumando un 50% del total de esta fracción, lo que supone un gran potencial en aromas frutales y florales para el futuro vino. Además los alcoholes superiores también se encuentran en altas concentraciones relativas (32%).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, la variedad tinta Espadeiro

Figura 45. Composición aromática del cultivar Espadeiro en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

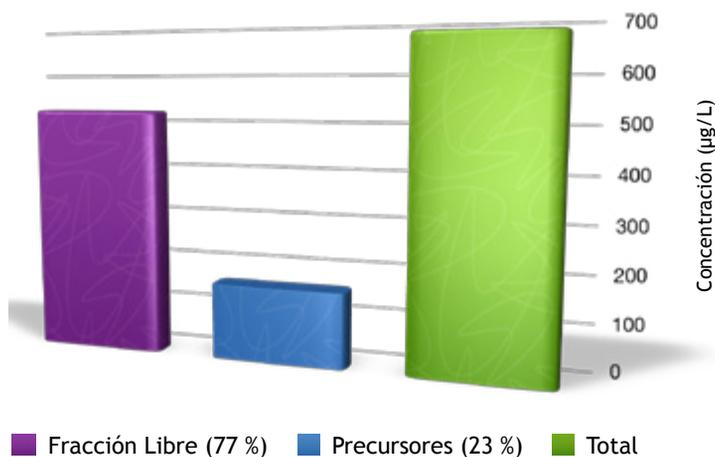
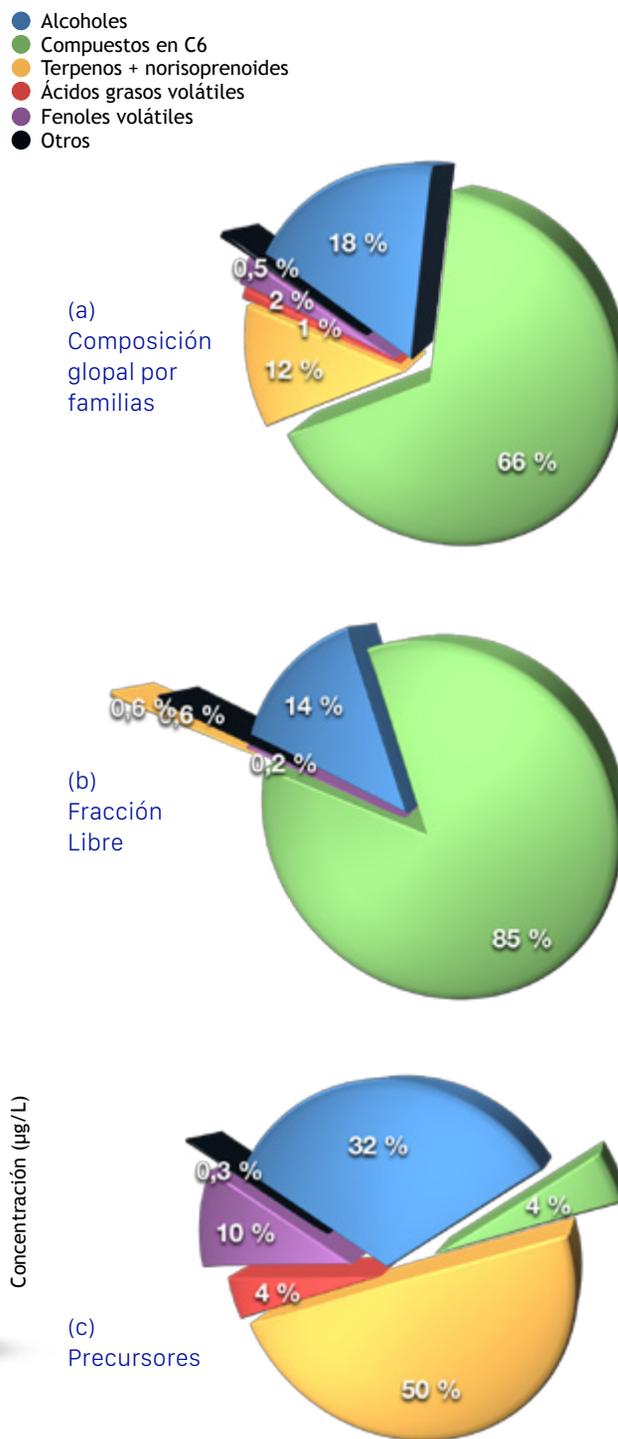


Figura 46. Composición aromática del cultivar Espadeiro por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



mostró una mayor concentración de estos compuestos en forma de precursores (79 µg/L; 96%) que en su fracción libre (3 µg/L; 4%), sumando un total de 82 µg/L (Figura 47).

Por otra parte, la concentración de terpenos en su fracción glicosilada (24 µg/L) fue mayor que en su fracción libre (3 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fueron identificados y cuantificados en su fracción glicosilada (55 µg/L).

Los terpenos más importantes en la variedad Espadeiro fueron los óxidos de linalol, que supusieron el 19% de los terpenos en su fracción glicosilada, alcanzando una concentración de 15 µg/L. En la fracción libre destacó el geraniol (55% de esta fracción) (Figura 48).

Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, que únicamente se identificaron en forma glicosilada, estuvieron dominados por el 3-oxo- $\alpha$ -ionol, que supuso un 35% de esta fracción (Figura 48).

En la Figura 48 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, de la variedad Espadeiro, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 47. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Espadeiro en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

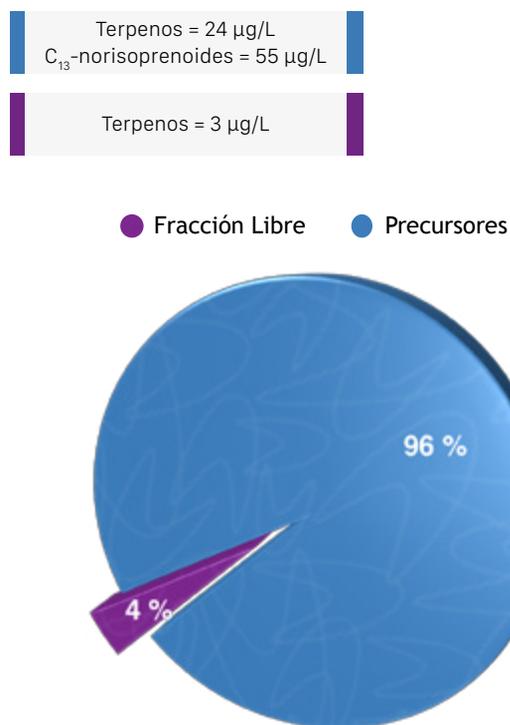
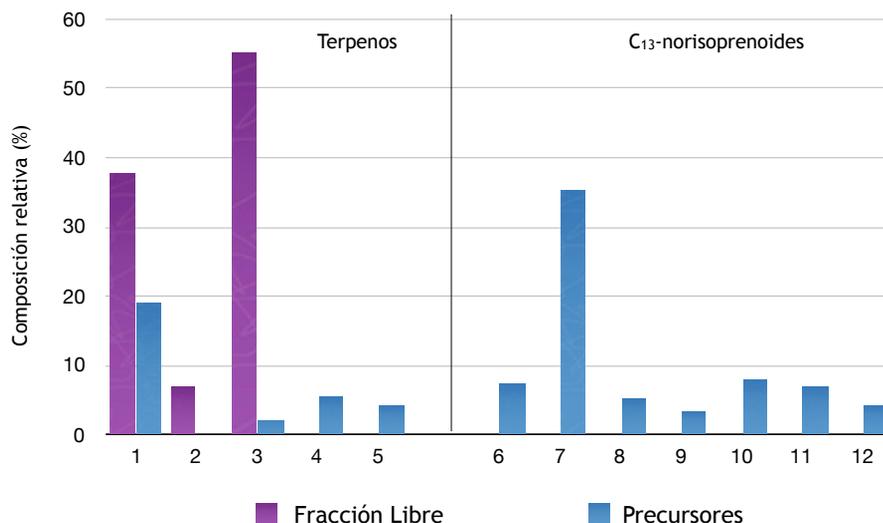


Figura 48. **Perfil aromático varietal del cultivar Espadeiro. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Linalol (2); Geraniol (3);  $\alpha$ -terpineol (4); Diendoles (5); 3-hidroxi- $\beta$ -damascona (6); 3-oxo- $\alpha$ -ionol (7); 3-oxo-7,8-dihidro- $\alpha$ -ionol (8); 3-hidroxi-7,8-dehidro- $\beta$ -ionol (9); 4-oxo-7,8-dihidro- $\beta$ -ionol (10); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (11); Vomifoliol (12)

## Variedad LOUREIRO TINTO

La composición aromática de la variedad Loureiro Tinto a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 49.

La variedad Loureiro Tinto mostró una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 2.872 µg/L (64% de la composición global) frente a la fracción ligada o precursores, que supuso una concentración de 1.615 µg/L (36%). La concentración global media de los años estudio fue de 4.487 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Loureiro Tinto fueron identificadas las familias alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global y al igual que en otras variedades tintas, los compuestos mayoritarios fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (53% del total), seguidos por la familias de ácidos grasos (14%), fenoles volátiles (13%) y terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (10%) (Figura 50a).

Dentro de la fracción libre (Figura 50b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (79%), sin embargo en la fracción ligada o precursores (Figura 50c) fueron los ácidos grasos volátiles (31%), seguidos por los fenoles volátiles (29%) y las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (23%).

A nivel de aromas varietales del cultivar Loureiro Tinto se identificaron terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libres y glicosilada. Estas familias de compuestos se encuentran en esta variedad en mayor concentración

Figura 49. Composición aromática del cultivar Loureiro Tinto en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

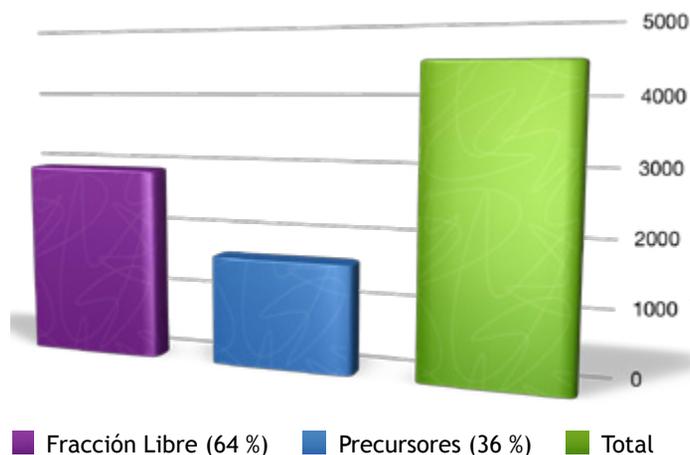
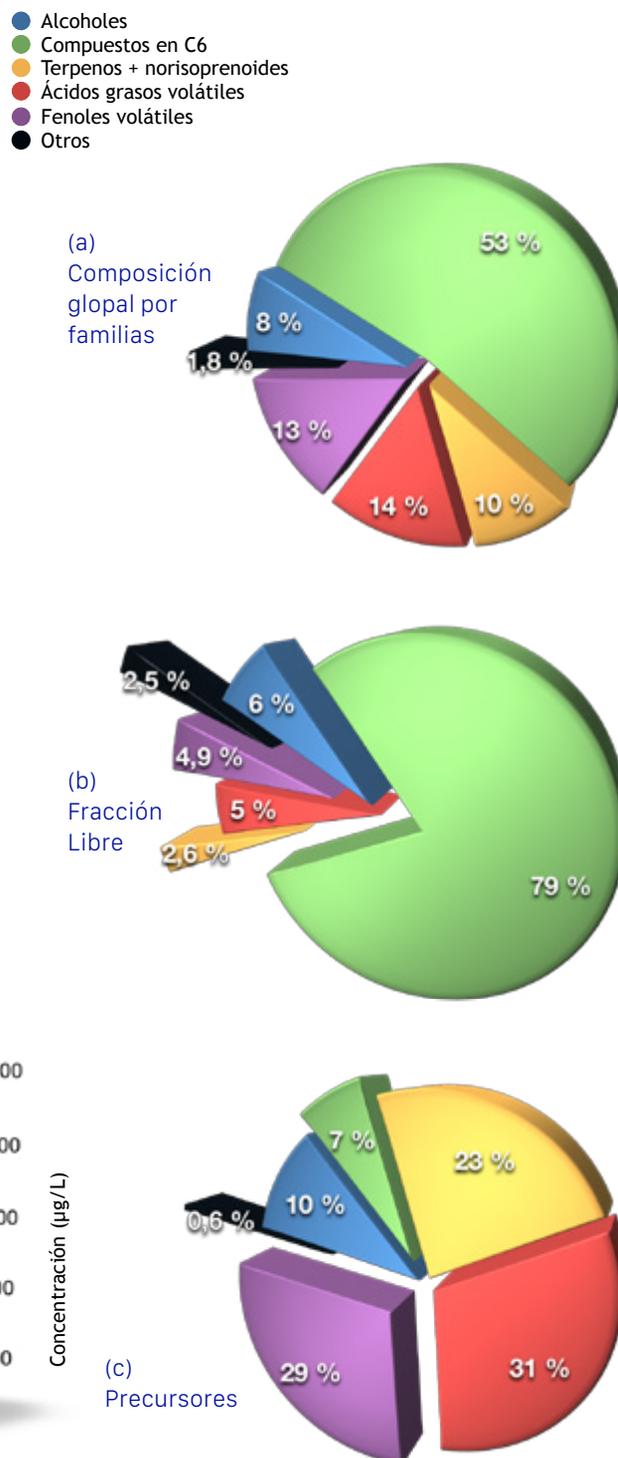


Figura 50. Composición aromática del cultivar Loureiro Tinto por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



en forma de precursores (368 µg/L; 83%) que en su fracción libre (75 µg/L; 17%), sumando un total de 443 µg/L (Figura 51).

Por otra parte, la concentración de terpenos en su fracción glicosilada (56 µg/L) fue mayor que en su fracción libre (23 µg/L). La familia de C<sub>13</sub>-norisoprenoides también alcanzó mayores valores en su fracción glicosilada (312 µg/L) que en la libre (52 µg/L).

Los terpenos más importantes en la variedad Loureiro Tinto son los hidróxidos de linalol que supusieron el 11% de los terpenos en su fracción libre con una concentración de 8,5 µg/L. Sin embargo, son los C<sub>13</sub>-norisoprenoides los que dominan los aromas varietales en este cultivar tanto en su fracción libre como glicosilada. Un compuesto es el mayoritario en ambas fracciones, el 3-oxo-α-ionol, que supuso el 65% de la fracción libre (48 µg/L) y el 59% de la fracción glicosilada (218 µg/L).

En la Figura 52 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Loureiro Tinto, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 51. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Loureiro Tinto en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

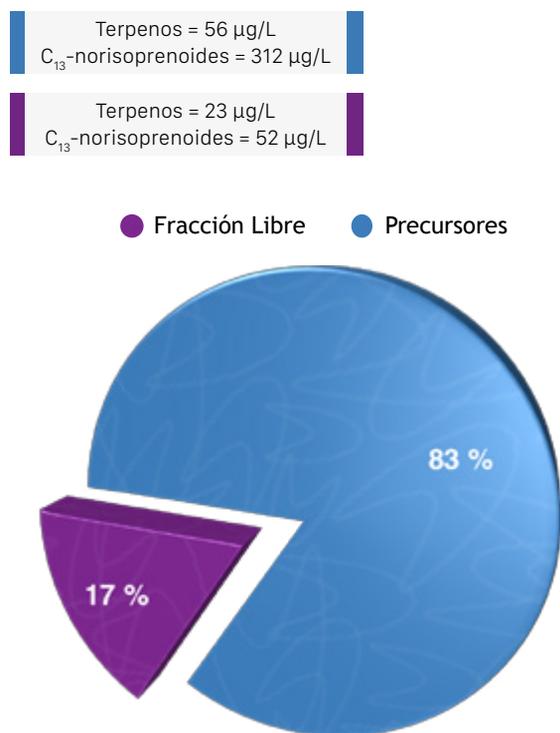
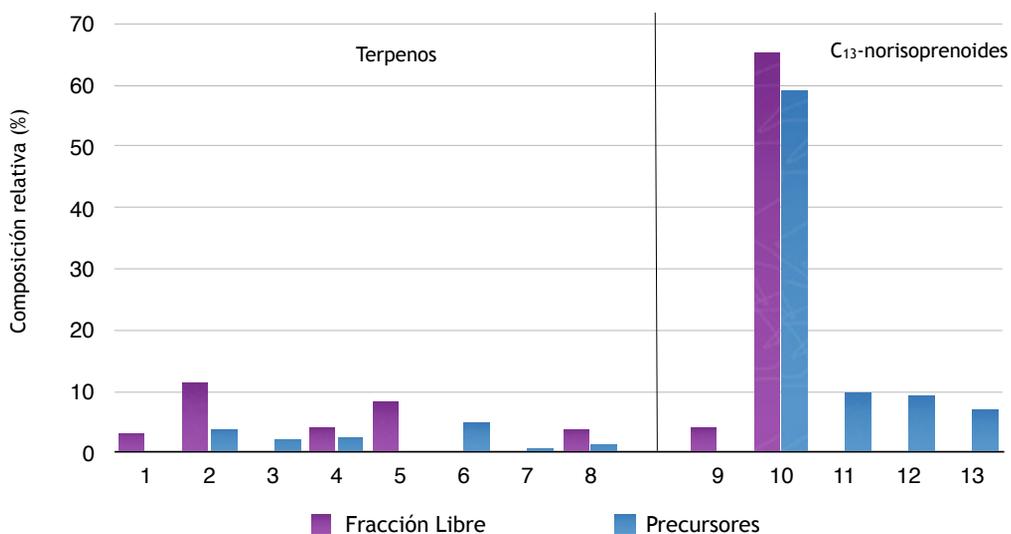


Figura 52. Perfil aromático varietal del cultivar Loureiro Tinto. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Nerol (3); Geraniol (4); Ho-trienol (5); Citronelol (6); α-terpineol (7); Diendoles (8); α-ionona (9); 3-oxo-α-ionol (10); 3-hidroxi-7,8-dihidro-β-ionol (11); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (12); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (13)

## Variedad MENCÍA

La composición aromática de la variedad Mencía a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 53.

La variedad Mencía muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.303 µg/L (78% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores que supuso una concentración de 360 µg/L (22%). La concentración global media de los años de estudio fue de 1.663 µg/L.

La composición aromática de la variedad Mencía se reparte entre las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global, dos familias de compuestos resultaron ser las mayoritarias, en primer lugar la familia de los compuestos en C<sub>6</sub> (65% del total), seguida por la familia de los alcoholes (20%) (Figura 54a).

Dentro de la fracción libre (Figura 54b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (77%), seguida por la familia de los alcoholes (17%). Sin embargo la fracción ligada o precursores (Figura 54c) estuvo dominada por cuatro familias de compuestos, alcoholes (32%), terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (22%) y compuestos en C<sub>6</sub> (21%).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Mencía, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, se observó que la fracción mayoritaria del aroma fue la glicosilada, alcanzando el 91% del total de la composición varietal (76 µg/L). La fracción libre supuso el 9% restante (8 µg/L). En total la concentración de estas fracciones sumó 84 µg/L (Figura 55).

Figura 53. Composición aromática del cultivar Mencía en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

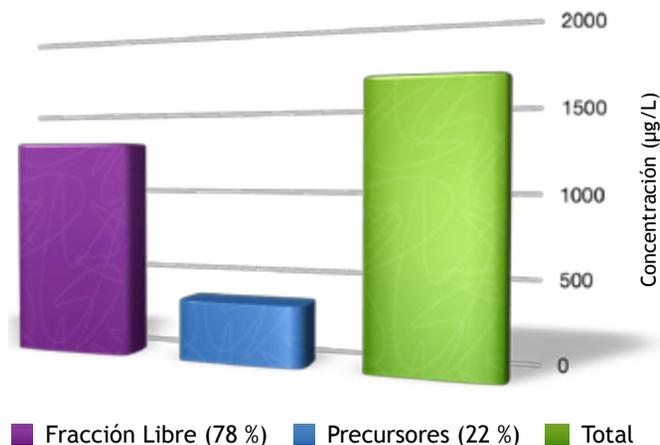
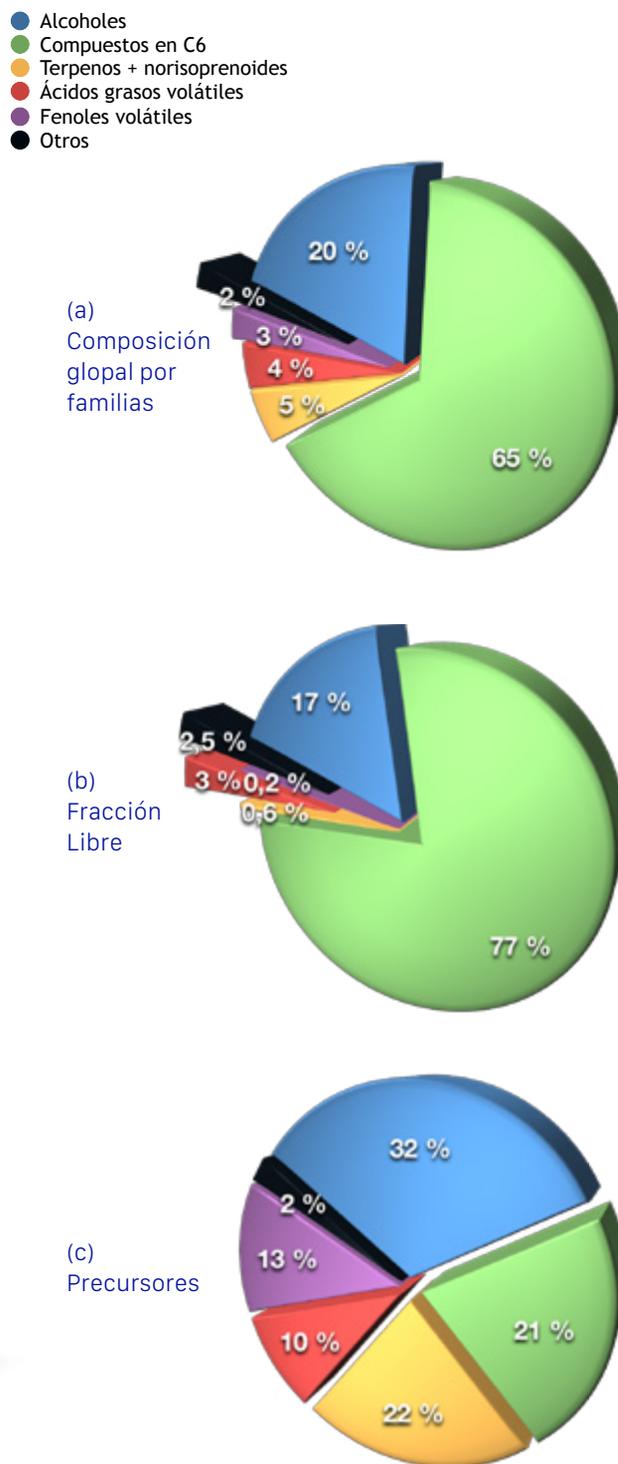


Figura 54. Composición aromática del cultivar Mencía por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



En la variedad Mencía la concentración de terpenos en su fracción glicosilada (29 µg/L) fue mayor que en su fracción libre (8 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fueron identificados y cuantificados en su fracción glicosilada (47 µg/L).

Los terpenos mayoritarios en la variedad Mencía en su fracción libre fueron el geraniol (57%) y el linalol y sus óxidos, que supusieron el 25% en esta fracción. El linalol y sus óxidos e hidróxidos supusieron el 32% en la fracción ligada.

Respecto a los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, estos se encuentran en la variedad Mencía únicamente en forma de precursores. Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides mayoritarios en esta fracción fueron los 3-oxo-α-ionol y 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol, que alcanzaron entre ambos el 30% de los precursores.

En la Figura 56 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del cultivar Mencía, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 55. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Mencía en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

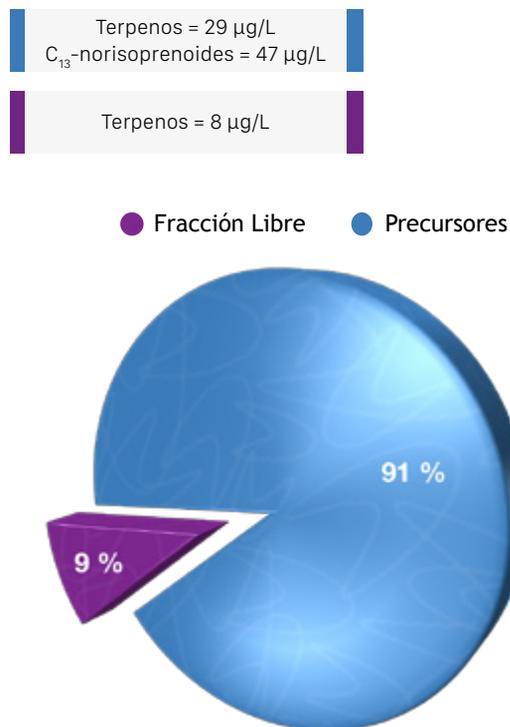
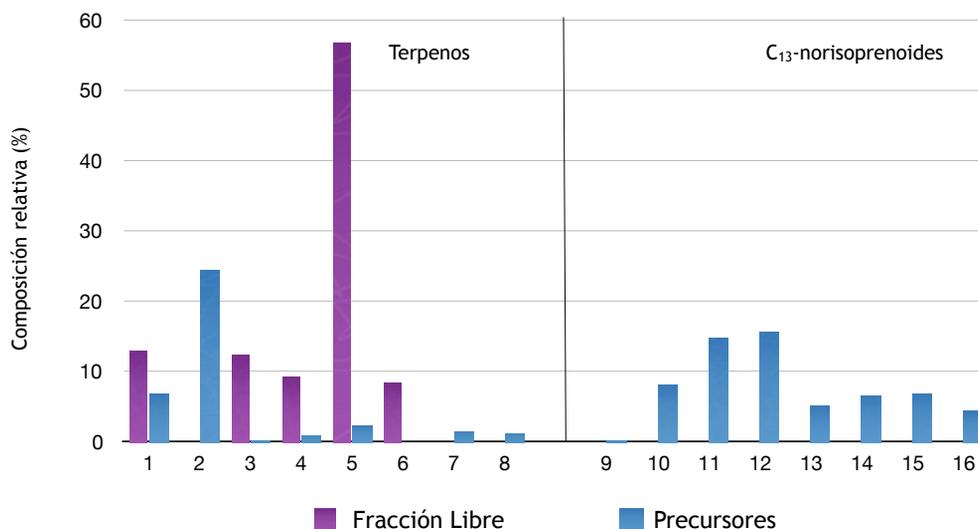


Figura 56. **Perfil aromático varietal del cultivar Mencía. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Citronelol (6); α-terpineol (7); Diendoles (8); β-damascona (9); 3-hidroxi-β-damascona (10); 3-oxo-α-ionol (11); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (12); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (13); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (14); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (15); Vomifoliol (16)

## Variedad MERENZAO

La composición aromática de la variedad Merenzao a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 57.

La variedad Merenzao muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.155 µg/L (65% de la composición global), frente a la fracción ligada o precursores, que supuso una concentración de 617 µg/L (35%). La concentración global media de los años de estudio fue de 1.772 µg/L.

Al igual que en otras variedades, en la variedad Merenzao se identificaron las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

En su composición global, los compuestos mayoritarios fueron los compuestos en C<sub>6</sub> (58% del total), seguidos por la familia de los alcoholes (24%) y los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (11%) (Figura 58a).

Dentro de la fracción libre (Figura 58b), los compuestos en C<sub>6</sub> resultaron ser los mayoritarios (86%), sin embargo fueron los alcoholes (49%) y los terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (31%) los que dominaron la fracción ligada o precursores del mosto, sumando el 80% del total de esta fracción (Figura 58c).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Merenzao, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, se observa una mayor concentración en forma de precursores (188 µg/L; 97%) que en su fracción libre (6 µg/L; 3%), sumando un total de 194 µg/L (Figura 59).

Figura 57. Composición aromática del cultivar Merenzao en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

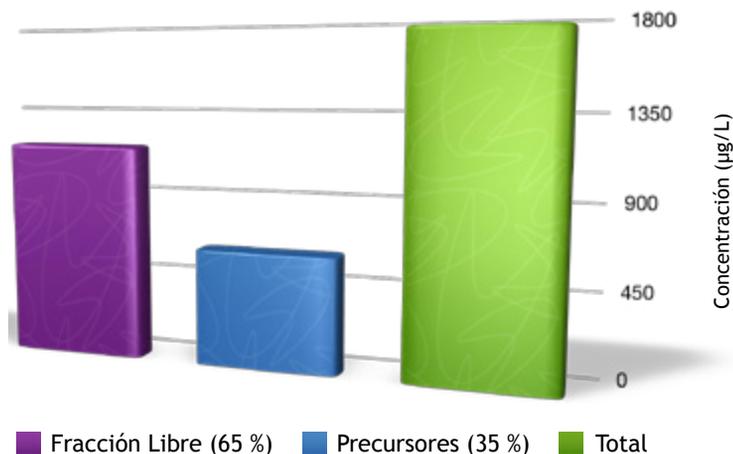
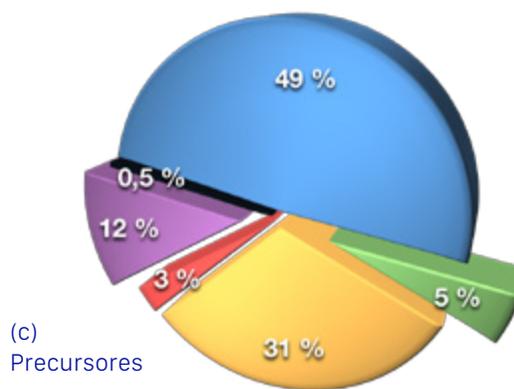
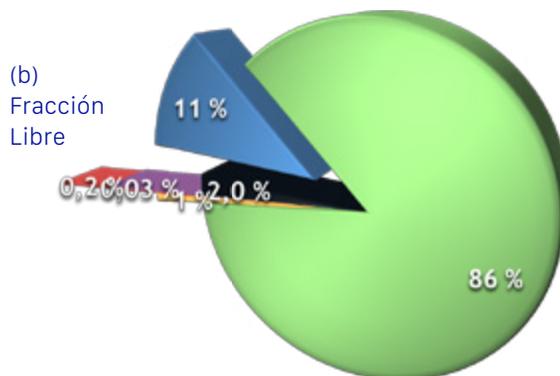
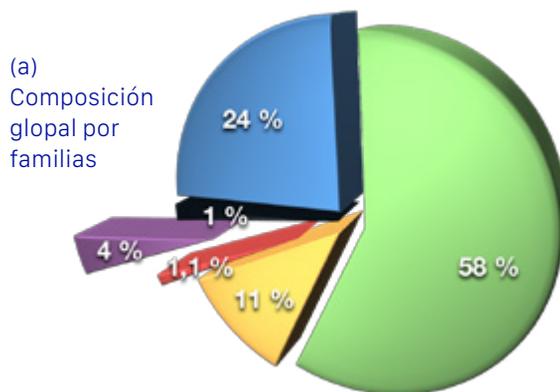


Figura 58. Composición aromática del cultivar Merenzao por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)

- Alcoholes
- Compuestos en C<sub>6</sub>
- Terpenos + norisoprenoides
- Ácidos grasos volátiles
- Fenoles volátiles
- Otros



En la variedad Merenzao, la concentración de terpenos en su fracción glicosilada (53 µg/L) fue mayor que en su fracción libre (6 µg/L), sin embargo los C<sub>13</sub>-norisoprenoides únicamente fueron identificados y cuantificados únicamente en su fracción glicosilada (135 µg/L).

El terpeno mayoritario en la variedad Merenzao fue el geraniol, que supuso el 50% de la fracción libre de los aromas varietales. En la fracción ligada los óxidos e hidróxidos de linalol junto con el α-terpineol fueron los compuestos mayoritarios, lo que supuso el 22% de esta fracción.

A nivel de C<sub>13</sub>-norisoprenoides, dos compuestos fueron los mayoritarios de la fracción ligada, 3-oxo-α-ionol y 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol, alcanzando entre ambos el 40% de la composición varietal en forma de precursores.

En la Figura 60 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Merenzao, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 59. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Merenzao en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

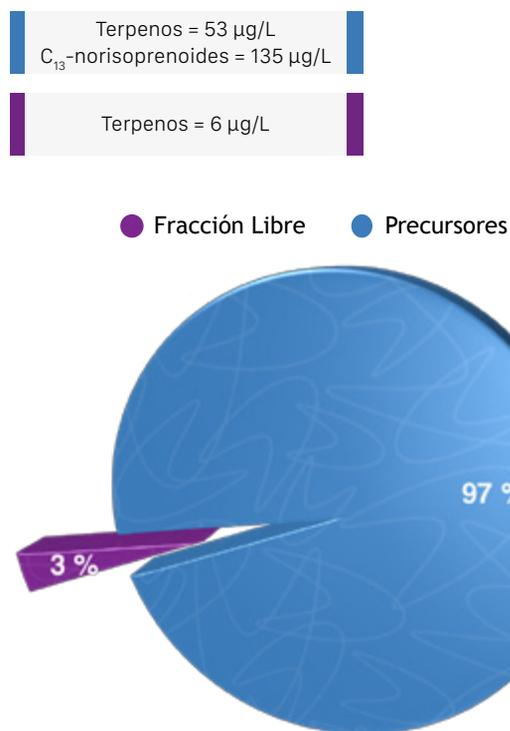
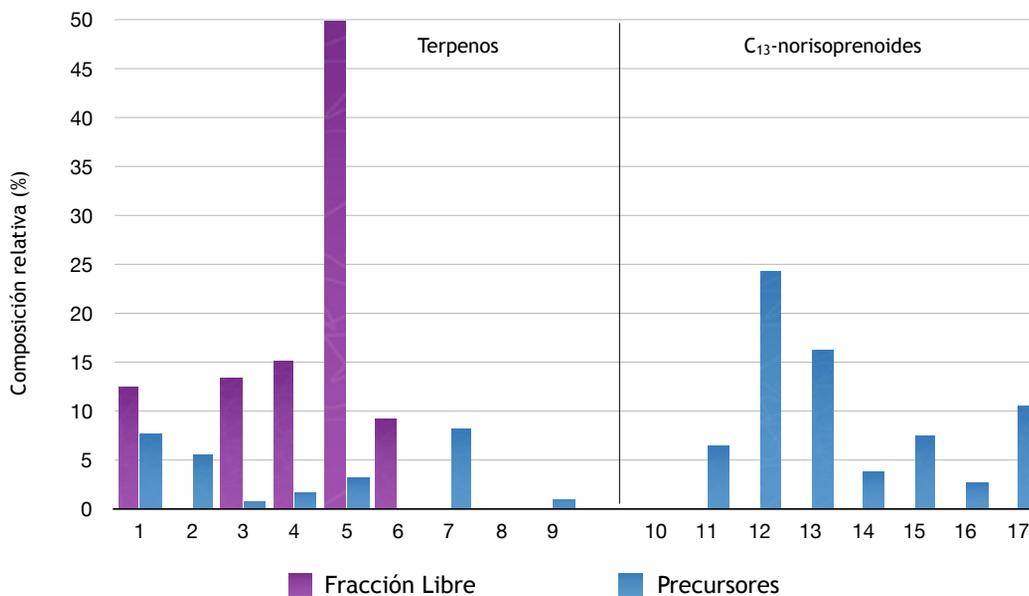


Figura 60. **Perfil aromático varietal del cultivar Merenzao. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Citronelol (6); α-terpineol (7); Hidroxicitronelol (8); Diendoles (9); β-damascona (10); 3-hidroxi-β-damascona (11); 3-oxo-α-ionol (12); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (13); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (14); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (15); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (16); Vomifoliol (17)

## Variedad PEDRAL

La composición aromática de la variedad Pedral a nivel global y en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 61.

La variedad Pedral muestra un equilibrio entre las fracciones libre y glicosilada, ya que ambas fracciones se encuentran en concentraciones similares, alcanzando cada una de ellas un 50% de la composición aromática total (838 µg/L y 845 µg/L respectivamente), sumando entre ambas fracciones 1.683 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Pedral se identificaron y cuantificaron alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

A nivel de composición global, los compuestos mayoritarios en la variedad Pedral fue la familia de los alcoholes (41%), seguida por los compuestos en C<sub>6</sub> (37% del total) y las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (12%) (Figura 62a).

Dentro de la fracción libre (Figura 62b), las familias de los compuestos en C<sub>6</sub> y alcoholes fueron las familias mayoritarias alcanzando un 73% y un 22%, respectivamente. La fracción ligada o precursores (Figura 62c) estuvo dominada por la familia de los alcoholes (59%) y terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides (23%). Además, los fenoles volátiles también se encontraron bien representados dentro de la fracción glicosilada (13%).

Respecto a los compuestos que marcan el aroma varietal del cultivar Pedral, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, una vez más, los precursores alcanzan mayores valores (94%) que los libres (6%), con concentraciones que van

Figura 61. Composición aromática del cultivar Pedral en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

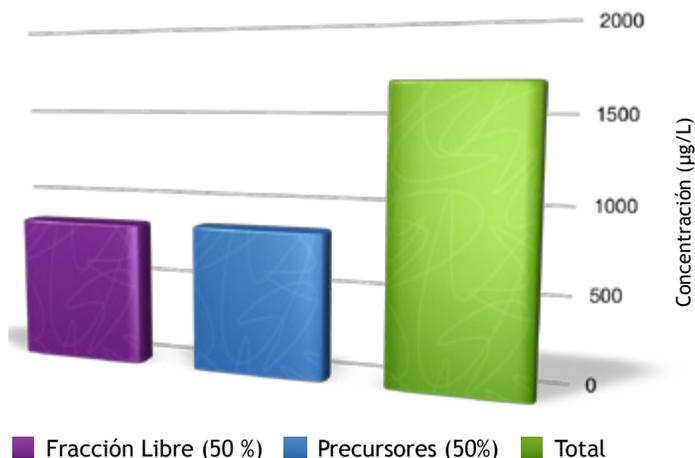
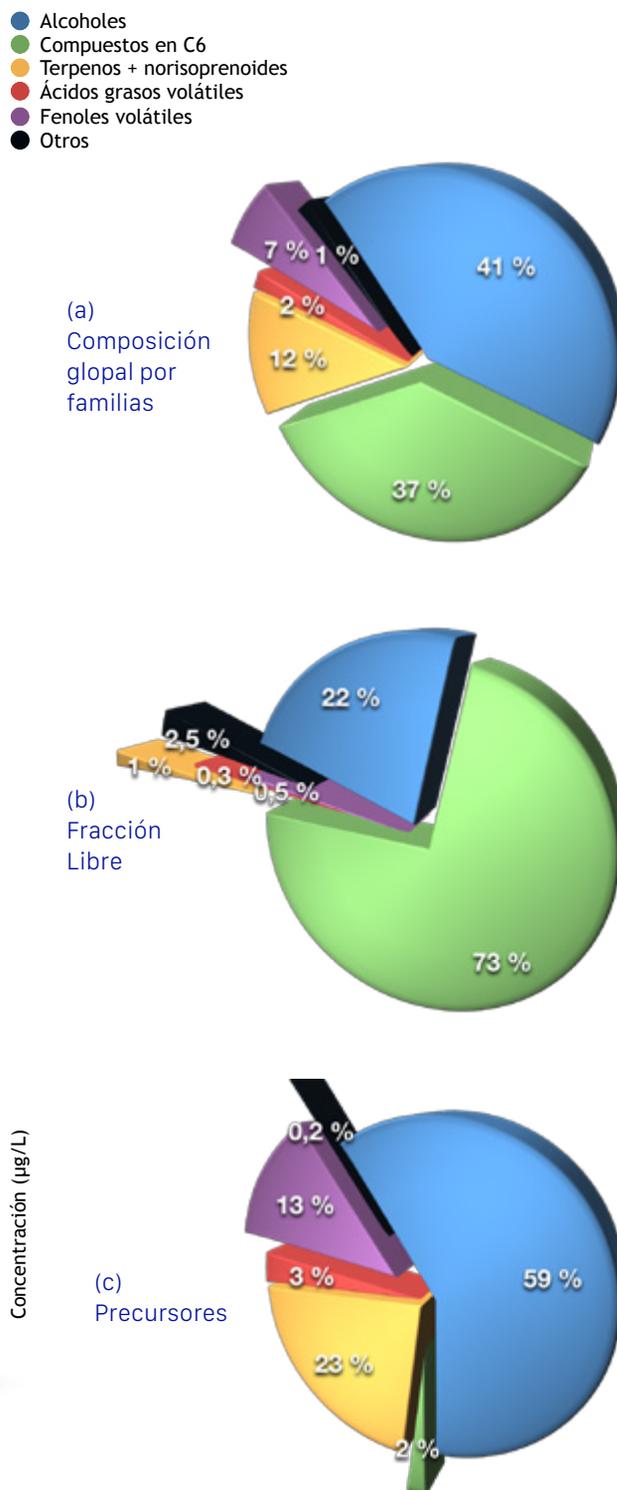


Figura 62. Composición aromática del cultivar Pedral por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c)



de 183 µg/L en la fracción ligada a los 13 µg/L en la fracción libre, sumando un total de 196 µg/L (Figura 63).

En la variedad Pedral la concentración de la familia de C<sub>13</sub>-norisoprenoides fue mucho mayor que la familia de terpenos y esta solo se identificó en su fracción glicosilada, como es el caso de otras variedades estudiadas. Esta familia alcanzó, en su fracción glicosilada, una concentración de 125 µg/L. En cuanto a los terpenos, su concentración fue de 13 µg/L en su fracción libre y de 58 µg/L en su fracción ligada.

De los terpenos identificados en la fracción libre de la variedad Pedral, el linalol supuso el 97% del aroma varietal en esta fracción (12 µg/L). Los óxidos de linalol alcanzaron el 14% de la fracción glicosilada.

A nivel de C<sub>13</sub>-norisoprenoides, tres compuestos son los mayoritarios en la fracción glicosilada de aroma varietal, 3-hidroxi-β-damascona, 3-oxo-α-ionol y 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol, cuya suma alcanzó un 49% de esta fracción.

En la Figura 64 se representan el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Pedral, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 63. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Pedral en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

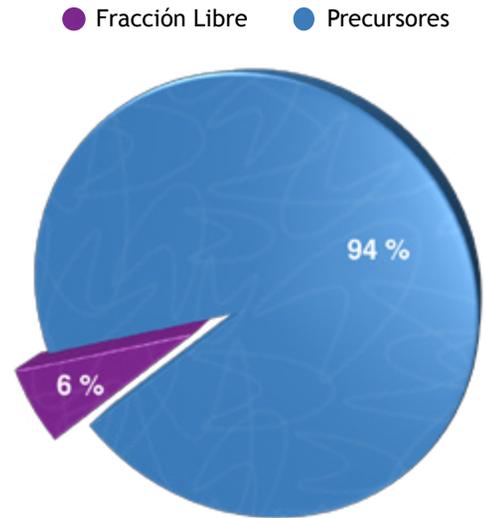
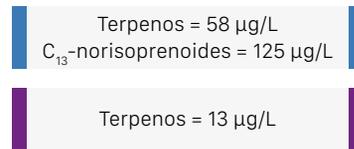
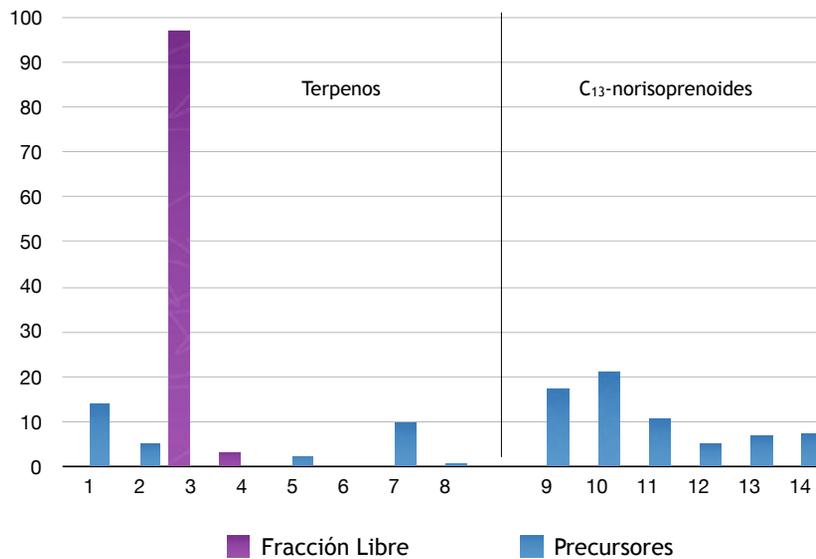


Figura 64. **Perfil aromático varietal del cultivar Pedral. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Nerol (4); Geraniol (5); Citronelol (6); α-terpineol (7); Diendioles (8); 3-hidroxi-β-damascona (9); 3-oxo-α-ionol (10); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (11); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (12); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (13); Vomofoliol (14)

## Variedad SOUSÓN

La composición aromática de la variedad Sousón tanto a nivel global como en sus fracciones libre y glicosilada (precursores) se muestra en la Figura 65.

La variedad Sousón muestra una mayor concentración de compuestos en su fracción libre, que alcanzó valores de 1.138 µg/L (78% de la composición global), frente a su fracción ligada o precursores que supuso una concentración de 318 µg/L (22%). La concentración global media de los años de estudio fue de 1.456 µg/L.

A nivel de familias aromáticas, en el mosto de la variedad Sousón se identificaron las familias de alcoholes, compuestos en C<sub>6</sub>, terpenos, C<sub>13</sub>-norisoprenoides, ácidos grasos volátiles, fenoles volátiles y otros compuestos.

La composición aromática global de la variedad Sousón estuvo dominada por la familia de los compuestos en C<sub>6</sub> (65% del total), seguida por la familia de los alcoholes, que alcanzó el 23% (Figura 66a).

Dentro de la fracción libre (Figura 66b), el 80% estuvo representado por la familia de los compuestos en C<sub>6</sub>, seguida por la familia de alcoholes que alcanzó un 17%. Sin embargo, en la fracción ligada o precursores (Figura 66c) fue la familia de los alcoholes la mayoritaria, alcanzando un 43% de esta fracción, seguida por las familias de terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides que supuso un 24%, fenoles volátiles (18%) y compuestos en C<sub>6</sub> (9%).

Dentro de los compuestos que marcan el aroma varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, la variedad Sousón mostró un mayor porcentaje de la fracción ligada (81 µg/L; 88%) frente a la libre (11 µg/L; 12%), sumando un total de 92 µg/L (Figura 67).

Figura 65. Composición aromática del cultivar Sousón en sus fracciones libre y glicosilada o precursores

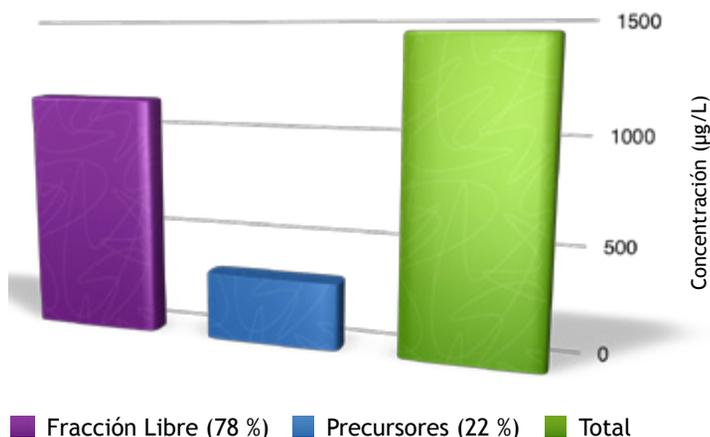
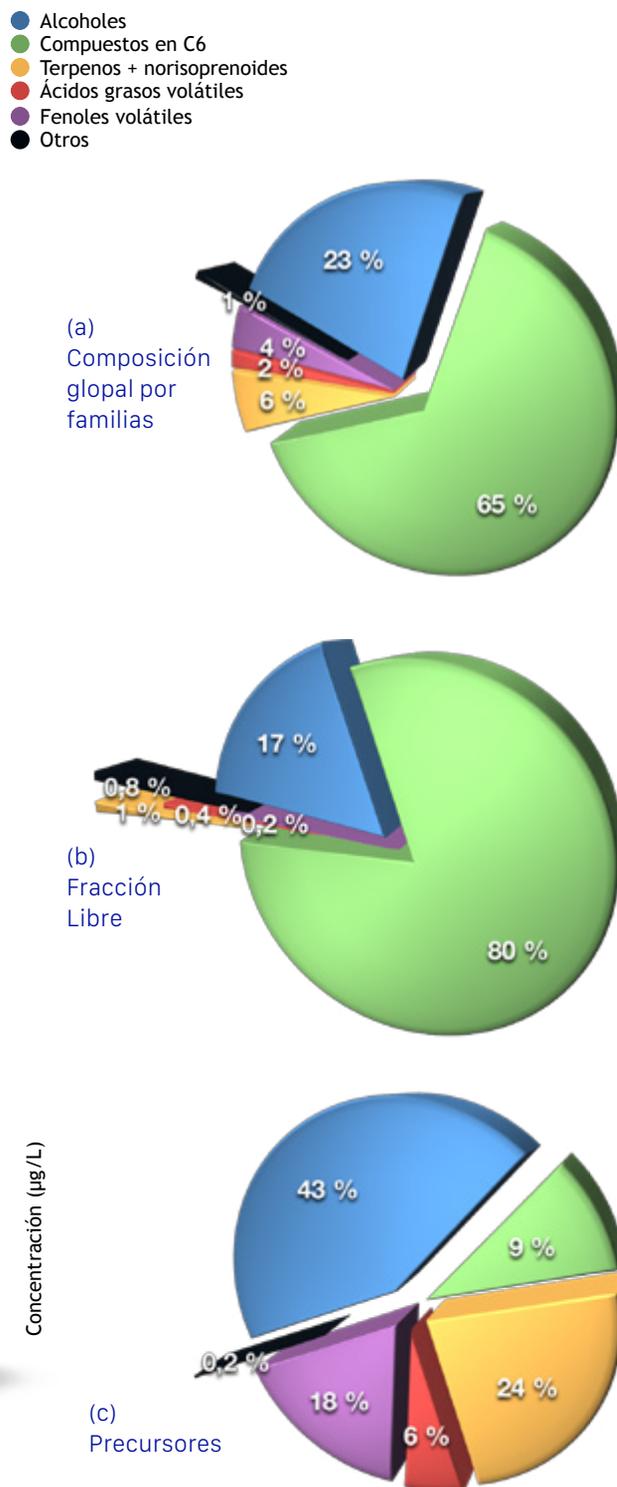


Figura 66. Composición aromática del cultivar Sousón por familias a nivel global (a) y en sus fracciones libre (b) y glicosilada o precursores (c).



En la variedad Sousón la concentración de C<sub>13</sub>-norisoprenoides fue mayor a la de terpenos y fue identificada únicamente en su fracción glicosilada, alcanzando 53 µg/L en esta fracción. En cuanto a los terpenos, su concentración fue de 11 µg/L en su fracción libre y de 28 µg/L en su fracción ligada.

Los terpenos mayoritarios en la variedad Sousón fueron el linalol en su fracción libre con un 71% (8 µg/L) de esta fracción y los óxidos e hidróxidos de linalol en su fracción glicosilada, que supusieron el 33% de los aromas varietales en su fracción ligada y con concentraciones de 23 µg/L.

Los C<sub>13</sub>-norisoprenoides, identificados únicamente en su fracción ligada, estuvieron representados por ocho compuestos, entre los que el 3-oxo-α-ionol fue el mayoritario (18%), seguido por 3-hidroxi-β-damascona (11%).

En la Figura 68 se representa el perfil aromático varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, del mosto de la variedad Sousón, tanto en forma libre como en forma de precursores sobre el total de estas fracciones de compuestos.

Figura 67. **Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en el cultivar Sousón en sus fracciones libre y glicosilada o precursores**

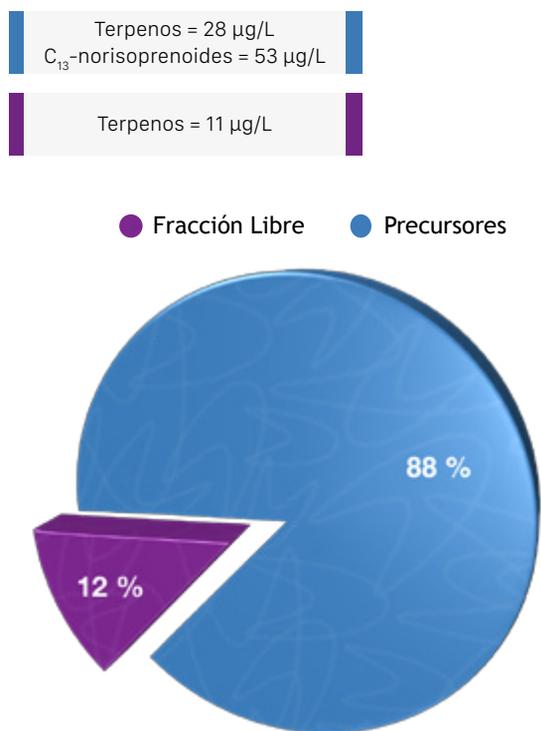
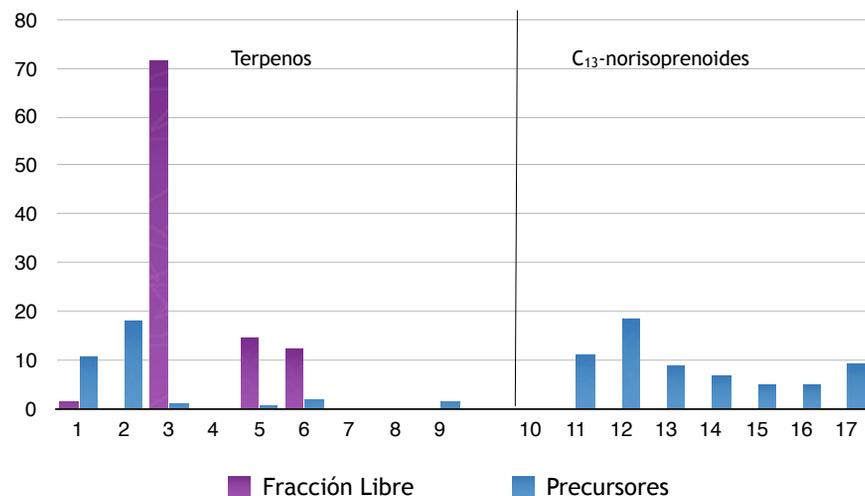


Figura 68. **Perfil aromático varietal del cultivar Sousón. Terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides en sus fracciones libre y precursores**



Óxidos de linalol (1); Hidróxidos de linalol (2); Linalol (3); Hidroxilinalol (4); Nerol (5); Geraniol (6); Ho-trienol (7); α-terpineol (8); Diendoles (9); β-damascona (10); 3-hidroxi-β-damascona (11); 3-oxo-α-ionol (12); 3-oxo-7,8-dihidro-α-ionol (13); 3-hidroxi-7,8-dehidro-β-ionol (14); 4-oxo-7,8-dihidro-β-ionol (15); 3,4-dihidro-3-oxo-actinidol (16); Vomifoliol (17)

### 3.4. Estudio comparativo de las variedades tintas cultivadas en Galicia en base a su composición aromática

A continuación se presentan cuatro análisis de componentes principales (ACP), que como en el caso de las variedades blancas, tiene como objetivo mostrar una representación gráfica de todas las variedades tintas estudiadas en base a su potencial aromático. Esta representación permite conocer la proximidad o distancia existente entre ellas a nivel de composición aromática.

En la Figura 69 se representa la distribución de las variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a las diferentes familias de compuestos aromáticos identificadas en los mostos. La representación gráfica muestra dos grupos de variedades, un primer grupo, situado en la parte positiva del eje X, donde se encuentra la variedad Loureiro Tinto, frente a un segundo grupo en el que se encuentran el resto de las variedades, muy próximas entre ellas en su composición aromática. La variedad Pedral estuvo caracterizada fundamentalmente por la familia de los alcoholes, sin embargo el resto variedades aparecen agrupadas en torno al resto de las familias aromáticas.

Un segundo análisis de componentes principales (Figura 70) muestra la distribución de las variedades tintas en base a su composición aromática varietal, terpenos y  $C_{13}$ -norisoprenoides, en sus fracciones libre y glicosilada (precursores). En este caso se puede observar que las variedades tintas se sitúan en el plano formando cuatro grupos. Loureiro Tinto y Caíño Tinto situados en la parte positiva y negativa del eje X, respectivamente, y caracterizadas por  $C_{13}$ -norisoprenoides ligados en el caso de

Loureiro Tinto y por terpenos libres en Caíño Tinto. Los otros dos grupos de variedades están formados, por un lado, por las variedades Sousón, Mencía y Espadeiro, que comparten características similares respecto a las familias de compuestos varietales, fundamentalmente  $C_{13}$ -norisoprenoides libres. Por otro lado, las variedades Pedral, Merenzao y Brancellao estuvieron caracterizadas fundamentalmente por terpenos ligados.

La Figura 71 muestra la distribución de variedades tintas en base a la composición terpénica (fracciones libre y glicosilada). En la representación gráfica se observa un grupo de variedades muy próximas situadas en el centro del gráfico y cuatro variedades algo más dispersas como son la Loureiro Tinto, caracterizada por aromas más florales (geraniol, nerol o Ho-trienol), la Merenzao más cítrica y las variedades Pedral y Sousón, también florales, caracterizadas fundamentalmente por óxidos de linalol en el primer caso y por linalol en el segundo.

Por último, la Figura 72 representa la distribución de variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición en  $C_{13}$ -norisoprenoides (fracciones libre y glicosilada). En este caso la representación gráfica muestra una agrupación de las variedades Caíño Tinto, Espadeiro, Brancellao, Mencía y Sousón que se sitúan próximas a la  $\alpha$ -ionona (aromas florales) frente a las variedades Pedral, Merenzao y Loureiro Tinto que resultaron estar caracterizadas por compuestos que aportan aromas florales y frutales.

Figura 69. Distribución de las variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición aromática total

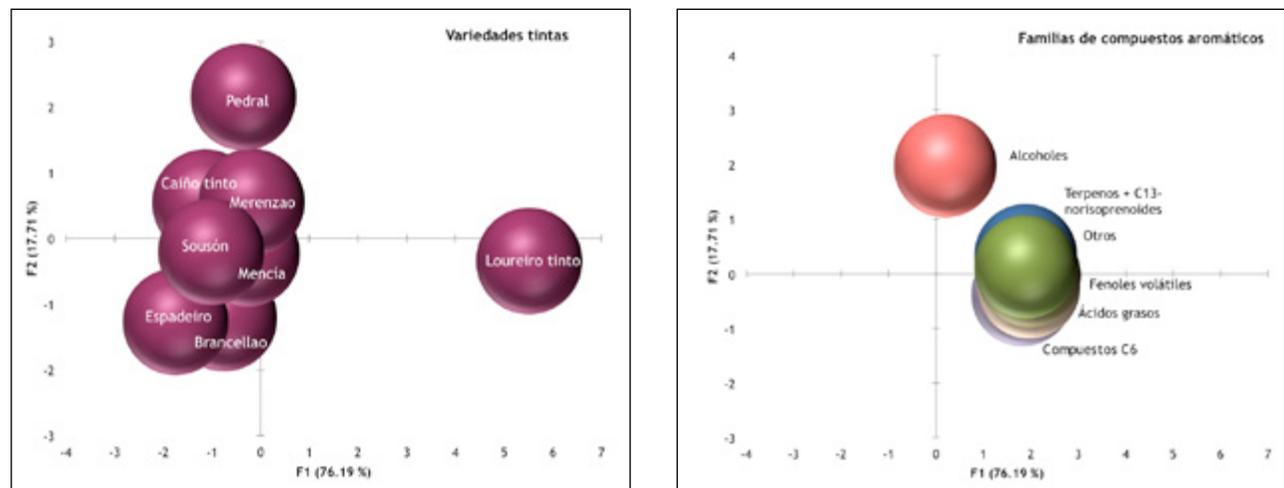


Figura 70. Distribución de las variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición aromática varietal, terpenos y C<sub>13</sub>-norisoprenoides, en sus fracciones libre y glicosilada

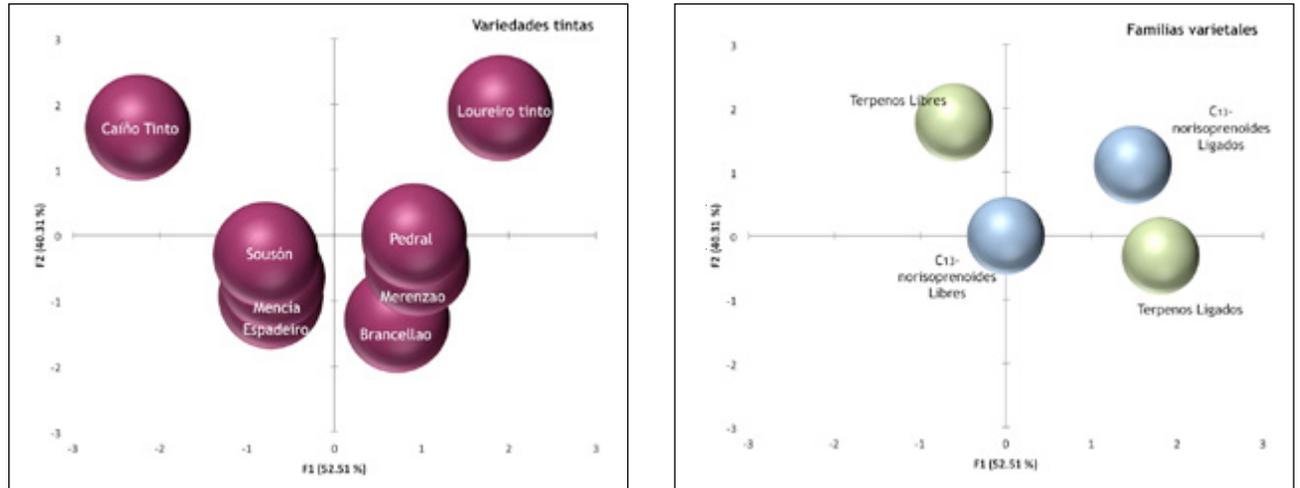


Figura 71. Distribución de las variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición terpénica

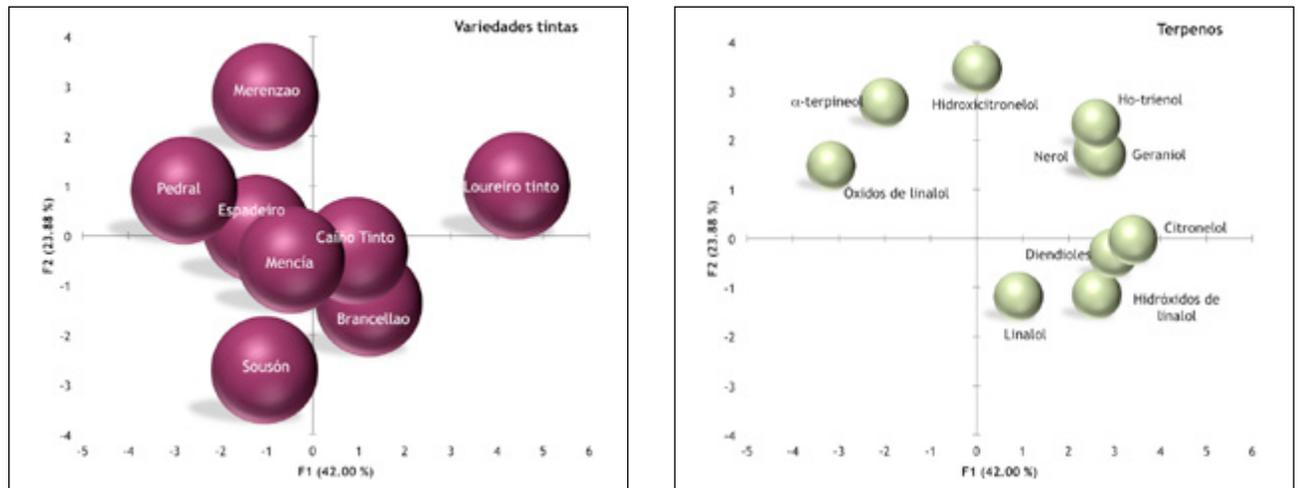
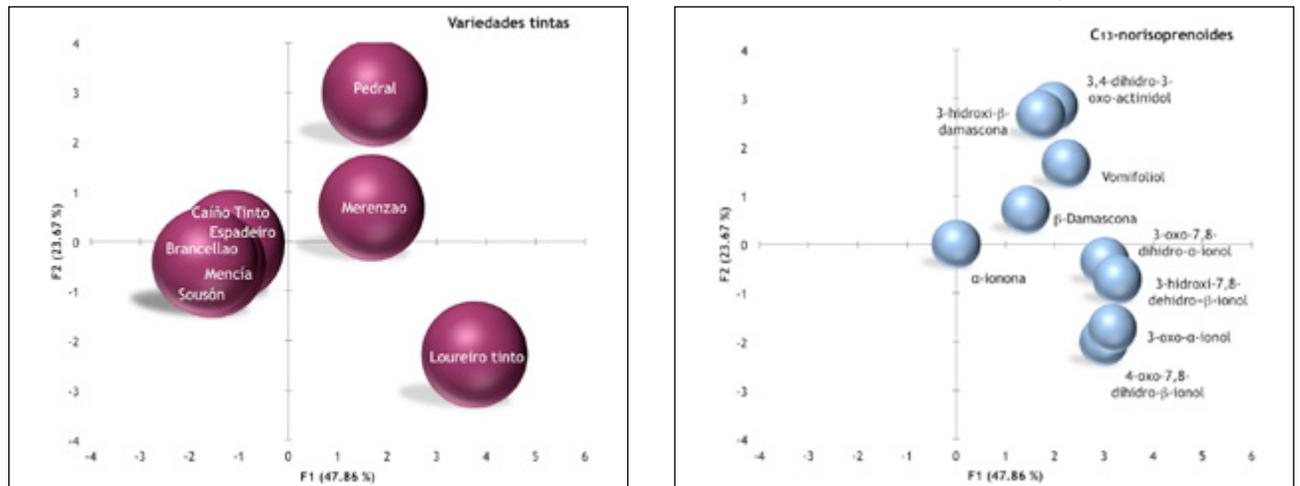


Figura 72. Distribución de las variedades tintas de vid cultivadas en Galicia en base a su composición en C<sub>13</sub>-norisoprenoides



## Referencias bibliográficas

- Oliveira, J.M. (2000) Aromas varietais e de fermentação determinantes da tipicidade das castas Loureiro e Alvarinho. Ph.D. Tesis, Universidad del Miño, Braga, Portugal.
- Vilanova, M. & J.M. Oliveira (2012) Application of Gas Chromatography on the Evaluation of Grape and Wine Aroma in Atlantic Viticulture (NW Iberian Peninsula) Capítulo 7, pp. 109-146, Gas Chromatography in Plant Science, Wine technology, Toxicology and Some Specific Applications. Bekir Salih and Omur Celikbicak Editores, ISBN:978-953-51-0127-7.
- Fischer, U., D. Rothb & M. Christmann (1999). The impact of geographic origin, vintage and wine estate on sensory properties of *Vitis vinifera* cv. Riesling wines. Food Quality and Preferences. 10: 281-288.
- Ribéreau-Gayon, P., Y. Glories, A. Maujean & D. Dubourdieu (2000). Varietal aroma. In: Handbook of Enology. Volume 2 – The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, John Wiley & Sons Ltd., ISBN 0-471-97362-9, Chichester, England, pp.187–206.
- Sefton, M.A., I.L. Francis & P.J. Williams (1993) The volatile composition of Chardonnay juices: A study by flavor precursor analysis. American Journal of Enology and Viticulture. 44: 359–369.
- Winterhalter, P. (1993) The generation of C13-norisoprenoid volátiles in Riesling wine. In: Bayonove C.L., Crouzet J., Flanzly C., Martin J.C. & Sapis J.C. (eds), Connaissance Aromatique des Cépages et Qualité des Vins France: Actes du Symposium International. Revue Française d’Oenologie. 33: 65–73.
- Kotseridis, Y., A. Anocibar-Belouqi, A. Bertrand & J.P. Doazan (1998) An analytical method for studying the volatile compounds of Merlot noir clone wines. American Journal of Enology and Viticulture. 49: 44-48.
- Di Stefano, R., N. Gentilini & I. Ummano (2000) Studio dei profili aromatici di varietà a frutto bianco coltivate nella zona del Collio. L’Enologo. 38: 95-102.
- Bayonove, C.L. (1992) Les composés terpéniques. In: Les Acquisitions Récentes en Chromatographie du Vin. Application à l’Analyse Sensorielle des Vins, Porto, 31 Marzo, 1, 2 y 3 Abril, 99-119.
- Gunata, Y.Z., S.M. Bitteur, R.L. Baumes, J.C. Sapis & C.L. Bayonove (1990) Activités glycosidases en vinification. Perspectives d’exploitation des précurseurs d’arôme de raisin, de nature glycosidique. Revue Française d’Oenologie. 122: 37–41.
- Gunata, Y.Z., I. Dugelay, J.C. Sapis, R.L. Baumes & C.L. Bayonove (1993) Role of enzymes in the use of the flavour potential from grape glycosides in winemaking. In: Schreier P. and Winterhalter P. (eds), Progress in Flavour Precursor Studies-Analysis, Generation and Biotechnology. Carol Stream, IL: Allured Publishing Corporation, pp. 219–234.
- Baumes, R.L., C.L. Bayonove & Y.Z. Günata (1994) Connaissances actuelles sur le potentiel aromatique des Muscats. Progrés Agricole et Viticole 111 (11): 251-256.
- Etievant, P.X. (1991) Wine. In H. Maarse (Ed.), Volatile compounds of food and beverages (pp. 483–5467). New York, USA: Marcel Dekker.
- Ferreira, V., R. Lopez & J.F. Cacho (2000) Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. Journal of Sciences of Food and Agriculture 80: 1659–1667.
- Francis, I.L. & J.L. Newton (2005) Determining wine aroma from compositional data. Australian Journal of Grape and Wine Research. 11: 114–126.
- Carballeira, L, S. Cortés M.L. Gil & E. Fernández (2001) SPEGC determination of aromatic compounds in two varieties of white grape during ripening. Chromatography Supplement. 53: 350–355.
- E. Falqué, E. Fernández, & D. Dubourdieu (2001). Differentiation of white wines by their aromatic index. Talanta. 54: 271–281.
- Diéguez, S.C., L.C. Lois, E.F. Gómez & G.M.L. de la Peña (2003) Aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Albariño. LWT- Food Sciences and Technology, 36: 585-590.
- Fernández, E. S.M. Cortés, M. Castro, M. Gil & M.L. Gil (1999) Distribution of free and glycosidically bound monoterpenes and norisoprenoids in the skin and pulp of Albariño grapes during 1998 maturation. In: Oenologie 99 – 6th Symposium International d’Oenologie, A. Lonvaud Funel (ed.), Bordeaux. TEC&DOC: Paris, pp.161–164
- Orrriols, I. & F.M. Moreno Camacho (1991) Influencia de las levaduras en la formación de sustancias volátiles en la vinificación de la variedad Albariño. Vitivinicultura. 2(6): 21-24.
- Versini, G., I. Orrriols & A. Dalla Serra (1994) Aroma components of Galician Albariño, Loureira and Godello wines. Vitis. 33: 165–170.
- Vilanova, M. & C. Sieiro (2006) Determination of free and bound compounds in Albariño wine. Journal of Food Composition and Analysis. 19(6-7): 694-697.
- Zamuz, S. & M. Vilanova (2006) Comparative study of volatile composition of *Vitis vinifera* cv. Albariño white wines from different origins. Flavour and Fragrance Journal. 21: 743-748
- Vilanova, M. & C. Sieiro (2006) Contribution by *Saccharomyces cerevisiae* yeast to fermentative flavour compounds in wines from cv. Albariño. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 33 (11): 929-933.
- Vilanova, M., S. Zamuz, F. Vilariño & C. Sieiro (2007) Effect of terroir on the volatiles of *Vitis vinifera* cv. Albariño. Journal of the Sciences of Food and Agriculture. 87: 1252-1256
- Vilanova, M., S. Zamuz, J. Tardaguila & A. Masa (2008) Characterization by descriptive analysis of *Vitis vinifera* cv. Albariño. Journal of the Sciences of Food and Agriculture. 88: 819-823.
- Vilanova, M., Z. Genisheva, A. Masa & J.M. Oliveira (2010) Correlation between volatile composition and sensory properties in Spanish Albariño wine. Microchemical Journal. 95: 240-246.
- Oliveira, J.M., I.M. Araujo, O.M. Pereira, J.S. Maia, A.J. Amaral & M.O. Maia (2004) Characterization and differentiation of five Vinhos Verdes grape varieties on the basis of monoterpene compounds. Analytica Chimica Acta. 513: 269–275.
- Genisheva, Z. & J. M. Oliveira (2009) Monoterpene characterization of White cultivars from Vinhos Verdes appellation of origin (North Portugal). Journal of Institute of Brewing. 115: 308–317.
- Vilanova, M. & C. Sieiro (2006) Determination of free and bound compounds in Albariño wine. Journal of Food Composition and Analysis. 19(6-7): 694-697.
- Vilanova, M. & F. Vilariño (2006) Influence of geographic origin on aromatic descriptors of Albariño wines. Flavour and Fragrance Journal. 21(2): 373-378.
- Zamuz, S. & M. Vilanova (2006) Volatile composition of the *Vitis vinifera* Albariño musts according to geographic area from Rías Baixas AOC (Spain). Italian Journal Food Sciences. 3 (18): 323-328.
- Zamuz, S. & M. Vilanova (2006) Comparative study of volatile composition of *Vitis vinifera* cv. Albariño white wines from different origins. Flavour and Fragrance Journal. 21: 743-748.
- Oliveira, J.M., M.O. Maia, R.L. Baumes & C.L. Bayonove (2000) Free and bound aromatic components of Loureiro and Alvarinho grape varieties from the Vinhos Verdes region. Viticulture and Enology Science. 55: 13–20.
- Oliveira, J.M., P. Oliveira, R.L. Baumes & M.O. Maia (2008) Volatile and glycosidically bound composition of Loureiro and Alvarinho wines. Food Sciences and Technology International. 14: 341–353.

- 
36. Oliveira, J.M., P. Oliveira, R.L. Baumes & M.O. Maia (2008) Changes in aromatic characteristics of Loureiro and Alvarinho wines during maturation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21: 695–707.
  37. Vilanova, M., Z. Genisheva, L. Bescansa, A. Masa & J.M. Oliveira (2009) Volatile composition of fermented must from *Vitis vinifera* Agudelo, Serradelo and Blanco lexítimo from Betanzos (NW Spain). *Journal of Institute of Brewing*. 115 (1): 35–40.
  38. Vilanova, M., Z. Genisheva, L. Bescansa, A. Masa & J.M. Oliveira (2012) Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages. *Phytochemistry*. 74: 196–205.
  39. Losada, M.M. (1999) Estudio de la influencia de distintos factores en los caracteres físico-químicos y organolépticos en vinos elaborados con uvas de la variedad Godello. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
  40. Losada, M.M., J. Andrés, J. Cacho, E. Revilla, F. Jorge & J.F. López (2010) Influence of some prefermentative treatments on aroma composition and sensory evaluation of white Godello wines. *Food Chemistry*. 125 (3): 884–891.
  41. Vilanova, M. (2006) Sensory descriptive analysis and consumer acceptability of Godello wines from Valdeorras Apellation Origen Controlée (northwest Spain). *Journal of Sensory Studies*. 21: 262–372.
  42. Vilanova, M., Masa A. & Tardaguila J. (2009) Evaluation of the aromatic variability of Spanish grape by Quantitative Descriptive Analysis. *Euphytica*. 165 :383–389.
  43. Vilanova, M., A. Escudero, M. Graña & J. Cacho (2013) Volatile composition and sensory properties of *Vitis vinifera* white cultivars from NW Spain. Correlation between sensory and instrumental analysis. *Food Research International*. 54: 562–568.
  44. Vilanova, M., S. Cortés, J.L. Santiago, C. Martínez & E. Fernández (2007) Aromatic compounds in wines produced during fermentation: effect of three red cultivars. *Internacional Journal of Food Properties*. 10: 867–975.
  45. Vilanova, M., S. Cortés, J.L. Santiago, C. Martínez & E. Fernández (2008) Potent contribution of some grape-derived aromatic compounds to the primary aroma in red wines from cv. Caíño Tinto, cv. Caíño Bravo and cv. Caíño Longo grapes. *Journal of Agricultural Sciences*. 146 (3): 325–332.
  46. Vilanova, M. & M.C. Martínez (2007) A first study of aromatic compounds of red wine from *Vitis vinifera* cv. Castañal grown in Galicia (NW Spain). *European Food Research and Technology*. 224: 431–436.
  47. Canosa, P., J.M. Oliveira, A. Masa & M. Vilanova (2011) Study of the volatile and glicodically composition of minority *Vitis vinifera* cultivars from NW Spain. *Journal of Institute of Brewing*. 117(3): 462–471.
  48. Vilanova, M., E. Campo, A. Escudero, M. Graña, A. Masa & J. Cacho (2012) Volatile composition and sensory properties of *Vitis vinifera* red cultivars from NW Spain. *Analytica Chemical Acta*. 720:104–111.
  49. Noguerol-Pato, R., C. González-Barreiro, B. Cancho-Grande, J. Simal-Gándara (2009) Quantitative determination & characterisation of the main odorants of Mencía monovarietal red wines. *Food Chemistry*. 117:473–484.
  50. Vilanova, M. & B. Soto (2005) The impact of geographic origin on sensory properties of *Vitis vinifera* cv. Mencía. *Journal of Sensory Studies*. 20: 503–511.
  51. Vilanova, M., I. Rodríguez, P. Canosa, I. Otero, E. Gamero, D. Moreno, I. Talaverano & E. Valdés (2015) Variability in chemical composition of *Vitis vinifera* cv Mencía from different geographic areas and vintages in Ribeira Sacra (NW Spain). *Food Chemistry*. 169 (15): 187–196.

galicia

