

Investigación Científica

INTERPRETACIÓN SENSORIAL

DE MINERALIDAD EN LOS VINOS

Bases sensoriales del carácter mineral en el vino a nivel olfativo y gustativo
Septiembre, 2015

Estudio y Producción Privada
Antonio Palacios PhD & David Molina AIWS

Especial agradecimiento a
Elvira Zaldívar & M.P. Fernández



LABORATORIOS EXCELL-IBÉRICA
Logroño - La Rioja
Spain



OUTLOOK WINE
The Barcelona Wine School
Spain

ÍNDICE

1. <i>Resumen</i>	<i>pág.2</i>
2. <i>Introducción</i>	<i>pág.4</i>
3. <i>Materiales y métodos utilizados en el experimento</i>	<i>pág.9</i>
4. <i>Resultados y discusión</i>	<i>pág.10</i>
4.1. <i>Diseño de los paneles de cata</i>	<i>pág.10</i>
4.2. <i>Análisis químico de la prueba triangular</i>	<i>pág.13</i>
4.3. <i>Análisis de la prueba enumerativa</i>	<i>pág.21</i>
5. <i>Conclusiones</i>	<i>pág.22</i>
6. <i>Referencias Bibliográficas</i>	<i>pág.27</i>

Bases sensoriales del carácter mineral en el vino a nivel olfativo y gustativo

E. Zaldivar.¹, D. Molina², M.P. Fernandez³, y A. Palacios^{1y3}

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

1. Resumen

Cuando se habla de mineralidad en los vinos es habitual encontrar términos descriptivos como sílex, pedernal, humo de cerilla, queroseno, goma de borrar, pizarra, granito, piedra caliza, terroso, alquitrán, carbón, grafito, polvo de roca, piedras mojadas, salado, metálico, acerado, ferroso, etcétera. Estos son solo algunos de los descriptores que se pueden comúnmente encontrar en las notas de cata de vinos que muestran este perfil. Sin embargo, no todos los vinos muestran esta huella aromática. Determinadas variedades de uva son más proclives que otras a generar este aroma, como son las blancas Riesling, Chardonnay, Chenin blanc, Sauvignon blanc, Albariño entre otras y las tintas Syrah y Pinot noir, y en menor grado las Cabernet franc, Nebbiolo, Cabernet sauvignon como ejemplos. Entre todos estos vinos se pueden encontrar algunos aspectos en común cuando expresan mineralidad, como son el origen en climas fríos o frescos, vendimias tempranas o no sobremaduras, una acidez elevada, elaboraciones de carácter reductivo y en general, suelen ser vinos de perfil “*single vineyard*” que buscan potencialmente reflejar la expresión de un terruño. En numerosos casos suelen ser vinos blancos secos de alta acidez, perfil aromático afrutado bajo y más comúnmente, producidos en el viejo mundo, aunque hay evidentes excepciones. En la gran mayoría de ocasiones esta percepción es interpretada por los prescriptores importantes del mercado y por los consumidores como un valor de calidad intangible que ensalza el valor hedónico y económico del vino.

No cabe duda de que el concepto que transmite el término mineralidad en los vinos es ciertamente uno de los atributos más misteriosos desde el punto de vista químico. Poco se sabía hasta la fecha, ya que no se habían realizado estudios en profundidad de cómo ciertos compuestos químicos pueden afectar a la descripción del término mineralidad por parte del catador y del consumidor.

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 del origen del vino. Sería por tanto fácil vincular el término mineralidad a la composición y contenido de minerales presentes en un vino, si bien no existen estudios científicos previos suficientemente fundamentados como para establecer dicha asociación directa.

Este estudio es la consecuencia natural de la investigación previa ya publicada “Bases químicas del carácter mineral a nivel olfativo y gustativo en vinos blancos y tintos”, y su objeto es verificar la hipótesis de que ciertos compuestos químicos, y no esencialmente el contenido en metales en el vino, son los responsables del uso del atributo mineralidad en sesiones de cata y descripciones sensoriales. El presente trabajo concluye mencionando los compuestos químicos asociados al término mineralidad identificados en esta investigación. El criterio seguido en la elección de estos compuestos químicos, sometidos al juicio de dos paneles de cata mediante el análisis sensorial de vinos sintéticos, se estableció en base a los resultados obtenidos en la primera parte del estudio de investigación. Estos compuestos químicos fueron identificados en vinos interpretados como minerales por el mercado (primera parte del estudio) y se mencionan en el trabajo qué descriptores sensoriales fueron utilizados por los dos paneles y hasta qué punto la sugestión inducida pueda condicionar al catador en su percepción.

En esta publicación no se abordan algunos aspectos que muy probablemente influyen en la percepción de mineralidad del vino, como es la geología, la geo-microbiología, la biología y fisiología de la planta, así como las técnicas y tratamientos químicos aplicados tanto en viticultura como en enología.

2. Introducción

La composición química del vino es muy variada y compleja, habiéndose aislado hasta el momento más de 900 elementos químicos diferentes en su composición global. Muchos de ellos están ampliamente estudiados y caracterizados a nivel organoléptico, dado que su presencia aporta marcadas características aromáticas y/o gustativas; sin embargo, otros descriptores sensoriales como es el caso de la denominada mineralidad, permanecen sin un claro consenso científico sobre las bases químicas en las que se cimienta la percepción sensorial de este término descriptivo.

Es ampliamente sabido que en el mundo del vino hay una enorme lista de descriptores para transmitir mediante el lenguaje articulado y para definir las cualidades, tipos y estilos de vinos a nivel sensorial. Sin duda, el uso del término “mineral” está muy de moda entrado el siglo XXI y es muy utilizado por productores, distribuidores, y especialmente por catadores y famosos gurús como un valor de relevancia diferencial y distinción entre los vinos, sobre todo los de alta gama y elevado precio. Hablar de mineralidad en la descripción de cata de un vino es añadirle potencialmente valor sensorial y comercial.

Hoy en día el impacto que tiene la interpretación de este término alcanza importancia a escala internacional, existiendo la fuerte necesidad de encontrar las posibles causas y el origen de asociación del término “mineralidad” con la presencia de compuestos volátiles odoríferos, ciertos minerales u otras sustancias aromáticas o sápidas que puedan provenir del suelo, de la misma planta, del resultado de técnicas de viticultura y enología, además de tratamientos tanto en el viñedo como enológicos aplicados en bodega.

Son muchos los profesionales, amateurs e incluso algunos consumidores finales que utilizan este término, pero no son tantos los que tienen claro su significado, procedencia y veracidad. Surge así la necesidad de determinar con respuestas pragmáticas el significado real de este gran y valioso léxico, la “mineralidad”, que de forma poética, emocional o inducida tanto enriquece al producto, sobre todo en su valor hedónico y seguramente también de precio.

Es cierto que el estado físico-químico por el que pasan algunos vinos durante sus diferentes fases de elaboración y maduración, y que algunos tratamientos enológicos y/o técnicas de vinificación específicas pueden mostrar un perfil asociado a descriptores que los catadores definen como “humo de cerilla”, “pedernal”, “piedra de mechero” o “sílex”, términos que en algunos casos se utilizan asociados al concepto “mineral”. Sin embargo, se debe ir más allá y verificar cuáles son los compuestos y en qué medida contribuyen a la percepción de la mineralidad del vino en el momento de su consumo.

La falta de una definición realmente argumentada acerca del término “mineral o mineralidad” se ha convertido en el propio talón de Aquiles de este poderoso término. Aquí surge la división entre los que se definen como seguidores “pro-mineral” y que suelen coincidir con el perfil de los “pro-terroir”, contra los “anti-mineral”, que a su vez suelen ser también escépticos con el mismísimo concepto “terroir”.

Es por ello que diversos autores han sugerido que el término mineralidad no puede estar unido tan solo a la presencia de elementos minerales o metálicos. Así, recientes artículos sugieren la posibilidad de la unión de este término con altos niveles de acidez, la presencia y riqueza en ácidos orgánicos, la ausencia de compuestos aromáticos potentes como son los terpenos o los ésteres afrutados y la presencia de complejos compuestos azufrados asociados a aromas reductivos.

Este estudio tiene como objetivo ver la posible asociación de ciertos compuestos químicos, tanto emocional como sensorialmente, con la mineralidad utilizada como atributo o descriptor en la cata de vinos.

En el estudio previo realizado por este mismo grupo de trabajo se analizaron químicamente 17 vinos que habían sido definidos por prescriptores a nivel internacional como minerales. Tras realizar varias sesiones de cata por dos paneles de jueces sensoriales a 500 km de distancia el uno del otro, se seleccionó un grupo de vinos con mayor puntuación en el descriptor mineralidad y se realizó un estudio estadístico mediante análisis de componentes principales (ACP) y regresión lineal en relación a su composición química. El estudio químico consistió en el análisis mediante diferentes técnicas analíticas de más de 100

compuestos diferentes. El análisis estadístico de los resultados indicó que ciertos parámetros enológicos, como son los niveles de dióxido de azufre libre, pH y acidez total, podrían estar directamente relacionados con el uso del descriptor mineralidad. De la misma manera, otros compuestos químicos entre los que se encontraban compuestos aromáticos pre-fermentativos, fermentativos y de envejecimiento, podrían ser-en parte responsables de la categorización de un vino como mineral. Cabe también una hipótesis bastante lógica, y que dicha percepción mineral sea el resultado del efecto sinérgico de varios compuestos actuando a la vez de forma sinérgica y en distintas concentraciones según la composición química de cada vino.

Se muestra en la tabla 1 el resumen de los compuestos químicos encontrados con relación estadística significativa mediante el estudio tipo ACP.

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	β -Feniletanol	β -Feniletanol
	Succinato de dietilo	m-Cresol
	Decanoato de etilo	γ -Butirolactona
Aromas de envejecimiento	γ -Decalactona	γ -Decalactona
	4-Etilfenol	4-Etilfenol
	4-Etilguayacol	4-Etilguayacol
	Furfural/ 5-Metilfurfural	Furfural/ 5-Metilfurfural

Tabla 1. 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).

A continuación, las tablas 2 y 3 muestran los resultados previamente encontrados tanto en vinos tintos como en blancos respectivamente mediante análisis estadísticos de regresión lineal, tomando los resultados medios de las sesiones de cata realizadas por los dos paneles en comparación con los resultados analíticos de más de 100 compuestos químicos diferentes.

Grupo analítico	Descriptor mineralidad	Parámetros químicos	% Probabilidad
Enológicos	Gustativa	pH	82,88
Enológicos	Gustativa	Ac tartárico	86,06
Enológicos	Gustativa	IPT	93,54
Aromáticos prefermentativos	Aromática	m-Cresol	82,10
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido butírico	88,51
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido hexanoico	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	Hexanoato de etilo	92,84
Aromáticos envejecimiento	Aromática	4-Etilguayacol	91,77
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Cis-whiskylactona	96,70
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Eugenol	92,03
Aromáticos envejecimiento	Aromática	δ-Octalactona	81,88
Aromáticos envejecimiento	Aromática	2,6-Dimetoxifenol	89,55
Aromáticos envejecimiento	Aromática	4-Alil-2,6-dimetoxifenol	88,58
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Vanillato de metilo	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	4-Mercapto-4-4-metil-2-2-pentanona	94,62
Tioles	Aromática	3-Mercaptohexanol	95,39
Metales	Gustativa	Boro	80,01

Tabla 2. En negrita resumen de los compuestos químicos relacionados con la mineralidad obtenidos de los resultados en el análisis estadístico de regresión lineal sobre vinos tintos.

Grupo analítico	Descriptor mineralidad	Parámetros químicos	% Probabilidad
Enológicos	Gustativa	Grado Alcohólico	80,99
Enológicos	Gustativa	pH	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	Ácido butírico	97,969
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido isobutírico	98,81
Aromáticos fermentativos	Aromática	Ácido hexanoico	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	Hexanoato de etilo	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	Cis-whiskylactona	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	2,6-Dimetoxifenol	89,17
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Vanillato de metilo	98,60
Aromáticos envejecimiento	Aromática	Vanillato de etilo	86,32
Defectos	Aromática	4-Vinilguayacol	94,79
Tioles	Aromática	4-Mercapto-4-4-metil-2-2-pentanona	90,10
Tioles	Aromática	Acetato de 3-mercaptohexilo	89,21
Tioles	Aromática	3-Mercaptohexanol	91,62
Tioles	Aromática	Bencilmercaptano	97,56
Metales	Gustativa	Magnesio	84,79

Tabla 3. En negrita resumen de los compuestos químicos relacionados con la mineralidad obtenidos de los resultados en el análisis estadístico de regresión lineal sobre vinos blancos.

Para estudiar cómo algunos de estos compuestos químicos juegan un rol en la percepción relacionada con el término mineralidad, tanto a nivel gustativo como olfativo, se reclutaron dos paneles de catadores. Siguiendo las directrices establecidas en el estudio previo realizado, los paneles de cata se constituyeron uno en Rioja (elaboradores) y otro en Barcelona (no elaboradores), formados por 20 y 23 jueces entrenados en el análisis sensorial respectivamente. El primero de ellos fue constituido por enólogos elaboradores y el segundo por profesionales del sector vitivinícola no elaboradores. Las muestras consistieron en una base hidroalcohólica neutra que se distribuyeron a lo largo de 16 puestos de cata. La prueba fue del tipo triangular (3 copas/dos vinos). En cada uno de los puestos se presentaban tres copas y uno de los dos vinos se había modificado químicamente mediante la adición de un compuesto químico determinado para evaluar su impacto frente al testigo.

3. Materiales y métodos utilizados en el experimento

Las dos sesiones de cata desarrolladas por los panelistas de jueces seleccionados se diseñaron siguiendo la metodología de prueba triangular. La característica de dicha prueba estriba en que al panelista se le presentan 3 muestras codificadas, dos de ellas iguales, debiendo indicar el juez cuál de las muestras es diferente. La hipótesis de partida que se plantea para esta prueba, también llamada hipótesis nula, consiste en establecer que las muestras son iguales.

Adicionalmente a lo anterior, se realizó un estudio de validación de uno de los dos paneles de cata participantes (grupo de enólogos) mediante la aplicación del software “Panel Check” desarrollado por la Universidad de Dinamarca, para la evaluación de la fiabilidad y calidad de paneles de jueces sensoriales.

Puesto	Compuesto/s adicionado/s	Puesto	Compuesto/s adicionado/s
1	Mezcla de compuestos	9	Dimetil sulfuro
2	Metales	10	pH bajo y alto SO ₂
3	Etilfenoles	11	Acidez total elevada
4	Ácido succínico	12	Compuestos azufrados
5	Acetato de isoamilo	13	Pirazinas
6	Butirato de etilo	14	Geosmina
7	Decanoato de etilo	15	Tioles
8	Succinato de etilo	16	m-Cresol

Tabla 4. Detalle de los puestos de cata y los compuestos químicos adicionados sobre una base hidroalcohólica presentados a los dos paneles de cata colaboradores.

La elección de las concentraciones a las cuales se adicionó cada compuesto químico sobre la base hidroalcohólica, se realizó tomando en cuenta la concentración media hallada en la caracterización química realizada en un estudio previo sobre 17 vinos estudiados con connotaciones “minerales”. Con este diseño experimental en base a vinos sintéticos, se pretendía evitar realizar la cata sobre vinos reales adicionados con los compuestos químicos estudiados, ya que el vino por su complejidad matricial química puede enmascarar la detección por parte de los catadores de algunos de los compuestos seleccionados.

A continuación se muestra la relación de cada puesto de cata y su composición química:

- Puesto nº 1: contenía una mezcla de todos los compuestos químicos añadidos en los puestos del número 2 al 16 a las concentraciones medias halladas previamente.
- Puesto nº 2: contenía la mezcla de una sal de hierro y cobre añadida al doble de concentración de los niveles medios en el contenido de metales hallada con anterioridad.
- Puesto nº 3: se añadió una mezcla de los compuestos 4-Etilfenol y 4-Etilguayacol al doble de las concentraciones medias.

- Puestos nº 4 al 9: contenían al menos una muestra de cada uno de los compuestos descritos en la tabla 4 al doble de la concentración media hallada en el estudio previo.
- Puesto nº 10: se modificó la acidez hasta un pH de 3,0 y se adicionó Metabisulfito potásico hasta obtener un nivel de Dióxido de azufre libre de 30 mg/L.
- Puesto nº 11: se añadió Ácido tartárico hasta obtener una acidez total igual a 7,3 g/L de ácido tartárico.
- Puesto nº 12: contenía una mezcla de tres compuestos responsables de aromas azufrados en el vino, Etanotiol, Dimetilsulfuro y Mercaptoetanol; las concentraciones adicionadas se detallan en la tabla 5.
- Puesto nº 13: se presentó una muestra que contenía una mezcla de los compuestos denominados Pirazinas: (IBMP)-2-Isobutil-3-Metoxipirazina y 2-Isopropil-3-Metoxipirazina (PMP).
- Puesto nº 14: contenía una modificación sobre la base hidroalcohólica con el compuesto Geosmina.
- Puesto nº 15: contenía una mezcla de tres de los compuestos denominados Tioles: 4-Mercapto-4-4-Metil-2-2-Pentanona, Acetato de 3-Mercaptohexilo y 3-Mercaptohexanol, con olores a boj, maracuyá y pomelo respectivamente.
- Puesto nº 16: contenía una adición del doble de la concentración media del compuesto m-Cresol, de aroma a pimienta y cuero.

En la tabla 5 se muestran los compuestos químicos y las concentraciones adicionadas en cada puesto de cata presentados a ambos paneles.

Compuesto	Concentración	Compuesto	Concentración
Geraniol	100 ng/L	Dimetil sulfuro	193 µg/L
4-Mercapto-4-4-metil-2-2 pentanona	16 ng/L	β-metil Octalactona cis	552,56 µg/L
Acetato de 3-mercaptohexilo	24 ng/L	β-metil Octalactona trans	387,76 µg/L
3-Mercaptohexanol	2,4 ng/L	Etanotiol	3,8 µg/L
Acetato de isoamilo	10,0 µg/L	Mercaptoetanol	104 µg/L
4-Etil-fenol	100 µg/L	Furfural	514,8 µg/L
4-Etil-guayacol	50 µg/L	Butirato de etilo	410 µg/L
Succinato de etilo	4,1 g/L	β-Ionona	242 ng/L
m-Cresol	4,0 µg/L	α-Ionona	320 ng/L
Sal de Cobre	450 µg/L	Decanoato de etilo	120 µg/L
Sal de Hierro	320 µg/L	β-metil Octalactona trans	387,76 µg/L
IBMP-2-Isobutil-3-Metoxipirazina	24 ng/L	Etanotiol	3,8 µg/L
IPMP-2-Isopropil-3-Metoxipirazina	24 ng/L	Geosmina	41,2 ng/L

Tabla 5. Detalle de las concentraciones adicionadas de los compuestos químicos en los 16 puestos de cata sobre una base hidroalcohólica.

4.2 Análisis estadístico de la prueba triangular

La metodología utilizada en el análisis sensorial fue del tipo cata triangular, siendo esta una prueba discriminatoria. Las pruebas discriminatorias representan una de las herramientas analíticas más útiles para el análisis sensorial, ya que permiten encontrar diferencias significativas entre dos o más muestras y un patrón determinado utilizado como elemento de control. Todos los métodos o pruebas descriptivas pretenden responder a la misma pregunta: ¿son estos productos diferentes entre sí?

En el momento de la evaluación de las muestras, se realizaron dos catas triangulares a ciegas de los mismos vinos sintéticos en dos sesiones bien diferenciadas (cata A y B), una primera sesión (A) sin indicar ningún tipo de objetivo sobre la misma y una segunda sesión (B) de cata de las mismas muestras, pero induciendo a los catadores a encontrar y definir el término “mineral” en las muestras. De esta forma, se podía evaluar de una forma objetiva si los catadores encontraban mineralidad en las muestras sin tener que indicárselo, y también tener en cuenta la parte psico-sensorial cuando se les invitaba a encontrar el término de forma inducida.

La primera sesión (Cata A) se diseñó siguiendo la metodología de cata triangular a ciegas realizándose dos demandas a los jueces sensoriales. En primer lugar se les pedía que identificaran las muestras diferentes y en segundo lugar que se indicara la preferencia por alguna de las dos muestras presentes en cada puesto de cata.

En la segunda sesión (Cata B) se presentaron los mismos 16 vinos sintéticos y exactamente en la misma posición, pero en esta ocasión, se indicó a los jueces sensoriales que debían encontrar el atributo mineral en las muestras presentadas. Se les formularon además otras dos preguntas: primero, que se identificara de nuevo la muestra diferente siguiendo la metodología de cata triangular; y segundo, que se indicara la muestra que a juicio del catador presentaba un mayor carácter mineral.

Todos los puestos de cata fueron evaluados por los panelistas de manera olfativa, sin embargo, se pidió a los catadores que los puestos que contenían Metales (puesto 2), ácido Succínico (puesto 4), pH y Dióxido de azufre modificados (puesto 10), Acidez total modificada (puesto 11) y Geosmina (puesto 14) fueran evaluados también a nivel gustativo. Asimismo, los puestos que contenían los compuestos Acetato de isoamilo (puesto 5), Butirato de etilo (puesto 6), Decanoato de etilo (puesto 7), Succinato de etilo (puesto 8) y los Tioles (puesto 15) fueron utilizados como controles negativos buscando la definición “anti-mineral” del vino o totalmente opuesto al término.

Una vez recopilados los datos de ambas sesiones de cata se realizó una prueba de contraste de hipótesis mediante un test binomial para conocer si existían diferencias significativas.

En la norma ISO 4120:2004 (tabla 6) se encuentran especificados el número de jueces necesarios para la realización de la prueba y el número mínimo de respuestas acertadas, diferenciándose de forma correcta la muestra distinta entre las tres copas, para afirmar de esta forma que existen diferencias significativas. Según la mencionada norma, el número de respuestas necesarias para concluir que existe una diferencia significativa depende del número n , que se define como el número de jueces que participan en la prueba o número de respuestas totales.

n	α					n	α				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001		0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
6	4	5	5	6	—	27	12	13	14	16	18
7	4	5	5	6	7	28	12	14	15	16	18
8	5	5	6	7	8	29	13	14	15	17	19
9	5	6	6	7	8	30	13	14	15	17	19
10	6	6	7	8	9						
						31	14	15	16	18	20
11	6	7	7	8	10	32	14	15	16	18	20
12	6	7	8	9	10	33	14	15	17	18	21
13	7	8	8	9	11	34	15	16	17	19	21
14	7	8	9	10	11	35	15	16	17	19	22
15	8	8	9	10	12						
						36	15	17	18	20	22
16	8	9	9	11	12	42	18	19	20	22	25
17	8	9	10	11	13	48	20	21	22	25	27
18	9	10	10	12	13	54	22	23	25	27	30
19	9	10	11	12	14	60	24	26	27	30	33
20	9	10	11	13	14	66	26	28	29	32	35
21	10	11	12	13	15	72	28	30	32	34	38
22	10	11	12	14	15	78	30	32	34	37	40
23	11	12	12	14	16	84	33	35	36	39	43
24	11	12	13	15	16	90	35	37	38	42	45
25	11	12	13	15	17	96	37	39	41	44	48
26	12	13	14	15	17	102	39	41	43	46	50

Tabla 6. Número mínimo de respuestas correctas necesarias para concluir que hay diferencias perceptibles en una prueba triangular.

En este caso, para el primero de los paneles constituido por enólogos, donde se contaba con 20 jueces, según la norma ISO 4120:2004 el mínimo número de respuestas acertadas necesarias para determinar que existen diferencias significativas son de 11, 13 y 14 para los niveles de significación α de 0,05, 0,01 y 0,001 respectivamente, y por tanto con un nivel de confianza del 95, 99 y 99,9%. En el caso del segundo panel de cata formado por 23 jueces, el mínimo número de respuestas acertadas necesarias para determinar que existen diferencias significativas son de 12, 14 y 15 para los mismos niveles de significación α anteriormente mencionados. En resumen, los resultados estadísticos de las catas ofrecen una confianza de veracidad de 95, 99 y 99,99% según compuestos.

El panel formado por enólogos obtuvo un 62% de aciertos en la primera parte de las sesiones de cata y un 67% en la segunda fase de cata dirigida, tal y como se

muestra en la figura 2. En la segunda fase de la cata los jueces del mismo panel fueron capaces de definir como mineral en un 67% aquellas muestras modificadas con los compuestos químicos evaluados, habiéndose tenido en cuenta únicamente aquellos puestos en los que al menos se obtuvo un nivel de significación del 95%, en los que los panelistas fueron capaces de encontrar diferencias significativas entre las muestras presentadas a ese nivel de confianza. A modo de ejemplo se puede observar la figura 2, donde se representan los resultados globales de ambas catas.

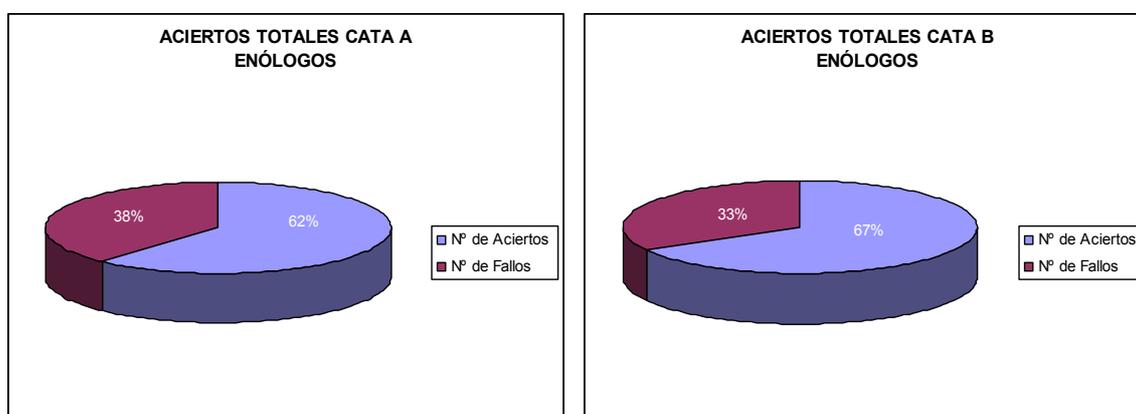


Figura 2 Porcentaje de acierto para las dos sesiones de cata triangular desarrolladas por el panel de enólogos.

Para el segundo panel formado por profesionales del sector vitivinícola no elaboradores, se obtuvo un 65% de aciertos en la primera parte y un 69% en la segunda fase dirigida. En la segunda fase y siguiendo el mismo criterio que con el primero de los paneles, los jueces definieron acertadamente como minerales aquellas muestras modificadas en un 60%.

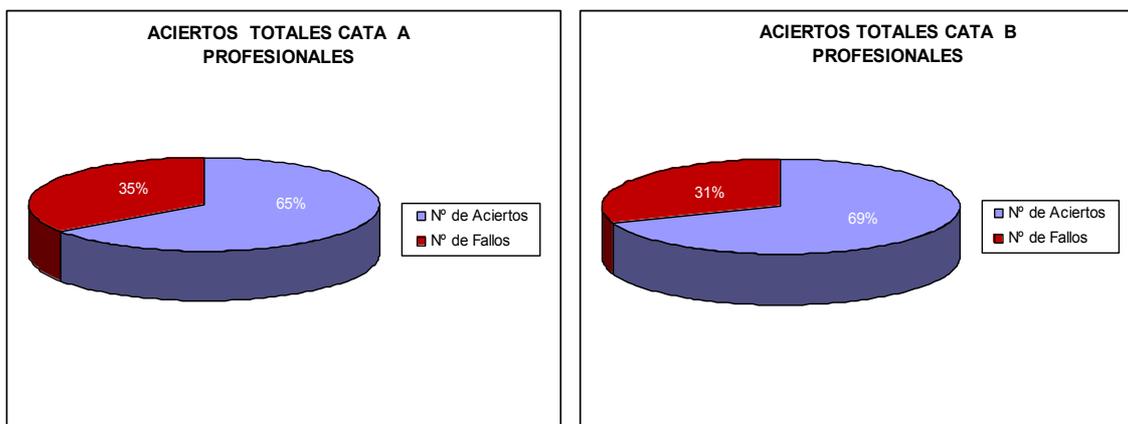


Figura 3 Porcentaje de acierto para las dos sesiones de cata triangular desarrollada por el panel de profesionales no elaboradores.

La tabla 7 (pág. 18) muestra los resultados estadísticos del panel de enólogos. En las tres primeras columnas se señalan marcados con una x los puestos de cata donde se encontraron diferencias significativas con niveles del 0,5, 0,01 y 0,001 en las fases de cata A y B. Las últimas tres columnas señalan los puestos encontrados con diferencias significativas para los mismos niveles con relación a la pregunta formulada a los catadores en la que se les pedía identificar la muestra más mineral. En negrita han sido señalados los compuestos utilizados como controles negativos o anti-minerales.

Según los resultados hallados en la cata del primero de los paneles, la presencia de ácido Succínico y un pH bajo combinado con altos niveles de Dióxido de azufre libre, están directamente relacionadas con el uso del término mineralidad con una probabilidad del 95%. La presencia de Etilfenoles, m-Cresol y Metales obtienen una significación de un 99% para relacionarse como mineralidad en vino. Por último, con la misma probabilidad, aparece el compuesto Geosmina. Asimismo, la presencia de Acetato de isoamilo y Tioles está directamente relacionada en un 99,9% con la aparición del término mineralidad para el panel de enólogos elaboradores, pero se podría decir que tienen un efecto algo ambiguo en este sentido, ya que el panel de cata de profesionales no elaboradores no relacionó el Acetato de isoamilo con la mineralidad, pero sí lo hizo aunque en menor grado con los Tioles.

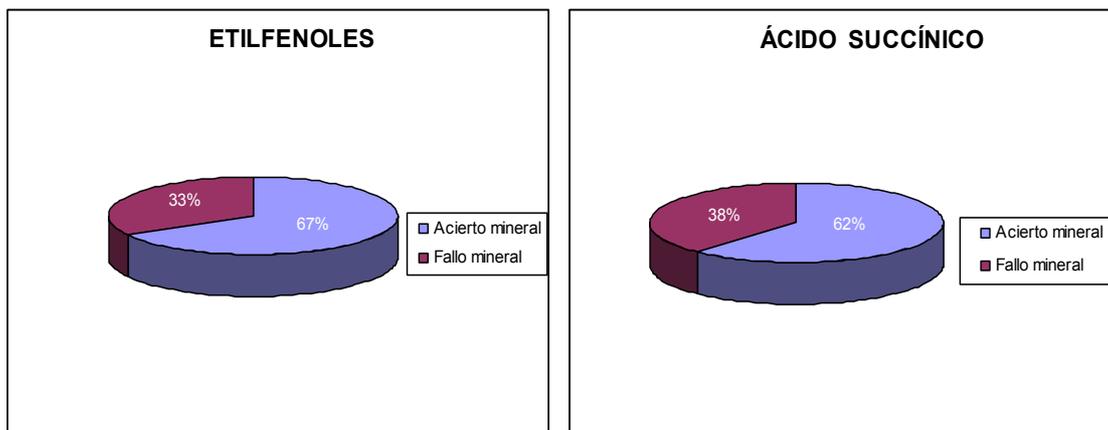


Figura 4 Porcentaje de aciertos de la fase B de la sesión de cata desarrollada por el panel de enólogos para los compuestos 4-Etilfenol y 4-Etilguayacol (gráfico izquierdo) y ácido Succínico (gráfico derecho).

En la tabla 8 (pág. 19) se muestran los resultados estadísticos del panel de profesionales no elaboradores. En esta ocasión, los compuestos denominados azufrados: Etanotiol, Dimetilsulfuro y Mercaptoetanol, mostraron estar relacionados con un 95% de probabilidad con el término mineralidad, al igual que los compuestos 4-Etilfenol y 4 Etilguayacol de aromas a cuero, aunque este compuesto solo se relaciona con la mineralidad durante la cata inducida (B), no durante la cata espontánea (A). Igual que en el caso de los vinos sintéticos modificados con pH bajo y sulfuroso elevado.

Puesto	Compuesto	Sesión A			Sesión B			MINERALIDAD		
		α 0,05	α 0,01	α 0,001	α 0,05	α 0,01	α 0,001	α 0,05	α 0,01	α 0,001
Puesto 1	Mezcla de compuestos	X	X	X	X	X	X			
Puesto 2	Metales	X	X	X				X	X	
Puesto 3	Etilfenoles				X	X	X	X	X	
Puesto 4	Acido succínico	X						X		
Puesto 5	Acetato de isoamilo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesto 6	Butirato de etilo	X	X	X	X	X	X			
Puesto 7	Decanoato de etilo				X					
Puesto 8	Succinato de etilo									
Puesto 9	Dimetil sulfuro									
Puesto 10	pH y SO ₂ modificados				X	X		X		
Puesto 11	Acidez total modificada									
Puesto 12	Compuestos azufrados									
Puesto 13	Pirazinas	X			X					
Puesto 14	Geosmina	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesto 15	Tioles	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesto 16	m-Cresol	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabla 7. Resultados obtenidos por el panel de enólogos elaboradores. En la columna de la izquierda y en negrita son señalados los compuestos evaluados con una relación totalmente inversa con la mineralidad, es decir totalmente opuesto al término mineralidad. En la siguiente columna se señalan marcados con una x los puestos de cata encontrados como significativos para los niveles 0,5, 0,01 y 0,001 en la sesión de cata A. La tercera columna señala marcados con una x los puestos de cata encontrados como significativos para los niveles 0,5, 0,01 y 0,001 en la sesión de cata B. La cuarta columna señala los puestos encontrados con diferencias significativas frente a la muestra modificada como la más mineral.

Según las respuestas obtenidas por el panel de cata de profesionales no elaboradores, la presencia de los Tioles: 4-Mercapto-4-4-metil-2-2-Pentanona, Acetato de 3-Mercaptohexilo y 3-Mercaptohexanol está inversamente relacionada en un 99% con la aparición del término mineralidad, se podrían definir como no minerales. Por último y al igual que en los resultados obtenidos por el panel de elaboradores, un pH bajo combinado con altos niveles de Dióxido de azufre libre y el compuesto Geosmina, están directamente relacionados con el uso del término mineralidad con un 99,9% de probabilidad.

Puesto	Compuesto	Sesión A			Sesión B			MINERALIDAD		
		α 0,05	α 0,01	α 0,001	α 0,05	α 0,01	α 0,001	α 0,05	α 0,01	α 0,001
Puesto 1	Mezcla de compuestos	X	X	X	X	X	X			
Puesto 2	Metales									
Puesto 3	Etilfenoles	X	X	X	X	X	X	X		
Puesto 4	Acido succínico									
Puesto 5	Acetato de isoamilo	X	X		X	X	X			
Puesto 6	Butirato de etilo	X	X		X	X	X			
Puesto 7	Decanoato de etilo				X			X		
Puesto 8	Succinato de etilo									
Puesto 9	Dimetil sulfuro									
Puesto 10	pH y SO ₂ modificados	X			X	X		X	X	X
Puesto 11	Acidez total modificada	X						X	X	X
Puesto 12	Compuestos azufrados	X	X	X	X			X		
Puesto 13	Pirazinas	X	X	X	X	X	X			
Puesto 14	Geosmina	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesto 15	Tioles	X	X	X	X	X	X	X	X	
Puesto 16	m-Cresol	X	X	X	X	X	X			

Tabla 8. Resultados obtenidos por el panel de profesionales no elaboradores. En la columna de la izquierda y en negrita son señalados los compuestos evaluados con una relación totalmente inversa con la mineralidad, es decir totalmente opuesto al término mineralidad. En la siguiente columna se señalan marcados con una x los puestos de cata encontrados como significativos para los niveles 0,5, 0,01 y 0,001 en la sesión de cata A. La tercera columna señala marcados con una x los puestos de cata encontrados como significativos para los niveles 0,5, 0,01 y 0,001 en la sesión de cata B. La cuarta columna señala los puestos encontrados con diferencias significativas frente a la muestra modificada como la más mineral.

De forma sorprendente y al contrario de lo expuesto por el panel de cata formado por elaboradores, este panel no relaciona el Acetato de isoamilo con el término mineralidad aunque sí coinciden respecto a los Tioles.

Al igual que ocurría en la sesión de cata de vinos sintéticos modificados del panel de enólogos elaboradores con los Etilfenoles, el pH modificado a la baja y el sulfuroso en rangos elevados, estos solo alcanzaban niveles de significancia suficientes en la cata inducida (B). Este panel de cata muestra el mismo efecto para el Decanoato de etilo.

4.3 Análisis de la prueba enumerativa

Por último, se realizó una recopilación de los términos lingüísticos utilizados por los catadores de ambos paneles y obtenidos durante las dos sesiones de cata. Durante la primera fase, que fue la no dirigida hacia el término mineralidad, se demandó a los jueces que describieran con un par de atributos las sensaciones olfativas y gustativas. De la misma forma que durante la segunda fase de la cata, que fue dirigida hacia elementos relacionados con la mineralidad.

Al comparar el tipo de atributos nombrados en ambas sesiones de cata se observó que algunos jueces habían incluido el término mineral en la primera fase del estudio, aumentando dicho término en la segunda fase dirigida a propósito. También, el término mineralidad fue empleado en una ocasión por uno de los paneles de cata de la muestra modificada con Geosmina. Además, se encontraron en ambos paneles descriptores que habitualmente acompañan al término mineralidad como “tierra”, empleado en varias ocasiones, “calcáreo”, “yeso”, “alquitrán”, “salino” o “polvoriento”.

A modo ilustrativo, en la figura 5 se muestra una comparativa entre la fase A y B de cata para el ácido Succínico. Se puede observar como durante la fase no dirigida hacia el concepto mineralidad ninguno de los jueces sensoriales utilizó ningún término lingüístico que pudiera estar relacionado con el concepto mineral, roca, arcilla o sílex. Sin embargo, en la segunda fase B, los jueces coinciden en señalar la misma muestra como mineral, con un 60% de frecuencia, y la respuesta más utilizada fue la palabra roca.

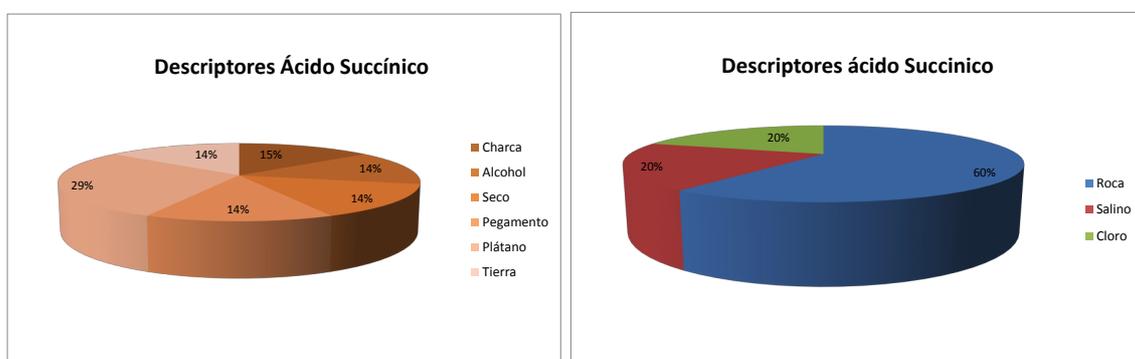


Figura 5. Descriptores nombrados para el compuesto ácido Succínico por el panel de cata de elaboradores durante la sesiones A (no dirigida) y B (dirigida al término mineral).

5. Conclusiones

En el presente estudio se observó un alto porcentaje de aciertos por ambos paneles de cata en las sesiones A y B de cata triangular. Cabe destacar la gran similitud del porcentaje de acierto obtenido en ambas fases (A y B) entre ambos paneles, lo que aporta a los catadores una muy buena credibilidad; así el panel de elaboradores fue correcto en sus respuestas en un 62% para la sesión A y en un 65% el panel de profesionales no elaboradores. La misma situación se produce en las sesiones B de cata dirigidas hacia el descriptor mineralidad. Ambos paneles mostraron aún un mayor porcentaje de aciertos que en la sesión A y con gran similitud entre ambos, lograron un 67% y 69% para enólogos y profesionales no elaboradores respectivamente. Parece aventurado por tanto adjudicar al azar dichas similitudes de aciertos en ambos paneles, dado el alto porcentaje de aciertos encontrados. Si bien, aunque estas similitudes sean perceptibles, solo algunos compuestos, aquellos con diferencias significativas, afectan en la percepción del término mineralidad, bien a nivel gustativo o a nivel olfativo.

- En relación a la fase aromática de mineralidad: El análisis estadístico de los resultados de ambos paneles de cata reveló que ambos grupos de catadores coincidieron en seleccionar de manera estadísticamente significativa, al menos con un nivel de confianza del 95% o superior, los compuestos fenolados 4-Etilfenol, 4-Etilguayacol, los compuestos azufrados Etanotiol, Dimetilsulfuro y Mercaptoetanol y el compuesto responsable de recuerdos a tierra mojada Geosmina con una relación directa entre su presencia y el uso del término mineral. La misma situación se produjo cuando los niveles de pH fueron disminuidos hasta un valor de 3 y la concentración de Dióxido de azufre libre fue aumentada hasta 30 mg/L.

Determinados compuestos mostraron un perfil que se aleja absolutamente de la interpretación de mineralidad. Ambos paneles de cata fueron también coincidentes en señalar una relación, pero en esta ocasión inversa o totalmente opuesto al descriptor mineral, con la presencia de los compuestos Tiolicos: 4-Mercapto-4-4-metil-2-2-Pentanona, Acetato de 3-mercaptohexilo y 3-Mercaptohexanol.

Por otra parte, analizando los resultados de cada panel de manera independiente, el panel de enólogos localizó de manera significativa un mayor número de compuestos que se relacionaban con el término mineralidad. Así además de los previamente mencionados y con una significación de al menos el 95% de confianza, se identificaron el puesto adicionado con ácido Succínico, el puesto modificado con el compuesto aromático de envejecimiento m-Cresol y sumaron los puestos adicionados con sales de metales de Cobre y Hierro. A su vez, el panel de profesionales no elaboradores indicó también una relación entre la aparición del término mineralidad y la alta Acidez total.

Esta concordancia de aciertos entre ambos paneles catapulta a los compuestos previamente mencionados como responsables de dibujar la huella mineral de un vino.

Percepción de mineralidad aromática
M-Cresol
Etilfenoles: 4-Etilfenol y 4-Etilguayacol
Compuestos azufrados (reducciones): Etanotiol, Dimetilsulfuro, Mercaptoetanol
pH bajo y SO ₂ libre (30 mg/l)
Geosmina
Acetato de isoamilo (Solo cierto para el panel de cata de enólogos elaboradores, ya que el panel de profesionales no elaboradores lo identificó como anti-mineral)

Tabla 9. Compuestos relacionados con la percepción de mineralidad a nivel aromático.

Percepción de antimineralidad aromática
Butirato de etilo
Decanoato de etilo
Succinato de etilo
Tioles: Mercapto-4-4-metil-2-2-Pentanona, Acetato de 3-mercaptohexilo, 3-Mercaptohexanol
Acetato de isoamilo (Solo cierto para el panel de cata de profesionales no elaboradores, ya que el panel de enólogos elaboradores lo identificó como mineral)

Tabla 10. Compuestos relacionados con la percepción opuesta a la mineralidad a nivel aromático.

- En relación a la fase gustativa de mineralidad: Si analizamos los resultados obtenidos, se observa que hay ciertos compuestos con relevancia significativa en alguno de los dos paneles como son el ácido Succínico, la presencia de Metales y las modificaciones en pH y Dióxido de azufre libre fueron evaluadas como minerales en base a la cata gustativa.

Percepción de mineralidad gustativa
Ácido Succínico
Modificaciones de pH
Dióxido de Azufre
Metales (cobre y hierro)
Acidez total elevada

Tabla 11. Compuestos relacionados con la percepción de mineralidad a nivel gustativo.

Por tanto, debe remarcarse que tanto la componente olfativa como la gustativa, contribuyen al uso del término mineralidad y muy probablemente bajo un efecto de sinergia entre compuestos y de la interpretación sensorial cognitiva.

Merece la pena mencionar el hecho de que estos resultados abren una estimulante vía de nuevos estudios que profundicen aún más en las dos vertientes de la huella mineral, por un lado un aporte a nivel olfativo y por el otro a nivel gustativo y las interferencias entre ambas fases a nivel de traducir los estímulos sensoriales en las interpretaciones.

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 vino, al menos como único factor directamente vinculado, existiendo otros compuestos también ligados a este término con un efecto relevante. Esta afirmación contrasta con la creencia popular de que son las características del suelo donde crecen las vides y las uvas 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 del análisis sensorial mediante cata a ciegas, dirigidas y no dirigidas hacia la percepción de este término, muestran que una parte de su uso se debe a situaciones de subjetividad una vez esta es claramente inducida, debido a que hubo cambios evidentes en el tipo de descriptores que los catadores emplearon en ambas sesiones de cata, apareciendo en la fase dirigida términos como el olor a piedra, cantos rodados o sílex, que previamente no habían sido mencionados.

Los dos paneles incluyeron espontáneamente en ciertas muestras términos lingüísticos que pudieran relacionarse con el descriptor mineralidad en la fase de cata a ciegas no dirigida hacia la mineralidad (fase A), como tierra, terroso, yeso, cal, salino, polvo y alquitrán. Si bien es cierto que la aparición de términos más definidos como los de roca, pizarra o canto rodado solo aparecieron en la segunda sesión inducida a detectar la mineralidad en la cata (fase B). Esto puede ser debido, como ya parecen sugerir los resultados de este estudio, a que el descriptor mineralidad no se encuentra ligado a la presencia de uno o dos compuestos químicos y es más bien el resultado de una mezcla de compuestos que aportan en ocasiones un componente gustativo y en otras otro olfativo, o ambos a la vez en relación a la mineralidad.

Es importante añadir la relevancia que cobra el poder subjetivo de la inducción para percibir mineralidad, de forma directa o indirecta, ya que parece claro el hecho de que la componente subjetiva juega un gran papel en el uso del término mineralidad. Así los catadores parecen haber aprendido a lo largo de los años en los que este término se ha afincado en el sector, que los descriptores lingüísticos a emplear son aquellos relacionados con las piedras, la tierra o incluso con la sensación salobre del agua del mar. La propia marca comercial y su peso sobre el mercado puede ya estar vinculada al término gracias a la carga mediática.

No obstante, sí se admite en las conclusiones finales de este estudio que en la composición química volátil y en solución del vino, pueden existir moléculas que de una forma u otra recuerden a asociaciones cognitivas olfativas y gustativas relacionadas con el mundo de los minerales, si bien el suelo no tiene porque ser el único origen de los mismos.

Estos resultados abren la puerta a futuras investigaciones para que contribuyan en un futuro a determinar con más exactitud la composición química responsable del término mineral en los vinos desde la percepción gustativa y olfativa.

Con esta segunda parte de investigación global sobre la química del vino y su vínculo con la percepción de mineralidad, Excell-Ibérica y Outlook Wine dan por cerradas las conclusiones de este estudio. Después de una considerable inversión económica y dos largos años de trabajo y análisis concluyentes, queremos agradecer la inestimable colaboración de M.P. Fernández de la Universidad de La Rioja y muy especialmente a Elvira Zaldívar de Laboratorios Excell-Ibérica, quienes han desarrollado una gran labor de valor incalculable. Esperamos sinceramente que estos dos informes aporten un grano de arena al enorme espectro de datos que relaciona la química del vino con el estímulo sensorial del catador y aún de forma mucho más compleja, con la interpretación cognitiva.

6. Referencias bibliográficas

1. Abdil, H. 2007. RV coefficient and congruence coefficient. In Encyclopedia of Measurement and Statistics (N. Salkind, ed.)
2. Araujo, Ivan E. de, Rolls, Edmund T. Velazco, Maria Inés, Margot, Christian, Cayeux Isabelle, (2005) Cognitive Modulation of Olfactory Processing, Neuron Vol 25, p 671-679, http://www.oxcns.org/papers/381_DeAraujo+Rolls+++05.pdf, (Accessed 15 April, 2012)
3. 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
4. Ashley, Rachel, Grapevine Nutrition – an Australian perspective, Fosters Wine Estates, <http://ucanr.org/sites/nm/files/76731.pdf>, (Accessed 18 May, 2012)
5. Ballester, J., Mihnea, M., Peyron, D. and Valentin, D. 2013. Exploring minerality of Burgundy Chardonnay wines: A sensory approach with wine experts and trained panelists. Aust. J. Grape Wine Res. 19, 140–152
6. Bamforth, C.W. 2006. Scientific Principles of Malting and Brewing, American Society of Brewing Chemists, St Paul, MN
7. 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
8. Bird, David, (2005) Understanding Wine Technology, DBQA Publishing, Newark, Nottinghamshire, UK
9. 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)
10. Campbell, Neil; Reece, Jane, (2004) Biology, 7th Edition, Pearson Education Publishing, Essex, UK
11. Campo, E., B., Ferreira, V. and Valentin, D. 2008. Projective mapping in sensory analysis of ewe's milk cheeses: A study on consumers and trained panel performance. Food Res. Intern. 37, 723–729
12. Cox, J. 2008. In: The Wine News, October/November Wine News, Coral Gables, FL
13. 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)
14. Dawson, e. 2009. Taking our vitamins and minerality. Palate press 2009, Oct. de Cassagnac, P. and Knowles, G.1930. French Wines, Chatto and Windus, London, U.K.

15. 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)
16. EcoChem Inc, (2012) Plant Micronutritional functions, http://www.ecochem.com/t_micronutrients.html, (Accessed 3 March 2012)
17. Gadd, Geoffrey M., (2009) Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and microremediation; <http://mic.sgmjournals.org/content/156/3/609.full>, (Accessed 18 March 2012)
18. Gilbert, Karen, (2006) The smell of metal can be deceiving, Virginia Tech, <http://phys.org/news82229855.html>, (Accessed 23 May 2012)
19. Goode, J. 2009. Clangers and Clang: Minerality in wine. The World of Fine Wine 2009, 24. GRAHAM, R. Personal communication, 2010
20. Goode, Jamie, (2009) Clangers and Clang: Minerality in Wine, The World of Fine Wine, Issue 24 2009, WFW, London, UK
21. Goode, Jamie, (2005), The Science of Wine, From Vine to Glass, The Octopus Publishing Group Ltd., London, UK
22. Goode, J. 2005. The Science of Wine: From Vine to Glass, University of California Press, Berkeley, CA
23. Felipe Laurie, Marcos A Hortellán. Analysis of major metallic elements in Chilean wines by atomic absorption spectroscopy. V Ciencia e investigación agraria 2010
24. Friendly, M. 2007. HE plots for multivariate general linear models. J. Comput. Graph. Stat. 16, 421–444
25. Friendly, M. and FOX, J. 2010. Candisc: Generalized canonical discriminant analysis. R. Package. <http://cran.r-project.org/package=candisc> (accessed November 18, 2013)
26. Hudelson, John, (2011), Wine Faults, Causes, Cures, Effects, The Wine Appreciation Guild, San Francisco, CA
27. IMA (Industrial Minerals Association of North America (2012), What is Feldspar, <http://www.ima-na.org/feldspar>, (Accessed 1 May 2012)
28. Jonh D. Greenough and Brian J Flier. Regional trace element fingerprint of Canadian wines. Geoscience Canada 2005
29. 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
30. 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)
31. Konhauser, Kurt (2007) Introduction to Geomicrobiology, Blackwell Publishing, Oxford, UK

32. Lawless, H.T., Schlake, S., Smythe, J., Lim, J.Y., Yang, H.D., Chapman, K. and Bolton, B. 2004. Metallic taste and retronasal smell. *Chem. Senses* 29, 25–33
33. Lewin, Benjamin MW, (2010), *Wine Myths and Reality*, Vendange Press, Dover, UK
34. 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
35. 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)
36. Nickel, Ernest H. (1995), The definition of a mineral, *The Canadian Mineralogist*, Vol. 33 pp689-690 <http://canmin.geoscienceworld.org/>; (Accessed 29 April, 2012)
37. 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)
38. 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*
39. 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
40. Peynaud, E. 1987. *The Taste of Wine: The Art and Science of Wine Appreciation*. The Wine Appreciation Guild, San Francisco, CA
41. 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, UK
42. Sage Publications, Thousand Oaks, Ca. Amerine, M.A., Roessler, E.B. and Ough, C.S. 1965. Acids and their taste. I. The effect of pH and titratable acidity. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 29–37
43. Vidal, S., Courcoux, P., Francis, L., Kwiatkowski, M., Gawel, R., Williams, P., Waters, E. and Cheynier, V. 2004. Use of an experimental design approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception. *Food Qual. Prefer.* 15, 209–217
44. Thesis abstract for the WSET Diploma Unit 7. *Minerality in Wine: Fact, Fun or Fiction?* By Graham T. Reddel