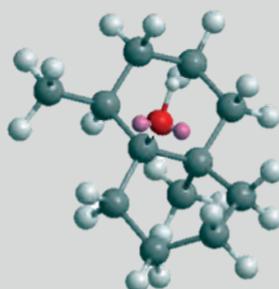


# Investigación Científica MINERALIDAD EN VINOS

*Composición química del vino y su percepción de mineralidad  
Marzo, 2015*

**Investigación Privada**  
**Antonio Palacios PhD & David Molina AIWS**

*Especial agradecimiento a  
Elvira Zaldivar & M.P. Fernández*



LABORATORIOS EXCELL-IBÉRICA  
Logroño - La Rioja  
Spain



OUTLOOK WINE  
The Barcelona Wine School  
Spain

## LA PERCEPCIÓN DE MINERALIDAD EN LOS VINOS

### El porqué de la investigación

*“La curiosidad lleva al ser humano a preguntarse muchas cosas, en ocasiones a investigar en profundidad, dedicando mucho tiempo a reflexionar sobre los resultados obtenidos con el objetivo de intentar encontrar explicaciones. La importancia de la ciencia es de un valor incalculable para el desarrollo y el progreso.”*

*Este estudio sobre la relación entre la composición química del vino y la percepción de mineralidad, nace de una decisión pasional de dos entusiastas del mundo del vino y de sus compartidas inquietudes y curiosidades, y por la necesidad de intentar encontrar respuestas a preguntas sin esclarecer sostenidas durante largo tiempo.*

*Antonio Palacios García, Director de Laboratorios Excell-Ibérica en Logroño (La Rioja, España) y David Molina, Director de Outlook Wine (WSET App in Spain), deciden a principios de 2012 iniciar un estudio de investigación de iniciativa privada, única y exclusivamente financiado por ellos mismos con el objetivo de poder mantener la máxima objetividad y el rigor necesario. El coste total del estudio ascendió a 50.000 €. El grueso de la inversión se destinó a los elevados costes de analíticas químicas exhaustivas, así como la modificación de vinos sintéticos con compuestos que se aislaron e identificaron como posibles responsables de la percepción de mineralidad en el vino.*

*Este estudio no se hubiera podido llevar a cabo sin la valiosa e incalculable colaboración de Elvira Zaldívar, responsable del Departamento de Control de Calidad de Laboratorios Excell-Ibérica y Purificación Fernández de la Universidad de La Rioja.*

*Después de dos largos años de dedicación, tanto Antonio Palacios como David Molina ceden de forma generosa esta valiosa información a la industria del vino, esperando que tanto profesionales como estudiantes y wine lovers, puedan disfrutar de ello y sacar sus propias conclusiones, siempre con el claro objetivo de aportar y ayudar a progresar.*

*Conscientes de que este estudio tiene sus limitaciones y no cubre la totalidad del espectro completo de percepción de mineralidad del vino, esperamos que sirva de estímulo para que otros entusiastas sigan con nuevas investigaciones en el mismo campo.*

*Para terminar, queremos agradecer de nuevo a todos los colaboradores y ponentes que participaron en el Simposio celebrado en Barcelona (Doctor Josep de Haro, Sarah Jane Evans MW, Doctor Fernando de Toda y Sam Harrop MW), que ayudaron a que las conferencias sobre “La Mineralidad en Vino” se pudieran llevar a cabo con éxito en Junio de 2014. ¡Muchas gracias a todos!*

## INDICE

1. <i>Resumen</i>	<i>pág.1</i>
2. <i>Introducción</i>	<i>pág.2</i>
3. <i>Materiales y métodos</i>	<i>pág.5</i>
4. <i>Resultados y discusión</i>	<i>pág.7</i>
4.1. <i>Análisis sensorial mediante paneles entrenados de catadores</i>	<i>pág.7</i>
4.1.1. <i>Fase aromática de la cata</i>	<i>pág.7</i>
4.1.2. <i>Fase gustativa de la cata</i>	<i>pág.8</i>
4.2. <i>Análisis de la composición química</i>	<i>pág.10</i>
4.2.1. <i>Análisis enológicos rutinarios</i>	<i>pág.11</i>
4.2.2. <i>Análisis del contenido de metales</i>	<i>pág.13</i>
4.2.3. <i>Análisis de compuestos aromáticos mayoritarios, minoritarios y tiólicos de los vinos</i>	<i>pág.15</i>
4.2.4. <i>Análisis de compuestos volátiles provenientes de la madera</i>	<i>pág.19</i>
4.2.5. <i>Análisis de compuestos responsables de defectos organolépticos del vino</i>	<i>pág.19</i>
4.2.6. <i>Análisis estadístico mediante regresión lineal</i>	<i>pág.22</i>
5. <i>Discusiones y conclusiones</i>	<i>pág.24</i>
6. <i>Referencias Bibliográficas</i>	<i>pág.32</i>
7. <i>Tablas con datos recopilados</i>	<i>pág.35 a pag.48</i>

# **Bases químicas del carácter mineral a nivel olfativo y gustativo en vinos blancos y tintos**

E. Zaldivar.<sup>1</sup>, D. Molina<sup>2</sup>, M.P. Fernandez Zurbarano<sup>3</sup>, A. Palacios<sup>1y3</sup>

(1), Laboratorios Excell Ibérica S.L. de La Rioja; (2) Outlook Wine de Barcelona;  
(3) Universidad de La Rioja,

## **1. Resumen**

El concepto que transmite el término mineralidad en los vinos es ciertamente uno de los atributos más misteriosos desde el punto de vista químico. La mineralidad en los vinos está frecuentemente asociada al concepto "terroir", a menudo con claros fines comerciales donde la expresión vinculada al suelo permite justificar o argumentar la autenticidad de origen del vino. Sería por tanto fácil vincular el término sensorial mineralidad a la composición y contenido de minerales presentes en un vino, si bien no existen estudios previos suficientemente fundamentados como para establecer dicha asociación directa. El objeto de este estudio es la caracterización química y sensorial de vinos catalogados sensorialmente como minerales. Para realizar el presente estudio 17 vinos procedentes de diversas áreas vitivinícolas del mundo fueron estudiados en base a su composición química de metales, compuestos aromáticos, tanto positivos como negativos, acidez, succínico, sulfuroso y ácidos orgánicos, entre otros. Todos ellos contaban con un nexo común, haber sido catalogados como vinos minerales a nivel internacional, tanto por profesionales del sector vitivinícola como por prescriptores del sector comercial y periodístico del vino. Con el objetivo de evitar polémicas se han omitido el nombre de los productores y marcas de los vinos, definiendo estos únicamente por regiones y variedades de uva. Posteriormente se realizó un análisis estadístico del conjunto de datos referentes a las composiciones químicas estudiadas. Finalmente se encontraron 11 compuestos químicos que destacaron y se clasificaron en tres categorías con una relación directa con el descriptor mineralidad.

## 2. Introducción

Durante la última década el término mineralidad ha gozado de un espectacular auge por parte de críticos, enólogos, sumilleres y especialistas en la comercialización del sector vitivinícola. Los aromas frutales, florales, especiados o de madera son de gran importancia en la descripción de los clasificados como grandes vinos, pero sin duda, el término mineralidad ocupa hoy en día el primer lugar entre los atributos de vinos de alta gama. En el mercado, el uso del término mineral es normalmente sinónimo de un escalón superior de calidad.

Sin embargo, aún teniendo este elevado estatus, el término mineralidad ha sido definido muy vagamente hasta la fecha, existiendo actualmente un enorme vacío en la identificación de los compuestos químicos responsables o asociados a la sensación aromática y gustativa definida como mineral.

Frecuentemente este término viene acompañado por descriptores del tipo salino, humo de cerilla, pedernal ó Sílex pero produce chispas que huelen, como la piedra de un mechero para definirlo. En base a esta descripción, se podría establecer como hipótesis de que fueran los elementos metálicos y sobre todo los cationes del suelo de un viñedo los responsables de este aroma y sabor mineral.

Para tener un visión más completa y consistente sobre el significado del término mineral, es imprescindible definirlo desde la perspectiva que ofrece la ciencia geológica. La Asociación de Mineralogía Internacional (IMA) define un mineral como un elemento o compuesto químico normalmente de forma cristalina y que ha sido formado por el resultado de un proceso geológico y que pose un grado de pureza determinada.

Se conocen más de 4000 minerales, de los cuales 100 son los más comunes de encontrar en la composición del suelo y otros 50 se encuentran ocasionalmente<sup>1</sup>, y en relación al vino, estos elementos minerales se clasifican según la necesidad fisiológica de la planta en macronutrientes y micronutrientes. En el suelo, los minerales son degradados en moléculas más simples y de menor tamaño a través del contacto con el agua, la atmósfera, los cambios de temperatura y la acción de los microorganismos, entre otros factores<sup>2</sup>. Es importante remarcar que

solamente los elementos químicos que son solubles en agua, pueden ser absorbidos por las raíces de la planta.

Si bien la apariencia de los suelos de las viñas puede ser a simple vista muy diferente, estos suelen presentar dentro de un margen una composición parecida a nivel químico<sup>3</sup>. Cabe destacar que para que los bioelementos necesarios para el metabolismo de la planta (nutrición, supervivencia y desarrollo) sean introducidos dentro de la vid, estos deben encontrarse en estado iónico. Así la planta mediante complejas reacciones de tipo redox y el uso de bombas de absorción de elementos ionizados específicas y selectivas presentes en las raíces de la planta, consigue que estos elementos químicos fluyan al interior y se distribuyan por todos los tejidos celulares de la Vid, incluida la uva. Para que esto suceda es imprescindible que los metales o elementos minerales sean solubles en agua. Sin embargo, es fundamental resaltar que la planta absorbe lo que necesita, no lo que se encuentra en cada tipo de suelo de forma fortuita.

La distribución y proporción de estos elementos en las bayas de uva es aproximadamente un 40% en la piel, 50% en la pulpa y 10% en las semillas. Por tanto, los minerales son componentes que están presentes de forma natural en las uvas, en consecuencia en el mosto y finalmente en el vino. Pero el origen y la presencia de estos elementos no está únicamente en la naturaleza química del suelo de la viña, sino también en los tratamientos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, fungicidas, etc...) que estos reciben por aplicaciones del viticultor y del enólogo durante el proceso de elaboración del vino (adiciones, rectificaciones y otros posibles tratamientos).

De todos los elementos comunes presentes en el suelo, los cationes más relevante en términos de concentración son el potasio<sup>4</sup>, seguido del calcio y del magnesio. Estos elementos se encuentran normalmente involucrados en la neutralización de los ácidos en las uvas, en el mosto y finalmente en el vino. Es el potasio, dado su carácter mayoritario, el que mayor efecto tiene en los cambios de acidez y pH, tanto en mosto como en vino.

En numerosas notas de cata se suele relacionar la percepción gustativa de mineralidad con vinos caracterizados por acidez elevada. A nivel de boca, el gusto ácido puede estar relacionado no solo con el parámetro de pH, sino

también con la acidez total del vino, en la cual se toman en cuenta la totalidad de los ácidos orgánicos (formados por la vid o de origen fermentativo) presentes en este. En investigaciones previas también han asociado el término mineralidad con la presencia de un ácido en concreto, el ácido succínico<sup>5</sup> por ejemplo, responsable a nivel gustativo de producir una sensación salina en el paladar. De hecho, el ácido succínico, a pesar de ser un ácido tiene más gusto salado que ácido. La aparición de este ácido es debida al metabolismo bioquímico de las levaduras fermentativas a través del ciclo de Krebs<sup>6</sup>, así como químicamente mediante la descarboxilación del ácido  $\alpha$ -cetoglutarico por reacciones químicas oxidativas<sup>7</sup>.

El objetivo del presente estudio es la identificación de los compuestos químicos presentes en el vino y que son responsables de la interpretación de mineralidad. El conocimiento de estos compuestos asociados con el aroma y/o sabor mineral tanto en vinos blancos y como en tintos, permitirá sin duda aportar un mayor conocimiento frente a esta peculiar percepción sensorial, asociando el término a una base química responsable de su percepción.

Para llevar a cabo este estudio se seleccionó un conjunto de 17 vinos, entre los que se encontraban blancos y tintos de diferentes añadas y regiones vitivinícolas, escogidos por su fama como vinos minerales. El conjunto de vinos seleccionados fueron estudiados metódicamente mediante técnicas de cromatografía de gases/espectrometría de masas, cromatografía ICP/masas y técnicas enzimáticas, además de otros análisis del tipo rutinario frecuentemente utilizados en el sector enológico. Adicionalmente los vinos elegidos fueron sometidos a un profundo análisis sensorial mediante dos paneles de cata cualificados, uno formado por enólogos y otro por profesionales del sector no elaboradores de vino. Ambos paneles no recibieron información alguna sobre el objetivo de la cata, evitando así influencias, sugerencias y preferencias para lograr así la máxima objetividad en las sesiones de cata. Por último, la matriz de datos resultante se analizó a través de herramientas estadísticas multifactoriales como es el Análisis de Componentes Principales (ACP).

### 3. Materiales y métodos

Se contó con 17 vinos comercializados y presentes en el mercado que fueron seleccionados por haber sido catalogados como minerales. La lista de los vinos empleados en dicho estudio aparece descrita en la Tabla 1.

La determinación de compuestos aromáticos mayoritarios fue realizada siguiendo el método propuesto por Ortega López, Cacho y Ferreira<sup>8</sup> mediante cromatografía de gases masas y detector FID:

- **Los análisis de compuestos minoritarios** se realizaron mediante el método de preparación de muestras propuesto por López, Aznar, Cacho y Ferreira<sup>9</sup> y detección mediante cromatografía de gases masas.
- **Los compuestos volátiles de la madera** se analizaron mediante extracción líquido-líquido y posterior análisis por cromatografía de gases/espectrometría de masas.
- **Los compuestos aromáticos responsables de defectos organolépticos** en el vino se cuantificaron mediante cromatografía de gases masas por micro extracción en fase sólida (SPME).
- **Para la cuantificación de los compuestos químicos con azufre** contenido en su estructura química se utilizó la técnica de cromatografía de gases con detector fotométrico de llama o también conocida por sus siglas GC-FPD.
- **La determinación de metales** fue desarrollada mediante espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP/MS).
- **Los parámetros rutinarios** como la determinación de grado alcohólico, pH, acidez total, intensidad colorante, índice de polifenoles totales y dióxido de azufre libre y total se analizaron siguiendo las directrices de los métodos oficiales de análisis de vinos publicados en el BOE número 1988-11256.
- **Los ácidos orgánicos** fueron analizados por métodos enzimáticos mediante analizador Y-15 y manualmente mediante espectrofotometría (ácido succínico).

Para poder interpretar de una manera objetiva la matriz de datos de compuestos químicos obtenida, se utilizó un software estadístico de tipo ANOVA y Análisis de Componente Principales (ACP) mediante técnicas discriminantes.

El análisis de la validez de uno de los dos paneles de cata participantes en el estudio perteneciente al grupo de enólogos, fue estudiado mediante el software "Panel Check" desarrollado por la Universidad de Dinamarca. Los datos obtenidos de las sesiones de cata fueron analizados en conjunto mediante ANOVA, Análisis de Componente Principales (ACP) por técnicas discriminantes y regresión lineal.

Nº	Tipología	variedad	Añada	Región vinícola/ estilo de producción
1	Vino blanco	Godello	2011	Valdeorras (Spain)
2	Vino blanco	Sauvignon blanc	2008	Loira Valley (France)
3	Vino blanco	Treixadura	2011	Ribeiro (Spain)
4	Vino blanco	Godello	2011	Ribera Sacra (Spain)
5	Vino blanco	Riesling	2008	Niederosterreich (Austria)
6	Vino blanco	Garnacha Gris	2011	Empordán (Spain)
7	Vino blanco	Ribolla	2010	Primoska (Slovenia)
8	Vino blanco	Xarel.lo	2011	Penedés (Spain)
9	Vino blanco	Riesling	2010	Mosel (Germany)
10	Vino blanco	Riesling	2009	Mosel Trocken (Germany)
11	Vino blanco	Riesling	2009	Mosel Kabinett (Germany)
12	Vino tinto	Tinta del País	2007	Vino submarino (Spain)
13	Vino tinto	Blaufrankisch	2008	Burgerland (Austria)
14	Vino tinto	Syrah	2008	Ródano Norte (France)
15	Vino tinto	Poulsard	2010	Jura (France)
16	Vino tinto	Garnacha, Syrah	2011	Montsant (Spain)
17	Vino tinto	Syrah	2007	Aragón (Spain)

**Tabla 1.** Descripción de los vinos utilizados en el estudio.

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1 Análisis sensorial mediante paneles entrenados de catadores**

Para la realización de la parte sensorial del estudio se contó con la ayuda de dos paneles de cata distintos, uno en Rioja y otro en Barcelona, formados por 20 jueces sensoriales cada uno y entrenados en análisis sensorial. El primero de ellos formado por enólogos y el segundo por profesionales del sector vitivinícola no elaboradores. El objetivo fue obtener una visión de la mineralidad del vino por parte de elaboradores, profesionales y consumidores al mismo tiempo, y comprobar si se percibían de forma evidente entre ambos grupos, tanto las diferencias como las similitudes en el uso e interpretación del término mineralidad.

A los dos paneles de catadores se les dieron a catar los 17 vinos seleccionados por su reputación como vinos minerales en el mercado internacional. Entre las preguntas que se les realizaron durante las dos sesiones de cata se introdujo el término mineralidad como adjetivo, pero sin aparecer como un atributo de mayor relevancia respecto a los demás. La cata se desarrolló totalmente a ciegas para evitar influencias e interpretaciones subjetivas previas. El objetivo de esta fase previa fue seleccionar de entre todos los vinos elegidos, un conjunto de 6 vinos entre blancos y tintos que hubieran sido definidos de manera consensuada como los vinos más minerales en su percepción sensorial por ambos paneles de cata. De la misma forma se estableció como objetivo localizar dos vinos, uno blanco y uno tinto cuya definición se alejara claramente del término mineralidad en su percepción para ser utilizados a modo de muestras control, es decir como referencia opuesta a la percepción de mineralidad.

#### **4.1.1 Fase aromática de la cata**

En los vinos blancos ambos paneles de cata coincidieron en identificar a los vinos enumerados en la tabla como 2 (Sauvignon blanc Loira central 2008) y 11 (Riesling Mosel Kabinett 2009) como los más minerales, uno de los paneles señaló también la muestra número 10 (Riesling, Mosel Trocken 2009) con dicho atributo. Los vinos blancos más jóvenes fueron los más alejados del descriptor

“mineralidad”, mientras que los que llevaban más tiempo en botella parecían ser los más minerales”.

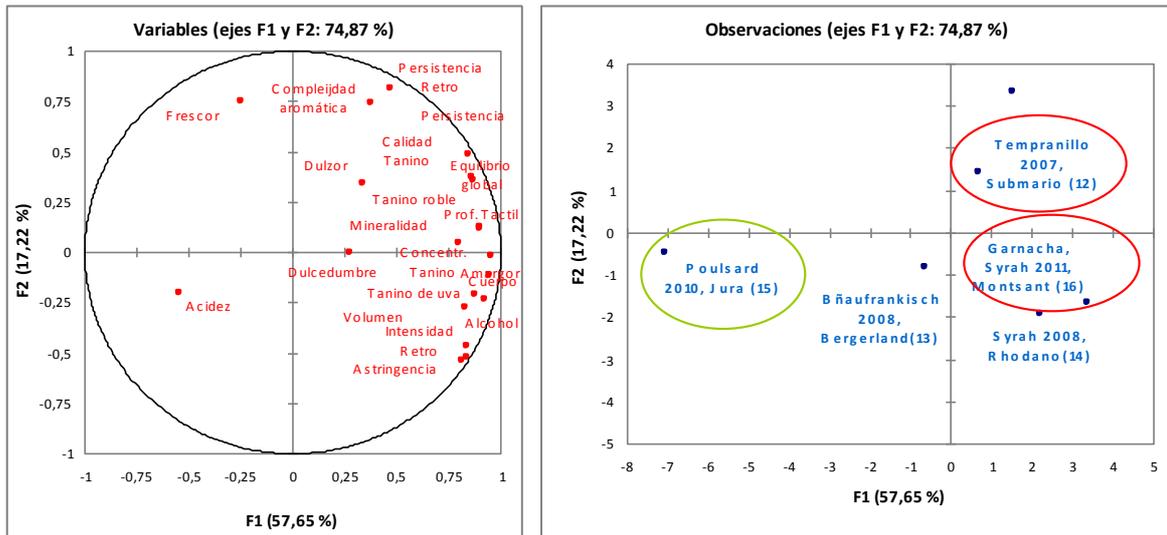
Se detectó un claro consenso entre ambos paneles de cata para la fase aromática de los vinos tintos objeto del estudio. En esta ocasión los vinos 12 (Tinta del País submarino 2007) y 14 (Syrah Ródano Norte 2008) fueron los elegidos por ambos paneles para categorizarlos como minerales. Sin embargo, la muestra 15 (Poulsard Jura 2010) se alejaba en su descripción del atributo mineralidad en el mapa sensorial obtenido por ambos paneles.

#### **4.1.2 Fase gustativa de la cata**

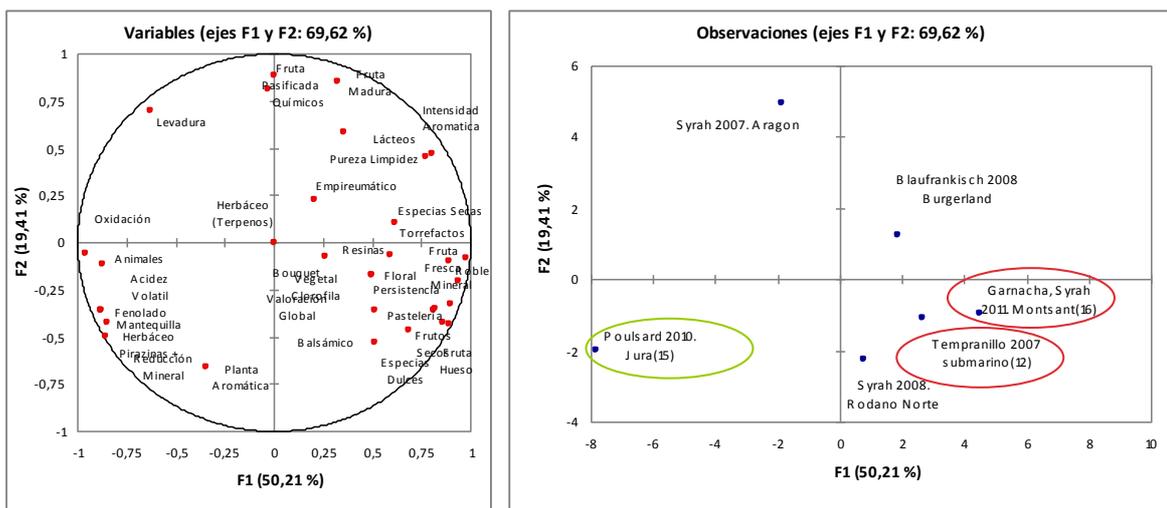
En boca, ambos paneles identifican a los vinos blancos 2 (Sauvignon blanc Loira central 2008) y 10 (Riesling, Mosel Trocken 2009) como minerales, mientras que el vino blanco 11 (Riesling Mosel Kabinett 2009) es definido como bajo en este atributo por uno de los paneles. Alejado del término mineral se localiza el vino blanco 7 (Ribolla Primoska 2010) que queda de esta manera indicado como vino control en el caso de los vinos blancos.

El análisis sensorial de vinos tintos por ambos paneles de cata muestra en la fase gustativa una nueva concordancia al elegir los vinos 12, 14 y 16 (Tinta del País 2007, Syrah 2008, Garnacha y Syrah) como los más minerales. La figura 1 muestra la disposición de atributos dentro de la fase gustativa del panel de expertos del sector vitivinícola enólogos (expertos en elaboración de vino). Enmarcados en rojo se encuentra la disposición en coordenadas del atributo mineralidad (gráfico izquierda) y los vinos 12 y 16 que están próximos a este atributo (gráfico derecha). Enmarcado en verde la muestra 15 (Poulsard, Jura 2010), cuyas respuestas por parte de los jueces sensoriales lo alejan en la disposición de variables estadísticas del término mineralidad, encontrándose más cercano solo al atributo acidez. La figura 2 muestra la disposición de atributos dentro de la fase retronasal del panel enólogos (expertos en elaboración de vino).

La tabla 2 muestra un resumen de los vinos blancos y tintos que de manera consensuada se encontraron por ambos paneles de cata más próximos (en rojo) o más alejados (en verdes) al término mineralidad según el estudio de la varianza realizado mediante Análisis de Componentes Principales.



**Fig. 1-** Resultados de análisis mediante ACP y coordenadas de las posiciones encontradas del análisis sensorial de los vinos tintos por panel de cata de profesionales del sector vitivinícola para la fase gustativa. Los ejes explican el 74,87% de la varianza. En verde los vinos con menor carácter mineral y en rojo los que más.

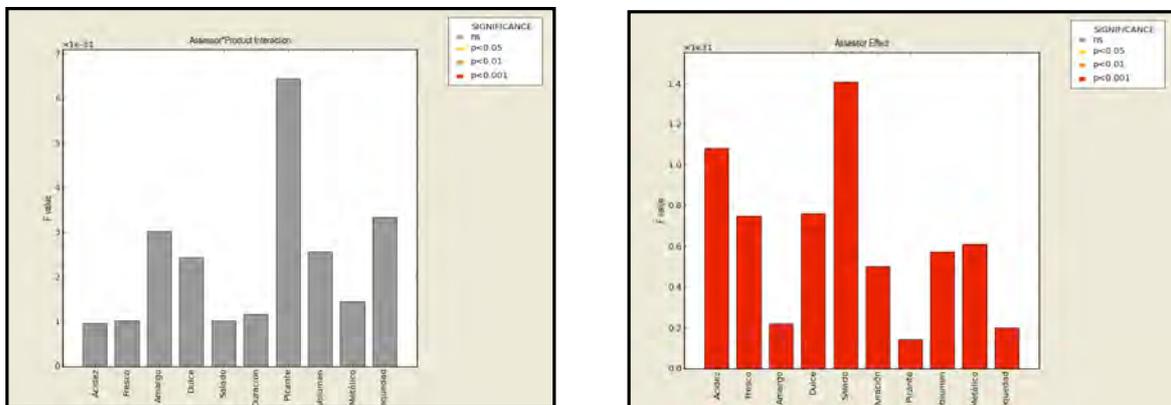


**Fig. 2-** Resultados de análisis mediante ACP y coordenadas de las posiciones encontradas del análisis sensorial de los vinos tintos por el panel de enólogos para la fase aromática. Los ejes explican el 69,62% de la varianza. En verde los vinos con menor carácter mineral y en rojo los que más.

Vinos blancos				Vinos tintos			
Cercano al atributo mineralidad		Alejado del atributo mineralidad		Cercano al atributo mineralidad		Alejado del atributo mineralidad	
2	Sauvignon Blanc, Loira central, 2008	7	Ribolla, 2010 Primoska	12	Tinta del pais, 2007, vino submarino	15	Poulsard, 2010, Jura
10	Riesling 2009, Mosel Trocken			14	Syrah, 2008, Rodano norte		
11	Riesling 2010, Mosel Kabinett			16	Garnacha, Syrah, 2011, Montsant		

**Tabla 2-** Resumen de los resultados del estudio sensorial donde se definen los vinos más cercanos y alejados al concepto mineralidad según los paneles de cata colaboradores del estudio.

Con el objetivo de validar la competencia de los paneles de cata, el panel de catadores enólogos fue validado mediante el software informático Panel Check. En la figura 3 se muestra el estudio de posibles interacciones entre los jueces sensoriales y productos. El cuadro de la izquierda en color gris que enmarca ambas figuras indica que no existe una interacción significativa entre estos factores y por tanto se pueden considerar como satisfactorios los resultados obtenidos.



**Figura 3-** Resultados de validación del panel sensorial mediante el software Panel Check. Las gráficas muestran los resultados del panel de cata de la Universidad de La Rioja. El cuadro de la izquierda muestra las posibles interacciones entre jueces y producto. El cuadro de la derecha muestra las interacciones entre jueces.

## 4.2 Análisis de la composición química

El conjunto de los 17 vinos fue analizado en su composición química pormenorizada mediante diferentes técnicas analíticas con el objetivo de caracterizar su composición. En base a los resultados del análisis sensorial,

donde se definieron 6 vinos como minerales y dos vinos como alejados de dicho atributo, se trató de localizar los compuestos químicos que caracterizaban y diferenciaban los vinos entre sí y así definir la huella química de la mineralidad. Partiendo además de la hipótesis de que el atributo “mineralidad” no fuera el resultado de la presencia de un solo compuesto químico, sino también de la posible sinergia establecida por la presencia de varios componentes químicos o familias de compuestos.

#### **4.2.1 Análisis enológicos rutinarios**

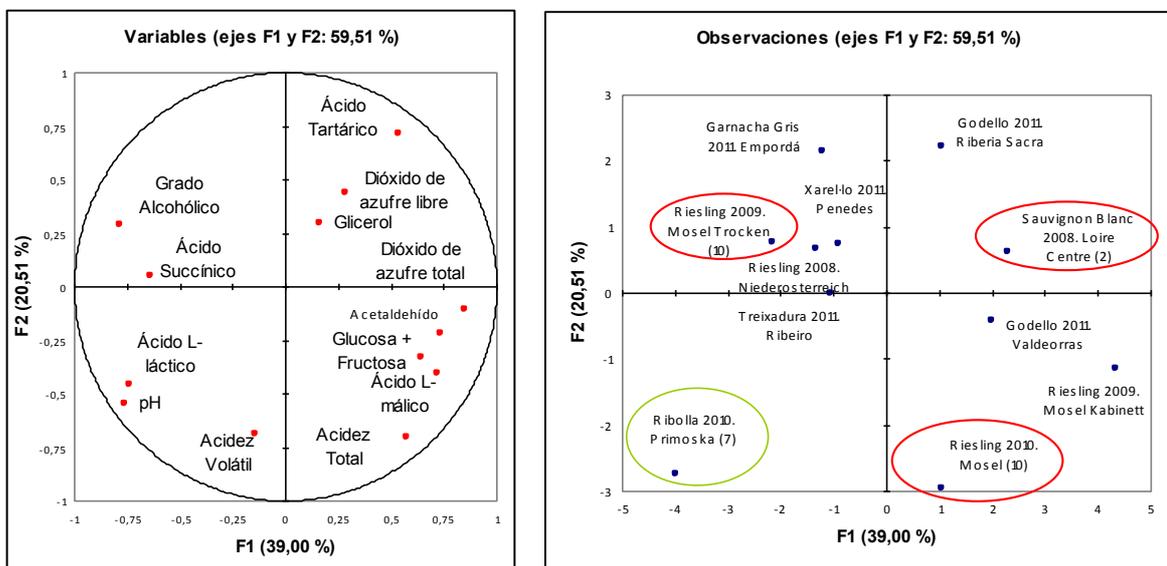
Estudios previos realizados apuntan a la posible interacción entre la composición de ácidos orgánicos en el vino y la sensación del acidez del mismo con el descriptor mineralidad.

La acidez del vino se debe a su composición en ácidos orgánicos, todos ellos sintetizados por la planta o provenientes del metabolismo microbiano, y en ocasiones, modificadas sus concentraciones por correcciones o intervenciones en la bodega.

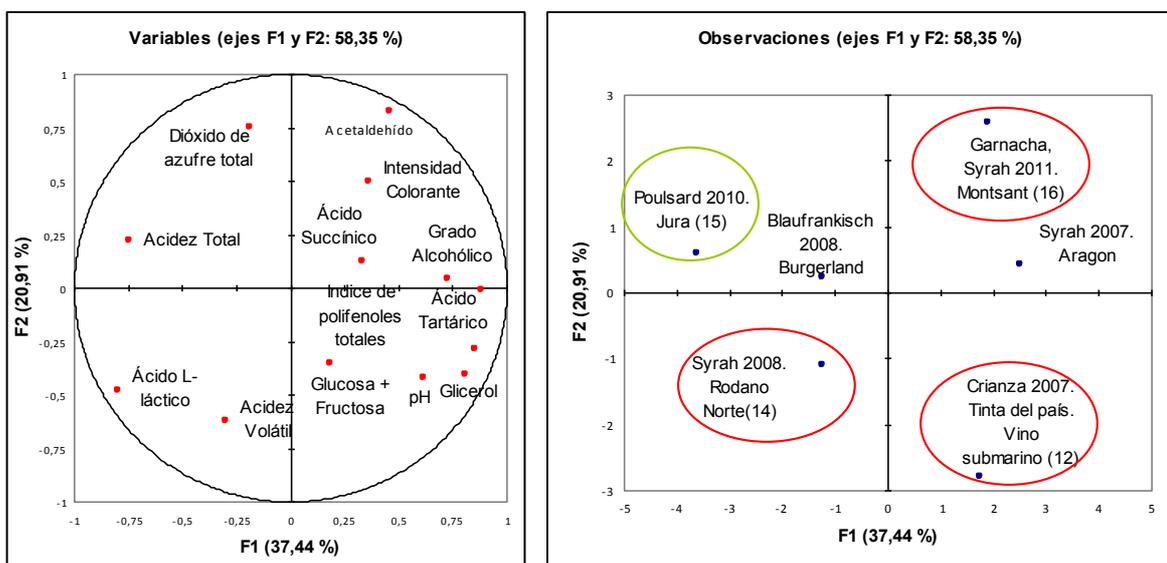
En la uva hay dos ácidos principales, el ácido tartárico, que es el más abundante y el ácido málico, cuyo contenido es muy cambiante en función de la variedad, de las condiciones climáticas, de los rendimientos obtenidos, estado de madurez de la vendimia y del estrés hídrico y térmico de la viña. Normalmente el ácido málico está en concentraciones bastante más bajas que el ácido tartárico e incluso puede estar ausente en aquellos vinos que han realizado la fermentación maloláctica de forma total o parcial. Durante la fermentación alcohólica y maloláctica se generan también otros ácidos que no están presentes inicialmente en las uvas ni en el mosto. De estos ácidos los más importantes son el ácido láctico de carácter más suave y lácteo, el ácido acético que produce una sensación punzante y agria, y el ácido succínico que tiene un gusto intenso y salado. Sensorialmente, los ácidos tartárico, láctico y málico inducen presumiblemente a aumentar la sensación de astringencia, sobre todo éste último.

Para esta sección se estudiaron los parámetros rutinarios de los vinos analizados mediante métodos oficiales. Los ácidos orgánicos fueron analizados mediante técnicas enzimáticas.

A continuación se representan los esquemas de representación del Análisis de Componentes Principales (ACP) representados en las figuras 4 y 5 mostraron la relevancia en la presencia del ácido succínico en los vinos 10 y 16, así como la importancia de parámetros relacionados, como la acidez total, pH y dióxido de azufre libre, particularmente en los vinos 2, 11 y 12. Estos resultados coinciden con estudios previos que ya apuntaban a la relación entre el término mineralidad y la sensación de acidez o salinidad en boca.



**Figura 4.** ACP de vinos blancos, composición en ácidos orgánicos y parámetros rutinarios.



**Figura 5.** ACP de vinos tintos, composición en ácidos orgánicos y parámetros rutinarios.

## 4.2.2 Análisis del contenido en metales

El propio término mineralidad permite fácilmente asociar en la cata que su percepción puede estar debida al contenido en minerales de un vino y por ende, que su composición en metales pueda ser el origen de dicha percepción mineral, tanto a nivel olfativo como gustativo.

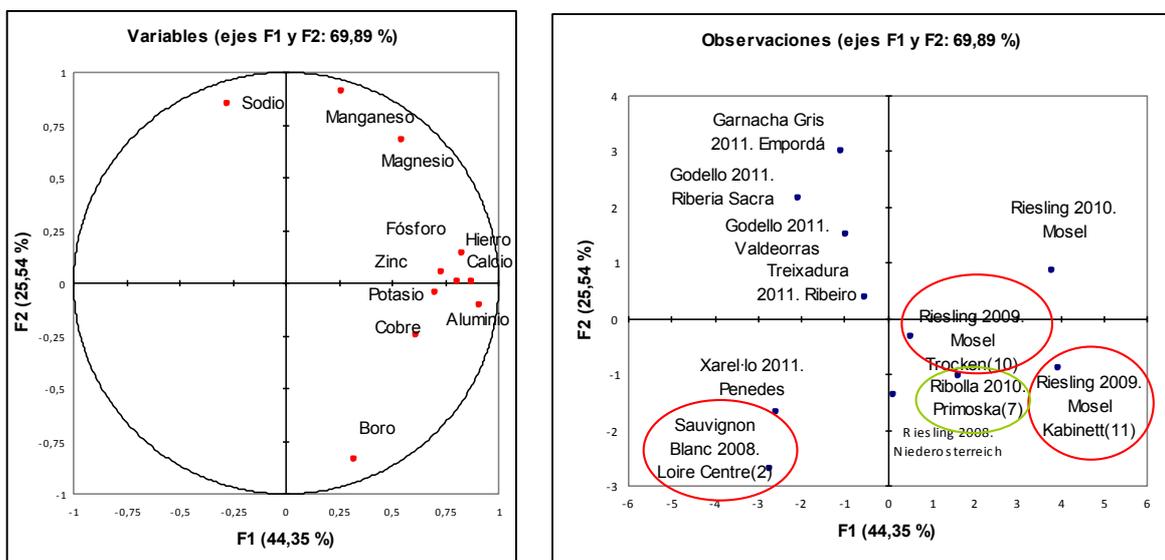
Las tablas 3 y 4 muestran las concentraciones medias expresadas respectivamente en ppb (partes por billón) y ppm (partes por millón) de los elementos metálicos más abundantes en vinos blancos y tintos. Con esta premisa se decidió analizar mediante espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP/MS) la concentración de metales presentes en los vinos estudiados. En los resultados obtenidos, tanto en vinos blancos como en tintos representados en las figuras 6 y 7, se observa una dispersión de las muestras definidas como minerales, no encontrándose agrupadas en el mismo cuadrante o próximas entre sí. Si bien, en las muestras 10 y 11 parece relevante su concentración en cobre, potasio, zinc y fósforo y en la muestra 14 su concentración en zinc.

Elemento	Vinos tintos	Vinos blancos	Elemento	Vinos tintos	Vinos blancos
Co	2,1	2,33	Li	2,35	4,9
Ni	22,1	16,1	Rb	856	479
Cu	66,1	73,2	Cs	2,92	1,97
Zn	444	444	Sr	610	449
As	7,11	5	Ba	193	101
Mo	14,2	6,5	La	0,56	0,66
Ag	0,023	0,023	Ce	0,97	1,37
Cd	0,61	0,51	U	0,37	0,58
Pb	17,8	13,2	Th	0,047	0,096
Bi	0,49	0,34	V	29,1	21

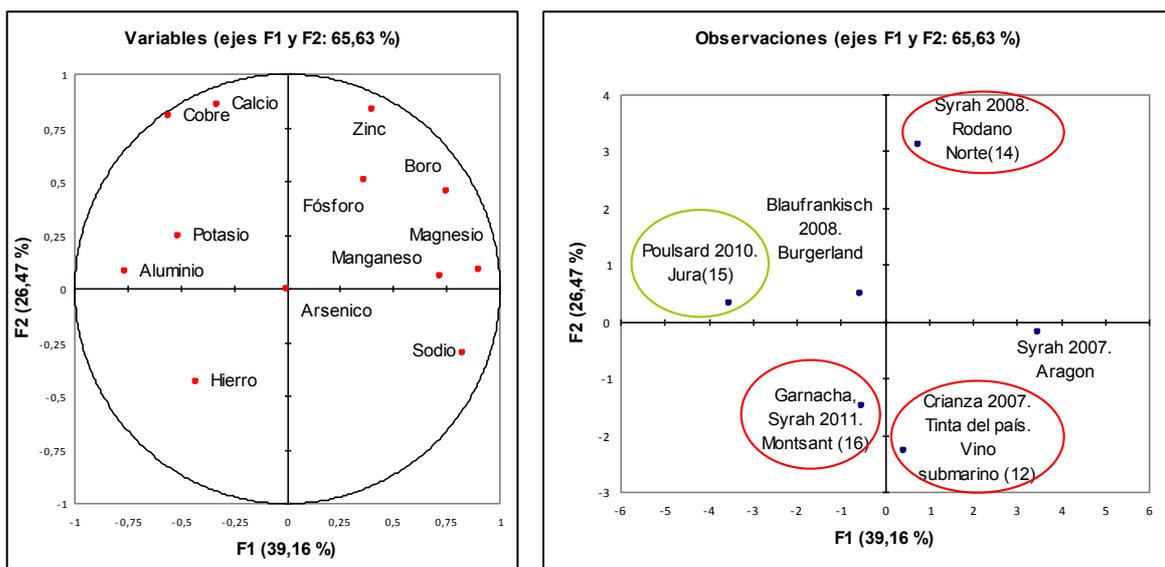
**Tabla 3.** Concentraciones medias (ppb) en vinos blancos y tintos de elementos metálicos (30).

Elemento	Vinos tintos	Vinos blancos
K	1110,9	344,6
Mg	135,8	96,4
Ca	90,3	75,2
Na	18,2	30,3
Fe	3,98	1,64

**Tabla 4.** Concentraciones medias (ppm) en vinos blancos y tintos de elementos metálicos (31).



**Figura 6.** ACP de vinos tintos, composición en metales.



**Figura 7.** ACP de vinos blancos, composición en metales.

### 4.2.3 Análisis de compuestos aromáticos mayoritarios, minoritarios y tiólicos de los vinos

Son muchas las formas en las que se podrían clasificar los vinos según sus aromas, si bien una clasificación muy extendida es la de tratar los aromas según las fases del proceso de elaboración en la que aparecen.

- **Aromas Varietales:** Esta clasificación incluiría primero los aromas varietales o procedentes de las uvas. En este apartado se incluyen compuestos como el linalol, que huele a madera de rosa; el nerol, que huele a rosa; el  $\alpha$ -terpineol, que tiene un olor alcanforado; limoneno, o la citronelol, de nota dominante cítrica y el óxido de rosa cis, con aromas que recuerdan a esa flor. Otros compuestos importantes varietales de relevancia organoléptica son los C13-norisoprenoides como la  $\beta$ -damascenona, con un olor que varía desde helado de mora, manzana hasta ciruelas pasas, y la  $\beta$ -ionona, con olor a violetas. También las pirazinas, con aromas vegetales del tipo pimienta.

Una clasificación aparte merecen los denominados tioles varietales cuya concentración en los vinos, aunque ínfima, aporta aromas frutales a maracuyá, fruta de la pasión y notas herbáceas como las provenientes de la presencia de 4-mercapto-2-metilpenta-2-ona, con aroma a Boj. El análisis estadístico para estos compuestos, al igual que para los compuestos varietales, no muestra una relación clara de su presencia con las percepciones en vinos minerales, tanto para el subgrupo de vinos blancos como de tintos.

- **Aromas Fermentativos:** En la familia de los aromas fermentativos, entre los más importantes se encuentran el acetato de isoamilo, con un aroma a plátano, y los acetatos de isobutilo, hexilo y feniletilo (los tres de carácter afrutado y floral). Los compuestos de isobutirato e isovalerato de etilo, con aromas de fresa y piña. También son importantes a destacar en este grupo los compuestos como el ácido isobutírico (olor de queso curado, mantequilla rancia) y el ácido isovalérico (sudor y queso curado). Por otra parte se engloban los ácidos grasos de notas aromáticas que recuerdan a queso, mantequilla, grasa, como el lactato de etilo, y los ésteres etílicos de

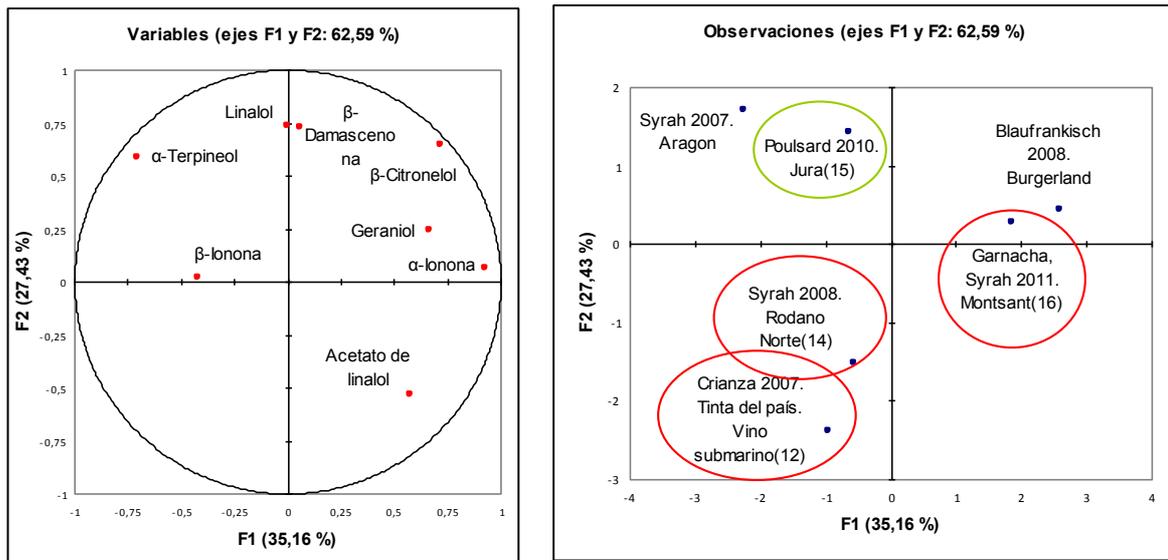
aromas afrutados como el hexanoato de etilo con aroma de manzana, el acetato de 3-metil butilo, de olor a plátano y el octanoato de etilo, con notas de piña.

- **Aromas de Envejecimiento y Evolución:** Por último, los aromas procedentes de la madera y maduración por parte del oxígeno durante la crianza del vino. Entre los aldehídos destaca el fenilacetaldehído con aromas a miel o a cera de abejas (común en vinos blancos envejecidos) y el eugenol con aroma a clavo (común en vinos tintos envejecidos en roble). Entre los compuestos más conocidos que cede la barrica son las whisky lactonas con aromas característicos a coco, floral y de madera. La vainillina con aroma a vainilla y caramelo; el vainillato de etilo que recuerda al polen.

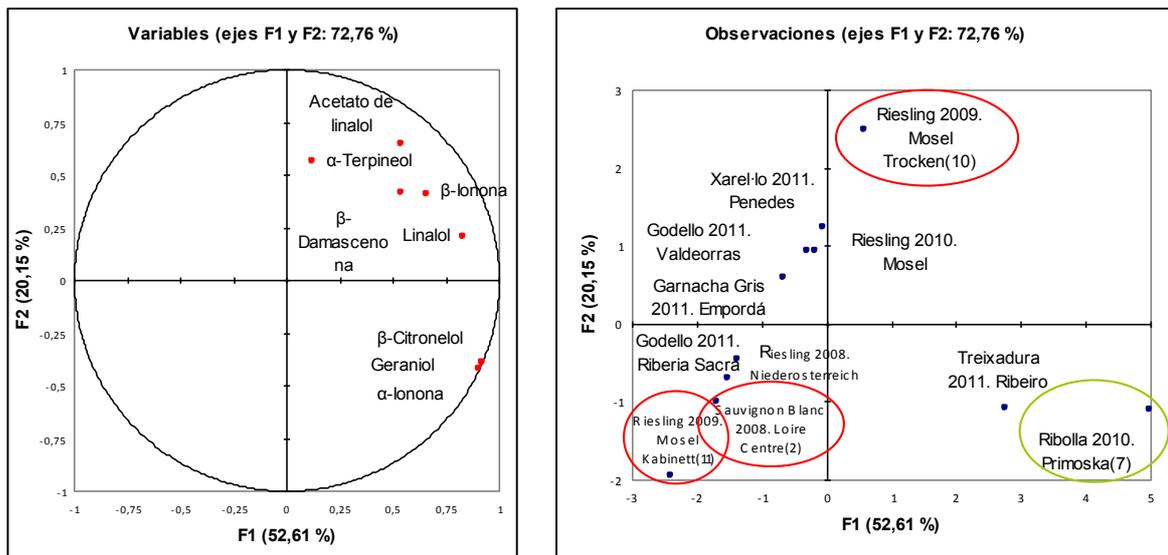
En base a esta clasificación se analizaron el conjunto de los 17 vinos en su fracción aromática varietal, prefermentativa, fermentativa y de envejecimiento. Para poder simplificar el tratamiento de los datos se analizaron estadísticamente tomando por separado los compuestos aromáticos mayoritarios, minoritarios y típicos de los vinos blancos y tintos.

Cabe remarcar que algunos compuestos odorantes pueden dominar en la concentración química de un vino o ser estos muy intensos olfativamente, pero lo que normalmente percibe un catador es el efecto de conjunto de todos los compuestos odorantes. Interpretar dicha percepción tomando por separado cada uno de los componentes no permite una interpretación ajustada con la realidad.

En los resultados representados en las figuras 8 y 9 se puede observar la disposición en los gráficos ACP de los resultados analíticos de aromas varietales. En la representación de los vinos blancos (figura 8) se muestra una disposición alejada de los vinos minerales de dichos compuestos. Así los vinos blancos seleccionados como minerales (2,10 y 11) se encuentran situados en el cuadrante opuesto a las posiciones de los compuestos varietales como el linalol o  $\alpha$ -terpineol. Algo similar se observa en la disposición de aromas varietales para los vinos tintos (figura 8), donde los vinos 12 y 14 se encuentran posicionados en el cuadrante opuesto a las coordenadas encontradas para los compuestos varietales. Esta evidencia parece corroborar estudios previos donde se desvincula la mineralidad de los aromas frutales y varietales.



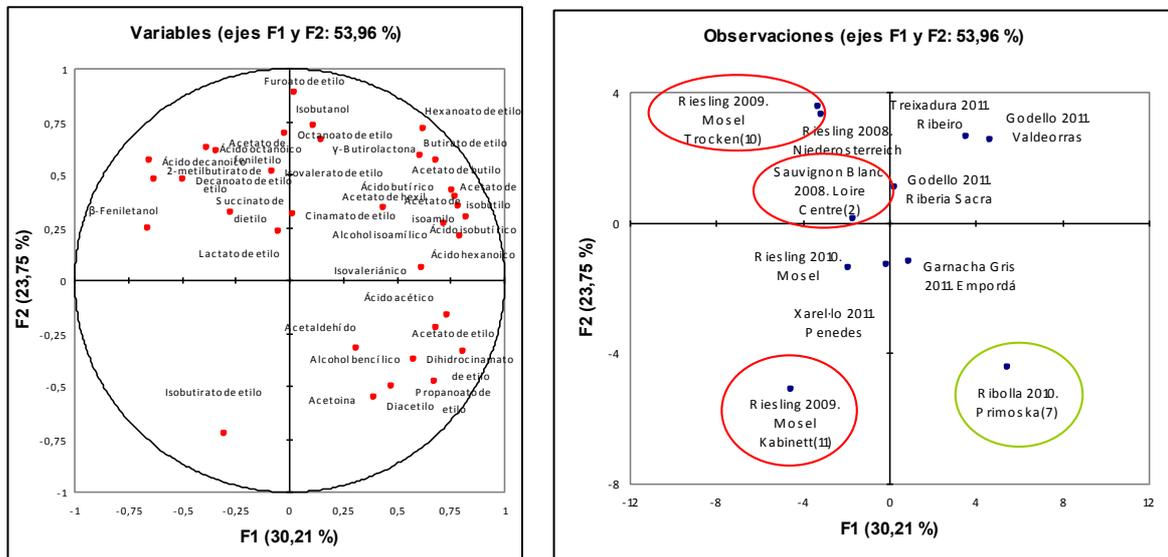
**Figura 8.** ACP de vinos tintos sobre compuestos aromáticos varietales.



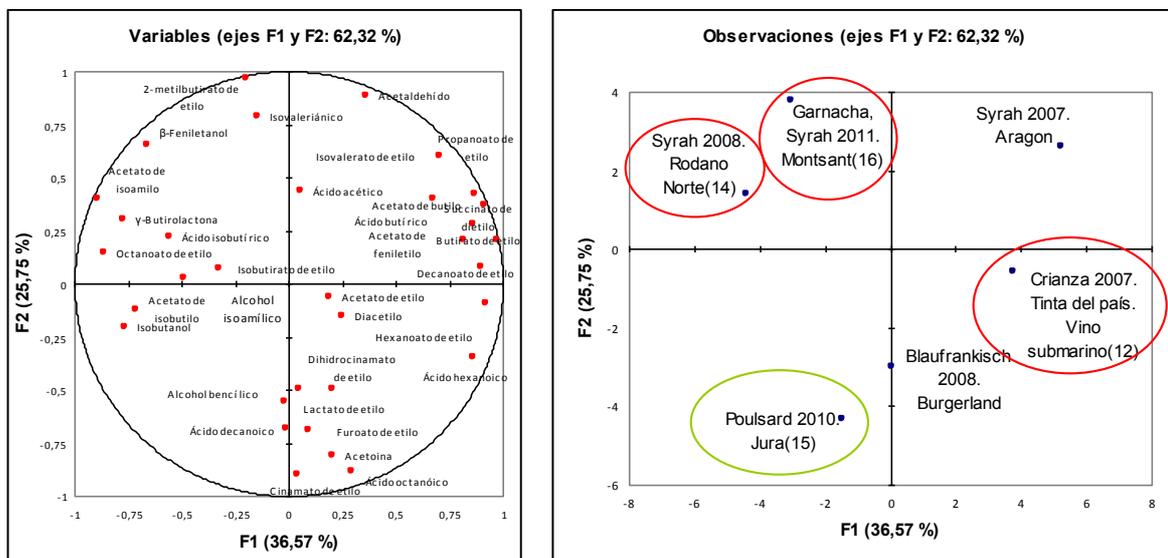
**Figura 9.** ACP de vinos blancos sobre compuestos aromáticos varietales.

Los aromas prefermentativos y fermentativos de los vinos blancos de carácter mineral señalan compuestos como los ácidos grasos: ácido octanoico (jabón, lácteo rancio) y decanoato de etilo (fruta, disolvente), así como el ester succinato de etilo y el derivado benzoico del β-feniletanol, relacionados con el carácter mineral (figura 10). El vino blanco más alejado de la mineralidad se sitúa en diferente cuadrante y se relaciona con aromas de oxidación como el acetaldehído. Para los vinos tintos (figura 11), la correlación se establece con compuestos como el m-cresol (fenólico, humo), β-feniletanol (floral: rosa, azahar) y γ-butirolactona.

En las figuras 9 y 10, donde se muestran el Análisis de Componentes Principales para los aromas relacionados con el proceso fermentativo, tanto para los vinos blancos como para los tintos.



**Figura 10.** ACP de vinos blancos, compuestos aromáticos fermentativos.



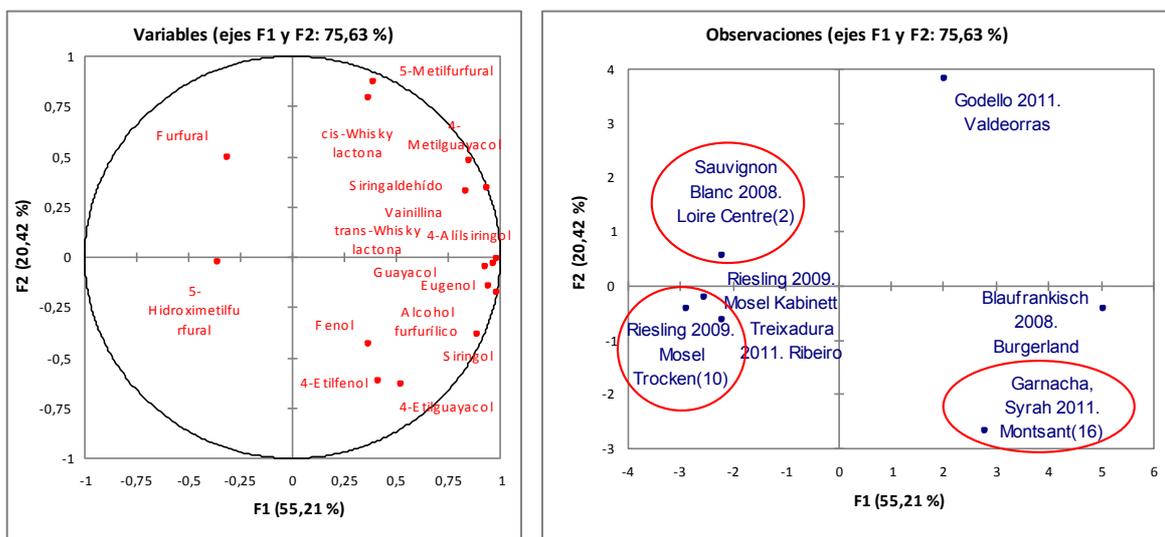
**Figura 11.** ACP de vinos tintos, compuestos aromáticos fermentativos.

Para finalizar con la fase de aromas del vino se analizaron los compuestos volátiles procedentes del envejecimiento y que se desarrollan a continuación en el punto 4.2.4. Ambos tipos de vinos blancos y tintos con percepción mineral parecen relacionarse con la presencia de  $\gamma$ -decalactona (coco, fruta), responsable

de los aromas a nuez de coco, así como de la presencia de aromas animales producidos por los fenoles volátiles 4-etilfenol (animal) y 4-etilguayacol (animal).

#### **4.2.4 Análisis de compuestos volátiles provenientes de la madera**

El estudio de compuestos cedidos por el envejecimiento en madera de roble del vino fue realizado sobre 7 de los 17 vinos del estudio, aquellos que tuvieron contacto con la misma; 5 vinos blancos y dos vinos tintos. Dos de las muestras de vinos blancos clasificados como minerales (2 y 10) fueron relacionadas con los aldehídos furfural (almendras) y 5-metilfurfural (almendras), el vino tinto 16 se encontraba posicionado cercano a compuestos volátiles con aromas animales, tales como el 4-etilfenol y el 4-etilguayacol. Los resultados estadísticos se pueden observar en la figura 12.



**Figura 12.** ACP de vinos blancos y tintos teniendo en cuenta los compuestos volátiles de la madera.

#### **4.2.5 Análisis de compuestos responsables de defectos organolépticos del vino**

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la clasificación aromática de los vinos es la presencia de ciertos compuestos químicos volátiles responsables de la aparición potencial de defectos organolépticos. Además, ya es de sobra conocido que el efecto potencial negativo de estos compuestos depende de sus concentraciones en el vino. En determinados casos, a bajas concentraciones, estos pueden contribuir a la percepción de complejidad, rompiendo el equilibrio

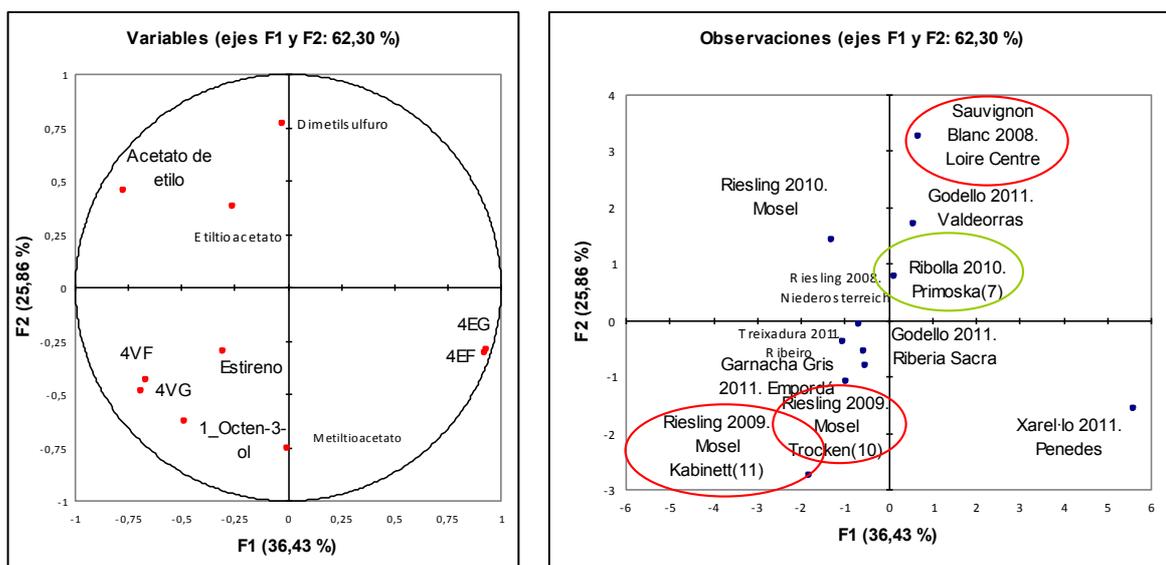
del buffer aromático cualitativo cuando se incrementa su concentración. No son pocos los catadores y consumidores que toleran e incluso les agrada cierta presencia de contaminación de etilfenoles producidos por *Brettanomyces* en algunos los vinos.

Los principales atributos negativos de los vinos tranquilos pueden clasificarse en diversas familias de grupos aromáticos:

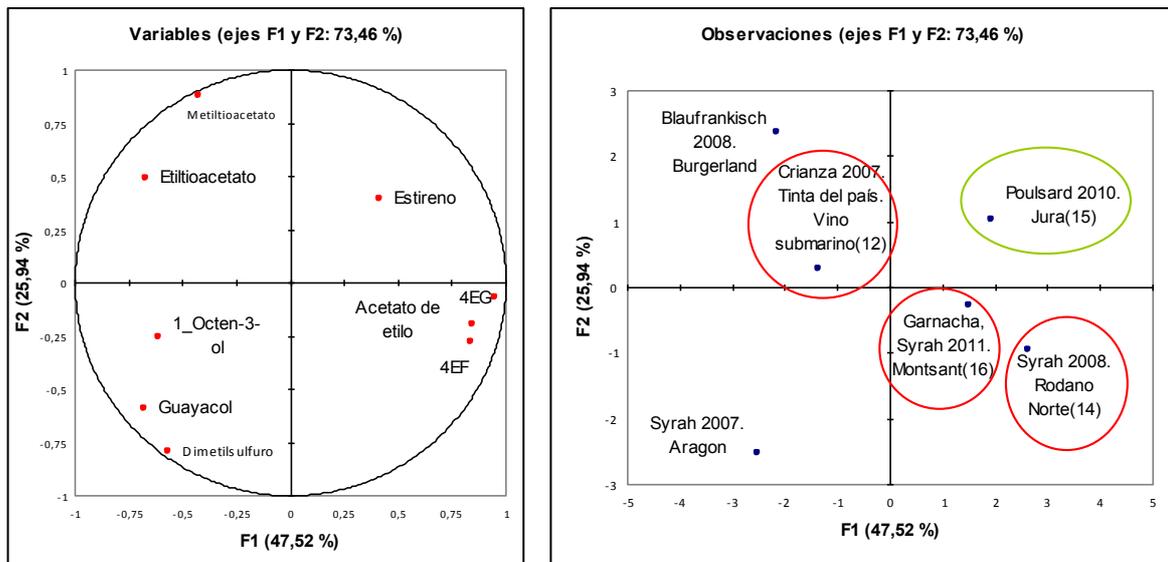
- **Vegetal:** Así se encontrarían las familias vegetales (con aromas a herbáceo, pimienta verde y hiedra), donde las principales moléculas implicadas en su causa son la isobutilmetoxipirazina (IBMP), con connotaciones vegetales. Algunos mercados como Chile o Argentina toleran su presencia en cata, sin embargo Burdeos lo penaliza.
- **Moho-Terroso:** La familia de los aromas mohoso-terrosos (tierra húmeda, característico sabor a corcho), en este apartado son características las moléculas de geosmina y tricloroanisol (TCA y derivados los haloanisoles). La geosmina está generada por bacterias (*Streptomyces coelicolor*), cianobacterias y algunos hongos (*Penicillium expansum*). El suelo es una estructura compleja, rico en minerales y materia orgánica, así como en organismos microbiológicos (bacterias, levaduras y hongos). El olor característico del suelo se ha reducido en nuestro caso a este componente denominado geosmina. Esta sustancia es sintetizada por los microorganismos del suelo y produce aromas que recuerdan a tierra recién labrada o húmeda y que además presenta un umbral sensorial extremadamente bajo, del orden de 50 ng/L, es decir con un notable poder odorante.
- **Acetales:** La tercera familia de defectos asociadas a típicos defectos es la de acético/acetato, con vinos caracterizados por picado acético (vinagre) o aromas acescentes de pegamento (acetato de etilo).
- **Compuestos Azufrados:** También se estudiaron defectos de reducción acontecidos por la presencia de complejos compuestos azufrados, con olores que recuerdan a huevos podridos, como el sulfhídrico y los mercaptanos, aromas de gas, cocido, ajo y col.

- **Animal:** La familia de aromas animales con aromas a caballeriza, cuero, fenolado, sudor de caballo, siendo las moléculas asociadas el 4-etifenol y 4-etilguayacol, comúnmente resultado de contaminación microbiológica por *Brettanomyces*.
- **Lácteos:** La familia de los aromas lácticos desagradables (mantequilla y leche agria), representados por el diacetilo en elevadas concentraciones cuando la fermentación maloláctica sufre desviaciones.

En las figuras 13 y 14 se muestran los resultados estadísticos obtenidos para estas familias de compuestos. Se aprecia que ambos tipos de vinos (blancos y tintos) se correlacionan de nuevo con la presencia de los fenoles volátiles 4-etilfenol (animal) y 4-etilguayacol (animal). Dos de los vinos blancos aparecen al igual que en la sección de aromas de envejecimiento unidos a la presencia de aromas a nuez de coco provenientes del compuesto  $\gamma$ -decalactona (coco, fruta).



**Figura 13.** ACP de vinos blancos en relación a los compuestos químicos asociados a defectos organolépticos en el vino.



**Figura 14.** ACP de vinos tintos en relación a los compuestos químicos asociados a defectos organolépticos en el vino.

#### 4.2.6 Análisis estadístico mediante regresión lineal

El análisis estadístico de regresión lineal es utilizado para corroborar que existe una interrelación lineal entre dos variables permitiendo determinar el rango de dependencia entre ambas. Con esta premisa se ejecutó este estudio estadístico para cada uno de los compuestos químicos analizados en los 17 vinos del estudio y las puntuaciones medias obtenidas de las sesiones de cata de ambos paneles. Para simplificar el tratamiento de los datos se establecieron hipótesis asociativas entre los compuestos químicos y el descriptor mineralidad a nivel olfativo y gustativo. En las tablas 5 y 6 se representan a modo de resumen los resultados de la regresión lineal obtenidos sobre los vinos blancos y tintos cuya probabilidad de estar relacionados era mayor a un 80%. En la primera columna se representa el grupo analítico al que pertenece cada compuesto, en la segunda se especifica con que tipo de descriptor se encuentra relacionado y por último, en la cuarta columna, se representa la probabilidad de relación lineal hallada entre ambas variables. Resaltado en negrita se encuentran aquellos parámetros coincidentes en mostrar una probabilidad mayor al 80% de relación lineal.

GRUPO ANALITICO	DESCRIPTOR MINERALIDAD	PARAMETRO	% PROBABILIDAD
Enológicos	Gustativa	<b>Ph</b>	82,88
Enológicos	Gustativa	Ac tartarico	86,06
Enológicos	Gustativa	IPT	93,54
Aromátic. prefermentativos	Aromática	m-cresol	82,10
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Ácido butírico</b>	88,51
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Ácido hexanoico</b>	90,292
Aromáticos fermentativos	Aromática	Isovalerato de etilo	80,333
Aromáticos fermentativos	Aromática	Butirato de etilo	84,67
Aromáticos fermentativos	Aromática	Decanoato de etilo	92,94
Aromáticos fermentativos	Aromática	Isobutanol	81,00
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Hexanoato de etilo</b>	92,84
Aromáticos envejecimiento	Aromática	4-Etilguayacol	91,77
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>cis-whiskylactona</b>	96,70
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Eugenol	92,03
Aromáticos envejecimiento	Aromática	δ-ctalactona	81,88
Aromáticos envejecimiento	Aromática	2,6-dimetoxifenol	89,55
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>4-alil-2,6-dimetoxifen</b>	88,58
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>Vanillato de metilo</b>	94,70
Defectos	Aromática	4-Etilguayacol	89,80
Defectos azufrados	Aromática	Etiltioacetato	97,59
Tioles	Aromática	2-Metil-3-furantiol*	99,15
Tioles	Aromática	2-Furfuriltiol	91,07
Tioles	Aromática	<b>4-Mercapto-4-4-metil-2-2-pentanona</b>	94,62
Tioles	Aromática	<b>3-Mercaptohexanol</b>	95,39
Metales	Gustativa	Boro	80,01

**Tabla 5.** Resumen de los resultados obtenidos en el análisis estadístico de regresión lineal sobre vinos tintos. Compuestos asociados a la mineralidad con un 80% de probabilidad.

GRUPO ANALITICO	DESCRIPTOR MINERALIDAD	PARAMETRO	% PROBABILIDAD
Enológicos	Gustativa	Grado Alcohólico	80,99
Enológicos	Gustativa	<b>pH</b>	88,36
Enológicos	Gustativa	Glucosa + Fructosa	86,44
Enológicos	Gustativa	Dióxido de azufre total	95,50
Enológicos	Aromática	Dióxido de azufre total	80,28
Enológicos	Gustativa	Acetaldehído	95,54
Aromáticos varietales	Aromática	β-Citronelol	91,71
Aromáticos varietales	Aromática	α-Ionona	91,64
Aromáticos varietales	Aromática	β-Ionona	85,90
Aromáticos varietales	Aromática	Acetato de linalol	89,77
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Ácido butírico</b>	97,96
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido isobutírico	98,81
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Ácido hexanoico</b>	94,67
Aromáticos fermentativos	Aromática	β-Feniletanol	94,70
Aromáticos fermentativos	Aromática	Alcohol bencílico	96,05
Aromáticos fermentativos	Aromática	Acetato de isoamilo	89,88
Aromáticos fermentativos	Aromática	Butirato de etilo	85,80
Aromáticos fermentativos	Aromática	Acetato de etilo	92,37
Aromáticos fermentativos	Aromática	Alcohol isoamílico	99,03
Aromáticos fermentativos	Aromática	<b>Hexanoato de etilo</b>	85,72
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido acético	96,52
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido decanoico	91,82
Aromáticos fermentativos	Aromática	Isovaleriánico	98,44
Aromáticos fermentativos	Aromática	Isobutirato de etilo	94,07
Aromáticos fermentativos	Aromática	Acetato de isobutilo	95,97
Aromáticos envejecimiento	Aromática	trans-whiskylactona	86,90
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>cis-whiskylactona</b>	87,98
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Eugenol	95,53
Aromáticos envejecimiento	Aromática	o-cresol	90,94
Aromáticos envejecimiento	Aromática	4-vinilguayacol	87,12
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>2,6-dimetoxifenol</b>	89,17
Aromáticos envejecimiento	Aromática	<b>Vanillato de metilo</b>	98,60
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Vanillato de etilo	86,32
Defectos	Aromática	4 Vinilguayacol	94,79
Tioles	Aromática	<b>4-Mercapto-4-4-metil-2-2-pentanona</b>	90,10
Tioles	Aromática	Acetato de 3-mercaptohexilo	89,21
Tioles	Aromática	<b>3-Mercaptohexanol</b>	91,62
Tioles	Aromática	Bencilmercaptano	97,56
Metales	Gustativa	Magnesio	84,79

**Tabla 6.** Resumen de los resultados obtenidos en el análisis estadístico de regresión lineal sobre vinos blancos. Compuestos asociados a la mineralidad con un 80% de probabilidad.

## **5. Discusión y conclusiones**

Numerosos factores intervienen en la definición de una percepción olfativa/gustativa: genética del individuo, su evolución antropológica y en especial como catador, conocimientos y riqueza de vocabulario, habilidad en la cata, experiencia adquirida, preferencias y creencias, predisposiciones, influencia que otras personas hayan podido tener en su formación, estado físico y anímico, además de otros factores externos que también influyen en la definición final del percepción del aroma. Esta complejidad adherida al sistema de percepción e interpretación de estímulos externos captados por los sentidos humanos hace que la mineralidad del vino pueda ser una realidad “cognitiva” irrefutable. Ahora bien, poco se sabe aún acerca de la naturaleza química del vino que actúa a nivel de receptores químicos y del hiper-complejo sistema de conexión e interrelación neuronal del cerebro (córtex, amígdalas, hipotálamo) y su relación en la percepción y zonificación a nivel de mapa cerebral. No cabe duda de que según el nivel psicológico en el que nos encontramos, éste ejerce una notable influencia en la interpretación cerebral de los estímulos recibidos. Las variaciones en las interpretaciones sensoriales de un catador evaluando un mismo vino en un corto periodo de tiempo son un hecho.

El problema se centra entonces en el resultado de la relación entre la composición química del vino y su percepción olfativa, y en este contexto contempla además y necesariamente aspectos relacionados con:

- 1) **El suelo** y su composición química.
- 2) **Tratamientos en viñedo** (fertilizantes, herbicidas, pesticidas, funguicidas) que afectan a la fisiología y síntesis de compuestos orgánicos de la vid como son los norisoprenoides, pirazinas y precursores tiólicos.
- 3) **La uva** y su composición química final, considerando también su estado de madurez, que puede variar según las condiciones climáticas de cada añada, rendimientos y estado de madurez de la vendimia.

- 4) **La Influencia de la enología** a nivel de tratamientos (coadyuvantes, aditivos, rectificaciones, bentonitas, estabilizaciones tartáricas con resinas catiónicas, spinning cones, osmosis inversa, etc...) aplicados en mosto y vino.
- 5) **Las fermentaciones** alcohólica y maloláctica, ambas producen compuestos químicos resultantes del metabolismo microbiano que tienen gran influencia e impacto sensorial aromático y gustativo en el vino.
- 6) **La evolución** química del vino durante su maduración, tanto en barrica como en botella, que también tienen posiblemente una fuerte influencia en la mineralidad del vino, vinculada a potenciales reacciones químicas de oxido-reducción.

Todo esto deja ver con claridad que la composición química del vino es muy variada y compleja. La ciencia ya ha aislado e identificado hasta el momento más de 900 elementos químicos diferentes en su composición volátil (olfativa), y la mayoría ya están agrupados por familias que se relacionan entre sí. Muchos de ellos están ampliamente estudiados y caracterizados dado que su presencia aporta marcadas características aromáticas y/o gustativas en el vino. Sin embargo, algunos descriptores como es el caso de la "mineralidad", permanecen aún sin un claro consenso científico sobre las bases en las que se cimienta este término, aunque los resultados apuntan a que su origen está en la formación de compuestos químicos de síntesis por parte de la fisiología de la planta, las fermentaciones, el pH y acidez del vino, además de complejos compuestos como los azufrados. Aún y así, no se puede decir que la mineralidad se trate de una falsedad ni de una realidad fehaciente, sino de un aspecto enriquecedor dentro de todas las interpretaciones sensoriales articuladas posibles del vino, lo que es una auténtica caja de sorpresas. Aquí nace la necesidad de este estudio científico, al que deben seguir otros que aporten más precisión aún sobre el tema.

Sin embargo, aunque caigamos en la tentación de trasladar las características del suelo en las características sensoriales del vino, va a ser muy difícil explicarlo de una forma científica para justificarlo. La vid solo toma elementos minerales en forma iónica disueltos en el agua y lo hace además de forma selectiva, de tal forma que no absorbe nada directamente de la roca, la arena o la arcilla, solo

cationes y aniones disueltos. Se deduce de ello que viñedos de secano, clima cálido y baja disponibilidad de agua ven limitada la absorción de estos nutrientes. La selectividad del transporte de elementos según sus necesidades fisiológicas como vegetal, hace que además no lo haga de forma desprogramada según la composición del suelo, sino según su demanda por necesidad particular como ser vivo. Si bien, puede haber desequilibrios a nivel de excesiva abundancia o carencias que marquen diferencias en la nutrición de la planta y por tanto, en su comportamiento fisiológico (crecimiento vegetativo y producción de uva).

Los factores edafo-climáticos que más imponen su efecto en un viñedo y por tanto en los vinos que se obtienen de él son: las características geológicas del suelo, su estructura y tamaño de los agregados que la constituyen, capacidad de drenaje y retención de agua, aireación, composición química, y por otro lado las condiciones climáticas con temperaturas medias, diferencias térmicas durante el ciclo vegetativo y la distribución anual de la pluviometría, que determina la disponibilidad de agua durante el ciclo vegetativo. Pero entre estos aspectos también se deduce que la composición química (minerales y materia orgánica) puede tener efecto en la calidad y perfil organoléptico del vino que se obtiene de las uvas de un viñedo en concreto, aunque ello no implica necesariamente un vínculo directo con la percepción de la “mineralidad” en la cata.

Una vez asociado el concepto teórico “*terroir*” a un vino, es fácil para los prescriptores asociar el término “mineral” en ellos, especialmente en vinos blancos secos con alta acidez y poca expresión de aroma a fruta. Como ejemplo, la ausencia de elementos aromáticos muy marcados (ésteres, terpenos, etc.) y los elevados niveles de acidez, abren la puerta de la percepción de mineralidad a vinos con este perfil que normalmente surgen de zonas geográficas vinculadas a climas fríos, vendimias tempranas y en ocasiones a suelos pedregosos.

El simple hecho de vincular a un vino las piedras, rocas, cantos rodados visibles o los constituyentes minerales no visibles de un viñedo para argumentar su percepción sensorial mineral, no es suficiente siendo estrictos a nivel de curiosidad científica. Aunque es comprensible que estas imágenes en la retina favorezcan por asociación y predisposición vinculada psicológica del catador a las descripciones del efecto “*terroir*” a nivel de mercado, esto puede crear dudas y

sensación de ambigüedad si es poco precisa o no evidente dicha percepción mineral en la cata del vino.

Es cierto que el estado físico-químico por el que pasan algunos vinos durante sus diferentes fases de maduración y evolución, además de los tratamientos enológicos o técnicas de vinificación específicas aplicadas, pueden ejercer influencia al mostrar un perfil asociado a descriptores que los catadores con frecuencia definen como “humo de cerilla”, “pedernal o Sílex”, “piedra de mechero”, etc. A menudo se utiliza el término “mineral” para definir y englobar estos descriptores bajo una misma terminología.

En el siglo XXI el sector del vino debe progresar, ir más allá y verificar cuales son los compuestos químicos que puedan realmente asociarse a la descripción de mineralidad del vino. En la actualidad este término ya no tiene porque estar vinculado a este tipo de descriptores asociados a piedras o rocas muy conocidos en el mundo de la cata, ya que en muchas ocasiones está asociado al estado reducido (complejos compuestos azufrados) del vino.

Existen prácticas enológicas aplicadas en bodegas que muestran una predisposición a ensalzar la mineralidad del vino, tales como: la maceración prefermentativa de la uva, la fermentación de mostos altos en turbidez, el ajuste máximo de adición de nutrientes a lo estrictamente necesario, el empleo de determinadas levaduras seleccionadas, crianza del vino con Potencial redox (Ev) bajo, crianza prolongada sobre lías finas, determinadas dosis de SO<sub>2</sub>, pH, manejo del oxígeno y el estado reductivo del vino, crianza en roble o maduración en recipiente estanco e inerte. Por tanto la mineralidad también es una cuestión de bodega y de elaboración vinculada al arte, conocimiento y saber hacer del bodeguero. Ejemplos de manejo enológico en búsqueda de la mineralidad se pueden encontrar en Borgoña con Chardonnays de determinados productores, y que intentan ser imitados en otros rincones del planeta.

Por tanto, cabria esperar que la mineralidad estuviera asociada a ciertas distinciones como el pH más bajo y la acidez más elevada en blancos, sobre todo procedentes de las latitudes más septentrionales o marginales frías por efecto de la altitud, o en el caso de los vinos tintos el sistema de vinificación sin aireación, donde se acumula más ácido succínico, un elemento químico muy asociado a la

percepción de mineralidad, principalmente por su efecto gustativo claramente salado, que por defecto se suele asociar en cata a sales o minerales.

Así, de los resultados obtenidos de la cata realizada por los dos paneles de catadores, elaboradores y profesionales no elaboradores, se seleccionaron como minerales tanto a nivel olfativo como gustativo tres vinos blancos, dos de ellos pertenecientes a la variedad Riesling del Mosel (Alemania) y otro de la variedad Sauvignon blanc del Valle del Loira (Francia). Entre los tintos, los vinos seleccionados estaban elaborados con las variedades Syrah y Garnacha de Montsant (España). Por otra parte se seleccionó un vino blanco de la variedad Ribolla de Primoska en Slovenia y un vino tinto de la variedad Poulsard del Jura en Francia, estos dos vinos por encontrarse muy alejados y casi opuestos al término mineralidad en los juicios emitidos por ambos paneles de cata.

Una vez obtenidas las representaciones gráficas de los compuestos químicos en componentes principales (ACP) y elegidos aquellos compuestos que quedaron más próximos a los 6 vinos marcados como minerales, se concluye que los compuestos más relacionados con la mineralidad del vino, distinguiendo entre blancos y tintos, es este estudio son los siguientes:

- **Mineralidad gustativa:** dentro de los parámetros rutinarios aparece, entre otros, el ácido succínico, así como medidas analíticas relacionadas con la acidez.
- **Mineralidad aromática:** Dentro de los aromas cabe destacar algunos compuestos aromáticos como el alcohol  $\beta$ -feniletanol (floral: rosa, azahar), y los fenoles volátiles, como los compuestos 4-etilfenol y 4-etilguayacol (animal). Los vinos con poca carga aromática de carácter afrutado son susceptibles de ser interpretados como minerales si además están reducidos, muestran  $\text{SO}_2$  libre elevado y presentan un pH bajo y acidez total elevada. (ver tabla 5).

Clasificación química	Vinos blancos	Vinos tintos
Parámetros rutinarios	Dióxido de azufre libre	Dióxido de azufre libre
	Acidez total y pH	Acidez total y pH
	Ácido succínico	Ácido succínico
Aromas pre fermentativos	$\beta$ -feniletanol	$\beta$ -feniletanol
	Succinato de dietilo	m-cresol
	Decanoato de etilo	$\gamma$ -butirolactona
Aromas de envejecimiento	$\gamma$ -decalactona	$\gamma$ -decalactona
	4-etilfenol	4-etilfenol
	4-etilguayacol	4-etilguayacol
	Furfural/ 5-metilfurfural	Furfural/ 5-metilfurfural

**Tabla 7-**Resumen de los compuestos químicos seleccionados por su relevancia en vinos blancos y tintos definidos como minerales y seleccionados mediante Análisis de Componentes Principales (ACP).

Por otra parte, el estudio de regresión lineal realizado compuesto a compuesto, muestra aquellos que están relacionados fuertemente con el término mineralidad. Así, en vinos tintos mostraron una robusta relación con el uso del término a nivel olfativo los compuestos volátiles: 2-metil-3-furantiol y 3-mercaptohexanol y con el compuesto aromático de envejecimiento y aroma a nuez de coco cis-whiskylactona. Sin embargo, en vinos blancos se observa una relación diferente que abarca un mayor número de compuestos y que son de naturaleza diferente a los hallados para los vinos blancos. En el caso de los vinos blancos aparecen compuestos de la familia de los ácidos orgánicos, como el ácido butírico e isobutírico, alcoholes como el alcohol isoamílico, tioles como el bencilmercaptoetanol y compuestos provenientes del envejecimiento en madera como el vainillato de metilo y el 4-vinilguayacol.

El estudio que ha sido diseñado abordando tanto la estructura química de los vinos estudiados como sus características organolépticas, abre una puerta a futuras investigaciones mucho más amplias y desarrolladas en la relación del

concepto de percepción sensorial de mineralidad en vinos y su relación con el "terroir" de la zona u origen geológico de donde han sido recolectadas las uvas.

Los resultados preliminares parecen apuntar a que la relación del "terroir" y el concepto mineral en vinos no están estrechamente relacionados con los niveles de materiales minerales presentes en la composición química del suelo, al menos como único factor, existiendo otros compuestos también ligados a este término y con mayor impacto sensorial (compuestos de síntesis de la planta y de origen fermentativo, compuestos complejos azufrados, pH bajo y ácidos, geosmina, pirazinas, etc). Esta afirmación contrasta con la creencia popular de que son las características del suelo las que aportan una mayor concentración de minerales en su forma metálica o formando parte de otros compuestos orgánicos, siendo estos los responsables de la mineralidad del vino. Los resultados en concentración de compuestos metálicos contenidos en el conjunto de vinos estudiados muestran que la concentración de minerales no es un factor determinante en su composición química en relación a los vinos definidos con este atributo "vino de carácter mineral", existiendo otras familias de compuestos químicos que puedan explicar mejor este concepto. Es posible por tanto, que en la composición química volátil del vino existan moléculas que de una forma u otra recuerden, olfativa o gustativamente al mundo de los minerales, si bien, el suelo no parece ser el origen de los mismos.

Pero todo esto es muy complejo, además, a nivel de mercado los consumidores finales no buscan piedras ni minerales cuando van a comprar un vino para consumirlo, así que para que obcecarse en dirigirle hacia su búsqueda. El consumidor por si mismo andará el camino y si encuentra esta percepción de forma fortuita, tendrá a disposición la información actual, pero es importante no complicar demasiado la vida del consumidor con lecciones de edafología, geología, climatología o cristalografía mineral o química. En este caso merece la pena que el sector sea prudente y honrado con el mercado y transmitir los mensajes con claridad y sencillez. La interpretación fisiológica de los sentidos por el momento puede ser suficiente.

Lo que parece entonces más lógico y evidente en relación al impacto del terroir sobre la percepción de mineralidad es que más que la composición química del suelo, son los factores geológicos de profundidad, textura, pendiente, capacidad de retención de agua junto a las condiciones climáticas y prácticas de viticultura en su conjunto, lo que marca realmente la predisposición de la uva a producir vinos con este perfil sensorial de carácter mineral.

Dados los resultados obtenidos en este estudio hospedado por Outlook Wine y Excell Ibérica sin ningún tipo de subvención y con recursos propios para mantener la máxima objetividad, podría deducirse a continuación que: la planta que ha sufrido cierto grado de estrés (suelos arenosos o rocosos, viñedos en pendientes, cobertura vegetal, suelos pobres en capa freática y retención hídrica, etc.) produce una uva con una composición del mosto a nivel de precursores aromáticos (aminoácidos y nitrógenos asimilable entre otros) que influirá en el metabolismo microbiano que va transformarlo en vino, haciendo de puente fundamental en la aparición de compuestos volátiles que posteriormente se interpretan como aromas minerales y moléculas en solución o estado coloidal, que se traducen en sabor potencialmente mineral.

## **Referencias bibliográficas:**

1. Nickel, Ernest H. (1995), The definition of a mineral, *The Canadian Mineralogist*, Vol 33 pp689-690 <http://canmin.geoscienceworld.org/>; (Accessed 29 April, 2012).
2. Konhauser, Kurt (2007) *Introduction to Geomicrobiology*, Blackwell Publishing, Oxford UK;
3. Gadd, Geoffrey M., (2009) *Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and microremediation*, <http://mic.sgmjournals.org/content/156/3/609.full>, (Accessed 18 March 2012);
4. Riéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Doneche B., Lonvaud A. (2006) : *Handbook of enology. Volume II: The chemistry of wine and stabilization treatments*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
5. Peynaud, E. 1987. *The taste of wine: The art and science of wine appreciation*. The wine appreciation guild, San Francisco, CA.
6. Arikawa Y., Kuroyanagi T., Shimosaka M., Muratsubaki H., Enomoto K., Kodaira R., Okazaki M. (1999): Effect of gene disruptions of the TCA cycle on production of succinic acid in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 87:28-36
7. Kamzolova S.V., Yusupova A.I., Vinokurova N.G., Fedotcheva N.I, Kindrashova M.N., Finogenova T.V., Morgunov I.G. (2009a): Chemically assisted microbial production of succinic acid by the yeast *Yarrowia lipolytica* grown on ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 83: 1027-1034.
8. Ortega, C., Lopez, R., Cacho, J., & Ferreira, V. (2001). Fast analysis of important wine volatile compounds. Development and validation of a new method based on gas chromatographic-flame ionisation detection analysis of dichloromethanemicroextracts. *Journal of Chromatography A*, 923(1–2), 205–214.
9. Lopez, R., Aznar, M., Cacho, J., & Ferreira, V. (2002). Determination of minor and trace volatile compounds in wine by solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 966(1–2), 167–177.

10. Araujo, Ivan E. de, Rolls, Edmund T, Velazco, Maria Inés, Margot, Christian, Cayeux Isabelle, (2005) Cognitive Modulation of Olfactory Processing, Neuron Vol 46, p 671-679, [http://www.oxcns.org/papers/381\\_DeAraujo+Rolls+++05.pdf](http://www.oxcns.org/papers/381_DeAraujo+Rolls+++05.pdf), (Accessed 15 April, 2012);
11. Ashley, Rachel, Grapevine Nutrition – an Australian perspective, Fosters Wine Estates, <http://ucanr.org/sites/nm/files/76731.pdf>, (Accessed 18 May, 2012);
12. Baron, Mojmir, Fiala, Jaromir, (2012) Chasing after Minerality, Relationship to Yeast Nutritional Stress and Succinic Acid Production, Czech Journal of Food Science, Vol 30 2012, No.2 pp188-193, Prague, Czech republic;
13. Bird, David, (2005) Understanding Wine Technology, DBQA Publishing, Newark, Nottinghamshire, UK;
14. Bryant, Jason, (2012) Can you taste minerals in wine? Unscrewed – The Independent New Zealand Wine Review, <http://www.unscrewed.co.nz/can-you-taste-minerals-in-wine/>, (Accessed 1 May 2012);
15. Campbell, Neil; Reece, Jane, (2004) Biology, 7<sup>th</sup> Edition, Pearson Education Publishing, Essex, UK;
16. Cox, Jeff, (2008) The Minerality in Wines, Decanter.com, <http://www.decanter.com/people-and-places/wine-articles/485746/the-Minerality-in-wines>, (Accessed 16 March, 2012);
17. Department of Health, Canada (1979) Taste, in the assessment of drinking water quality, <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/taste-gout/index-eng.php>, (Accessed 29 April, 2012);
18. EcoChem Inc, (2012) Plant Micronutritional functions, [http://www.ecochem.com/t\\_micronutrients.html](http://www.ecochem.com/t_micronutrients.html), (Accessed 3 March 2012);
19. Gilbert, Karen, (2006) The smell of metal can be deceiving, Virginia Tech, <http://phys.org/news82229855.html>, (Accessed 23 May 2012);
20. Goode, Jamie, (2005), The Science of Wine, From Vine to Glass, TheOctopus Publishing Group Ltd, London UK
21. Goode, Jamie, (2009) Clangers and Clang: Minerality in Wine, The World of Fine Wine, Issue 24 2009, WFW, London UK;

22. Hudelson, John, (2011), Wine Faults, Causes, Cures, Effects, The Wine Appreciation Guild, San Francisco, USA
23. IMA (Industrial Minerals Association of North America (2012) What is Feldspar, <http://www.ima-na.org/feldspar>, (Accessed 1 May 2012);
24. Karakasis, Ioannis, (2012) Minerality in wine: taken for granite? <http://palatepress.com/2012/03/wine/Minerality-in-wine-taken-for-granite/> (Accessed 29 April, 2012);
25. Lewin, Benjamin MW, (2010), Wine Myths and Reality, Vendange Press, , Dover, UK;
26. Maltman, Alex, (2008) The Role of Vineyard Geology in Wine Typicity, Journal of Wine Research, 2008, Volume 19, Pages 1-17, Abstract, <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09571260802163998>, (Accessed 18 March 2012);
27. Nickel, Ernest H. (1995), The definition of a mineral, The Canadian Mineralogist, Vol 33 pp689-690 <http://canmin.geoscienceworld.org/>; (Accessed 29 April, 2012)
28. Nicolini G., Larcher R., Pangrazzi P. and Bontempo L., (2004) Changes in the contents of micro and trace-elements in wine due to winemaking treatments, Vitis, Volume 43, Pages 41-45, <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/e040707.pdf> (Accessed 12 March, 2012);
29. Nunez, M., Pena, R.M., Herrero, C., and Garcia-Martin S. (2000), Analysis of some metals in wine by means of electrophoresis. Application to the differentiation of Ribeira Sacra Spanish red wines, Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, Spain;
30. Regional trace element fingerprint of Canadian wines. Jonh D. Greenough and Brian J Flier. Geoscience Canada 2005.
31. Analysis of mayor metallic elements in Chilean wines by atomic absorption spectroscopy. V Felipe Laurie, Marcos A Hortellani. Ciencia e investigación agraria 2010.

Nº	Tipología	Grado Alcohólico	Acidez Total	Acidez Volátil (g/L)	pH	Ácido L-láctico (g/L)	Ácido L-málico (g/L)	Ácido Succínico (g/L)	Ácido Tartárico (g/L)	Glucosa + Fructosa (g/L)	SO2 libre mg/L	SO2 total mg/L	Acetaldehído mg/L	Glicerol (g/L)	Intensidad colorante	IP <sub>T</sub>
1	Vino blanco	11,9	7,51	0,52	3,12	0,1	1,6	0,33	1,7	3	3	112	76	7,12	-	-
2	Vino blanco	10,0	8,69	0,49	3,11	0,2	3	0,38	2,6	0,7	13	91	45	7,6	-	-
3	Vino blanco	13,3	6,37	0,29	3,38	0,6	1,6	0,44	1,5	0,9	3	64	51	7,4	-	-
4	Vino blanco	12,5	6,3	0,3	3,14	0,1	1,4	0,35	2,9	1,4	14	83	42	6,6	-	-
5	Vino blanco	11,7	6,4	0,3	3,22	1,2	0,8	0,53	2	1,6	3	56	35	8,4	-	-
6	Vino blanco	13,2	5,2	0,17	3,26	0,1	0,8	0,71	2,1	0,5	6	67	38	9,2	-	-
7	Vino blanco	12,8	7,54	1	3,61	1,78	0,1	0,71	0,9	0,19	3	53	33	5,7	-	-
8	Vino blanco	11,9	4	0,22	3,28	1,1	0,2	0,59	2	0,2	3	91	60	6,1	-	-
9	Vino blanco	11,0	10,97	0,38	3,46	1,2	4,4	0,34	0,7	15,5	6	93	51	7,5	-	-
10	Vino blanco	12,3	4,84	0,24	3,44	1,6	0,6	0,59	1,7	4,9	6	70	32	9,8	-	-
11	Vino blanco	7,5	9,58	0,46	3,12	0,1	2,8	0,53	2,7	73,3	3	104	75	8,9	-	-
12	Vino tinto	13,3	4,25	0,76	3,68	1,3	0,1	0,59	2,7	0,7	3	6	4	11,1	10,3	68,6
13	Vino tinto	12,4	6,12	0,6	3,67	1,7	0,1	0,53	1,9	1	3	21	16	8,1	8,7	51,9
14	Vino tinto	13,4	7,01	0,84	3,63	2,1	0,1	0,52	2,3	0,1	3	11	5	8,9	57	57
15	Vino tinto	10,8	6,18	0,66	3,44	1,8	0,1	0,67	2	0,2	3	13	6	7,7	24,6	24,6
16	Vino tinto	13,9	5,46	0,62	3,6	0,6	0,1	0,56	2,9	0,1	3	21	24	8,8	62	62
17	Vino tinto	13,8	4,84	0,51	3,62	1	0,1	0,88	2,3	0,6	3	9	16	11,8	58,5	58,5

**Tabla 8.** Detalle de la composición química de parámetros enológicos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Linalol (µg/L)	β-Citronelol (µg/L)	Geraniol (µg/L)	α-Terpineol (µg/L)	α-Ionona (µg/L)	β-Ionona (µg/L)	β-Damascenona (µg/L)	Acetato de linalol (µg/L)	δ-decalactona (µg/L)	1-Hexanol (mg/L)	cis-3-hexen-1-ol (mg/L)	1-butanol (mg/L)	Metionol (mg/L)	m-cresol (µg/L)
1	Vino blanco	5,91	nd	nd	9,32	nd	0,33	5,81	0,54	nd	1,05	0,06	0,99	0,33	0,50
2	Vino blanco	1,37	nd	0,49	11,65	nd	0,27	261,00	0,42	nd	1,24	0,34	0,72	0,44	nd
3	Vino blanco	20,02	3,20	5,78	34,76	0,18	0,31	5,47	0,45	nd	1,77	0,08	0,75	0,59	0,78
4	Vino blanco	5,30	nd	nd	18,27	nd	0,22	3,41	0,46	nd	1,16	0,07	0,61	0,49	0,33
5	Vino blanco	1,07	nd	nd	26,68	nd	0,19	6,15	0,42	nd	1,01	0,03	0,87	0,42	1,33
6	Vino blanco	3,96	nd	nd	13,91	nd	0,32	3,93	0,57	nd	0,54	0,07	0,68	0,53	nd
7	Vino blanco	20,87	5,51	7,19	20,29	0,32	0,32	6,95	0,58	nd	1,70	0,07	0,46	0,48	3,38
8	Vino blanco	4,16	nd	nd	7,22	nd	0,36	5,62	0,58	nd	0,86	0,15	0,36	0,58	nd
9	Vino blanco	6,18	nd	nd	44,14	nd	0,29	6,36	0,50	nd	1,28	0,04	0,45	0,20	0,70
10	Vino blanco	22,88	nd	nd	169,97	nd	0,27	5,92	0,53	nd	1,20	0,03	0,66	0,68	0,82
11	Vino blanco	1,13	nd	nd	25,71	nd	0,21	3,28	0,25	nd	0,94	0,02	0,36	0,12	nd
12	Vino tinto	2,10	1,64	nd	8,56	nd	0,24	2,08	0,24	nd	1,85	0,18	1,23	0,75	0,67
13	Vino tinto	11,87	4,61	3,46	12,15	0,15	0,25	2,39	0,27	nd	1,65	0,02	1,09	1,66	1,00
14	Vino tinto	8,28	2,53	nd	17,68	0,05	0,30	1,66	0,28	nd	1,19	0,18	0,70	1,97	1,51
15	Vino tinto	7,79	3,84	0,83	21,31	nd	0,23	5,19	0,22	nd	1,05	0,11	0,43	0,95	1,69
16	Vino tinto	6,59	5,11	nd	5,83	0,18	0,25	4,37	0,25	nd	0,49	0,01	1,13	1,15	0,65
17	Vino tinto	12,87	3,24	nd	33,40	nd	0,30	3,55	0,22	nd	2,37	0,18	3,98	0,91	0,60

**Tabla 9.** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos varietales y prefermentativos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Ácido butírico (mg/L)	Ácido isobutírico (mg/L)	Ácido hexanoico (mg/L)	Ácido octanoico (mg/L)	Acetato fenilético (mg/L)	Acetato de hexil (mg/L)	Succinato de dietilo (mg/L)	Isovalerato de etilo (µg/L)	β- Feniletanol (mg/L)	Alcohol bencílico (mg/L)	Acetato isoamilo (mg/L)	Butirato de etilo (mg/L)	γ- Butirolactona (mg/L)	Decanoato de etilo (mg/L)
<b>GRUPO FERMENTATIVO I</b>															
1	Vino blanco	2,07	1,92	5,92	7,21	0,12	0,02	3,48	49,87	14,10	0,02	0,63	0,33	5,42	0,15
2	Vino blanco	0,80	1,06	2,69	4,91	0,28	nd	7,22	50,49	15,01	nd	0,07	0,15	6,01	0,17
3	Vino blanco	2,85	1,05	4,50	5,93	0,10	0,03	3,80	36,10	17,86	0,03	0,60	0,45	9,12	0,14
4	Vino blanco	1,32	0,95	3,92	6,43	0,09	0,01	4,73	53,15	18,88	0,01	0,30	0,24	7,77	0,23
5	Vino blanco	1,15	1,04	3,98	11,44	0,28	nd	8,20	50,48	96,05	nd	0,06	0,22	7,25	0,23
6	Vino blanco	1,72	1,17	4,43	4,71	0,10	nd	6,60	73,00	25,42	0,01	0,22	0,25	5,01	0,09
7	Vino blanco	1,41	1,56	4,26	4,77	0,02	nd	6,10	22,97	24,60	0,08	0,28	0,25	6,21	0,14
8	Vino blanco	0,95	1,05	3,60	5,36	0,05	nd	4,17	52,83	28,84	0,01	0,24	0,18	6,79	0,19
9	Vino blanco	0,77	0,75	3,24	6,41	0,03	0,02	2,80	38,16	28,30	nd	0,19	0,22	5,31	0,23
10	Vino blanco	0,97	1,08	2,55	8,18	0,16	nd	8,18	53,36	125,64	nd	0,11	0,30	8,02	0,43
11	Vino blanco	0,51	0,23	2,93	5,93	0,05	nd	3,73	21,93	73,98	nd	0,05	0,11	4,30	0,15
12	Vino tinto	1,49	2,21	2,01	1,74	0,25	nd	21,89	71,23	30,44	0,01	0,19	0,23	10,45	0,38
13	Vino tinto	1,04	2,82	1,85	1,62	0,11	nd	9,88	42,82	29,29	0,04	0,19	0,15	14,71	0,28
14	Vino tinto	0,84	4,02	1,13	1,15	0,14	nd	14,05	49,53	34,97	nd	0,31	0,11	38,23	0,12
15	Vino tinto	0,84	2,21	1,35	1,64	0,09	nd	11,32	13,41	27,82	0,01	0,23	0,13	13,86	0,06
16	Vino tinto	1,09	2,46	1,02	0,81	0,06	nd	8,32	45,12	37,54	0,01	0,31	0,14	20,22	0,09
17	Vino tinto	1,55	2,49	1,79	1,07	0,36	nd	22,80	84,59	28,08	nd	0,17	0,24	11,10	0,37

**Tabla 10-** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos fermentativos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Acetaldehído (mg/L)	Acetato de etilo (mg/L)	Propanoato de etilo (mg/L)	Diacetilo (mg/L)	Isobutanol (mg/L)	Alcohol isoamílico (mg/L)	Hexanoato de etilo (mg/L)	Acetoina (mg/L)	Lactato de etilo (mg/L)	Octanoato de etilo (mg/L)	Ácido acético (mg/L)	Ácido decanoico (mg/L)	Isovalerianico (mg/L)	Isobutirato de etilo (µg/L)
<b>GRUPO FERMENTATIVO I I</b>															
1	Vino blanco	16,70	93,76	0,10	nd	23,97	164,95	0,80	2,10	23,25	0,81	312,15	1,13	1,04	29,90
2	Vino blanco	6,05	77,58	0,10	nd	28,41	112,79	0,46	2,18	17,67	0,46	260,62	1,30	0,65	21,37
3	Vino blanco	11,10	59,63	0,09	nd	22,44	160,33	0,74	1,03	91,96	0,57	222,02	1,11	0,85	27,41
4	Vino blanco	4,73	63,78	0,10	nd	21,01	154,34	0,63	1,37	23,35	0,92	239,77	1,43	0,82	30,73
5	Vino blanco	10,04	53,63	0,06	0,52	21,81	105,71	0,60	10,05	177,73	0,94	179,55	2,22	0,44	25,09
6	Vino blanco	15,88	47,11	0,16	nd	19,52	189,70	0,49	1,39	17,63	0,46	125,23	0,73	1,54	29,57
7	Vino blanco	17,79	145,92	0,19	4,34	16,49	155,97	0,52	70,81	189,75	0,54	492,86	0,77	0,83	34,39
8	Vino blanco	36,83	43,45	0,09	1,75	24,16	159,86	0,48	25,24	87,42	0,70	127,44	0,91	1,01	31,13
9	Vino blanco	11,93	60,61	0,09	0,27	16,57	90,92	0,52	5,44	134,60	0,67	127,19	1,53	0,43	42,48
10	Vino blanco	4,92	58,38	0,07	nd	25,78	141,37	0,54	8,65	227,21	0,80	138,35	1,96	0,58	22,15
11	Vino blanco	10,82	44,23	0,07	nd	10,34	68,46	0,31	11,73	5,96	0,38	132,34	1,29	0,29	70,33
12	Vino tinto	17,96	121,01	0,20	1,67	35,69	214,97	0,27	26,00	211,09	0,14	424,87	0,45	1,38	243,81
13	Vino tinto	13,04	73,21	0,08	11,15	68,41	302,19	0,22	34,26	198,82	0,13	302,96	0,74	1,51	224,31
14	Vino tinto	19,56	103,86	0,09	0,85	113,42	282,05	0,15	10,07	268,16	0,16	407,15	0,39	1,44	296,09
15	Vino tinto	12,79	88,80	0,04	1,83	71,19	213,17	0,15	18,65	212,56	0,15	288,44	0,39	0,42	83,70
16	Vino tinto	21,33	74,82	0,08	4,20	47,31	245,88	0,13	1,06	53,46	0,16	345,55	0,22	2,57	189,56
17	Vino tinto	26,76	83,24	0,24	5,90	35,92	246,55	0,25	4,95	180,13	0,12	335,00	0,30	1,49	26,66

**Tabla 11-** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos fermentativos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Acetato de isobutilo (µg/L)	2-metilbutirato de etilo (µg/L)	Acetato de butilo (µg/L)	Furoato de etilo (µg/L)	Dihidrocinnamato de etilo (µg/L)	Cinnamato de etilo (µg/L)
<b>GRUPO FERMENTATIVO III</b>							
1	Vino blanco	34,70	29,68	10,13	30,45	0,53	1,26
2	Vino blanco	26,35	42,04	3,86	28,05	nd	nd
3	Vino blanco	35,09	25,93	5,04	40,73	0,51	1,39
4	Vino blanco	23,47	37,04	4,56	25,76	0,50	nd
5	Vino blanco	18,37	54,06	4,09	33,16	0,68	2,91
6	Vino blanco	14,61	54,11	4,89	12,11	0,73	nd
7	Vino blanco	32,49	15,58	4,48	8,98	1,69	1,61
8	Vino blanco	19,02	36,91	3,63	20,25	nd	nd
9	Vino blanco	21,51	34,70	3,10	14,89	nd	0,62
10	Vino blanco	23,87	55,76	4,50	30,53	nd	1,35
11	Vino blanco	8,97	31,74	nd	13,10	0,53	0,95
12	Vino tinto	40,28	47,30	nd	11,21	0,88	1,28
13	Vino tinto	67,07	30,02	nd	7,61	0,55	1,05
14	Vino tinto	119,17	71,39	nd	11,26	0,66	0,87
15	Vino tinto	61,98	13,82	nd	20,72	2,04	1,52
16	Vino tinto	44,40	89,36	nd	4,69	0,56	0,63
17	Vino tinto	34,92	62,72	10,43	9,81	1,27	0,67

**Tabla 12.** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos fermentativos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Guayacol (µg/L)	4-Etil guayacol (µg/L)	trans-whisky lactona (µg/L)	Cis -whisky lactona (µg/L)	Eugenol (µg/L)	4-Etilfenol (µg/L)	Benzal dehído (µg/L)	δ-octa lactona (µg/L)	o-cresol (µg/L)	γ-nona lactona (µg/L)	4-propil guayacol (µg/L)	γ-deca lactona (mg/L)	4-vinil guayacol (µg/L)	2,6-dimetoxi fenol (µg/L)
GRUPO DE ENVEJECIMIENTO I															
1	Vino blanco	28,78	0,84	90,19	116,72	15,12	0,48	17,29	1,88	1,29	4,22	nd	5,42	66,94	47,48
2	Vino blanco	6,14	nd	25,70	36,28	5,68	0,34	10,24	0,86	nd	1,88	nd	6,01	15,85	10,15
3	Vino blanco	11,92	0,33	1,56	1,33	5,97	1,00	38,67	0,68	1,13	7,03	nd	9,12	85,13	10,29
4	Vino blanco	6,90	nd	2,94	4,12	1,57	0,32	8,43	1,18	0,52	3,08	nd	7,77	39,44	3,80
5	Vino blanco	10,80	0,37	2,34	nd	1,09	1,18	71,19	3,23	0,57	7,21	nd	7,25	88,42	nd
6	Vino blanco	9,28	nd	2,17	nd	0,89	0,82	14,73	0,70	0,65	3,11	nd	5,01	61,41	4,34
7	Vino blanco	32,36	13,57	57,49	97,26	17,46	8,42	44,83	0,59	2,58	6,88	0,01	6,21	48,90	89,47
8	Vino blanco	10,60	119,45	nd	nd	2,02	101,74	10,43	0,61	0,55	1,93	nd	6,79	30,55	5,29
9	Vino blanco	11,29	0,23	nd	nd	0,74	0,53	44,88	0,81	0,44	4,55	nd	5,31	121,31	3,94
10	Vino blanco	15,05	0,25	1,64	nd	0,83	0,59	53,57	3,77	0,44	12,38	nd	8,02	140,55	8,25
11	Vino blanco	11,38	0,28	nd	3,79	1,03	0,63	25,76	nd	0,48	7,80	nd	4,30	75,68	6,09
12	Vino tinto	30,80	0,69	87,87	224,59	31,83	2,22	12,76	1,13	1,29	10,62	nd	10,45	20,18	84,00
13	Vino tinto	44,22	15,52	144,58	183,14	37,55	28,06	70,21	1,12	1,74	6,85	0,03	14,71	29,56	87,13
14	Vino tinto	41,37	91,50	116,81	147,74	24,92	773,76	29,91	1,10	1,92	23,02	0,04	38,23	50,51	67,25
15	Vino tinto	16,93	105,38	27,95	52,04	7,70	259,62	44,58	0,57	1,31	9,85	0,01	13,86	22,05	21,21
16	Vino tinto	16,27	74,29	89,25	127,84	19,84	652,64	8,56	0,70	1,42	18,09	0,08	20,22	145,50	50,67
17	Vino tinto	41,50	14,06	80,80	114,82	20,43	71,46	10,95	1,13	2,02	12,33	0,01	11,10	74,09	72,33

**Tabla 13.** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos procedentes de la fase de envejecimiento de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Isoeugenol II (µg/L)	4-vinilfenol (µg/L)	4-alil-2,6-dimetoxifen (µg/L)	Vanillato de metilo (µg/L)	Vanillato de etilo (µg/L)	Acetovanillona (µg/L)
<b>GRUPO DE ENVEJECIMIENTO I I</b>							
1	Vino blanco	nd	158,93	13,13	8,53	15,67	41,35
2	Vino blanco	nd	51,28	3,24	7,31	1,51	11,92
3	Vino blanco	nd	230,64	15,70	9,06	18,08	57,27
4	Vino blanco	nd	54,85	3,21	10,72	3,69	17,20
5	Vino blanco	nd	162,44	1,46	97,79	5,36	62,80
6	Vino blanco	nd	94,25	1,58	30,13	15,35	76,06
7	Vino blanco	nd	221,36	30,54	28,78	32,02	70,45
8	Vino blanco	nd	73,20	3,06	2,86	2,98	41,19
9	Vino blanco	nd	201,87	nd	99,94	5,99	52,24
10	Vino blanco	1,60	193,12	1,10	146,15	19,84	64,73
11	Vino blanco	nd	114,27	0,77	97,60	6,49	52,74
12	Vino tinto	nd	154,35	26,95	10,34	163,19	75,24
13	Vino tinto	nd	44,15	38,92	62,04	950,58	175,16
14	Vino tinto	nd	150,29	23,29	60,66	451,68	84,45
15	Vino tinto	nd	53,05	5,21	85,89	106,43	182,51
16	Vino tinto	nd	127,17	16,22	25,31	243,49	92,18
17	Vino tinto	nd	121,19	17,87	44,48	343,05	62,27

**Tabla 14.** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos procedentes de la fase de envejecimiento de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	2-Metil-3-furantiol*	2-Furfuriltiol	4-Mercapto-4-4-metil-2- 2-pentanona	Acetato de 3- mercaptohexilo	3- Mercaptohexanol	Bencilmercaptano
<b>GRUPO DE TIOLES AROMÁTICOS</b>							
1	Vino blanco	340,4	16,6	14,4	13,9	113,5	5,0
2	Vino blanco	154,9	3,8	28,3	12,6	81,1	5,4
3	Vino blanco	465,7	4,1	34,1	10,7	312,8	4,5
4	Vino blanco	148,2	3,8	8,4	2,9	43,5	2,7
5	Vino blanco	587,4	5,8	92,5	4,0	341,4	8,1
6	Vino blanco	370,1	1,2	12,3	3,4	67,6	4,3
7	Vino blanco	427,5	3,4	18,7	5,0	73,4	3,8
8	Vino blanco	241,8	2,0	15,7	4,5	140,8	5,1
9	Vino blanco	257,5	2,2	18,7	2,1	217,3	10,6
10	Vino blanco	432,0	3,0	110,1	2,6	863,7	15,6
11	Vino blanco	199,9	0,9	69,5	3,7	371,0	8,0
12	Vino tinto	843,5	19,5	75,4	7,4	1406,8	4,3
13	Vino tinto	341,5	12,2	20,9	14,1	109,6	11,5
14	Vino tinto	89,7	5,2	20,7	13,1	76,8	6,7
15	Vino tinto	88	8,0	17,9	6,9	109,9	5,7
16	Vino tinto	97,7	2,5	11,4	1,5	102,7	1,7
17	Vino tinto	234,5	4,1	20,3	4,5	393,4	5,2

**Tabla 15.** Detalle de la composición química en compuestos aromáticos de composición química típica de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Guayacol	4-Metilguayacol	Fenol	Eugenol	Isoeugenol	4-Alilsiringol	Maltol	Siringol	Furfural	Alcohol furfurílico
<b>GRUPO DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA MADERA I</b>											
3	Vino blanco	3,1	nd	nd	4,5	nd	nd	nd	17,5	91,2	69,6
1	Vino blanco	7,9	5,7	nd	11,3	nd	9,7	nd	21,3	959	663
2	Vino blanco	2,3	nd	4,1	nd	nd	nd	nd	7,2	1871	nd
10	Vino blanco	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	170	nd
11	Vino blanco	1,9	nd	7,4	nd	nd	nd	nd	nd	1144	67,5
13	Vino tinto	nd	16,6	4,1	36,8	nd	32	nd	53,9	294	1557
16	Vino tinto	nd	9,1	2,5	17,8	nd	11,2	nd	61,6	78	1170

Nº	Tipología	5-Metilfurfural	5-Hidroximetilfurfural	Siringaldehído	cis-Whisky lactona	trans-Whisky lactona	Vainillina	4-Etilguayacol	4-Etilfenol
<b>GRUPO DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA MADERA II</b>									
3	Vino blanco	3	167	13,2	nd	nd	11,9	nd	nd
1	Vino blanco	150	866	194	558	84,6	115	nd	nd
2	Vino blanco	37,6	2012	22,1	3,8	6,7	68,6	nd	nd
10	Vino blanco	4,5	506	4,6	nd	nd	4,7	nd	nd
11	Vino blanco	23,2	27802	6	nd	nd	64,4	nd	nd
13	Vino tinto	38	393	186	26	182	147	16,8	30
16	Vino tinto	17,7	597	118	77,7	95,5	73	84,9	791

**Tablas 16 y 17.** Detalle de la composición química en compuestos volátiles de la madera de 7 de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Acetato de etilo mg/L	1-Octen3ol µg/L	GRUPO DE COMPUESTOS RESPONSABLES DE DEFECTOS ORGANOLÉPTICOS I											
				(+) Fenchona µg/L	(+) Fenchol µg/L	Guayacol µg/L	2MIB ng/L	Geosmina ng/L	2M35DP ng/L	IPMP ng/L	IBMP ng/L	TCA ng/L	TeCA ng/L	TBA ng/L	PCA ng/L
1	Vino blanco	112	2,6	nd	nd	6,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	Vino blanco	114	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	Vino blanco	94	10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	Vino blanco	108	4,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	Vino blanco	78	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	Vino blanco	99	6,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	Vino blanco	128	8,5	nd	nd	20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	Vino blanco	52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	Vino blanco	111	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
10	Vino blanco	88	9,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11	Vino blanco	104	17,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12	Vino tinto	110	nd	nd	nd	37,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
13	Vino tinto	98	8,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14	Vino tinto	118	nd	nd	nd	20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	Vino tinto	113	7,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
16	Vino tinto	108	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
17	Vino tinto	102	16,6	nd	nd	47,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

**Tabla 18.** Detalle de la composición química en compuestos asociados con defectos organolépticos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	4EF µg/L	4EG µg/L	4VF µg/L	4VG µg/L	Diacetilo mg/L	2-amino acetofenona µg/L	Dimetilsulfuro µg/L	2-etoxi-3,5- hexadieno µg/L	Estireno µg/L	Indol µg/L
<b>GRUPO DE COMPUESTOS RESPONSABLES DE DEFECTOS ORGANOLÉPTICOS I I</b>											
1	Vino blanco	nd	7	8	nd	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
2	Vino blanco	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
3	Vino blanco	nd	nd	217	42	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
4	Vino blanco	nd	nd	112	46	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
5	Vino blanco	nd	nd	144	58	nd	nd	nd	nd	1,5	nd
6	Vino blanco	nd	nd	97	56	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
7	Vino blanco	nd	16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
8	Vino blanco	102	139	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
9	Vino blanco	nd	nd	150	71	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
10	Vino blanco	nd	nd	150	71	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
11	Vino blanco	nd	nd	143	70	nd	nd	nd	nd	1,1	nd
12	Vino tinto	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
13	Vino tinto	26	21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
14	Vino tinto	997	117	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,3	nd
15	Vino tinto	254	106	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd
16	Vino tinto	762	90	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	nd
17	Vino tinto	74	23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	nd

**Tabla 19.** Detalle de la composición química en compuestos asociados con defectos organolépticos de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Metanotiol (µg/L)	Etanotiol (µg/L)	Dimetilsulfuro (µg/L)	Dietilsulfuro (µg/L)	Metiltioacetato (µg/L)	Etiltioacetato (µg/L)	Dimetildisulfuro (µg/L)	Dietildisulfuro (µg/L)	Dimetiltrisulfuro (µg/L)	Benzotiazol (µg/L)
GRUPO DE COMPUESTOS AZUFRADOS RESPONSABLES DE DEFECTOS ORGANOLÉPTICOS											
1	Vino blanco	nd	nd	26,1	nd	nd	4,1	nd	nd	nd	nd
2	Vino blanco	nd	nd	84,4	nd	nd	4	nd	nd	nd	nd
3	Vino blanco	nd	nd	18,8	nd	nd	3,6	nd	nd	nd	nd
4	Vino blanco	nd	nd	11,1	nd	6,3	5,2	nd	nd	nd	nd
5	Vino blanco	nd	nd	27,4	nd	0	3,4	nd	nd	nd	nd
6	Vino blanco	nd	nd	2,5	nd	4,4	3,8	nd	nd	nd	nd
7	Vino blanco	nd	nd	17	nd	4,1	8,4	nd	nd	nd	nd
8	Vino blanco	nd	nd	7,1	nd	4,8	2,6	nd	nd	nd	nd
9	Vino blanco	nd	nd	27,6	nd	nd	17,9	nd	nd	nd	nd
10	Vino blanco	nd	nd	11,9	nd	3,6	4,2	nd	nd	nd	nd
11	Vino blanco	nd	nd	17,1	nd	10	2,9	nd	nd	nd	nd
12	Vino tinto	nd	nd	36,5	nd	4,5	5,4	nd	nd	nd	nd
13	Vino tinto	nd	nd	27,6	nd	9,8	6,3	nd	nd	nd	nd
14	Vino tinto	nd	nd	37,5	nd	nd	4,1	nd	nd	nd	nd
15	Vino tinto	nd	nd	14,1	nd	4,4	3,4	nd	nd	nd	nd
16	Vino tinto	nd	nd	24,5	nd	nd	4,4	nd	nd	nd	nd
17	Vino tinto	nd	nd	77,9	nd	nd	4,3	nd	nd	nd	nd

**Tabla 20.** Detalle de la composición química en compuestos asociados con defectos organolépticos causados por compuestos azufrados de los 17 vinos.

Nº	Tipología	Aluminio (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Boro (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Niquel (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)
GRUPO DE METALES I											
1	Vino blanco	0,78	< 0,1	1,88	< 0,01	0,09	0,69	2,24	< 0,1	< 0,05	0,65
2	Vino blanco	0,82	< 0,1	4,23	< 0,01	0,09	0,49	0,37	< 0,1	< 0,05	0,50
3	Vino blanco	1,16	< 0,1	2,61	< 0,01	0,09	1,34	2,10	< 0,1	< 0,05	0,40
4	Vino blanco	0,67	< 0,1	1,59	< 0,01	0,09	0,49	2,13	< 0,1	< 0,05	0,65
5	Vino blanco	1,33	< 0,1	4,45	< 0,01	0,14	0,83	0,67	< 0,1	< 0,05	0,95
6	Vino blanco	0,93	< 0,1	2,35	< 0,01	0,09	0,86	2,86	< 0,1	< 0,05	0,59
7	Vino blanco	1,44	< 0,1	4,58	< 0,01	0,14	1,68	1,42	< 0,1	< 0,05	0,94
8	Vino blanco	0,49	< 0,1	4,30	< 0,01	0,09	0,58	0,48	< 0,1	< 0,05	0,30
9	Vino blanco	2,28	< 0,1	3,70	< 0,01	0,09	1,92	2,53	< 0,1	< 0,05	1,06
10	Vino blanco	0,82	< 0,1	4,50	< 0,01	0,09	0,66	2,03	< 0,1	< 0,05	0,81
11	Vino blanco	3,05	< 0,1	4,04	< 0,01	0,40	1,64	1,34	< 0,1	< 0,05	0,75
12	Vino tinto	0,49	0,09	3,84	< 0,01	0,09	0,89	1,67	< 0,1	< 0,05	0,27
13	Vino tinto	0,49	0,09	7,02	< 0,01	0,13	1,32	0,93	< 0,1	< 0,05	0,55
14	Vino tinto	0,49	0,09	7,34	< 0,01	0,15	0,62	1,58	< 0,1	< 0,05	1,05
15	Vino tinto	0,76	0,09	4,29	< 0,01	0,15	1,90	0,57	< 0,1	< 0,05	0,61
16	Vino tinto	0,49	0,09	4,94	< 0,01	0,09	3,12	0,86	< 0,1	< 0,05	0,25
17	Vino tinto	0,49	0,09	9,92	< 0,01	0,09	1,11	1,36	< 0,1	< 0,05	0,93

**Tabla 21.** Detalle de la composición química en metales de los 17 vinos usados en el estudio.

Nº	Tipología	Mercurio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Potasio (mg/L)	Sodio (mg/L)
<b>GRUPO DE METALES II</b>							
1	Vino blanco	< 0,01	74,2	189	88,0	338	22,7
2	Vino blanco	< 0,01	59,3	55,3	54,5	558	12,6
3	Vino blanco	< 0,01	65,9	153	72,4	811	24,5
4	Vino blanco	< 0,01	66,3	107	84,7	419	47,7
5	Vino blanco	< 0,01	96,4	125	84,0	418	14,5
6	Vino blanco	< 0,01	61,6	116	93,8	625	59,5
7	Vino blanco	< 0,01	55,7	214	78,8	893	14,9
8	Vino blanco	< 0,01	61,3	77,0	75,7	487	16,8
9	Vino blanco	< 0,01	141	181	93,9	1033	21,1
10	Vino blanco	< 0,01	94,1	193	84,1	761	13,7
11	Vino blanco	< 0,01	119	235	89,6	736	16,5
12	Vino tinto	< 0,01	42,2	130	98,4	893	21,6
13	Vino tinto	< 0,01	53,8	215	89,6	1232	9,99
14	Vino tinto	< 0,01	80,6	226	114	1181	12,6
15	Vino tinto	< 0,01	69,9	140	60,3	792	9,99
16	Vino tinto	< 0,01	57,0	219	106	1060	17,2
17	Vino tinto	< 0,01	51,6	197	118	118	42,7

**Tabla 22.** Detalle de la composición química en metales de los 17 vinos usados en el estudio.