

2009



Ribera del Duero

PONENCIAS DEL IX CURSO DE VERANO VITICULTURA Y ENOLOGÍA EN LA D.O. RIBERA DEL DUERO



DIRIGEN:

Agustín Alonso González
Consejo Regulador de la D.O. Ribera del Duero

Pilar Rodríguez de las Heras
Iltre. Ayuntamiento de Aranda de Duero

VITICULTURA Y ENOLOGÍA
EN LA
D.O. RIBERA DEL DUERO

Primera edición: mayo, 2010

Edita: Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera del Duero
C/ Hospital, 6
09300 ROA (Burgos)
Tel. +34 947 54 12 21
Fax +34 947 54 11 16
info@riberadelduero.es
experimentacion@riberadelduero.es
www.riberadelduero.es

Cordinador de textos: Alberto Tobes Velasco
Servicio de Experimentación y Ensayo

Maquetación e Impresión: Gráficas de La Ribera-Aranda de Duero
C/ Carquemada, 14
09400 Aranda de Duero (Burgos)

I.S.B.N.: 978-84-693-1793-8
Depósito Legal: BU-163-2010

Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

VITICULTURA

CLONES DE TEMPRANILLO: ¿QUÉ SON? ¿CÓMO SE PRODUCEN? ¿PARA QUÉ SIRVEN?

JESÚS YUSTE BOMBÍN

Doctor Ingeniero Agrónomo

DEPARTAMENTO DE VITICULTURA ITACYL – VALLADOLID 9

VITICULTURA DE PRECISIÓN. TELEDETECCIÓN Y CALIDAD DE LA UVA

PEDRO MARTÍN PEÑA

Doctor Ingeniero Agrónomo

DPTO. DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y RECURSOS FORESTALES. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID 21

ENOLOGÍA

ANALÍTICA FINA COMO ALIADO EN EL CONTROL DE LOS VINOS

ANTONIO TOMÁS PALACIOS GARCÍA

Doctor en Ciencias Biológicas

LABORATORIOS EXCELL IBÉRICA

JOSÉ DAVID CARRILLO

Doctor en Ciencias Químicas

LABORATORIOS EXCELL IBÉRICA 31

DIFERENCIACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS VITIVINÍCOLAS

M.^a LUISA GONZÁLEZ SAN JOSÉ

Doctora en Ciencias Químicas

PROFESORA TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS, ÁREA DE TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS 37

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN LA CALIDAD DE LOS VINOS

VICENTE D. GÓMEZ-MIGUEL

Doctor Ingeniero Agrónomo

PROF. TITULAR DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA. ESCUELA SUP. DE INGENIEROS AGRÓNOMOS. UNIV. POLITÉCNICA DE MADRID 49

COMPUESTOS AZUFRADOS VOLÁTILES Y RIESGOS DE REDUCCIÓN EN VINOS

EVA NAVASCUÉS LÓPEZ-CORDÓN

Doctora en Ciencias Biológicas

ÁREA BIOTECNOLOGÍA AGROVIN 57

EFFECTOS DEL CIERRE DE LA BOTELLA EN LOS VINOS

FERNANDO ZAMORA MARÍN

Doctor en Ciencias Químicas. Diplôme National d'Oenologue U. Burdeos

Unidad de Enología del Centro de Ref. en Tecnología (CeRTA). Departamento de Bioquímica y Biotecnología.

FACULTAD DE ENOLOGÍA DE TARRAGONA. UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI 63



VARIOS

ANÁLISIS DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN Y ELABORACIÓN VITIVINÍCOLAS FRENTE A LA CRISIS

JOSÉ CARLOS ÁLVAREZ RAMOS

Ingeniero Agrónomo. Enólogo

DIRECTOR TÉCNICO DE BODEGAS EMILIO MORO & CEPA 21 73

TRABAS TÉCNICAS A LA EXPORTACIÓN DE VINOS

RAMÓN VIADER GUIXÁ

Doctor en Farmacia

LABORATORIOS VIADER ANÁLISIS S.L. 79

TRADICIÓN Y MODERNIDAD EN LA RIBERA BURGALESA. DINAMISMO DE LA VID Y EL VINO EN LA HORRA CON JUAN MAMBRILLA Y MARTÍN DUMAS

FERNANDO MOLINERO HERNANDO

Catedrático de Análisis Geográfico Regional

DPTO. DE GEOGRAFÍA. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID 95





VITICULTURA



CLONES DE TEMPRANILLO: ¿QUÉ SON? ¿CÓMO SE PRODUCEN? ¿PARA QUÉ SIRVEN?

Jesús Yuste Bombín

Doctor Ingeniero Agrónomo. Dpto. Viticultura. ITACyL, Valladolid

1. INTRODUCCIÓN

Los viticultores han tratado de usar, a lo largo del tiempo, las variedades mejor adaptadas a sus necesidades y a las exigencias cambiantes del mercado del vino. El interés se ha dirigido, dependiendo de las épocas, a diversos aspectos, como el cultivo de variedades más productivas, la homogeneidad de las producciones, la tolerancia o adaptación a agentes patológicos, o la calidad de la uva y del vino (variable según países y épocas), pero teniendo siempre presente que las variedades alternativas presentaran la adaptación suficiente tanto al propio lugar como a las formas de cultivo.

Con el transcurso del tiempo, la acción de la propia naturaleza y del hombre, éste de manera consciente, ha ido seleccionando y multiplicando las variedades y las cepas de cada una de ellas que presentaban aquellas características que aparentemente eran las más propicias para seguir cultivando. Estos individuos destacados dentro de una variedad han sido posteriormente utilizados y difundidos y, en su mayoría, han sido multiplicados por vía vegetativa, por ser ésta una manera práctica y rápida de obtener material vegetal de vid que mantiene las características de sus progenitores.

2. MEJORA VARIETAL DE LA VID

Cuando se habla de mejora vegetal generalmente se admite implícitamente el hecho de que en el proceso haya combinación de información genética de ambos progenitores que pasa a la descendencia, como ocurre a través de la multiplicación por vía sexual para crear nuevas variedades de vid o nuevos individuos diferentes dentro de una misma variedad. Sin embargo, en la mejora por vía asexual o vegetativa, basada en la selección de individuos que presenten los caracteres buscados dentro de las poblaciones existentes, al tomar una parte de la planta (esqueje, estaca, púa o yema) y reproducirla, no existe dicho intercambio de información genética, por lo que los individuos descendientes tienen el

mismo contenido genético que el material de procedencia (Reynier 2001). Por este motivo, ésta se ha convertido en una vía rápida y sencilla para multiplicar las cepas manteniendo sus características. Así, la mejora varietal de vid propiamente dicha, o sea, la mejora por vía sexual, ha quedado restringida exclusivamente a entidades de investigación avanzada, utilizando mayoritariamente la multiplicación vegetativa para la perpetuación de cada variedad de vid que resulte de interés para el sector vitivinícola de cada zona.

La mejora de una variedad por medio de la multiplicación vegetativa no permite, por tanto, hablar de mejora en un sentido estricto, al no existir intercambio de información genética, sino de selección, ya que en realidad no se crean individuos genéticamente nuevos que antes no existían, sino que mediante la observación de muchas cepas en numerosas zonas y parcelas se eligen o seleccionan, dentro de una variedad, los mejores individuos. La selección es posible porque la variedad de vid, en su cultivo extendido por diversos terrenos, zonas y regiones vitícolas, está compuesta por multitud de individuos que tienen fenotipos con rasgos suficientemente comunes para ser identificados como pertenecientes a dicha variedad, pero que no son genéticamente idénticos. Es decir, se trata de variedades-población, pudiéndose observar que hay cepas, dentro de la variedad y en cada zona de cultivo, que muestran comportamientos diferentes: fertilidad, tamaño y forma del racimo, fenología, desarrollo vegetativo, concentración de azúcares, ácidos y sustancias fenólicas en la baya, etc...

3. MÉTODOS DE SELECCIÓN VARIETAL

Los métodos de selección propiamente establecidos se pueden distinguir según la presión selectiva y el control que se establece sobre el material que se ha observado y que posteriormente se va a multiplicar por vía vegetativa. Se clasifican en tres grandes



grupos: selección parcelaria, selección masal y selección clonal (Ribéreau-Gayon y Peynaud 1986).

La selección parcelaria consiste en escoger una parcela concreta en su totalidad, con una cierta homogeneidad varietal, una producción regular y un estado sanitario aparentemente correcto. Presenta los inconvenientes de contener una heterogeneidad entre individuos, que puede ser acusada, y una ausencia de indicativos de garantía o calidad del material. Este tipo de selección también puede estar referido a las parcelas escogidas para selección masal que ofrecen durante varios años una homogeneidad sanitaria adecuada.

La selección masal consiste en la elección visual subjetiva de cepas que pueden resultar mejores que otras dentro del mismo viñedo, eliminando las cepas menos adecuadas, por ejemplo, improductivas o afectadas por virosis u otras enfermedades. Aparte de que este tipo de actuación debe repetirse para depurar progresivamente la selección realizada, tiene los inconvenientes de la falta de criterio sólido y objetivo de diferenciación de cepas y de la imposibilidad de control de multiplicación individualizado, lo que reduce la garantía del material, ya que dicho material escogido se multiplica sin identificar ni separar las yemas procedentes de cada cepa original.

La selección clonal se basa en la elección, tanto visual como analítica, de cepas individuales que presentan rasgos o características fenotípicas más apreciadas que el resto de las que constituyen cada viñedo. El material a seleccionar es comprobado mediante test sexológico o biológico para garantizar que está libre de virus. El material seleccionado por este método, a través de los estudios necesarios para conocer sus características y asegurar su identidad varietal, se multiplica de manera separada, controlando la descendencia de cada cepa marcada en un inicio (cabeza de clon), constituyendo de esta manera el material conjunto de un clon determinado. Por tanto, la selección clonal es la más completa y rigurosa, aunque a la vez es la más exigente, tanto por los medios que precisa como por el tiempo requerido. Asimismo, los resultados que genera son más precisos, de manera que al final del proceso se obtiene el material más fiablemente caracterizado y controlado, que se traduce en clones certificados.

4. SELECCIÓN CLONAL DE TEMPRANILLO EN CASTILLA Y LEÓN

El Programa de Selección Clonal y Sanitaria de la variedad TEMPRANILLO en Castilla y León, que desarrolla el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), comenzó en 1990 (Yuste et al. 2006), abarcando las zonas de producción de vino con indicación de Denominación de Origen Cigales, D.O. Ribera del Duero y D.O. Toro.

El concepto de CLON es el siguiente: conjunto de plantas que descienden por multiplicación vegetativa de una cepa madre u origen, de tal manera que se trata de plantas genéticamente idénticas. Un clon está constituido, por tanto, por el conjunto de todos los individuos de dicha descendencia y de todos los que puedan seguir descendiendo por multiplicación vegetativa.

El objetivo fundamental del Programa de Selección Clonal de Tempranillo ha sido conseguir los mejores clones de la variedad, tanto por sus cualidades genéticas como por estar libres de virosis, de tal manera que dichos clones presenten la garantía suficiente tanto en el aspecto productivo como en el cualitativo para constituir la base de la producción de vinos de calidad (Rubio y Yuste 2009). En el aspecto sanitario, la normativa legal vigente en España establece que el material vegetal vitícola debe estar libre de las virosis de Entrenudo corto infeccioso (Rubio *et al.* 1996), Enrollado (Rubio *et al.* 1997) y Jaspeado (Rubio *et al.* 1998) para que el material pueda utilizarse con categoría de "certificado" por la Oficina Española de Variedades Vegetales (O.E.V.V.).

El proceso de selección clonal y sanitaria comienza con la fase de *Preselección clonal y sanitaria, o Selección Policlonal*, en la que se eligen las parcelas y se hace la prospección de cepas en campo a lo largo y ancho de las zonas vitícolas de cultivo de la variedad. Las cepas elegidas deben tener la mayor dispersión geográfica posible, para aumentar la variabilidad genética, y una edad suficientemente avanzada, con el fin de dar respuesta a la necesidad de mejora de la calidad del material vegetal a través de la garantía de permanencia y adaptación mostrada a lo largo del tiempo por dichas vides (Judez *et al.* 1995). Se efectúa un seguimiento metódico plurianual de las cepas marcadas, para seleccionar



aquellas que representan más fielmente las características de la variedad y proporcionan la mayor calidad de uva con una adecuada productividad, teniendo en cuenta el estado sanitario respecto a las virosis establecidas, que puede comprobarse mediante el testaje por el método serológico ELISA. El conjunto de datos obtenidos del seguimiento plurianual en los viñedos originales permite la preselección en cada parcela de un número variable de cepas, posibles clones de la variedad, que pasarán a ser instalados en la parcela de comparación para su homologación en la segunda fase del proceso. En el Programa de Selección Clonal desarrollado en Castilla y León, esta fase de "preselección clonal y sanitaria" se extendió inicialmente a lo largo del período 1990-1993.

Una vez que las cepas preseleccionadas están ubicadas en la parcela de comparación, donde todas gozan de las mismas condiciones medioambientales y de cultivo, se lleva a cabo la fase de *Selección Principal*, a través de un seguimiento plurianual amplio y riguroso de todas las cepas, atendiendo a los aspectos Agronómicos, Sanitarios, Enológicos y Organolépticos. Las sucesivas evaluaciones configuran un historial de cada clon, que permite compararlo con todos los demás, pues todos ellos están en las mismas condiciones de medio y de cultivo (suelo, clima, abonado, portainjerto, conducción y poda, etc.). El conjunto de datos permite obtener una homologación cuantitativa y cualitativa de cada clon con respecto al conjunto de la variedad, a partir de la cual se podrán elegir los más adecuados, llegando así a la selección definitiva de los mejores clones (Pérez-Hugalde *et al.* 2004).

Los parámetros de evaluación considerados en cada uno de los aspectos de la Selección Clonal y Sanitaria han sido básicamente los siguientes:

- **Sanitarios:** virus de Entrenudo corto infeccioso (GFLV), Enrollado (GLRaV) y Jaspeado (GFkV), a través de test serológico ELISA y de indexaje biológico en plantas indicadoras llevado a cabo por el IMIDA de Murcia (Centro oficial para obtener la certificación sanitaria).
- **Agronómicos:** desarrollo fenológico, fertilidad, rendimiento, tamaño de racimo, tipo de racimo (compacidad), tamaño de baya, desarrollo vegetativo (madera de poda, número de sarmientos),

vigor del sarmiento, sensibilidad a hongos (oidio, mildiu, botrytis, etc.) y a plagas.

- **Enológicos:** evolución de madurez a través de la composición de la uva (concentración de azúcar, acidez total, pH, polifenoles, etc...) y calidad del vino elaborado a partir de cada clon.
- **Organolépticos:** cata reiterada de microvinificaciones monoclonales (color, olor, sabor y armonía) por parte de equipos diversos de catadores.

En el Programa de Selección Clonal desarrollado en Castilla y León, esta fase de "selección principal clonal y sanitaria" se extendió básicamente a lo largo del período 1995-1999.

La evaluación de clones efectuada durante la fase de comparación a través de los seguimientos citados permite disponer de un conjunto de datos de cada clon que, tras el análisis estadístico pertinente, sirve tanto para caracterizar cada uno de los clones como para agrupar y ordenar dichos clones en función de sus cualidades y calidad general mediante la ponderación de los distintos aspectos estudiados.

Lógicamente, a la vez que se realiza la caracterización fenotípica de los clones, se tiene en cuenta la calificación sanitaria, para determinar aquellos clones que están libres de virus y que, por tanto, se pueden calificar como clones certificados. Finalmente, aquellos clones que se estime oportuno que deben ser certificados estarán disponibles para entrar en el proceso de multiplicación, que ha de ser llevado a cabo por el sector viverista, cumpliendo la normativa y los controles que impone la legislación, que permita la distribución para el uso apropiado y con garantías por parte del viticultor.

5. TIPOS DE PLANTA EN LAS PLANTACIONES DE VIÑEDO

Las plantaciones de viñedo se llevan a cabo básicamente con dos tipos de plantas, o plantas que proceden de dos tipos de proceso: injerto en campo y planta-injerto.

La plantación que se basa en el injerto en campo utiliza barbados o estacas de portainjerto o patrón, que se colocan en el terreno, procedentes del vivero, para posteriormente ser injertados con púas o injertos de la variedad de *Vitis vinifera* que se quiera utilizar para la producción de uva. Actualmente,



el uso de este tipo de plantación es bastante reducido, debido a las posibles dificultades meteorológicas que pueden provocar falta de prendimiento del injerto, así como a la propia dificultad para encontrar injertadores suficientemente cualificados.

La plantación mediante planta-injerto se basa en la colocación definitiva en el terreno de una planta injertada, procedente del vivero, en el que se llevó a cabo la operación de injerto de taller de la variedad de *Vitis vinifera* que se quiera utilizar para la producción de uva, sobre una estaca de portainjerto. Este tipo de plantación es el que se usa mayoritariamente en la actualidad, debido a la mayor comodidad que presenta respecto al empleo de barbado e injerto en campo y a la ventaja de evitar el riesgo de falta de prendimiento del injerto en campo.

El Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero de Vid (B.O.E. 31-7-2006, Orden APA/2474/2006, de modificación del R.D. 208/2003 en B.O.E. 25-2-2003) es un documento que especifica las normas concernientes al material vegetal de vid y su calificación: las especies que se pueden producir y comercializar, las definiciones y las categorías de plantas de vivero, las características que debe cumplir cada tipo, los requisitos y las obligaciones que deben cumplir los productores de plantas de vivero, el precintado, el control y la comercialización de dichas plantas. El material vegetal de vid que se produzca, se comercialice y se utilice ha de cumplir los requisitos, los controles y el etiquetado que se indican en el citado Reglamento.

El material vegetal para uso en plantaciones comerciales presenta las categorías estándar y certificada. Las plantas calificadas como estándar están controladas por el vivero que las produce en cuanto a su identidad varietal, pero no han sido sometidas a una identificación oficial. No deben presentar síntomas visuales externos de enfermedades viróticas, pero no han sido oficialmente testadas serológica ni biológicamente respecto a virus de vid y no se puede asegurar que estén libres de virus. Han de ser comercializadas en lotes con una etiqueta amarilla que identifica su categoría de material estándar.

Las plantas calificadas como certificadas presentan garantía plena en cuanto a su procedencia, en cuanto a su identidad varietal y en cuanto a su sanidad. El origen y la identidad varietal están plenamente garantizados por su procedencia de una

Selección Clonal, que también es sanitaria, por lo que su sanidad respecto a virus está comprobada por los Servicios Oficiales de Certificación y Control (B.O.E. 2006). Las plantas certificadas provienen de una multiplicación controlada desde su origen, a partir de planta calificada como material base. Las plantas de categoría certificada se comercializan en lotes con una etiqueta azul que identifica su categoría de material certificado. Al ser un material que procede de una selección clonal, en la etiqueta debe indicar el número de clon del portainjerto y el número de clon de la vinífera.

En todo caso, los productores de planta de vivero deben cumplir que toda planta de vivero comercializada, de cualquier categoría de las que recoge el Reglamento, ha de estar libre de plagas y enfermedades de vid, en concreto, de nemátodos, ácaros, cochinillas, podredumbres de raíz, excoiosis, eutipiosis, yesca y bacteriosis (B.O.E. 2006).

Conviene saber, respecto a la calificación de dos plantas injertadas con materiales de distinta categoría, que la planta resultante queda con la categoría inferior. Por ejemplo, al injertar una yema de material estándar de una variedad sobre una estaca o un barbado de un portainjerto certificado, la planta resultante tiene la categoría estándar, es decir, la más baja de ambas categorías. Esto ha ocurrido en muchos casos con plantas injertadas de variedades españolas de las que no se disponía de clones certificados.

6. PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CLONES

El clon que es seleccionado a través del correspondiente programa de selección clonal y sanitaria debe ser sometido al proceso de certificación, según se indica en el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Planta de Vivero de Vid (B.O.E. 2006), para conseguir la garantía adecuada de cara a su utilización por parte del sector vitivinícola.

El organismo o el vivero seleccionador que consigue un clon seleccionado certificable, es decir que está oficialmente libre de los virus que marca la legislación, controla el origen del proceso de producción y multiplicación de dicho clon, que a partir de dicho origen puede dar a lugar a las categorías de material de vid que se indican a continuación.



Las plantas iniciales, que proceden directamente de la multiplicación de la cepa madre o cabeza de clon, o sea de yemas o estaquillas de dicha cabeza de clon, están en posesión del seleccionador del clon, en un campo de cepas madres de material inicial, que puede a su vez multiplicar generando material inicial, bajo el control oficial correspondiente.

El material inicial puede ser utilizado por un productor con categoría de "seleccionador" para constituir un campo de cepas madres de material base, a partir del cual, por multiplicación vegetativa controlada se generan estaquillas o yemas de categoría base.

El material base puede ser adquirido y utilizado por un productor con categoría de "multiplicador" para constituir un campo de cepas madres de material certificado, a partir del cual, por multiplicación vegetativa controlada se generan estaquillas o yemas de categoría certificada. Estas yemas "certificadas" son utilizadas por el vivero multiplicador para producir planta-injerto certificada, injertándolas sobre estaquillas de portainjerto certificado. La planta-injerto, posteriormente, tras ser normalmente cultivada una campaña en el terreno del vivero, es suministrada al viticultor para su plantación comercial de viñedo.

El clon certificado ha sido sometido a un proceso de selección clonal y debe presentar un conjunto de características que le han hecho susceptible de ser elegido entre otros posibles clones de la variedad a través de una evaluación plurianual en parcelas de comparación de clones, es decir en las mismas condiciones medioambientales y de cultivo que el resto de clones. Por tanto, el clon tiene unas características que deben ser recogidas a través de fichas o documentos que muestren sus cualidades "relativas" respecto al conjunto de clones de la variedad, pues ésta es la única forma de objetivar dichas cualidades para que el viticultor elija adecuadamente el clon o los clones que considere más propicios para cada plantación de viñedo que quiera llevar a cabo. En este sentido, los clones, al ser distribuidos a los viveros, deben ser entregados con una ficha (Figuras 1 a 13) de características principales que el viticultor pueda conocer para adquirir el material adecuado (Rubio y Yuste 2009).

7. CLONES CERTIFICADOS DE TEMPRANILLO

El clon certificado constituye el camino más fiable para llevar a cabo la plantación de viñedo, puesto

que se trata del único material que ha sido evaluado y contrastado frente a otros posibles clones o material procedente de selección masal o de selección parcelaria. Desafortunadamente en ciertos casos existe el concepto erróneo de la "calidad de determinadas viñas viejas" que equivocadamente se traslada a los sarmientos, las estaquillas y las yemas que producen dichas viñas viejas. Generalmente esta creencia se debe a las situaciones en que popularmente se dice que un vino de alto prestigio es producido a partir de la uva de cierta viña vieja y por extensión se pretende asociar la calidad de dicho vino al material vegetal, a las características genéticas, de las cepas que conforman dicho viñedo, olvidando, por tanto, que la obtención de un vino de alta calidad responde a otros múltiples factores: clima, suelo, cultivo, vendimia, vinificación, etc... En definitiva, el clon certificado ofrece una garantía de comportamiento que el "material masal" no puede ofrecer, aunque provenga de viñas viejas muy bien reputadas, dado que éste no ha sido contrastado frente a ningún otro material de posibles clones y, por tanto, no dispone de ninguna ficha de caracterización clonal para valorar su posible uso en una nueva plantación que lógicamente se ubicará en un lugar diferente.

Las características de cada clon, indicadas en la ficha correspondiente (Figura 1), deben ser consideradas para la elección del clon o los clones que se quieran utilizar en la plantación de viñedo. La ficha de clon tiene un carácter de referencia, es decir, se basa en datos que cuantifican el comportamiento del clon respecto al comportamiento medio de la variedad. Se trata, por tanto, de una caracterización en términos relativos respecto al conjunto de clones comparados y evaluados en el mismo o los mismos lugares y cultivados de la misma manera, o sea, en las mismas condiciones medioambientales. Esta forma de caracterización cuantitativa es la única viable para la adecuada utilización del material clonal por parte del sector, puesto que cualquier caracterización en términos absolutos llevaría ineludiblemente a un error en la previsión de comportamiento del clon en cada terreno y lugar donde finalmente fuese plantado.

La interpretación de las características del clon a través de la ficha debe hacerse de la siguiente manera. En primer lugar, hay que conocer las características o los condicionantes del terreno donde se



va a ubicar la plantación y el mesoclima de dicho lugar. En segundo lugar, hay que tener claro cuáles son los objetivos productivos del futuro viñedo, para saber qué cualidades hay que buscar en el material vegetal a utilizar, tanto en el portainjerto como en el clon de vinífera. En tercer y último lugar, hay que observar las características del clon en la ficha, para decidir cuál de los posibles clones responderá mejor a los condicionantes y objetivos citados.

Los clones seleccionados y certificados por el ITACyL tienen un potencial de calidad elevado, por eso han sido seleccionados entre un grupo amplio de posibles clones, tras haber mostrado dicho potencial cualitativo a través de la evaluación organoléptica de sucesivas vinificaciones. La clave será elegir el clon que mejor responda a las necesidades de cada futura plantación según las características agronómicas indicadas en la ficha, para que pueda llegar a conseguirse la alta calidad que es capaz de alcanzar dicho clon.

Las fichas de los clones certificados de Tempranillo se adjuntan al final del texto, distinguiendo a través de sus sinonimias los que han sido seleccionados en la D.O. Ribera del Duero y la D.O. Cigales, Tinta del País, o en la D.O. Toro, Tinta de Toro. Dichos clones son los siguientes: CL-16, CL-32, CL-98, CL-117, CL-179, CL-242, CL-261; CL-271, CL-280, CL-292, CL-306, CL-311, CL-326.

Las siglas CL corresponden a Castilla y León, por ser la región de selección del material, aunque casualmente coinciden con las primeras letras de la palabra clon.

8. UTILIDAD DE LOS CLONES CERTIFICADOS Y CONSECUENCIAS

La consecuencia más importante de la mejora varietal a través de la selección de clones es que se puede llegar a disponer de individuos con un conjunto de caracteres deseables contrastados respecto a los que ya presentaba la variedad en general. Estos deberán ofrecer aptitudes agronómicas y enológicas más oportunas, mayor resistencia a determinados agentes patógenos y mayor variabilidad para adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas que se den o puedan dar en cada zona vitícola.

La selección de clones permite, en definitiva, escoger el clon o los clones más adecuados a cada lugar de cultivo, contando con las consiguientes garantías de autenticidad varietal y de sanidad del material escogido. Es importante tener en cuenta que los clones certificados conceden la posibilidad de conocer detalladamente las características del material clonal, lo que permite el diseño de las plantaciones enfocado a la producción de uva para la obtención del tipo de vino deseado.

La selección clonal puede llevar implícita una cierta pérdida de variabilidad genética, que podría contribuir a lo que se conoce con el nombre de "erosión genética", al utilizar un número limitado de clones en zonas de viñedos en los que antes había una mayor heterogeneidad. En relación con este posible problema, los bancos de germoplasma clonal permiten recopilar un conjunto de individuos que aportan la posibilidad de poder recuperar en el futuro caracteres que pudieran haber sido desechados a través de los procesos de selección y certificación clonal a lo largo del tiempo y que en un momento dado pudiesen ser interesantes para el cultivo y la producción de uva. El Programa de Selección Clonal y Sanitaria de la Variedad Tempranillo de la Junta de Castilla y León dispone de una reserva genética clonal importante de la variedad y contempla su conservación y mantenimiento a través del Banco de Germoplasma de Vid de Castilla y León (BGVCyL).

9. USO DE CLONES CERTIFICADOS DE TEMPRANILLO Y EXPECTATIVAS

El uso adecuado y eficiente de los clones certificados de Tempranillo requiere que dichos clones certificados en Castilla y León sean apropiadamente difundidos, dando a conocer las características agronómicas y enológicas básicas de cada uno, cuya selección se ha basado fundamentalmente en la alta calidad organoléptica del vino producido, con el fin de facilitar la elección de los clones óptimos para cada plantación en función de las condiciones medioambientales y de cultivo.

Hay que insistir y recalcar que las características de cada clon deben ser interpretadas en referencia a las características del conjunto de la variedad, de ahí que el Departamento de Viticultura del ITACyL



presente una ficha de cada clon, que pone a disposición del sector, en particular de los viveristas, en la que se muestra el valor de los principales parámetros junto a la media de la variedad en conjunto de cada uno de los parámetros. Por este motivo, las valoraciones cualitativas indicadas en la ficha de cada clon son una apreciación global de carácter orientativo.

El Departamento de Viticultura del ITACyL, tras poner a disposición del sector el conjunto de clones certificados de Tempranillo previamente mencionados, facilita los medios para permitir que la industria vitivinícola pueda disponer de dichos clones y previsiblemente de otros que en el futuro puedan resultar de interés para el sector. Además, la variabilidad genética, ordenada e identificada, de la que podrán gozar los productores vitivinícolas al incorporar los diversos clones a sus viñedos, es un valor añadido a tener en cuenta en la elaboración de vinos peculiares y únicos, tan perseguidos por un público cada vez más exigente y especializado. La mejora de la calidad de la uva de la variedad Tempranillo, a través de la utilización de clones certificados por el ITACyL, radica en que dichos clones han mostrado un potencial cualitativo muy alto mediante la evaluación organoléptica reiterada, y en la elección adecuada, atendiendo a sus características agronómicas, de aquellos que mejor se adapten a las condiciones del medio en cada situación de cultivo de las nuevas plantaciones de viñedo.

El viticultor y el bodeguero podrán alcanzar una mejora cualitativa y productiva en el viñedo y en el vino, que redundará en una mayor rentabilidad económica, a través del cultivo de aquel o aquellos clones que mejor respondan a sus objetivos de producción de uva y de tipo de vino en las distintas situaciones de cultivo.

Leyenda de figuras

Figura 1. Ficha tipo de clon certificado de Tempranillo de ITACyL.

Figuras 2-13. Fichas de los clones certificados de Tempranillo de ITACyL, según su sinonimia acorde con el origen de su selección: Tinta del País y Tinta de Toro.

Variedad: TEMPRANILLO **Clon: CL-15**

Características Agronómicas	Valor	Clase	Comentarios
Cilindricidad (mm)	3,40		
Cilindricidad (mm)	3,30		
Módulo de peso (kg/ha)	1,08		
Acidez titulada (g/l)	1,24		
pH	3,49		
Índice de Polifenoles	15		
Características de la uva:			
Grado alcohólico probable (°C/vol)	12,7		
Acidez Titulada (g/l)	5,12		
pH	3,48		
Índice de Polifenoles	15		
Características de la uva:			
Calificación en color			Buena-Mucha
Calificación en aromas			Buena-Mucha-Poca

Variedad: Tinta del país (Tempranillo) **Clon: CL-16**

Características Agronómicas	Valor	Clase	Comentarios
Cilindricidad (mm)	3,40	3-40	
Cilindricidad (mm)	3,30	3-30	Mucha-Mucha
Módulo de peso (kg/ha)	1,08	1-00	Mucha
Acidez titulada (g/l)	1,24	1-20	Mucha
pH	3,49	3-00	Buena
Índice de Polifenoles	15	1-00	Mucha-Mucha
Características de la uva:			
Grado alcohólico probable (°C/vol)	12,7	12-7	Mucha
Acidez Titulada (g/l)	5,12	5-30	Mucha
pH	3,48	3-40	Mucha
Índice de Polifenoles	15	15	Mucha
Características de la uva:			
Calificación en color			Buena-Mucha
Calificación en aromas			Buena-Mucha-Poca

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VID			
Variedad: <u>Tinta del país</u> (Tempranillo) Clon: <u>CL-32</u>			
Características Agronómicas	Variedad	Clon	Características
Alturas	3-4m	4-6m	
Maduración (gr)	8-33	15-33	Alta
Maduración (paso (gr/cm²))	1,08	1,06	Media
Productividad potencial	1,21	1,08	Media
Peso de racimo (g)	240	231	Medio-alto
Peso de baya (g)	2,31	2,19	Medio-alto
Árboreo de racimo	2,41	4,08	Alta
Composición de la uva			
Grado alcohólico potencial (% v/v)	12,7	12,5	Media
Ácidos Totales (g/l)	5,72	5,26	Media
pH	3,48	3,41	Medio-baja
Índice de PVA (m/m)	18	14	Media
Uso de la uva			
Colores de racimo (m)		Muy Rubro	
Carácter (Organoléptico)		Equilibrado	

Fuente: Universidad de Valladolid. Departamento de Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Valladolid. 2010. Libro de Viticultura y Enología. Edición 2010. Pág. 100.

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VID			
Variedad: <u>Tinta del país</u> (Tempranillo) Clon: <u>CL-98</u>			
Características Agronómicas	Variedad	Clon	Características
Alturas	3-4m	11-4m	
Maduración (gr)	8-33	9-17	Medio-baja
Maduración (paso (gr/cm²))	1,08	1,14	Media
Productividad potencial	1,21	1,08	Medio-alto
Peso de racimo (g)	240	225	Medio-baja
Peso de baya (g)	2,31	2,01	Media
Árboreo de racimo	2,41	3,15	Medio-baja
Composición de la uva			
Grado alcohólico potencial (% v/v)	12,7	12,3	Alta
Ácidos Totales (g/l)	5,72	6,21	Media
pH	3,48	3,47	Media
Índice de PVA (m/m)	18	16	Media
Uso de la uva			
Colores de racimo (m)		Equilibrado	
Carácter (Organoléptico)		Equilibrado	

Fuente: Universidad de Valladolid. Departamento de Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Valladolid. 2010. Libro de Viticultura y Enología. Edición 2010. Pág. 100.

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VID			
Variedad: <u>Tinta del país</u> (Tempranillo) Clon: <u>CL-117</u>			
Características Agronómicas	Variedad	Clon	Características
Alturas	3-4m	2-4m	
Maduración (gr)	8-28	8-42	Baja
Maduración (paso (gr/cm²))	1,08	1,15	Media
Productividad potencial	1,29	1,31	Media
Peso de racimo (g)	240	196	Baja
Peso de baya (g)	3,01	3,00	Media
Árboreo de racimo	3,41	4,85	Baja
Composición de la uva			
Grado alcohólico potencial (% v/v)	12,7	13,2	Alta
Ácidos Totales (g/l)	5,12	4,93	Media
pH	3,48	3,52	Media
Índice de PVA (m/m)	18	15	Media
Uso de la uva			
Colores de racimo (m)		Muy Rubro	
Carácter (Organoléptico)		Equilibrado	

Fuente: Universidad de Valladolid. Departamento de Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Valladolid. 2010. Libro de Viticultura y Enología. Edición 2010. Pág. 100.

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VID			
Variedad: <u>Tinta del país</u> (Tempranillo) Clon: <u>CL-179</u>			
Características Agronómicas	Variedad	Clon	Características
Alturas	3-4m	11-6m	
Maduración (gr)	8-28	11-22	Alta
Maduración (paso (gr/cm²))	1,08	1,11	Media
Productividad potencial	1,29	1,49	Alta
Peso de racimo (g)	240	275	Medio-alto
Peso de baya (g)	3,01	3,43	Media
Árboreo de racimo	3,41	4,31	Alta
Composición de la uva			
Grado alcohólico potencial (% v/v)	12,7	12,0	Media
Ácidos Totales (g/l)	5,12	4,90	Media
pH	3,48	3,48	Media
Índice de PVA (m/m)	18	14	Media
Uso de la uva			
Colores de racimo (m)		Muy Rubro	
Carácter (Organoléptico)		Equilibrado	

Fuente: Universidad de Valladolid. Departamento de Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Valladolid. 2010. Libro de Viticultura y Enología. Edición 2010. Pág. 100.



 **it**_{ca y l}

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VIT*

Variedad: Tinta del país (Tempranillo) Clon: CL-261

Característica Agronomica	Variedad	Clon	Valoración
Indicador	8,28	10,25	Mucha
Grado alcohólico probable (°C/v)	1,28	1,27	Mucha alta
Acidez total potencial	7,24	7,46	Mucha alta
Índice de azúcar (g)	246	224	Muchísimo
Índice de ácidos (g)	1,07	1,00	Mucha
Índice de Fenol	8,47	8,10	Muchísimo

Características de Salud:

Grado alcohólico probable (°C/v)	12,7	12,0	Mucha alta
Acidez Total (g/l)	6,72	6,22	Mucha
pH	3,42	3,49	Mucha
Índice de Polifenoles	12	12	Much

Utilización del clon:

Clon adecuado para: **Muy bueno**

Tratamiento recomendado: **Arcillosos, Espaldrado**

* Para información detallada sobre el análisis de los clones visiten el sitio web: www.itaclon.com

 **it**_{ca y l}

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VIT*

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-271

Característica Agronomica	Variedad	Clon	Valoración
Indicador	4,49	4,47	Mucha
Grado alcohólico probable (°C/v)	1,22	1,15	Mucha alta
Acidez total potencial	1,25	1,27	Mucha
Índice de azúcar (g)	226	214	Mucha
Índice de ácidos (g)	1,28	1,02	Mucha
Índice de Fenol	2,01	2,24	Mucha alta

Características de Salud:

Grado alcohólico probable (°C/v)	12,0	11,2	Mucha
Acidez Total (g/l)	3,21	3,25	Mucha
pH	3,46	3,44	Mucha
Índice de Polifenoles	12	14	Mucha

Utilización del clon:

Clon adecuado para: **Muy bueno**

Tratamiento recomendado: **Arcillosos**

* Para información detallada sobre el análisis de los clones visiten el sitio web: www.itaclon.com

 **it**_{ca y l}

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VIT*

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-280

Característica Agronomica	Variedad	Clon	Valoración
Indicador	4,02	3,90	Mucha
Grado alcohólico probable (°C/v)	1,12	1,11	Mucha
Acidez total potencial	1,22	1,23	Muchísimo
Índice de azúcar (g)	224	218	Mucha
Índice de ácidos (g)	1,08	1,05	Mucha
Índice de Fenol	2,07	1,98	Mucha

Características de Salud:

Grado alcohólico probable (°C/v)	12,0	12,0	Mucha
Acidez Total (g/l)	3,41	3,49	Mucha
pH	3,48	3,43	Mucha
Índice de Polifenoles	14	14	Mucha

Utilización del clon:

Clon adecuado para: **Muy bueno**

Tratamiento recomendado: **Espaldrado**

* Para información detallada sobre el análisis de los clones visiten el sitio web: www.itaclon.com

 **it**_{ca y l}

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

SELECCIÓN CLONAL Y SANITARIA DE LA VIT*

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-292

Característica Agronomica	Variedad	Clon	Valoración
Indicador	4,02	2,96	Mucha
Grado alcohólico probable (°C/v)	1,12	1,11	Mucha
Acidez total potencial	1,22	1,21	Mucha
Índice de azúcar (g)	224	226	Mucha
Índice de ácidos (g)	1,08	1,04	Mucha
Índice de Fenol	2,07	1,96	Mucha

Características de Salud:

Grado alcohólico probable (°C/v)	12,0	12,2	Mucha
Acidez Total (g/l)	3,41	3,50	Muchísimo
pH	3,48	3,48	Mucha
Índice de Polifenoles	14	13	Muchísimo

Utilización del clon:

Clon adecuado para: **Muy bueno**

Tratamiento recomendado: **Arcillosos, Espaldrado**

* Para información detallada sobre el análisis de los clones visiten el sitio web: www.itaclon.com



SELECCIÓN CLONAL Y SANFARBA DE LA VID

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-306

Características Agronómicas	Variedad	Clon	Observaciones
Longitud	4,001	4,001	
Medida de ramas (cm)	0,12	7,84	Media
Medida de pámpanos (cm)	1,20	0,20	Medio-baja
Forma de racimo	1,20	0,37	Media
Peso (racimo/g)	224	191	Media
Peso (racimo/kg)	1,09	1,87	Media
Índice de Brix	2,01	2,47	Media
Características de vino:			
Grado alcohólico potencial (°C/vol)	13,0	13,5	Baja
Acidez Total (g/l)	5,41	5,23	Media
pH	3,48	3,40	Media
Índice de Polifenoles	14	15	Media
Utilización de vino:			
Utilización por vino		Muy Frecuente	
Resistencia a enfermedades		Epifitótico	

© 2014 Universidad y Universidad Miguel Ángel de León. Todos los derechos reservados. ITACyL. Departamento de Viticultura y Enología.



SELECCIÓN CLONAL Y SANFARBA DE LA VID

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-311

Características Agronómicas	Variedad	Clon	Observaciones
Longitud	4,001	1,001	
Medida de ramas (cm)	0,12	8,88	Medio-baja
Medida de pámpanos (cm)	1,20	0,17	Media
Forma de racimo	1,20	1,43	Medio-alta
Peso (racimo/g)	224	191	Medio-baja
Peso (racimo/kg)	1,09	1,87	Media
Índice de Brix	2,01	2,81	Media
Características de vino:			
Grado alcohólico potencial (°C/vol)	13,0	13,4	Medio-alta
Acidez Total (g/l)	5,41	5,23	Media
pH	3,48	3,40	Media
Índice de Polifenoles	14	14	Media
Utilización de vino:			
Utilización por vino		Muy Frecuente	
Resistencia a enfermedades		Epifitótico	

© 2014 Universidad y Universidad Miguel Ángel de León. Todos los derechos reservados. ITACyL. Departamento de Viticultura y Enología.



SELECCIÓN CLONAL Y SANFARBA DE LA VID

Variedad: Tinta de Toro (Tempranillo) Clon: CL-326

Características Agronómicas	Variedad	Clon	Observaciones
Longitud	4,001	4,001	
Medida de ramas (cm)	0,12	0,57	Media
Medida de pámpanos (cm)	1,20	0,26	Media
Forma de racimo	1,20	0,37	Media
Peso (racimo/g)	224	207	Media
Peso (racimo/kg)	1,09	0,87	Media
Índice de Brix	2,01	2,84	Media
Características de vino:			
Grado alcohólico potencial (°C/vol)	13,0	12,9	Media
Acidez Total (g/l)	5,41	5,07	Media
pH	3,48	3,40	Media
Índice de Polifenoles	14	14	Media
Utilización de vino:			
Utilización por vino		Muy Frecuente	
Resistencia a enfermedades		Epifitótico	

© 2014 Universidad y Universidad Miguel Ángel de León. Todos los derechos reservados. ITACyL. Departamento de Viticultura y Enología.



BIBLIOGRAFÍA

- B.O.E. 2006. Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero de Vid. Orden APA/2474/2006, en BOE de 31-7-2006.
- Júdez L., J. Litago, J. Yuste, A. Soldevilla, F. Martínez. 1995. Une procédure statistique pour orienter les premières étapes de sélection clonale de la variété "Tinta del País". *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 29 (4): 183-191.
- Pérez-Hugalde C., L. Júdez, J. Litago, J. Yuste, J. Fuentes-Pila. 2004. Statistical procedure for clonal preselection of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in the Duero Valley, Spain. *American Journal of Enology and Viticulture* 55 (4): 335-345.
- Reynier, A. 2001. Manual de viticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 497 pp.
- Ribéreau-Gayon, J. y E. Peynaud. 1986. Ciencias y Técnicas de la viña. Tomo II. Cultura, patología, defensa sanitaria de la viña. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 658 pp.
- Rubio, J.A., J. Yuste y H. Peláez. 1996. Detección del virus del "Entrenudo corto infeccioso" en cepas preseleccionadas de las principales variedades autóctonas de vid en Castilla y León. *Viticultura y Enología profesional*, n° 42, 35-39.
- Rubio J.A., J. Yuste, H. Peláez. 1997. Detección del Virus del "Enrollado", serotipo III, en cepas preseleccionadas de las principales variedades autóctonas de vid en Castilla y León. *Viticultura y Enología Profesional* 50: 54-59.
- Rubio J.A., J. Yuste, H. Peláez, L.M. Robredo. 1998. Detección del virus del "Jaspeado" (GFkV) en las principales zonas vitícolas de Castilla y León. *Viticultura y Enología Profesional* 57: 28-34.
- Rubio, J.A., J. Yuste, -J.R. Yuste, M^a.V. Albuquerque, C. Arranz y E. Barajas-. 2009. Clones certificados de las principales variedades tradicionales de vid en Castilla y León. Ed. ITACyL, Valladolid. 315 pp.
- Yuste, J., Arranz, C., Albuquerque, M^aV., y J.A. Rubio. 2006. Variedades autóctonas de vid en Castilla y León: clones certificados a disposición de la viticultura. *La Semana Vitivinícola*, n° 3123: 1942-1947.



VITICULTURA DE PRECISIÓN. TELEDETECCIÓN Y CALIDAD DE LA UVA

Pedro Martín Peña

Doctor Ingeniero Agrónomo. Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Universidad de Valladolid

1. PRINCIPIOS Y OBJETIVOS DE LA VITICULTURA DE PRECISIÓN

La viticultura de precisión (VP) engloba un conjunto de técnicas empleadas para caracterizar la variabilidad espacial en campo de los factores que afectan al crecimiento de la vid y la maduración de la uva, con objeto de aplicar después métodos de manejo adecuados a cada zona o subparcela considerada. Los objetivos que se pretende alcanzar con ello son, por un lado maximizar el rendimiento y la calidad de la uva, y por otro minimizar el impacto ambiental y los costes de producción.

La variabilidad de las condiciones de suelo en las parcelas de viñedo suele ser grande, ocasionando diferencias manifiestas en el desarrollo y la productividad de unas cepas y otras. En todas las técnicas de cultivo podemos encontrar ejemplos de cómo el tratamiento diferenciado de las subparcelas, contribuye, en mayor o menor medida, a alcanzar los objetivos citados en el párrafo anterior. La aplicación de abonos a cada planta según las riquezas en elementos fertilizantes del suelo en que se asienta, la aportación de riego en función de la capacidad de retención del suelo o del tamaño del follaje, o la aplicación de productos fitosanitarios exclusivamente a las plantas afectadas, son sólo algunos ejemplos de mejoras en la utilización de los recursos (ahorro de agua, fertilizantes y fitosanitarios) y disminución del impacto ambiental (menores riesgos de contaminación de las aguas freáticas, reducción de la deriva de plaguicidas, etc.). La vendimia selectiva permite optimizar los procesos de elaboración de vinos en la bodega y fabricar productos con mayor valor añadido.

La forma de trabajar en VP incluiría las siguientes etapas:

1. Elaboración de mapas de objetivos (rendimiento, calidad).
2. Cuantificación de la variabilidad de los factores de producción.
3. Evaluación (interpretación de resultados y toma de decisiones): definir factores principales, zonas de manejo, etc.
4. Implementación del plan de manejo: adaptación de prácticas culturales a cada zona.

Esta sucesión de etapas constituye un proceso cíclico (Proffitt et al., 2006), donde los mapas de resultados de cada año constituyen un elemento fundamental para elaborar los mapas de aplicaciones del año siguiente. De cualquier forma, la VP no se debe observar como algo estrictamente cerrado, sino como un conjunto de técnicas, aplicables en todo o en parte, al proceso productivo en las empresas vitivinícolas. La VP ofrece hoy día múltiples oportunidades de desarrollo al sector, que puede beneficiarse de avances tecnológicos de gran interés práctico en aspectos muy diversos del cultivo de la viña.

2. HERRAMIENTAS DE LA VITICULTURA DE PRECISIÓN

Aunque la agricultura de precisión tiene una historia de más de 30 años, las aplicaciones prácticas en viticultura son muy recientes. Esto es debido a que las tecnologías necesarias para ello no se han desarrollado lo suficiente hasta hace muy poco tiempo (Arnó et al., 2009). Estas tecnologías pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Sistemas de posicionamiento global (GPS).
- Sistemas de información geográfica (GIS).
- Sensores y técnicas para captación de datos.
- Sistemas de soporte a la toma de decisiones.
- Tecnologías para la aplicación variable.

El GPS constituye un sistema de radio-navegación por satélite que permite conocer las coordenadas de cada punto. El denominado GPS diferencial (figura 1) y la corrección diferencial cinemática en tiempo real (RTK) incrementan mucho la precisión en la georreferenciación de datos (Basso et al., 2007) frente a los sistemas más simples utilizados en un



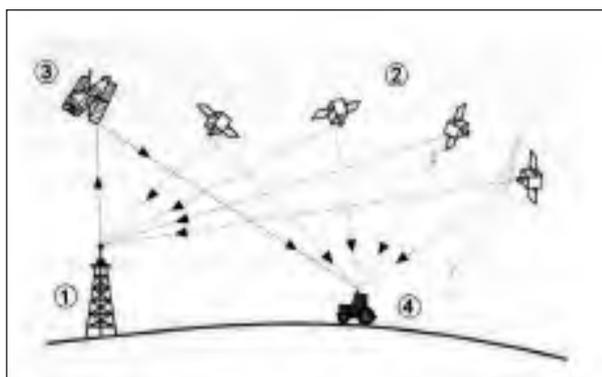


Figura 1. Corrección diferencial. La estación base (1) recibe las señales de los satélites GPS (2) y las transmite al satélite geoestacionario (3), entonces el receptor (4) recibe las señales GPS y la corrección diferencial (Basso et al., 2007).

principio. Estos avances han mejorado sustancialmente las técnicas de agricultura de precisión a nivel general, y han permitido desarrollar aplicaciones específicas en viticultura, como son el apoyo en trabajos de nivelación del terreno, o en el diseño y ejecución de plantaciones de viñedo.

Los sistemas de información geográfica son programas informáticos para la gestión y visualización de datos georreferenciados, capaces de generar mapas superponibles.

Los sensores y técnicas para captación de datos pueden ser de naturaleza muy diversa. Para elaborar mapas de rendimiento se utilizan vendimiadoras con GPS equipadas con sensores de carga (cestillas intercaladas en las cintas transportadoras) o de volumen (ultrasonidos), que son menos sensibles a las vibraciones de la máquina.

La adquisición de datos en campo en algunas variables no puede hacerse más que realizando conteos, medidas manuales o tomando muestras que se envían al laboratorio. Son mucho más interesantes, si es posible disponer de ellos, los sensores fijos o portátiles capaces de hacer medidas continuas, no destructivas y en tiempo real, con la posibilidad de almacenar los datos en archivos informáticos para su posterior tratamiento. Con este tipo de sensores, ya sean ópticos, mecánicos o electroquímicos, se pueden medir factores importantes de la variabilidad del suelo como la profundidad, drenaje, textura, pH, conductividad eléctrica, contenido en materia orgánica, niveles de nutrientes, etc. Entre los sensores no intrusivos disponibles en el mercado encontramos aparatos de inducción electromagné-

tica (como el IM38) para medida de la conductividad aparente del suelo, espectrómetros de rayos gamma que detectan la presencia de isótopos naturales radiactivos de algunos elementos, y radares de suelo (GPR), capaces de estimar la profundidad, conductividad hidráulica, presencia de suela de labor, etc.

En los últimos años se ha extendido mucho el uso de sensores de humedad del suelo, como las sondas TDR o los sensores de capacitancia, para optimizar el manejo del riego en el viñedo. Los denominados microsensores de estado sólido son capaces de estimar la concentración de iones en el suelo en tiempo real, por lo que encuentran interesantes aplicaciones en fertirrigación.

El seguimiento de los parámetros meteorológicos es fundamental para la monitorización de la maduración de la uva y para el control integrado de plagas y enfermedades. Las estaciones meteorológicas automáticas se usan de modo generalizado en muchas zonas vitícolas. Cuando se trata de hacer estudios topoclimáticos o de conocer la variabilidad espacial de los parámetros meteorológicos en las parcelas, son muy útiles las redes de sensores inalámbricos, muy eficientes en la transmisión de datos a pesar de tener un consumo energético bajo.

Existen multitud de aparatos portátiles para realizar medidas de parámetros fisiológicos de las plantas en campo: índice de área foliar, potencial hídrico, asimilación neta, dendrometría, contenido foliar de clorofila, etc. Son muy útiles en VP los sensores remotos terrestres (de ultrasonidos, termografía o reflectancia) que, montados sobre un tractor o cualquier otro vehículo, pueden realizar medidas "en continuo" avanzando por las calles del viñedo. Se pueden utilizar sensores que registran índices de vegetación para realizar mapas de vigor sin tener que recurrir a imágenes tomadas desde avión o desde satélite. La denominada "visión artificial" o interpretación automática de imágenes obtenidas con cámaras de video, es otro campo en el que se está avanzando mucho, desarrollándose interesantes aplicaciones en robotización: (guiado automático de maquinaria, control selectivo de malas hierbas...).

La evaluación de la calidad de la uva es un aspecto clave para la VP. Los tradicionales muestreos en el campo y los posteriores análisis en el laboratorio





Figura 2. Espectrofotómetro portátil para estimación de parámetros de composición de la uva.

son un proceso laborioso y caro. Para evitarlos se cuenta con dispositivos no intrusivos para toma de datos de composición de la uva en tiempo real (figura 2). Entre estos equipos están:

- Analizadores de imágenes que dan información sobre tamaño y color de las bayas, cuestiones fundamentales para evaluar su potencial enológico.
- Espectrofotómetros portátiles que trabajan en el visible (300–700 nm), para la estimación del contenido en antocianos y el índice de polifenoles totales, o en el infrarrojo cercano (700–2000 nm), más apropiados para evaluar la concentración de azúcares o ácidos en el mosto.
- Sensores de aromas, como los que detectan ácido glucónico y glicerina, útiles para poner de manifiesto la presencia de ataques de *Botrytis*.

Estos sensores son una herramienta ideal para realizar trabajos de microzonificación en el viñedo, y también para valorar la calidad de las cosechas a la entrada de la bodega. Para su utilización en campo es necesario que los sensores alcancen una precisión suficiente, siendo necesarias recalibraciones sistemáticas.

Una vez recogidos los datos y elaborados los mapas, es necesario interpretar la variabilidad detectada. Es preciso identificar y jerarquizar los factores de producción determinantes del rendimiento y la calidad de la uva, para finalmente diseñar las mejores estrategias para alcanzar los objetivos de la explotación vitícola, aplicando la tecnología adecuada en cada

caso. Identificar las principales causas de la variabilidad puede ser una tarea difícil en muchos casos donde multitud de factores afectan el comportamiento agronómico del viñedo sin una preponderancia clara de alguno/s de ellos. Por otra parte, siempre existen interacciones entre los factores que complican la interpretación de los efectos principales. En estas circunstancias se puede hacer uso de métodos de evaluación: geoestadística, análisis multidimensional, regresión múltiple, etc. Los métodos de simulación elaboran modelos matemáticos con los que se puede ensayar resultados con datos teóricos, comparar resultados predichos y experimentales, o simular nuevos escenarios.

El siguiente paso a seguir, después de la identificación de las causas de la variabilidad, es la toma de decisiones: cuales serán las respuestas a esas causas, como se aplicarán las técnicas de cultivo en cada subparcela... Para ello se puede hacer uso de programas informáticos específicos de soporte a la toma de decisiones (DSS). Un aspecto clave en esta etapa es estimar el beneficio económico del plan de manejo para decidir si llevarlo a cabo o no. El bajo precio de la uva o el pequeño tamaño de las explotaciones pueden ser límites de tipo económico infranqueables para la aplicación de muchas técnicas en el ámbito de la viticultura de precisión.

Finalmente, para llevar a la práctica el plan de manejo diseñado es preciso disponer de las denominadas tecnologías de aplicación variable que, montadas en la maquinaria agrícola y con la referencia del GPS, son capaces de poner en marcha o apagar un dispositivo, dosificar un producto en cada punto, etc. Estas tecnologías pueden utilizarse con medida simultánea de sensores (por ejemplo en tratamientos herbicidas selectivos utilizando dispositivos ópticos que detectan la presencia de malas hierbas), o bien en aplicaciones basadas en mapas (dosis pre-fijadas de abonos o fitosanitarios en cada punto).

3. UTILIDADES DE LA VITICULTURA DE PRECISIÓN

Una de las aplicaciones más directas de la VP la encontramos en los trabajos de muestreo. Haciendo una zonificación previa de las parcelas se pueden sustituir muestreos aleatorios por muestreos dirigidos, lo que permite ahorrar trabajo y mejorar sustancialmente la eficiencia de las estimaciones en

campo (madurez de la uva, estado nutricional del viñedo, incidencia de plagas y enfermedades, etc.).

Para su utilización en el manejo del riego, es posible hacer mapas del estado hídrico de la vegetación a partir de imágenes de infrarrojo o de temperatura del follaje. La elaboración de mapas de vigor o de tamaño de la superficie foliar (superficie transpirante) a partir de medidas de índices de vegetación, es muy útil para estimar las necesidades de agua de cada zona, y definir sectores de riego, dosis y momentos de aplicación. En ciertas condiciones ecológicas del viñedo, características como la profundidad, la conductividad hidráulica o la salinidad del suelo, pueden ser aspectos clave para explicar la variabilidad en el comportamiento de las cepas y establecer la programación del riego. La aportación de agua de acuerdo a esta variabilidad, ahorra recursos y contribuye a homogeneizar el rendimiento y calidad de la uva dentro de las parcelas.

La fertilización es uno de los campos más interesantes donde aplicar las técnicas de VP, tanto en la corrección de carencias, como en el abonado de fondo y de mantenimiento. Junto a los parámetros de rendimiento y composición de la uva, se deben considerar las variables principales que determinan tanto la dinámica de cada nutriente en el suelo, como los niveles reales de asimilación reflejados en el análisis de tejidos vegetales.

En el control de la vegetación adventicia, la detección de malas hierbas con sensores ópticos, previa o simultánea a la aplicación del herbicida, puede suponer un ahorro de producto de hasta el 85% respecto al gastado si se tratase toda la superficie del suelo. Los "sistemas inteligentes" para tratamientos fitosanitarios dosifican el producto en función del tamaño del follaje o del nivel de estrés estimado en las plantas, consiguiendo mayor eficacia de los plaguicidas y menos deriva. Actualmente se están desarrollando sistemas de autoguiado para vehículos aplicadores de fitosanitarios completamente autónomos.

Hacer una vendimia selectiva es un paso imprescindible para incrementar la calidad de los vinos y el valor añadido obtenido en las explotaciones vitivinícolas. Son muchos los ejemplos de aplicación descritos en la bibliografía (Proffitt et al., 2006) donde la diferenciación de zonas de alto y bajo vigor se corresponde con la distinción de zonas de alto y

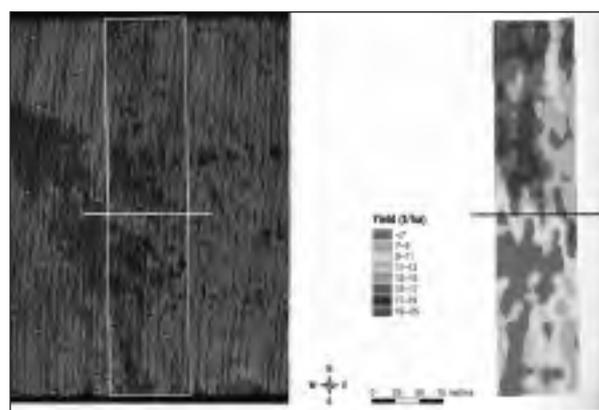


Figura 3. Mapa de densidad de vegetación en enero (izquierda) y de rendimientos en el mismo año (derecha) en un viñedo australiano (Bramley et al., 2003, citado en Proffitt et al., 2006).

bajo rendimiento (figura 3), y bajo y alto potencial de calidad respectivamente. Se está avanzando mucho en el diseño de vendimiadoras con sensores de calidad integrados (grado probable, presencia de *Botrytis*) para poder seleccionar la uva en el mismo momento de la recolección.

Podemos encontrar aplicaciones de la VP en prácticamente todas las técnicas de cultivo. Además de los usos comentados más arriba, se puede citar la regulación de la profundidad de trabajo en el laboreo del suelo, el apoyo a las operaciones de poda mecánica o el manejo de bloques en ensayos experimentales. Por otra parte, el control riguroso de la distribución espacial de los rendimientos calidades y factores de producción son una herramienta indispensable para el control de la trazabilidad de la uva.

A pesar de la multiplicidad de posibilidades de aplicación, pueden existir limitaciones importantes para el desarrollo de la viticultura de precisión en muchas zonas vitivinícolas. Entre estos factores adversos están:

- El bajo precio de la uva, que puede hacer que el beneficio económico alcanzado por incorporar las nuevas tecnologías no sea suficiente.
- El reducido tamaño de las explotaciones que haga inviable económicamente las inversiones necesarias.
- La necesidad de "respuestas rápidas" en algunos aspectos concretos del manejo del cultivo, como la estimación de las dosis de riego o la decisión sobre medidas a tomar ante ataques de parásitos. Es necesario avanzar en la agilización de la

adquisición de datos y de la interpretación de resultados en algunas tecnologías de VP.

- El manejo de la VP requiere personal cualificado, capaz de sacar el máximo partido a la información con la que se trabaja.

4. APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN EN VITICULTURA

Las técnicas de teledetección permiten registrar la variabilidad espacial de los parámetros fisiológicos, agronómicos y de calidad en el viñedo sin necesidad de tomar contacto con el objeto, es decir, utilizando sensores remotos. Estos sensores pueden actuar desde tierra (alguno de ellos citados en el apartado 2), instalarse en plataformas elevadas, en aviones o en satélites.

La aplicación más generalizada de la teledetección en viticultura es hoy día el uso de imágenes aéreas y de satélite para la estimación de índices de vegetación como el *normalized difference vegetation index* (NDVI). A partir de esta variable se elaboran mapas de vigor en el viñedo que pueden servir para predecir el rendimiento, estimar el potencial enológico de la uva u obtener información sobre las necesidades hídricas y el estado sanitario de las cepas.

Otro capítulo dentro de las aplicaciones de la teledetección, en el que se investiga mucho últimamente, es la estimación de propiedades biofísicas y constituyentes bioquímicos de las plantas. Utilizando técnicas de teledetección, varios autores (Vogelmann et al., 1993; Carter, 1994) observaron diferencias en la reflectancia de la vegetación en plantas sanas y en plantas sometidas a estrés (región del espectro entre 690 a 750 nm), asociadas a cambios en los niveles de clorofila. Más recientemente, se han propuesto diversos índices hiperespectrales para estimar el estado fisiológico de los cultivos, que se relacionan con componentes bioquímicos como el contenido en clorofila, carotenoides o la humedad de la hoja. En viticultura de precisión, hay un creciente interés en los métodos de teledetección debido a su potencial utilidad para la estimación de variables como forma, tamaño y vigor de las plantas, indicadores de rendimiento, y parámetros de calidad de la uva.

En los últimos años se está avanzando mucho en el campo de la teledetección. Son ejemplos de ello la



Figura 4. Avión no tripulado (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV) equipado con sensores para tomar imágenes multispectrales en el viñedo.

utilización de plataformas aéreas no tripuladas (figura 4) para la adquisición de imágenes, el desarrollo de sensores de alta resolución espacial, o la investigación sobre nuevos métodos para la detección de diversos tipos de estrés en plantas, tanto bióticos como abióticos.

5. ELABORACIÓN DE MAPAS DE CALIDAD EN VIÑEDOS AFECTADOS POR CLOROSIS FÉRRICA

La carencia nutricional de hierro o clorosis férrica es una fisiopatía que reduce en gran medida la productividad del viñedo y la calidad de la uva, ocasionando graves perjuicios económicos. La deficiencia de hierro modifica los procesos de síntesis y acumulación de compuestos aromáticos y polifenoles en la uva durante la maduración, lo que puede llevar a defectos patentes en el aroma, color y la astringencia de los vinos. Para corregir la enfermedad es necesario disponer de un método de diagnóstico correcto y de una caracterización de la variabilidad espacial en campo del nivel de afección, para diseñar, en VP, las mejores estrategias para el control de la enfermedad, aplicando distintos tratamientos en cepas o subparcelas más o menos afectadas. Por otra parte, la definición de zonas de calidades homogéneas dentro de los viñedos afectados hace posible planificar una recolección escalonada, por subparcelas, y organizar luego en la bodega las elaboraciones más acordes a las distintas potencialidades de la uva recogida.

Hall et al. (2002) definió la biomasa fotosintéticamente activa (PAB), una variable que integra el tamaño y densidad del canopy, el vigor y el contenido foliar de clorofila. La variación espacial de PAB



Figura 5. Medida del contenido clorofílico en hoja mediante un espectrofotómetro portátil.

o de otros parámetros equivalentes ha sido relacionada con la variación espacial del rendimiento del viñedo y la composición de la uva y el vino (Lamb et al., 2001, 2004). En suelos clorosantes la disponibilidad de hierro puede ser el factor principal en la determinación del tamaño del follaje y el contenido en pigmentos fotosintéticos de las hojas. Por ello, la estimación del contenido foliar de clorofila mediante colorímetros portátiles tipo SPAD (figura 5), o bien mediante sensores remotos, puede utilizarse para permitir elaborar mapas de rendimiento y de calidades de cosecha en viñedos afectados por la clorosis (Martín et al., 2007; Meggio et al., 2008; Zarco-Tejada et al., 2005).

Desde el año 2002, el Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales de la Universidad de Valladolid, en colaboración con el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC, viene realizando estudios diversos en la D.O. Ribera del Duero sobre la detección de estrés nutricional y la estimación del potencial enológico del viñedo en zonas afectadas por clorosis férrica, utilizando técnicas de teledetección. Los trabajos se centraron en un primer momento en demostrar que, efectivamente, los contenidos foliares en clorofila en los viñedos afectados por la carencia nutricional de hierro guardan fuertes correlaciones con parámetros de calidad del mosto, como el contenido en sólidos solubles o el índice de polifenoles totales (Martín et al., 2007). En segundo término, se evaluó la posibilidad de estimar el contenido clorofílico con técnicas de teledetección hiperespectral. Los resultados obtenidos mediante el índice TCARI/OSAVI a través del mode-

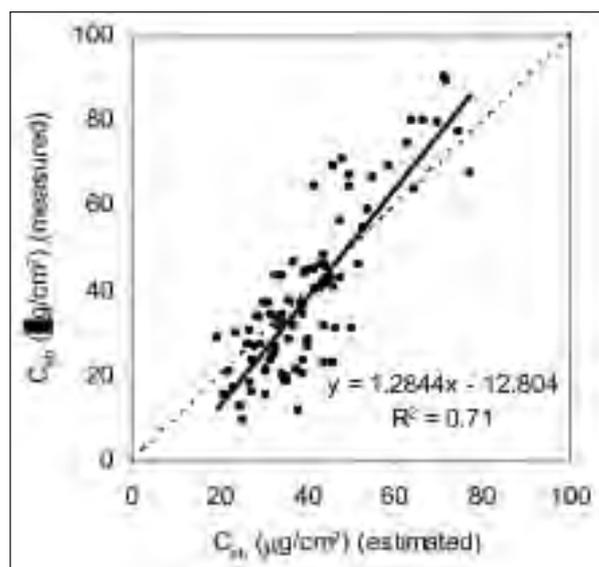


Figura 6. Estimación del contenido en clorofilas a nivel de canopy utilizando el índice TCARI/OSAVI a través del modelo PROSPECT + rowMCRM (Meggio et al., 2008).

lo de simulación de transferencia radiativa PROSPECT-rowMCRM en las zonas de estudio fueron satisfactorios (figura 6). Con estos antecedentes, se ha demostrado finalmente que es posible elaborar mapas de calidades potenciales de la uva en estos viñedos a partir de la estimación del contenido clorofílico de la hoja.

Además de las clorofilas, otros pigmentos fotosintéticos como los carotenoides o las xantofilas, ven disminuida su concentración por unidad de superficie de hoja en las plantas afectadas por la carencia de hierro. El efecto de la deficiencia no es el mismo en unos pigmentos que en otros, según se ha podido observar en diversos tipos de plantas (Abadía et al., 1999). Por otra parte, un incremento anormal del contenido de antocianinas (pigmentos no fotosintéticos responsables del color rojo) en las hojas, puede ser una consecuencia directa de la acción de algún tipo de estrés sobre las plantas: iluminación excesiva, radiación ultravioleta, bajas temperaturas, sequía, heridas, carencias de nutrientes, daños de parásitos o toxicidad por plaguicidas (Chalker-Scott, 1999).

En trabajos recientes realizados en la D.O. Ribera del Duero (Meggio et al., 2010), se han puesto de manifiesto que algunos índices de reflectancia relacionados con los contenidos foliares en antocianinas y carotenoides (Gamon y Surfus, 1999; Gitelson et al., 2006), medidos a comienzo de la maduración, pue-

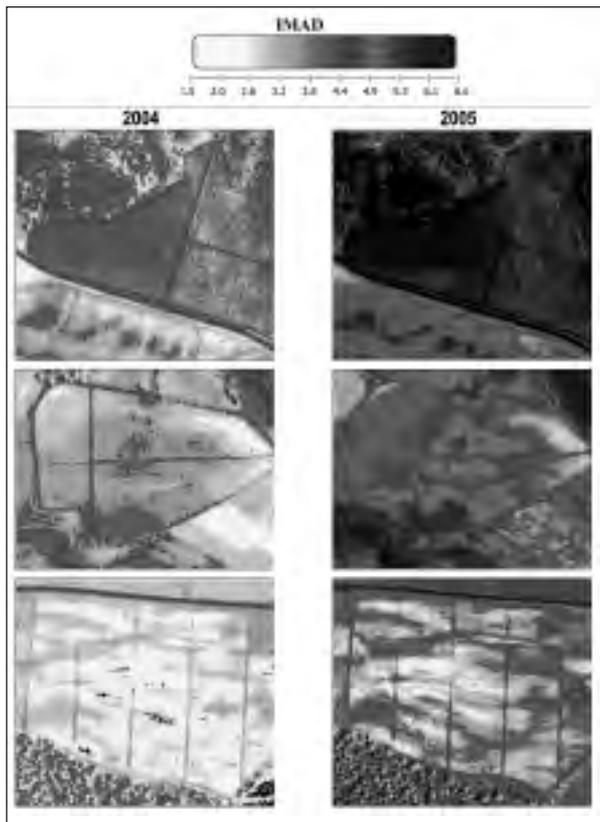


Figura 7. Mapa del índice cromático CIRG obtenido a través de su relación con índices fisiológicos relacionados con el contenido foliar en carotenoides en zonas de estudio de la D.O. Ribera del Duero (Meggio et al., 2010).

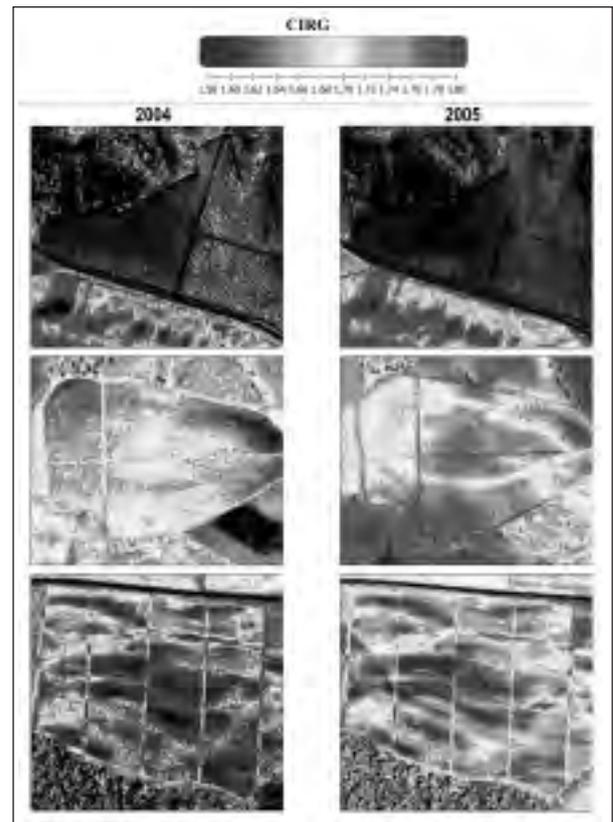


Figura 8. Mapa de la relación azúcar/acidez del mosto obtenido a través de su relación con índices fisiológicos relacionados con el contenido foliar en carotenoides en zonas de estudio de la D.O. Ribera del Duero (Meggio et al., 2010).

den correlacionarse significativamente con importantes variables de calidad de la uva en la vendimia. Es posible que los contenidos foliares de carotenoides y antocianinas puedan ser parámetros interesantes, alternativos al contenido de clorofila, para el seguimiento de la clorosis férrica en campo, y para elaborar mapas de calidad en viñedos afectados por la enfermedad. Las figuras 7 y 8 muestran la variación espacial de la relación azúcar/acidez y del índice cromático CIRG (Carreño et al., 1995), obtenida en función de la estimación del contenido foliar de carotenoides en varias zonas de estudio de la D.O. Ribera del Duero.

BIBLIOGRAFÍA

ABADIA, J., ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, A., ROMBOLÀ, A.D., SANZ, M., TAGLIAVINI, M., ABADÍA, A. 2004: Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50: 965-971.

ARNÓ, J., MARTINEZ-CASASNOVAS, J.A., RIBES-DASI, M., ROSELL, J.R., 2009. Review. Precision Viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7:770-790.

BASSO, B, SARTORI, L., BERTOCCO, M., 2007. Manual de agricultura de precisión. Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas. MAPA-Eumedia. Madrid.

CARREÑO J.; MARTINEZ A.; ALMELA L.; FERNANDEZ-LOPEZ J.A., 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Res. Int.* 28:373-381.

CARTER, G.A. 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 697-704.

CHALKER-SCOTT, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.*, 70:1-9.

GAMON, J.A., SURFUS, J.S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist*, 143:105- 117.

- GITELSON, A.A., KEYDAN, G.P., MERZLYAK, M.N. 2006. Three-band model for non invasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin content in higher plant leaves. *Geophysical Research Letters*, 33, L11402, DOI:10.1029/2006GL026457.
- HALL, A., LAMB, D.W., HOLZAPFEL, B., LOUIS, J. 2002. Optical remote sensing applications in viticulture – a review. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8: 36-47.
- LAMB, D.W., WEEDON, M.M., BRAMLEY, R.G.V. 2004. Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10: 46-54.
- LAMB, D.W., HALL, A., LOUIS, J. 2001: Airborne remote sensing of vines for canopy variability and productivity. *Aust. Grapegrower Winemaker* 449, 89-92
- MARTÍN, P., ZARCO-TEJADA, P.J., GONZÁLEZ, M.R., BERJÓN, A., 2007. Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in Tempranillo vineyards affected by iron deficiency chlorosis. *Vitis*, 46: 7-14.
- MEGGIO, F., ZARCO-TEJADA, P.J., MILLER, J.R., MARTÍN, P., GONZÁLEZ, M.R., BERJÓN, A., 2008. Row Orientation and Viewing Geometry Effects on Row-structured Crops for Chlorophyll Content Estimation. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34 (3): 220-234.
- MEGGIO, F., ZARCO-TEJADA, P.J., NÚÑEZ, L.C., SEPULCRE-CANTÓ, G., GONZALEZ, M.R., MARTIN, P., 2010. Grape quality assessment in vineyards affected by iron deficiency chlorosis using narrow-band physiological remote sensing indices. *Remote Sensing of Environment* (en prensa).
- PROFFITT, T., BRAMLEY, R., LAMB, D., WINTER, E., 2006. Precision Viticulture. A new era in vineyard management and wine production. Winetitles. Ashford. Australia.
- VOGELMANN, J. E., ROCK, B. N., MOSS, D. M. 1993. Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 14:1563–1575.
- ZARCO-TEJADA, P.J.; BERJÓN, A., LÓPEZ-LOZANO, R., MILLER, J.R., MARTÍN, P., CACHORRO, V., GONZÁLEZ, M.R., DE FRUTOS, A., 2005. Assessing Vineyard Condition with hyperspectral Indices: Leaf and Canopy Reflectance Simulation in a Row Structured Discontinuous Canopy. *Remote Sensing of Environment*, 99(3): 271-287.
- ZARCO-TEJADA, P.J., BERJÓN, A., LÓPEZ, R., MILLER, J.R., MARTÍN, P., GONZÁLEZ, M.R. 2005. Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a rowstructured discontinuous canopy. *Remote Sensing of Environment*. 99, 271-287.





ENOLOGÍA



ANALÍTICA FINA COMO ALIADO EN EL CONTROL DE LOS VINOS

Antonio Tomás Palacios García. *Doctor en Ciencias Biológicas. Laboratorios EXCELL Ibérica*
José David Carrillo. *Doctor en Ciencias Químicas. Laboratorios EXCELL Ibérica*

RESUMEN

El control de la calidad organoléptica de los vinos es indispensable para garantizar al consumidor final un producto libre de defectos sensoriales. El análisis sensorial es una técnica subjetiva sometida a la influencia de múltiples factores externos que además carece de unidades de medida. Además, un defecto organoléptico detectado durante la cata, puede provenir de la sinergia entre varios compuestos considerados como contaminantes.

Es muy difícil relacionar un defecto con su origen sin tener una identificación y una cuantificación precisa de los contaminantes involucrados en relación con sus umbrales de percepción olfativa y gustativa en el vino. Por este motivo, el laboratorio Excell ha tratado de encontrar métodos de análisis químicos de alta resolución para su análisis fino y que permita una cuantificación, como es el caso de la cromatografía de gases y la espectrometría de masas utilizado en la sistemática del método denominado Check List Excell®.

El método desarrollado por dicho laboratorio permite entonces el diagnóstico simultáneo y la identificación del origen de defectos olfativos provenientes de orígenes muy diferentes en un solo análisis, tomando un tiempo de 60 minutos y con una pequeña muestra de tan solo 5 ml de vino. Esta técnica puede ser utilizada como control de calidad del vino en los procesos post-fermentativos de bodega, puede ayudar mucho en la compra-venta de vinos, sobre todo en bodegas dedicadas al embotellado de vinos. Especialmente este método resulta muy interesante en la elaboración de coupages, ya que este método siempre es capaz de detectar y cuantificar los compuestos defectuosos por debajo del umbral de detección organoléptica.

INTRODUCCIÓN

Para poder identificar de una forma precisa la naturaleza del origen de las contaminaciones, en una

primera etapa, es necesaria la comprensión del problema, y así poder optar por la prevención y en último caso aplicar la solución de los problemas. El análisis sensorial es siempre la primera herramienta de diagnóstico a la disposición del técnico, ello permite orientar una investigación, pero nunca diagnosticar precisamente la naturaleza ni el origen del problema, llevando incluso a confusión. Además, no permite detectar niveles bajos del problema, solo cuando la alteración es ya una realidad efectiva en el vino, por lo que raramente es posible anticipar acciones preventivas.

Las fuentes de alteración y contaminación organoléptica del vino son muy frecuentes y numerosas: desde la uva por contaminaciones fitosanitarias (desde parásitos y por utilización de pesticidas), o alteraciones por alteraciones de la vendimia (desde parásitos y por accidentes de vendimia mecánica). También en el curso de la vinificación por alteraciones microbianas o por contaminaciones externas (accidentes de extracción de compuestos contaminantes, fluidos refrigerantes). Finalmente, en el curso de la crianza o en el embotellado, también por alteraciones microbianas, provocándose procesos de oxidación y reducción, o por contaminaciones provocadas desde materiales de contacto (revestimientos de cubas, productos enológicos, madera), o por contaminación ambiental (atmósfera).

El laboratorio Excell ha desarrollado un método de analítica fina denominado Check List Excell®. Se trata de un método de análisis rápido que permite la detección y la cuantificación simultánea de 26 contaminantes sensoriales diferentes, tratándose de compuestos volátiles importantes del vino. El método recurre a la tecnología de Cromatografía Gaseosa (GC) acoplada a la Espectrometría de Masas (GC-MS), con el fin de determinar el origen eventual de estos defectos y así proceder a su reparación y bloqueo, evitando incluso que estos compuestos superen los umbrales de percepción, cosa que no es posible realizar mediante el análisis sensorial. De esta forma es posible aplicar tecnologías enológicas



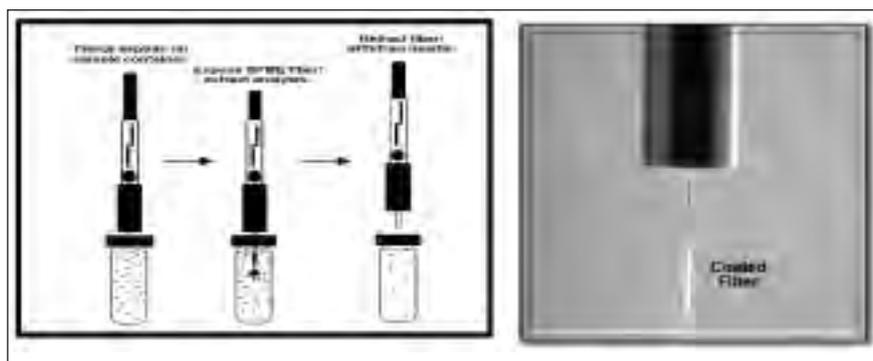


Figura 1. Metodología de extracción de volátiles en modo de espacio de cabeza (HS-SPMES).

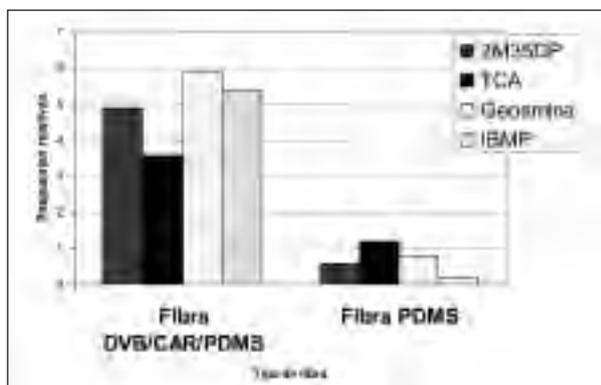


Figura 2. Elección de la fibra SPMD entre 100 μm PDMS y 50/30 μm DVB/CAR/PDMS (tres replicaciones).

preventivas en lugar de curativas, siendo siempre una aptitud muy positiva de cara a la calidad del vino, pues los tratamientos curativos siempre erosionan de constitución general del vino.

METODOLOGIA DEL CHECK LIST EXCELL

El método consiste en el análisis de Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas (GC/MS) utilizando el espacio de cabeza mediante micro extracción en fase gaseosa (HS-SPME). La espectrometría de masas utilizada es de fragmentometría específica, después de ionización por impacto electrónico a energía constante (MS-EI-SIM), lo que permite de una sola vez una detección versátil, sensible, lineal y muy específica, (ver figura 6).

La utilización de la SPME en un modo espacio de cabeza (HS-SPME) para aislar y concentrar las moléculas específicas sin utilización de solventes y de manera automática, permite no provocar modi-

ficaciones sobre las muestras a analizar, (ver figura 1).

El método analítico empleado mediante absorción por fibra, utiliza una fase PDMS (apolar) para los compuestos del tipo haloanisoles (que son poco polares), y una fase Poliacrilato (polar) para los compuestos del tipo fenoles volátiles (que son más polares). Este método no utiliza solventes en la preparación de la muestra, lo que mejora la exactitud del método.

El método ha sido validado siguiendo los protocolos NF ISO 5725-1,2 y NF V03-110, donde figuran los valores de Incertidumbre, los Límites de detección y de cuantificación, la Linealidad y la Tasa de recuperación). Además, este método está acreditado por la sociedad francesa de acreditación nacional COFRAC (ISO 17025) desde el 2007.

Entre los 26 compuestos analizados figuran compuestos tan importantes como los anisoles (TCA, TeCA, TBA, PCA) procedentes de la contaminación de corchos, la geosmina procedente de la contaminación de mohos, los vinil-fenoles y etil-fenoles procedentes de la contaminación por *Brettanomyces*, el acetato de etilo procedente de diversos contaminantes microbianos, entre ellos, las bacterias acéticas, las pirazinas por falta de maduración y otros, como los compuestos azufrados con aromas de reducción, (ver tabla 1).

OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

El método desarrollado ha necesitado una serie de mejoras técnicas para poder analizar compuestos de diversa naturaleza química en la misma inyección, lo que no es fácil. Para ello, se han realizado las siguientes adaptaciones y mejoras dentro del método cromatográfico:

- **Elección de la fibra:** El tipo de fibra utilizado fue DVB/CAR/PDMS, la cual mostró ser la más eficaz para todas las moléculas investigadas, debido a la naturaleza físico-química de los contaminantes, (ver figura 2).

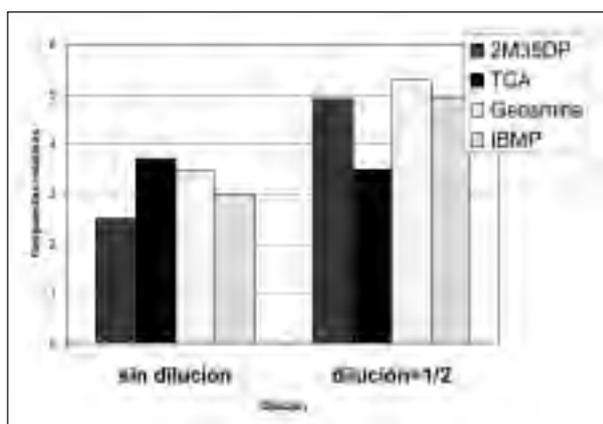


Figura 3. Prueba de dilución (tres repeticiones). Fibra DVB / CAR / PDNS.

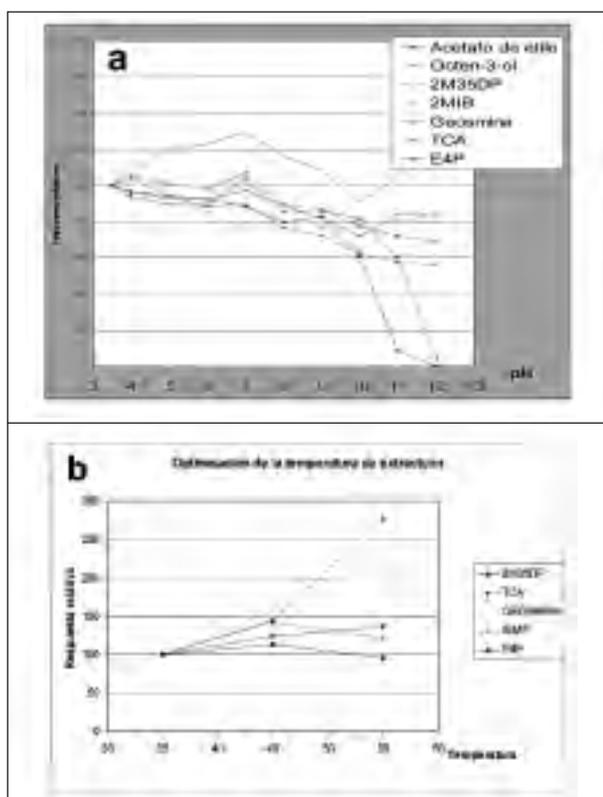


Figura 4. (a)- Optimización del pH de la muestra (tres repeticiones). (b)- Optimización de la temperatura de extracción (3 repeticiones).

- **Dilución de la muestra:** El objetivo de la dilución es llegar en la muestra en torno al 6 % del etanol (v/v) para mejorar el espacio de cabeza, incrementando la señal en relación al ruido en la extracción por fibra. La mejor dilución es al 50%, mejorando la extracción de todas las moléculas, excepto los anisoles, (ver figura 3).

- **Optimización del pH:** El pH óptimo al que hay que preparar la muestra corresponde al pH donde se produce la máxima extracción del compuesto 2-M-3,5-DP, que es de pH = 7. A este pH no se producen pérdidas significativas en relación a la extracción de los etil-fenoles y del acetato de etilo, (ver figura 4a).
- **Optimización de la temperatura de extracción:** La temperatura de extracción en HS-SPME controla el fenómeno de evaporación de moléculas y de absorción por parte de la fibra. El valor de temperatura seleccionado es de 45 °C, que corresponde al máximo de absorción de las pirazinas, sin aparecer efectos negativos en otros compuestos analizados, (ver figura 4b).
- **Optimización del tiempo de extracción:** La duración de la exposición de la fibra en el espacio de cabeza es un parámetro que influye fuertemente en la cantidad de compuestos absorbidos en la fase estacionaria de la fibra SPME. Para incrementar la productividad y no llegar al equilibrio de absorción de algunos compuestos, lo que saturaría la fibra, se eligió el tiempo de 60 minutos como el mejor.

El método analítico permite de una sola atacada identificar y cuantificar un amplio espectro de compuestos químicos considerados como defectos organolépticos. Los que figuran en la lista (ver figura 5), pueden considerarse como los mayoritarios causando impactos negativos en los aromas y el gusto del vino. Se trata entonces de un barrido general para conocer la posible huella aromática con posibles defectos en un vino a lo largo de su evolución y maduración, para así atajar de la forma más rápida posible y de forma preventiva la aparición de defectos.

De esta forma, podemos saber si el vino en cuestión tiene deficiencias a nivel de falta de madurez de la uva o por infecciones fúngicas del fruto, si el problema proviene de la fermentación alcohólica o maloláctica y por lo tanto del metabolismo microbiano, como el carácter "Brett", o por deficiencia de nitrógeno fácilmente asimilable, o por la presencia de flores, o la infección de bacterias acéticas, o si los contaminantes químicos vienen de la maduración del vino a nivel de potencial redox, o por contaminación ambiental de la bodega, o del corcho, (ver tabla 1).

CONTAMINANTES ANALIZADOS	ORÍGENES	UMBRAL DE PERCEPCIÓN EN EL VINO	PRINCIPAL ORIGEN
1,2,4,6-Tricloroanisil (TCA)	Moho/Azochada	3 ng/l	Degradación del TCF, fuente de polución variable
2,3,4,6-Tetracloroanisil (TeCA)	Moho/Folvo	15 ng/l	Degradación del TeCF, fuente de polución variable
2,4,6-Tribromoanisil (TBA)	Moho	5 ng/l	Degradación del TBP, fuente de polución variable
Peróxido de acetil (PCA)	Folvo	10000 ng/l	Degradación del PCP, fuente de polución variable
1-Octen-3-ol	Hongo	40 µg/l	Flora fúngica de la uva
1-Octen-3-ona	Hongo	70 ng/l	Flora fúngica de la uva
2-Metil-3-borneol (ZMB)	Terrizo	55 ng/l	Flora fúngica de la uva
Geosmina	Terrizo	30 ng/l	Flora fúngica de la uva
2-Isopropil-3-metoxipirazina (IPMP)	Terrizo/Vegetal	15 ng/l	Presencia endógena en la uva o contaminación fúngica
(+)-Fenchora	Terrizo	500 µg/l (agua)	Flora fúngica de la uva
(+)-Fencol	Terrizo	50 µg/l (agua)	Flora fúngica de la uva
2-Metoxi-3,5-dimetoxipirazina (2MBSDP)	Corcho	1 ng/l	Contaminación bacteriana o fúngica del corcho
Etil-4-fenil (E4P)	Ferrolado	430 µg/l	Brettanomyces debilero
Etil-4-guaiacol (E4G)	Ferrolado/Espicias	35 µg/l	Brettanomyces debilero
Vinil-4-guaiacol (V4G)	Ferrolado/Espicias	380 µg/l	Saccharomyces cerevisiae
Vinil-4-fenil (V4P)	Ferrolado/Aguado	1500 µg/l	Saccharomyces cerevisiae
2-Isobutil-3-metoxipirazina (IBMP)	Vegetal/Hongo verde	15 ng/l	Uva no madura
Acetato de etilo	Acosonada	120 mg/l	Bacterias acéticas
Guaiacol	Humado	30 µg/l	Transformación de la vanilina por bacterias
Diacetil	Mantequilla	4 mg/l	Bacterias lácticas
2-Aminoacetofenona	Uva de ucaja	0,8 µg/l (vino blanco)	Oxidación
Mellonal	Chivato/Verduras frías	0,6 µg/l	Oxidación
Dimetilsulfido	Reducao/Repoño corcho	25 µg/l	Actividad levaduraria
2Etil-3,5-tetradifenil	Gerania	0,5 µg/l	Bacterias lácticas + ácidos débiles
Estireno	Plástico	120 µg/l (de manera natural hasta 20 µg/l)	Contacto con material
Indol	Wattou/ Olor animal	25 µg/l	Bacterias lácticas

Tabla 1. Lista de compuestos analizados en la aplicaciones del Check List Excell®. Análisis simultáneo de 26 moléculas implicadas en defectos organolépticos en un nivel inferior o igual a sus umbrales de percepción.

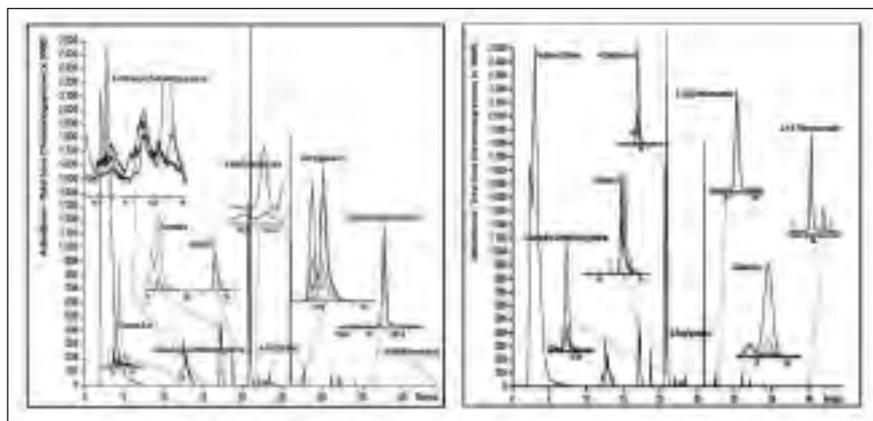


Figura 6. Fragmentogramas de un vino suplementado con las moléculas diana a una concentración similar a sus umbrales de percepción.

Si somos capaces de identificar el problema y su origen, seremos entonces capaces de inhibir en próximas elaboraciones o en la continuidad de la evolución de un vino en particular, la aparición del problema, o al menos paralizarlo a tiempo, ya que el método siempre detecta el problema por debajo de los umbrales de detección, haciendo que el daño organoléptico sea siempre menor. Y en caso de que el problema sea ya evidente, atajarlo con el tratamiento enológico más apropiado.

EJEMPLOS PRÁCTICOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO

Exponemos a continuación 3 ejemplos prácticos de casos reales de bodega, donde aplicamos el Check List Excell® a tres vinos que tenían problemas organolépticos bien marcados y que por cata, la identificación nos podría haber llevado a interpretaciones erróneas.

1. Detección de un defecto de humedad corcho

Como se puede ver en la tabla 2, el vino que presentaba un claro síntoma de humedad corcho, el problema viene de la acción sinérgica entre el tricloroanisil y el tribromoanisil. Ambos compuestos de forma conjunta suman 4,1 µg/l, superando el umbral de detección típico de estos compuestos. En caso de no haber realizado este análisis, podríamos haber echado la culpa al corcho. Sin embargo, después de haber realizado el análisis, la diagnosis es bien diferente, pues la contaminación se debe al ambiente de bodega, ya que el TBA es un contaminante típico de madera mal tratada o con deficiencias en su estado sanitario.

Compuestos	Concentración
	1,5 ng/l
TeCA	nd (<0,2 ng/l)
PCA	1,0 ng/l
	2,8 ng/l

Tabla 2. Análisis de halianisoles y bromofenoles en un vino con defecto de corcho-humedad.

Compuesto	Concentration	Método
alcoholes/aldehídos insaturados Cu	nd (<0,1 mg/l)	(otro método)
7-subutil-2-metoxipirazina	nd (<3 ng/l)	Check List
2-isopropil-3-metoxipirazina	nd (<4 ng/l)	Check List
2-hetoxi-3-hexadieno	3,3 µg/L	Check List

Tabla 3. Análisis de alcoholes y aldehídos insaturados y de otras moléculas responsables de aromas vegetales.

Compuesto	Concentración
Geosmina	nd (< 1,5 ng/l)
β-MN	nd (<6,0 ng/l)
IPMN	nd (<4,0 ng/l)
2M3,5DMP	16,2 ng/l

Tabla 4. Análisis de compuestos químicos con aromas y gustos terrosos.

2. Defecto de carácter vegetal del vino

En este caso nos enfrentamos a un vino con un aroma del vino muy vegetal, olor de césped muy marcado y retronasal muy vegetal. Después de realizar el análisis mediante el método presentado (ver tabla 3), podemos ver que realizando análisis más convencionales no hubiéramos encontrado ninguna evidencia química de la causa del problema. Sin embargo, como el Check List Excell® incluye el 2-hetoxi-3-haxadieno, se pudo ver que este compuesto superaba los umbrales de detección, siendo el causante del problema.

En este vino no hubo adición de sórbico como anti-fermento, por lo que no se entendía bien como pudo aparecer este compuesto en concentraciones tan altas. Analizando después los productos enológicos utilizados, se pudo vislumbrar como ciertos tanino enológicos líquidos estaban estabilizados con ácido sórbico, resolviendo el enigma.

3. Carácter terroso del vino

Otro vino con un gusto terroso y aromas de humedad, tierra húmeda, champignon, fue sometido a examen mediante el método descrito. Se puede ver en la tabla 4 como ciertos compuestos típicamente marcadores con aromas terrosos no eran los causantes del defecto. Sin embargo, el 2-metoxi-3,5-dimetilpirazina estaba presente por encima de su umbral de percepción, definido por Simpson *et al.* / en el 2004 en 2 ng/l en vino. En este caso, la identificación del problema no es tan claro, pero seguramente sea por falta de maduración de la uva, pues este compuesto se suele acumular en mayores contenidos en uva verdes.

CONCLUSIONES

El método propuesto es lineal, específico, seguro y repetible, con límites de detección para todos los compuestos analizados más bajos que los umbrales de percepción. Permite además una muy buena detección del acetato de etilo, por ejemplo, pudiendo prevenir la acescencia.

Es un método complementario y confirmativo de los problemas detectados mediante análisis sensorial.

El método Excell Check List® es un sistema analítico de alta resolución muy útil para los controles de calidad del vino realizados en bodega. Las principales utilidades y ventajas que se pueden obtener mediante la utilización de éste método, se pueden resumir en los siguientes:

- Método útil, rápido y eficaz para confirmar o establecer un diagnóstico preciso sobre la naturaleza y/o el origen de una alteración organoléptica del vino por la presencia de compuestos volátiles indeseables.
- Posibilidad de generalizar el uso de este tipo de control a todas las etapas claves del trabajo en bodega, como son la compra de vino, coupages finales y mezclas, crianza del vino y otros procesos enológicos.
- Muy útil para la asistencia de contratos en la compra-venta de vinos y peritajes jurídicos.
- Es posible la extensión de la lista de componentes analizados del método a un mayor número de contaminantes a desarrollar en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Arthur, J. Pawliszyn, *Anal. Chem.*; N° 62; (1990); pag. 2.145.

H. Tanner, C. Zanier, H.R. Buser, *Schweiz. Z. Obstet. Weinbam*; N° 117; (1981); pag. 97.

P. Dubois, J. Rigaud, *Vigne Vin.*; N° 301; (1981), pag. 48; (ISSN 0395-9465).

P. Chatonnet, G. Guimberteau, D. Dubourdiou, J.-N. Boiron, J.; *Int. Sci. Vigne Vin.*; N° 28; (1994) pag. 131.

P. Chatonnet, D. Labadie, S. Boutou; J. *Int. Sci. Vigne Vin.*; N° 39; (2005); pag. 137.



DIFERENCIACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS VITIVINÍCOLAS

M.^a Luisa González San José

Doctora en Ciencias Químicas. Profesora Titular de la Universidad de Burgos. Área de Tecnología de los Alimentos

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la permanencia de un producto en el mercado depende claramente de su competitividad, y es bastante evidente que ésta queda vinculada a la calidad del mismo. Los vinos no son una excepción, observándose en este caso que la demanda de productos de gran calidad es tanto más acusada cuanto mayor es el nivel socio-cultural y económico del grupo poblacional que los consume.

La globalización de los mercados acentúa la necesidad de obtener productos competitivos que, aunque no lleguen a ser líderes del mercado, sean capaces de hacerse con una cuota de mercado suficiente para hacerlos rentables y generar beneficios. Es obvio que las modas y la publicidad inciden notoriamente en esta situación, pero también es claro que un producto sin calidad difícilmente podrá ser competitivo.

La definición que se encuentra en el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua dice que calidad son las *"propiedades o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie"*. Así, desde esta definición podría entenderse que únicamente puede hablarse de calidad cuando existe la posibilidad de comparar. Sin embargo, de modo general la calidad existe siempre, como algo innato, unido a la propia existencia del objeto, servicio o proceso. Además, actualmente la calidad también se vincula a lo "único", ya que queda unida a la peculiaridad llevada al extremo.

Otras definiciones de calidad transmiten una idea o concepto muy similar. Tomando como referencia dos de ellas, *"el conjunto de características que diferencian las unidades individuales de un producto y que tienen significación a la hora de determinar la aceptación del mismo por el consumidor"*, y *"la calidad es el conjunto de características que diferencian un producto y lo hacen satisfactorio"* se puede distinguir claramente los tres aspectos

esenciales vinculados a la calidad. El primero, el carácter multidimensional, recalcando que la calidad no es una característica única sino un conjunto de ellas. El segundo, su vínculo con la aceptación y satisfacción del cliente, como un binomio indisoluble cliente-calidad que hace que la calidad no sea algo absoluto, sino que es más bien algo relativo, variable, dependiendo del destino y del destinatario. El tercero es el carácter diferenciador, es decir lo peculiar y característico, aunque sin olvidar que sea satisfactorio.

El diccionario de la Real Academia Española define caracterizar como *"determinar los atributos peculiares de una cosa, de modo que claramente se distinga de las demás"*, y diferenciar como *"hacer distinción ó conocer la diversidad"*. Si comparamos estas definiciones con las de calidad resulta bastante obvia la relación directa que existe entre la caracterización y la diferenciación de los productos con su calidad.

Resulta importante resaltar que caracterizar no es describir, en el sentido de enumerar las características de un producto, ni tampoco es sólo cuantificar o determinar rangos de variación de esas características. Caracterizar implica ir más allá, es buscar y encontrar las peculiaridades del grupo o del producto individualizado.

Una de las actuaciones estratégicas de la política alimentaria española se orienta hacia productos de alta calidad, que puedan satisfacer las crecientes exigencias de los consumidores (satisfacción), y que, al mismo tiempo, supongan una mayor diversificación de la oferta alimentaria. Uno de los mecanismos básicos de esta política, son las Denominaciones Específicas que reconocen la calidad y personalidad de diversos productos por su origen, medio geográfico y agroclimático o por el sistema de elaboración. Esto implica que, en general, los productos con una determinada Denominación cuentan con unos rasgos comunes que los hacen peculiares y permiten su diferenciación, condicionando además su nivel de calidad. La apuesta por



este tipo de productos hace necesario disponer de mecanismos para asegurar su calidad y garantizar la protección del consumidor bajo el principio de veracidad del contenido del etiquetado (demostración), lo que implica poder detectar el fraude y tener mecanismos de control.

LA CARACTERIZACIÓN

Las muestras biológicas acusan influencia de múltiples factores de perturbación, los cuales suelen reflejarse en los datos analíticos. Muchas de esas perturbaciones son indiscernibles y si no se consideran pueden conducir a la interpretación errónea de los datos.

La calidad de un alimento no escapa a esta situación, determinada por numerosos factores es a su vez objeto de numerosas perturbaciones indiscernibles que deben ser controladas. Para ello se hace imprescindible el análisis estadístico que toma constancia de los errores causados por las perturbaciones diferenciándolas de las causadas por los factores de variabilidad analizados. De esta forma se simplifica la interpretación de los datos y se pueden establecer conclusiones de confianza.

Por otra parte, es necesario recordar que la calidad es un parámetro complejo, por lo que se hace difícil su cuantificación y evaluación por métodos analíticos simples, siendo imprescindible la caracterización múltiple incluyendo parámetros físico-químicos y sensoriales. Esto hace que el análisis estadístico a aplicar sea también multivariante. Los análisis multivariantes son un conjunto de métodos estadísticos que analizan, describen e interpretan las observaciones multidimensionales. Permiten, entre otras muchas cosas, reducir el nº de variables a interpretar sin perder la información contenida en las variables iniciales y, además, pueden detectar agrupaciones y llegar a establecer modelos de diferenciación y clasificación.

Así, para la caracterización se hace imprescindible el conocimiento y determinación tanto cualitativa como cuantitativa de los distintos parámetros de calidad asociados a cada grupo y que posteriormente permitirán su diferenciación. Este proceso de caracterización requiere del análisis de numerosos productos pertenecientes al grupo a definir, para que así se tengan datos representativos de toda la

población y contemplados todos los factores de distorsión. Esto se debe a que siempre existen pequeñas diferencias entre productos en función de la zona y/o empresa de elaboración, siendo prácticamente imposible, y por otra parte tampoco aconsejable, una estandarización global de los productos. El análisis de los distintos parámetros de calidad sobre diversos grupos permitirá posteriormente la diferenciación del producto de los grupos, ya que cada uno presentará rangos de variación específicos para cada variable. Estas determinaciones son esenciales para la defensa de los productos en sí y de los consumidores, ya que sólo tras una adecuada caracterización del producto, se pueden instrumentar las medidas oportunas para la detección de fraudes y adulteraciones.

En general se pueden definir cuatro grandes requisitos para llevar a cabo un correcto proceso de caracterización y diferenciación que se resumen en:

1. Es necesario el análisis de numerosos individuos pertenecientes al grupo a definir que encierren información suficiente de todos los factores de distorsión. Esto permite tener datos representativos de toda la población que se quiere diferenciar y caracterizar. Se atenderán las normas habituales de muestreo de poblaciones.
2. Es necesario el análisis de individuos de otros grupos poblacionales. Sin este hecho es imposible determinar las características que diferencian al grupo objeto de estudio de los demás. Sin comparación sólo se llega a establecer una descripción pero no se pueden encontrar las "peculiaridades". Para cada grupo adicional se cumplirán los requisitos establecidos para el grupo objeto de estudio.
3. Es necesario analizar un amplio conjunto de características, físicas, químicas y sensoriales. La evaluación de las dos primeras no suele ser problemática ya que actualmente se dispone de instrumentos y métodos de medida adecuados, sin embargo la evaluación sensorial es muy compleja. Recurrir a catadores expertos no es siempre factible, es costoso y en caso de litigio no es siempre aceptado o reconocido. Por ello, resulta interesante poder basar la diferenciación en parámetros analíticos instrumentales, objetivos, reproducibles y correctamente cuantificables,



entre los que suelen incluirse medidas instrumentales de las características sensoriales.

4. Es necesario llevar a cabo un adecuado tratamiento estadístico de los datos, que dado el numeroso volumen de datos (individuos y parámetros), así como la diversa naturaleza de los datos de medida, hacen imprescindible el uso de técnicas multivariantes, y en su caso, transformaciones de datos, aplicaciones de estadísticos especiales, etc. Se hace necesario distinguir claramente entre la variación intra-grupo y la inter-grupo. Ello se consigue con la aplicación de herramientas matemáticas como el análisis multivariante, que permite la obtención de modelos matemáticos clasificatorios, por ejemplo en función del origen geográfico, modo de elaboración de los productos, etc. Además, estas técnicas multivariantes ayudan a extraer la máxima información posible, facilitando la interpretación de las colecciones de resultados obtenidos. En muchos casos también permiten determinar los factores más representativos o aquellos que proporcionan una mejor diferenciación geográfica, métodos de elaboración o de materias primas utilizadas para la obtención de esos productos, etc., y construir así un modelo matemático adecuado para la diferenciación de los productos.

Los primeros trabajos de aplicación de herramientas multivariantes en la caracterización de alimentos datan de los años 80, siendo las aplicaciones sobre vinos de las primeras publicadas. En los últimos años, la aplicación del análisis multivariante ha experimentado un gran desarrollo e incluso se aplica a la detección de fraudes. Esto se debe por una parte a que dichas técnicas son ahora más accesibles debido a los programas informáticos para ordenadores personales, y a que hoy en día se reconoce que el estudio univariante no permite obtener cuanta información es necesaria para la adecuada caracterización y diferenciación.

Las técnicas de análisis multivariante más utilizadas para la caracterización y diferenciación de los distintos productos son: análisis cluster, análisis en componentes principales, análisis discriminante, análisis del vecino más próximo (KNN), el análisis SIMCA y el análisis PLS. Actualmente, se están usando también redes neuronales (ANN) siendo su principal ventaja que no requieren ningún trata-

miento previo de los datos, y son mucho más permisivos o blandos ya que no imponen ninguna limitación a los datos, es decir no es necesario que los grupos sean homogéneos, no necesitan gran número de datos, no necesitan que los datos sean normales, etc. El mayor inconveniente que pueden tener es la dificultad de interpretar los resultados y el mayor tiempo que emplean en el análisis de los mismos.

LA CARACTERIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE PRODUCTOS VITIVINÍCOLAS

Las características de las uvas son consecuencia de un amplio conjunto de factores que se pueden agrupar en dos grandes grupos, los intrínsecos propios de la uva (variedad, estado sanitario, grado de maduración, etc.), y los extrínsecos propios del medio donde ésta se ha desarrollado (suelo, clima, prácticas culturales, etc.) (figura 1). A su vez, las características de los vinos son consecuencia de un amplio conjunto de factores divisibles también en dos grandes grupos, el relacionado con las materias primas, las uvas, que incluye todos los factores que les afectan, y el vinculado con los procesos de transformación, la vinificación y crianza, incluyendo todos los factores vinculados a la transformación de la uva en vino, y a los tipos de crianza. Esto hace que el proceso de caracterización de cualquiera de los productos vitivinícolas, uvas o vinos, sea un proceso laborioso, y especialmente complejo en el caso de los vinos.

Existen muchos trabajos que ponen de manifiesto la utilidad de las técnicas de análisis multivariante en la diferenciación y clasificación de vinos, algunos menos se han publicado centrados en las uvas. La mayoría de ellos han estudiado la caracterización y diferenciación varietal o por zona de procedencia, aunque también se ha estudiado la diferenciación de procesos de elaboración, como tipos de fermentación o tiempos de crianza en madera, entre otros.

La composición fenólica, los compuestos volátiles, así como en menor medida compuestos minoritarios como aminoácidos, pigmentos fotosintéticos, metales pesados o de transición, y tierras raras se han usado como elementos diferenciadores. Estos parámetros han sido los más estudiados por su vinculación con las fuentes de variabilidad estudiadas.





Figura 1. Factores principales de variabilidad de la composición y características de las uvas.

La utilidad de los compuestos volátiles para diferenciar uvas de variedades aromáticas de las no, o incluso caracterizar variedades concretas es bien conocido. Así por ejemplo, variedades aromáticas como Moscatel, Gewürtraminer, "Fresilla" ó "Melón rayado", presentan aromas típicos vinculados a la presencia de compuestos característicos. Son bien conocidas las asociaciones entre diversos monoterpenos como geraniol, nerol, linalol, citronelol y los Moscateles; entre norisoprenoides como la β -ionona y Gewürtraminer; ó entre las pirazinas y los "Sauvignon", etc.

Los metales y tierras raras se han usado para diferenciar y caracterizar uvas cultivadas sobre suelos peculiares, con composiciones específicas y diferentes, como los volcánicos, los salinos, etc.

El valor de los compuestos fenólicos va desde hechos tan simples como que las variedades blancas se diferencian de las tintas en la presencia o no de antocianos, ó que los antocianos diglicosilados sirven para diferenciar las *Vitis vinifera* de los híbridos y de las *Vitis* americanas, ó que las uvas tintoreras son las que tienen antocianos en la pulpa, hasta hechos mas complicados dependientes del análisis pormenorizado. Así más allá de las diferenciaciones sencillas citadas, basadas en datos globales, los antocianos individualizados se han mostrado útiles para caracterizar y diferenciar variedades de viníferas entre sí. Un ejemplo sencillo es la diferencia entre variedades con pigmentos acilados en cualquiera de sus modalidades, la mayoría de las conocidas, de las que carecen de ellos como Pinot Noir (figura 2).

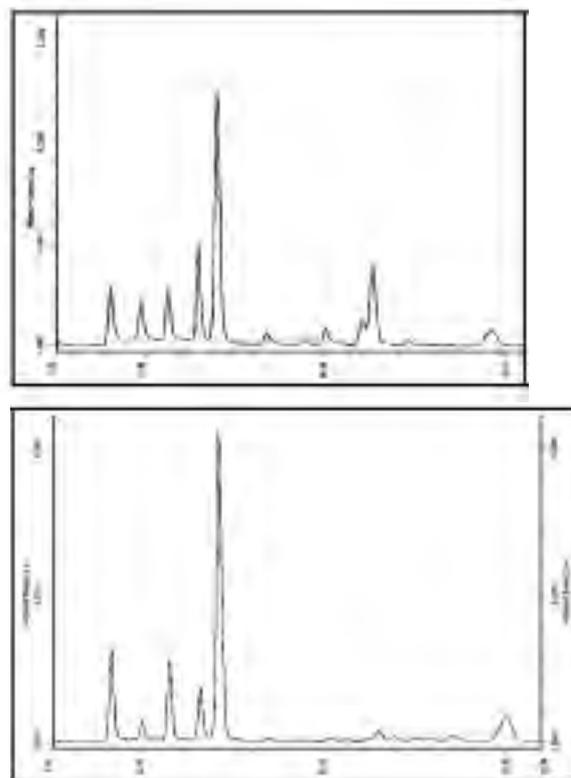


Figura 2. Cromatogramas de los antocianos presentes en variedades con derivados acetilados (arriba) y las carentes de ellos (abajo).

Variedad	Mv	Pt	Dp	Pn	Cn
CS	55-65%	10-12%	10-20%	10-20%	1%
GT	60-70%	10-12%	6-10%	6-10%	1-3%
MB	65-70%	12-14%	10-20%	10-18%	1%
MT	55-60%	14-16%	10-12%	10-20%	2-4%
T	50-60%	15-17%	<20%	<15%	2-6%
TP	40-65%	10-15%	<18%	<10%	2-8%

Dp > Pt Dp => Pt

Tabla 1. Porcentaje de antocianos derivados de cada una de las antocianidinas indicadas en el hollejo de las uvas de las seis variedades de uvas indicadas, cultivadas en la zona de la Ribera del Duero.

Mv malvidina; Pt petunidina; Dp delfinidina; Pn peonidina; Cn cianidina. CS Cabernet Sauvignon, GT Garnacha Tinta; MB Malbec, MT Merlot; T Tempranillo (clon riojano); TP Tinta del País.

Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Eduardo Izcarra Esteban (UBU).

La composición pormenorizada también varía de unas variedades a otras en términos relativos, es decir el porcentaje de antocianos de cada una de las cinco antocianinas características de la uva es variable entre variedades (tabla 1), así como lo es el porcentaje de cada tipo de derivados acilados

Variedad	3-glucósidos	6-acetil	6-cinamil
CS	66-70%	>20%	5-8%
GT	>90%	2%	5-8%
MB	70-80%	10%	15-20%
MT	70-80%	15-20%	10%
T	80-90%	3-6%	7%
TP	80-85%	3-6%	10-15%

Tabla 2. Porcentaje de antocianos monoglucosilados, derivados acetilados y derivados cinámicos, presentes en el hollejo de las uvas de las seis variedades indicadas, cultivadas en la zona de la Ribera del Duero.

Mv malvidina; Pt petunidina; Dp delfinidina; Pn peonidina; Cn cianidina. CS Cabernet Sauvignon, GT Garnacha Tinta; MB Malbec, MT Merlot; T Tempranillo (clon riojano); TP Tinta del País.

Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Eduardo Izcarra Esteban (UBU).

(tabla 2). Es destacable en este sentido la riqueza en derivados acetilados de variedades como Cabernet Sauvignon.

Las relaciones entre diversos tipos de antocianos como pueden ser glucósidos/acéticos y acéticos/cinámicos, así como las relaciones entre pigmentos metoxilados/hidroxilados, en especial (Mv+Pn/ Dp+Cn), se han usado para definir diversos grupos con valor e interés enológico diversos.

Sin embargo, dado que la composición antociánica se ve afectada por otros factores como el suelo, el clima, el riego, etc., cada variedad se asocia, no a valores exactos ó concretos, sino a valores definidos por rangos de variación y, por ello, los rangos son útiles para establecer grupos pero no suficientes, por sí solos, para diferenciar totalmente unas variedades de otras.

Otros tipos de compuestos fenólicos, como los de bajo peso molecular, así como los contenidos por familias, varían al igual que lo hacen los antocianos, entre variedades (figura 3a), por ello también pueden usarse para la diferenciación varietal. De modo análogo, se pueden usar otros compuestos del metabolismo secundario como los pigmentos fotosintéticos, clorofilas y carotenoides, que también muestran niveles variables entre variedades además de ser afectados por las condiciones del medio (figura 3b), hecho que no debe pasarse por alto.

Saber cuál de todos los parámetros que varían con un determinado factor son los realmente útiles para la diferenciación, puede determinarse, por ejemplo, aplicando el análisis discriminante. Este método fue

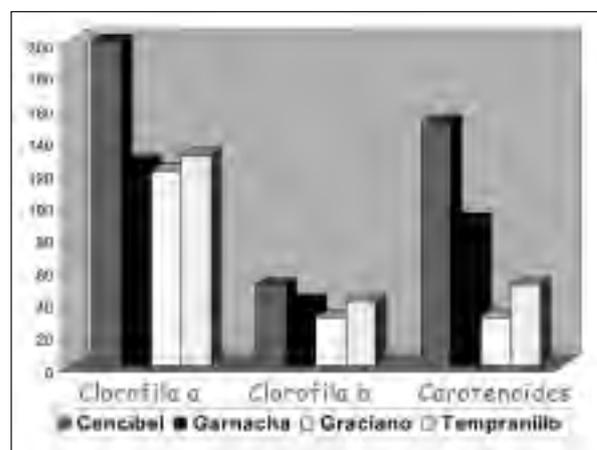


Figura 3. Variación de los contenidos de distintas familias fenólicas (arriba, datos procedentes de la Tesis Doctoral de Eduardo Izcarra Esteban, UBU) y de pigmentos fotosintéticos (abajo, datos procedentes de la Tesis Doctoral de M^a Luisa González San José, UAM) en el hollejo de uvas de distintas variedades de uvas tintas. PT = poli-fenoles totales; ANT = antocianos; CAT = catequinas; PRO = proantocianidinas. CS = Cabernet Sauvignon; GT = Garnacha Tinta; MB = Malbec; TP = Tinta del País; T = Tempranillo; MT = Merlot.

ideado por Fisher y se basa en la regresión múltiple a partir de la que se obtienen unas Funciones Discriminantes, que son una combinación lineal de las variables discriminantes, que se seleccionan en función del estadístico F (Fisher, SLDA). Estas variables son los factores diferenciadores de los grupos, y deben considerarse como los factores más significativos para la caracterización de los grupos. Además, este análisis permite clasificar o asignar individuos a grupos. Algunos ejemplos de la utilidad de esta técnica matemática y de los parámetros analíticos comentados se muestran posteriormente.

Debe señalarse que la mayoría de los estudios de caracterización y diferenciación de las variedades

de uva de vinificación, se han llevado a cabo esencialmente por la repercusión que la materia prima, la uva, tiene en la calidad del producto final, el vino. El mayor número de trabajos y probablemente los primeros, se centraron en variedades tintas, siendo los principales grupos de parámetros estudiados los fenoles y, especialmente, los antocianos, pigmentos que presentan grandes variaciones cualitativas y cuantitativas de unas variedades a otras. Los éxitos de diferenciación han sido muy satisfactorios en muchos casos. La composición en aminoácidos también ha sido estudiada, llegándose a establecer diferencias entre variedades usando datos relativos de concentraciones de estos metabolitos. En variedades aromáticas, los precursores aromáticos han sido los compuestos más estudiados. Es importante destacar que en algunos casos, los trabajos publicados han estudiado un número reducido de individuos, por lo que las conclusiones obtenidas no son extrapolables o generalizables sin asumir cierto error de interpretación.

A continuación se muestran a modo de ejemplo algunos de los resultados de caracterización y diferenciación de uvas obtenidos en estudios realizados por mi grupo de investigación, son los siguientes:

1. Diferenciación varietal:

La figura 4 muestra un modelo de diferenciación de uvas tintas de tres variedades distintas cultivadas en Rioja, en el que se seleccionaron como variables diferenciadoras dos antocianos individualizados, petunidina y el derivado acético de cianidina, la clorofila a, los ortodifenoles, además del peso de 100 bayas. Los datos proceden de uvas de tres vendimias y recolectadas en varias parcelas en cada vendimia. Se obtuvieron porcentajes de clasificación global y de predicción del 100%.

2. Diferenciación por origen:

Tal y como se ha indicado, todas aquellas variables que se modifiquen por un factor, son potencialmente susceptibles de ser útiles para diferenciar productos en función de ese factor. Así muchos de los parámetros ya comentados pueden ser útiles para diferenciar por zona de producción como se ilustra en la figura 5. En este caso con un modelo lineal combinación de 11 variables: clorofila a y b, carotenoides totales, ortodifenoles, proantocianidinas, tonalidad, y los antocianos peonidina, malvidi-

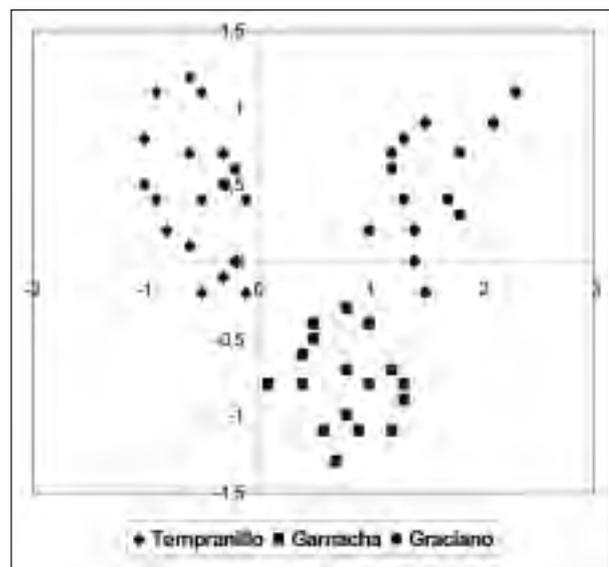


Figura 4. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones canónicas del modelo de diferenciación de las uvas de las tres variedades de uvas tintas indicadas. Los puntos son datos medios (n=4) de grupos de 100 uvas de una misma parcela y vendimia.

Datos procedentes de la Tesis Doctoral de M.^a Luisa González San José, UAM.

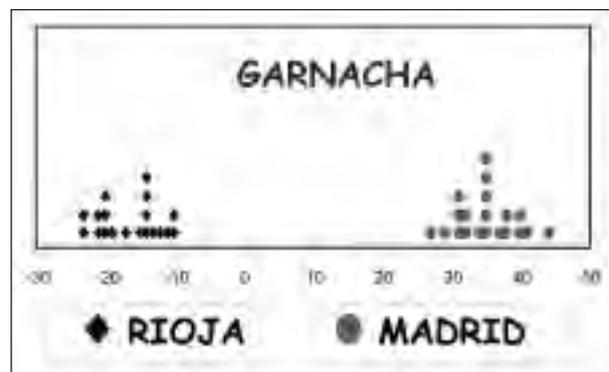


Figura 5. Distribución en el eje definido por la función discriminante correspondiente a la diferenciación entre uvas de la variedad Garnacha cultivadas en Madrid y La Rioja. Los puntos son datos medios (n=4) de grupos de 100 uvas de una misma parcela y vendimia. Datos procedentes de la Tesis Doctoral de M.^a Luisa González San José, UAM.

na, cianidin-3-glucósido, derivado acetilado de petunidin-3-glucósido, y el derivado cumárico de malvidin-3-glucósido, se consiguió diferenciar perfectamente uvas de la variedad Garnacha cultivadas en Madrid y en Rioja. Los datos usados procedían de uvas de dos vendimias y varias parcelas por vendimia. Nótese que en este caso fueron necesarias un número mayor de variables que en el caso anterior, esto responde a la mayor dificultad de detectar

diferencias en este segundo caso, es decir, cuanto más similares sean los productos, mayor información analítica se requiere para poder diferenciarlos.

La caracterización y diferenciación de vinos, ha sido objeto de muchos más trabajos ó al menos se han publicado más artículos, que sobre la caracterización y diferenciación de uvas. La mayoría de ellos se han llevado a cabo sobre vinos tintos, pero también se han estudiado rosados, blancos, espumosos naturales, etc.

Algunos de los criterios y parámetros de diferenciación de vinos estudiados han sido:

1. El origen geográfico usando parámetros enológicos clásicos; compuestos fenólicos por familias y compuestos fenólicos individualizados; compuestos volátiles; parámetros relativos al color; iones metálicos; elementos traza, y datos sensoriales
2. Diferenciación de vinos varietales usando especialmente pigmentos antocianicos y aromáticos.
3. Diferenciación por sistemas de elaboración usando principalmente compuestos fenólicos y volátiles.
4. Diferenciación por añadas, se han usado parámetros enológicos clásicos, fenoles y polialcoholes.

Es bien sabido que el origen del vino esta en la cepa, donde se desarrollan y maduran las uvas hasta alcanzar el grado de maduración óptimo para su transformación en vino, por tanto, y como ya se ha indicado, algunas de las fuentes de variabilidad que los afecta son las ligadas a las uvas, las otras están ligadas al proceso de vinificación. Así, en la diferenciación de vinos monovarietales, serán útiles las mismas variables descritas para diferenciar las uvas por variedades, y algo análogo ocurrirá con el efecto origen. En este caso, la diferenciación de vinos de orígenes distintos se complica porque concurre la perturbación de la zona (origen), con la varietal y la tecnológica (prácticas y métodos de vinificación particulares). Por ello, el número de individuos analizados debiera ser siempre elevado si se quiere llegar a conclusiones generalizables o extrapolables más allá del grupo objeto de estudio.

Los vinos con Denominación de Origen son grupos de vinos elaborados a partir de uvas determinadas y con unas prácticas enológicas bien definidas. Todo ello hace que estos vinos presenten una composi-



Figura 6. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones discriminantes de los vinos tintos jóvenes de las cinco DO indicadas, y de vinos de otras DOs y sin DO (puntos negros). Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Silvia Pérez Magariño, UBU).



Figura 7. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones discriminantes de los vinos rosados de las seis DO indicadas, y de vinos de otras DOs y sin DO (puntos negros). Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Silvia Pérez Magariño, UBU.

ción "característica" que les da una entidad propia haciéndolos distintos de otros vinos. Varios estudios de los publicados, han evaluado las posibilidades de diferentes componentes de los vinos, para la caracterización de los vinos de diferentes DO, los fines han sido variados, detección de fraude, búsqueda de las peculiaridades analíticas, defensa de los productores, etc.

Uno de los estudios llevados a cabo hace unos años por nuestro grupo, se centró en la caracterización y diferenciación de vinos tintos jóvenes y rosados de la DO Ribera de Duero, basándonos esencialmente en parámetros vinculados a la composición fenólica. Se estudiaron las familias fenólicas, parámetros de color, y diferentes antocianos pormenorizados. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios (figuras 6 y 7).

El modelo discriminante obtenido para la diferenciación y caracterización de los vinos tintos jóvenes frente a los de otras cuatro DO estudiadas, seleccionadas por su presencia en el mercado castellano-leones y porque en ellas la variedad mayoritaria es también la Tempranillo en cualquiera de sus clones o formas de expresión, mostró que las variables con mayor poder discriminante estaban directamente vinculadas con ciertos antocianos y con los parámetros de color, sobre todo la longitud de onda dominante que determina la gama de color predominante. El modelo dio como resultados de clasificación correcta total un 82,9%, con un 99% de clasificación correcta de los vinos de Ribera de Duero (RD). Además se obtuvieron porcentajes de predicción correcta global del 76,7%, con un 92,5% de predicción correcta de los vinos de RD, destacándose que ningún vino de las otras DOs estudiadas, ni de otras alternativas, o incluso sin DO, fue clasificando como de RD.

Cuando se estudio la diferenciación de modo más simple, es decir entre vinos de la DO Ribera de Duero y vinos no RD, se obtuvo un modelo con una clasificación correcta global del 99% y una predicción global del 97,8%. De nuevo las variables asociadas al color y a diversos pigmentos antociánicos fueron las seleccionadas con mayor poder discriminante.

Resultados similares a los descritos para los vinos tintos jóvenes se obtuvieron en el estudio de caracterización y diferenciación de vinos rosados, en el que se incluyó una DO más. La clasificación correcta global fue del 87,7%, con un 99% de clasificación correcta de los vinos de RD (figura7). Los valores de predicción global fueron del 82,6% y del 90,4% para los vinos de RD.

Al estudiar la diferenciación en el modelo simplificado vinos de RD frente a vinos no RD, se obtuvo un modelo con una clasificación correcta global del 97,4% y una predicción correcta global del 96,9%. De nuevo las variables asociadas al color y a diversos pigmentos fueron las seleccionadas con mayor poder discriminante.

Dada la complejidad de diferenciar entre vinos de características analíticas bastante similares y con factores de variabilidad numerosos, fue necesario estudiar cuantos vinos encontramos en el mercado (aproximación a la situación de los que encuentra el consumidor), realizando el estudio durante varios años. Así, los datos comentados se obtuvieron tras

Muestras (3 vendimias)	Tintos jóvenes	Rosados
RD	94	74
Rj	54	66
Vd	48	30
Mcha	28	14
Mad	18	12
Cig		16
Otras	25	22

RD=Ribera de Duero; Rj=Rioja; Vd=Valdepeñas; Mcha=Mancha; Mad=Madrid; Cig=Cigales.

Tabla 3. Número de vinos analizados (cada uno por triplicado) para el estudio de diferenciación de vinos de la Ribera de Duero de otros vinos.

RD=Ribera de Duero; Rj=Rioja; Vd=Valdepeñas; Mcha=Mancha; Mad=Madrid; Cig=Cigales.

la recolección de datos de vinos de 3 vendimias procedentes del número global de vinos analizados mostrados en la Tabla 3.

Los métodos de elaboración inducen modificaciones de la composición de los vinos, que pueden ser usados para intentar definir como han sido elaborados los vinos. Los parámetros útiles dependen del tipo de factor de elaboración por el que se quieran diferenciar los vinos. Sirvan de ejemplos que para la diferenciación de vinos tintos elaborados por distintas técnicas de maceración-fermentación, los compuestos fenólicos fueron de gran utilidad (figura 8), mientras que por ejemplo para la diferenciación por tiempos de permanencia en barrica o de crianza alternativa frente a tradicional, lo fueron los compuestos volátiles (figuras 9 y 10).

Un estudio llevado a cabo con vinos tintos elaborados por los métodos Doble Pasta, Maceración Carbónica (MC) y Tinto tradicional, y con vinos claretes, puso de manifiesto que todos ellos podían diferenciarse por una combinación matemática de sus composición fenólica, siendo máximos responsables de la diferenciación los pigmentos antociánicos (figura 8). En esta ocasión el número de individuos por grupo fue reducido y por tanto los resultados deben considerarse orientativos, validos con certeza estadística para el grupo de vinos analizados, y extrapolables con precaución. En su caso fueron esencialmente útiles para defender a los productores de vinos tintos, en cualquiera de las tres modalidades, de los que estaban comercializando claretes como tintos.

La diferenciación de vinos por tiempos de permanencia en barrica se ha estudiado por composición fenólica y por composición volátil, siendo esta última la más útil. Un estudio llevado a cabo con 192



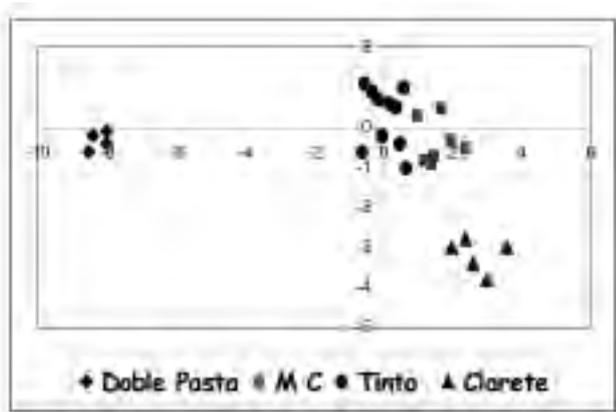


Figura 8. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones discriminantes del modelo diferenciador de vinos tintos elaborados por proceso tradicional (tinto), maceración carbónica (MC), doble pasta, y vinos claretes. Porcentaje de clasificación correcta global y de predicción del 100%. Datos procedentes de la Tesis Doctoral de M^a Luisa González San José, UAM.

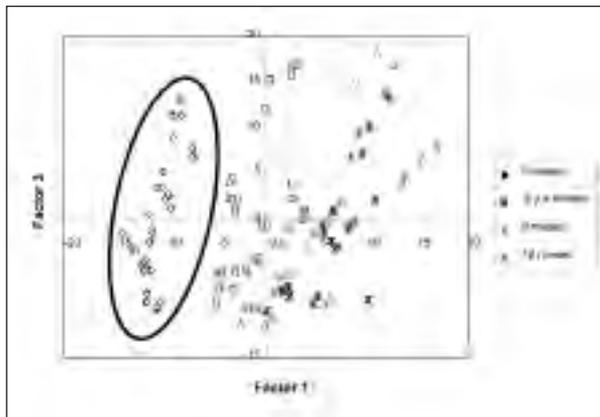


Figura 9. Distribución en el plano definido por los factores 1 y 3 de los vinos de diferente grado de permanencia en barrica. Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Miriam Ortega Heras, UBU.

vinos, de dos vendimias y de 6 variedades distintas, que permanecieron en barrica tiempos variables entre 0 y 12 meses, puso de manifiesto la gran utilidad de los aromas terciarios, pero también de otros secundarios para poder discriminar, al menos orientativamente, entre vinos de permanencia cortas en barrica (máximo 4 meses), de aquellos de permanencias más prolongadas (más de 9 meses).

El estudio de la diferenciación por tiempo de permanencia en barrica supuso manejar datos procedentes de muchas variables, por ello antes del estudio discriminante se pensó en reducir el número de éstas haciendo mas sencillo el manejo final de los datos. La selección o reducción del número de variables debe hacerse de modo adecuado, sin perder información relevante. Para ello pueden usarse algunas metodo-

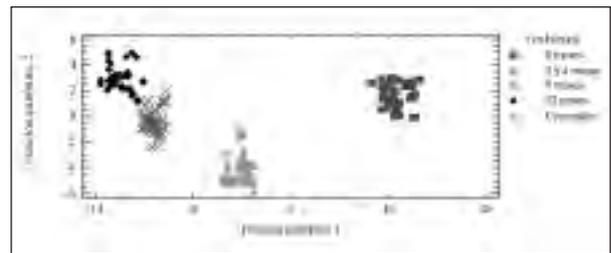


Figura 10. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones discriminantes del modelo diferenciador de los vinos de diferente grado de permanencia en barrica. Datos procedentes de la Tesis Doctoral de Miriam Ortega Heras, UBU.

logías matemáticas pensadas para ese fin. Una de ellas es el análisis factorial que se basa en el estudio de las covarianzas de las variables objeto de estudio. El modelo al final del análisis proporciona un número reducido de nuevas variables, combinación lineal de las originales, que encierra el porcentaje de información original que se desee. Es habitual trabajar con un requisito mínimo del 80% de la varianza total. Este tipo de análisis, además de reducir el número de variables permite detectar grupos naturales (figura 9) y hacer una primera selección de las variables diferenciadoras, que serán aquellas que queden asociadas a las nuevas variables (los factores); que detecten grupos diferenciados por el criterio de clasificación o diferenciación objeto de estudio. En el caso que se expone, las variables asociadas al factor 1 (eje x), y en menor medida las asociadas al factor 3 (eje y), fueron las más vinculadas al efecto en estudio de la permanencia en barrica, hecho que se pone de manifiesto por la distribución de los distintos grupos de vino estudiados en el plano definido por estos dos factores.

Trabajando con las variables con poder diferenciador, se desarrollo un modelo de análisis discriminante diferenciador de los cuatro grupos de vinos por tiempos de permanencia en barrica, que arrojo porcentajes de clasificación correcta global del 100% y de predicción del 85% (figura 10), que son resultados muy satisfactorios, sobre todo teniendo en cuenta que los errores de predicción se produjeron entre vinos de 9 y 12 meses de barrica, diferenciándose perfectamente los de corta permanencia y los no puestos en contacto con la barrica.

Es interesante destacar que además de compuestos característicos de la madera como las whiskylactonas, otros compuestos volátiles característicos de la

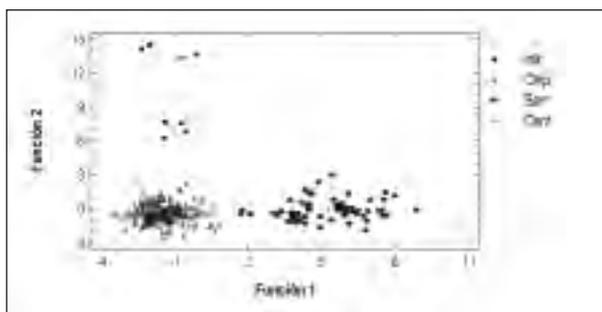


Figura 11. Distribución en el plano definido por las dos primeras funciones discriminantes del modelo diferenciador de los vinos elaborados por permanencia en barrica (Barr), por maceración con chips (Chip), o sin contacto con madera (Int).

fermentación e incluso algunos varietales, mostraron un claro poder diferenciador.

Otro caso en el que los volátiles de los vinos han demostrado ser útiles para la caracterización, es en el de diferenciación de vinos elaborados con maceración con chips de aquellos elaborados por permanencia en barrica.

Se estudiaron 164 muestras, todos vinos de una misma región pero de 3 variedades distintas y de dos campañas. Los tipos de barrica en que envejecieron los vinos fueron 4. Por otra parte los tipos de chips empleados fueron 14.

El análisis discriminante aplicado directamente a los datos de todas las variables estudiadas, arrojó un modelo que ofreció un porcentaje de clasificación global correcta del 100%, y de predicción global del 97,3% (figura 11). Del total de variables estudiadas se seleccionaron 24 variables, lo que indica la complejidad del proceso. Resaltaron por el alto poder diferenciador las variables eugenol, etil-vainillato, siringaldehído y furfural.

EN RESUMEN Y COMO CONCLUSIÓN

Los datos mostrados y otros muchos existentes en la bibliografía permiten concluir que:

- La diferenciación y caracterización de los productos vitivinícolas es esencial para definir su calidad.
- La caracterización de estos productos a través de parámetros físico-químicos es factible. Pero para ello se deben considerar todos los factores de perturbación y todos sus efectos, además deben

admitirse márgenes de error propios de los modelos clasificatorios.

- El control del efecto de los elementos perturbadores se debe desarrollar por pasos.
- Los parámetros analíticos pueden conseguir diferenciar adecuadamente productos, lo que les confiere un gran valor para la defensa de los productos, de los productores y de los consumidores.

COMENTARIOS FINALES

Los resultados mostrados han sido, al menos en parte, financiados por proyectos de investigación financiados por los Organismos: MEC, INIA, Junta CyL, ITACyL y Diputación de Burgos. Además se han realizado en colaboración con el ITACyL, el Consejo Regulador de la Ribera del Duero, diversas bodegas de diferentes DO, etc. A todos ellos mi agradecimiento.

Por otra parte, tal y como se ha ido indicando, esta presentación no hubiera sido posible sin el trabajo de los autores de las tesis doctorales mencionadas que fueron realizadas en la Universidad de Burgos bajo mi dirección. Por ello, mi reconocimiento a las Doctoras Silvia Pérez Magariño y Miriam Ortega Heras, hoy personal investigador en la Estación Enología de Castilla y León (ITACyL), y al doctor Eduardo Izcarra Esteban, hoy responsable de calidad en la bodega Pago de Carraovejas, Peñafiel.

BIBLIOGRAFÍA

- Arvanitoyannis, I.S., Katsota, M.N., Psarra, E.P., Souflos, E.H., y Kallithraka, S. (1999). Application of quality control methods for assessing wine authenticity: use of multivariate analysis (chemometrics). *Trends Food Sci. Techn.*, 10, 321-336.
- Bailey, P.J., y Rohrback, B.G. (1994). Applications of chemometrics in the food and beverage industry. *Food Technology*, 4, 69-72.
- Benito, M.J.; Ortiz, M.C.; Sánchez, M.S.; Sarabia, L.A., y Iñiguez, M. (1999). Typification of vinegars from Jerez and Rioja using classical chemometric techniques and neutral network methods. *Analyst*, 124, 547-552.
- Forina, M., Armanino, C., Castino, M., y Ubigli M. (1986). Multivariate data analysis as discriminating method of the origin of wines. *Vitis* 25, 189-201.



González-SanJosé, M.L.; Santa-Maria, G., y Diez, C. (1990). Anthocyanins as parameters for differentiating wines by grape variety, wine-growing region and wine-making methods. *J. Food Comp. Anal.*, 3, 54-66.

Kaufmann, A. (1997). Multivariate statistics as a classification tool in the food laboratory. *JAOAC International*, 80, 665-675.

Kwan, W.O., y Kowalski, B.R. (1980). Pattern recognition analysis of gas chromatographic data. Geographic classification of *V. vinifera* cv. Pinot noir from France and the USA. *J. Agric. Food Chem.* 28, 356-359.

Ortega, M., González-SanJosé, M.L., y Beltrán, S. (1999). Metal content of Spanish red wines from certified denomination of origin. *Química Analítica*, 18, 127-131.

Ortega-Heras, M., C. González-Huerta, P. Herrera y ML González-SanJosé (2004). Changes in wine volatile compounds of varietal wines during ageing in wood barrels. *An. Chim Acta* 513(1), 341-50.

Pérez-Magariño, S., y González-SanJosé, M.L. (2001). Differentiation parameters of Ribera del Duero D.O. wines from other Spanish D.O. *Food Sci. Techn. Int.*, 7, 237-244.

Pérez-Magariño, S., y González-SanJosé, M.L. (2002). Estrategias para la caracterización de productos acogidos a denominaciones de calidad. *Alimentaria*, 335 (02), 75-80.

Pérez-Magariño, S., Ortega-Heras, M., y González-SanJosé, M.L. (2002). Multivariate classification of rosé wines from different Spanish Protected Designation of Origin. *An. Chim. Acta*, 458, 187-190.

Tzouros, N.E., y Arvanitoyannis, I.S. (2001). Agricultural produces: synopsis of employed quality control methods for the authentication of foods and application of chemometrics for the classification of foods according to their variety of geographical origin. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 41, 287-319.



INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN LA CALIDAD DE LOS VINOS

Vicente D. Gómez-Miguel

Doctor Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de Edafología y Química Agrícola. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCIÓN. EL TERROIR

La producción de vinos de calidad es el resultado de la interacción de factores del medio y de actividades humanas que componen un sistema cuyas relaciones manifiestan una gran complejidad, y en el que la importancia relativa de sus elementos no puede considerarse definitivamente determinada.

La calidad de un vino puede ser definida en sentido amplio como la capacidad para elegir, y Vedel (1984) liga esta elección a los factores extrínsecos (mercado, etc) y a los intrínsecos, que se tienen en cuenta de manera preferente en la apreciación cualitativa, en la que intervienen los productos examinados (vinos), los examinadores (consumidores y degustadores), y los factores externos de intervención (medio ambiente, etc).



Figura 1. Importancia del suelo y del medio en el concepto de *terroir*.

Para estudiar los factores que influyen en la calidad intrínseca del vino es habitual distinguir entre los permanentes, relacionados con el medio (clima, geología, paisaje y suelo) y la planta (variedad y patrón) y las actividades humanas ligadas a la producción y transformación de los productos de la viña, todos ellos incluidos en el concepto de *terroir* (fig. 1). Según la OIV: "El *terroir* es un área geográ-

fica única y delimitada sobre la que existe un conocimiento colectivo de las interacciones entre el medio físico y biológico y las prácticas vitícolas aplicadas. Estas interacciones proporcionan características originales y suponen un reconocimiento para los productos originarios de este espacio geográfico. Integra características específicas del paisaje y participa en la valorización del territorio".

Una concepción tradicional del suelo permite relacionarlo con el *terroir* al considerarlo como el resultado de la interacción del clima y los seres vivos y el hombre, como factores activos, sobre el tipo de roca y el relieve, como factores pasivos, durante un tiempo de actuación determinado. En este sentido, cuando se destaca la importancia del clima, la geología, el relieve o cualquiera de los otros factores citados sobre la planta o la calidad del producto, se está reconociendo indirectamente la influencia del suelo. Es a través de éste, y en particular de sus propiedades, como inciden los factores del medio sobre la vid y sus productos.

Por lo tanto, a la hora de estudiar las propiedades del suelo que influyen en la calidad del vino, es tradicional hablar de las propiedades externas (clima, litología y geomorfología o paisaje), y de las internas a las que nos referimos como las propias del suelo. Debido a la gran importancia de las interacciones existentes entre ellas es determinante, sino revisarlas, al menor citarlas antes de abordar el objetivo concreto que figura en el título de este trabajo.

2. LOS SUELOS VITÍCOLAS: INTERACCIONES Y PROPIEDADES

Las propiedades externas y sus interacciones son determinantes en la producción de vinos de calidad, y por este motivo son consideradas como protagonistas en la definición de *terroir*. Por ejemplo, en relación con los elementos del clima que modifican los del suelo (y viceversa) y que influyen en la calidad del vino, las modificaciones de uno por otro en relación con la planta (*interacciones*) afectan,

por lo tanto, a la calidad. El clima es un factor determinante en la formación del suelo y las modificaciones que en él realiza se relacionan principalmente con los procesos de alteración y lavado: en el perfil (profundidad efectiva y diferenciación de horizontes, contrastes...), en las propiedades físicas (formación de estructura, porosidad, color,...), en la materia orgánica (acumulación, humificación, mineralización), en la solución del suelo (dilución-concentración), en el pH y en el complejo de cambio (cambios en la fertilidad actual y potencial,...). La importancia de estas modificaciones depende obviamente del sentido del cambio y el valor final del resultado condiciona la calidad del producto. Más determinantes aún son las modificaciones que el suelo realiza en el clima percibido por la planta, de forma que es tradicional hablar del clima del suelo, de su régimen de humedad y de su régimen de temperatura. En general, el suelo actúa como regulador de los elementos del clima a través de sus propiedades: radiación (color, exposición-albedo), temperatura (calor específico), precipitación/aportes de agua (granulometría, capacidad de retención) y evapotranspiración/extracciones de agua (propiedades físicas, capilaridad, espesor).

La importancia relativa que se da a cada uno de estos factores es la que condiciona diferencias en el modelo usual en cada una de las zonas mundiales de producción. Varios autores (Mesnier, 1984; Scienza *et al.*, 1996), enfrentan el modelo de las regiones europeas con tradición vitícola de calidad en las que se prima la importancia del medio, a las regiones que tienen antecedentes más amplios en la transformación y en el mercado.

En definitiva, el medio y el viticultor condicionan de tal manera la producción de vinos de calidad que se puede afirmar que las variedades son apátridas (Branas, 1993), y que el clima y el suelo son los verdaderos factores de la calidad con el irremplazable trabajo del hombre que pretende evitar el exceso de vigor, buscar rendimientos moderados, etc. El medio físico caracteriza, la población vegetal determina y la acción del hombre orienta la producción (Parodi, 1997).

Centrándonos en el suelo, su estudio se desarrolla a partir del de sus variabilidades vertical y horizontal. La primera se realiza a partir del perfil y su conocimiento implica la descripción de la tipología del suelo, concretada en su clasificación de acuerdo

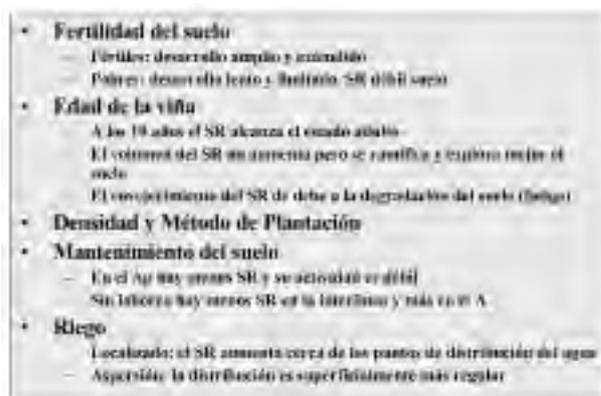


Figura 2. Relación del sistema radicular (SR) de la planta con determinadas propiedades y manejo del suelo.

con una sistemática determinada (por ejemplo, *Soil Taxonomy* USDA 2006); la segunda determina la geografía de los suelos y su distribución en el paisaje y se concreta en el mapa de suelos.

El perfil del suelo consta de una o varias capas llamadas horizontes cuya existencia, situación relativa y propiedades les son propias. El tipo de suelo depende por lo tanto de la existencia o no de determinados horizontes, con propiedades determinadas y en una situación relativa definida.

La calidad del producto (uva-mosto-vino) está ligada a la de la planta, y ésta a su correcta alimentación hídrica y nutricional, que a su vez dependen de la variedad y el patrón y del estado de desarrollo y sanitario de la propia planta, y de la naturaleza, propiedades y estado del suelo.

Los principales elementos del suelo que determinan el desarrollo de la planta se refieren a la secuencia y morfología de los horizontes (tipología de suelos), y a la profundidad efectiva que determinan el desarrollo del sistema radicular, la alimentación hídrica y la nutrición mineral, y están en relación directa con la producción y la calidad. La existencia en el perfil de limitaciones (textura, compacidad, consistencia, contrastes, barreras químicas, panes, hidromorfía, etc.) modifica las condiciones de desarrollo y condiciona el propio manejo (laboreo, fertilización, riego, drenaje,...) que pretende adecuar el perfil a condiciones óptimas. En la figura 2 se incluye el ejemplo de estas relaciones con el sistema radicular.

La tipología del suelo es fundamental a la hora de considerar la producción de vinos de calidad. Es suficiente considerar tres elementos: materia orgánica, caliza total (carbonato cálcico equivalente) y

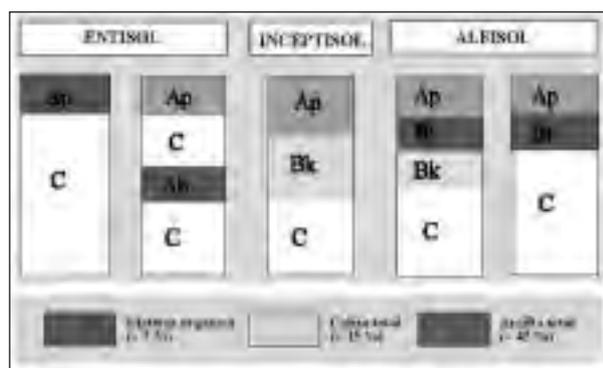


Figura 3. Tipología de los suelos vitícolas.

arcilla (partículas inferiores a 2 micras), su cantidad (espesor del horizonte y porcentaje), y su posición relativa en el perfil para obtener la mayoría de los mejores suelos vitícolas de nuestro país (fig 3).

Aunque en este trabajo trataremos específicamente de la influencia de las propiedades químicas del suelo en la calidad del producto, sin embargo, debido a su importancia y sobre todo a las interrelaciones existentes, incluimos en la tabla 1 una referencia breve de las propiedades físicas y su relación directa con la producción de vinos de calidad.

3. PROPIEDADES QUÍMICAS

Para describir con más detalle las propiedades químicas del suelo y relacionarlas con la calidad de los productos (uva-mosto-vino), seguimos un esquema que nos permite separar las derivadas de los distintos componentes del suelo: complejo de cambio o solución interna, solución del suelo o solución externa, y sólidos no activos (figura 4).



Figura 4. Componentes y equilibrios del suelo que determinan las propiedades químicas que influyen en el desarrollo de la planta y están relacionadas con la producción de vinos de calidad.

PROPIEDADES		EFFECTOS SOBRE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD	
Perfil	Secuencia de horizontes	Condiciona el desarrollo del sistema radicular de la vña, vnao óimo de una correcta alimentación antrnal e hídrica de la planta. El laboreo y otras acciones pueden incidir en el perfil a esta altura y evitar las posibles limitaciones (v. Van Hyssege, 1987): compactaciones, pases, contrastes granulométricos, hancos químicos, capa de élter elevada, etc.	
	Morfología	En general, importante (>90 cm) y en yancos: condiciona la distribución del sistema radicular y garantiza la alimentación hídrica y nutricional. Relación directa con la producción.	
	Profundidad efectiva	En general, importante (>90 cm) y en yancos: condiciona la distribución del sistema radicular y garantiza la alimentación hídrica y nutricional. Relación directa con la producción.	
	Distancia entre horizontes	Sin contrastes (resortes, por compactación, etc. consuetudinarios, etc.).	
Propiedades Físicas	Estructura, Compactación, Humedad	Estructura macrosa o laminada limita la instalación y desarrollo del sistema radicular, la ariación y la circulación del agua desequilibrando fisiológicamente.	
	Elementos Gaseosos	Influencia sobre la temperatura ambiente, la ETP. Vinos de vitificación con elevado grado de alcohol.	
	Textura	Areca	Vinos ácidos, pobres en azúcares y en alcohol (albutinos).
		Limo	Propiedades físicas y químicas (resortes) negativas. Causa compactación y mala ariación de las propiedades de los horizontes.
		Arcilla	Vinos ácidos en relación con azúcares, amoníaco y de alcohol correcto (albutinos) y frecuentemente pobres en azúcares. Los valores de arcilla superiores al 45% se consideran un factor desfavorable.
Color	Influencia sobre la temperatura y el calor (microclima).		
Relaciones hidrología	El suelo es el recipiente donde se almacena el agua que regula la alimentación hídrica de la vña. Los suelos húmedos producen vinos con bajo grado alcohólico, mayor ácido y ricos en albutinos. El exceso excesivo puede inducir al estrés hídrico y el imperece, al hidromorfismo, y, etc.).		

Tabla 1. Influencia del perfil y de las propiedades físicas de suelos en la calidad del vino.

El complejo de cambio o solución interna está constituido por las partículas del suelo con carga eléctrica negativa, por la materia orgánica y por las arcillas mineralógicas.

La materia orgánica está regulada por una serie de procesos (aporte de restos orgánicos, mineralización, humificación y reorganización), cuyo resultado intermedio es el humus, y el resultado final lo constituye el conjunto de nutrientes puestos de esta forma a disposición de la planta. Este sistema está regulado por condiciones geoquímicas que dependen fundamentalmente de las propiedades del medio (clima, paisaje, litología, suelos): la temperatura, el pH, la hidromorfía y las sales.



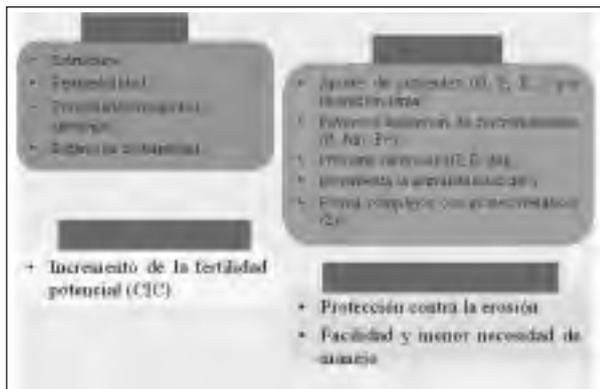


Figura 5. Mejora de las propiedades (P) del suelo por la materia orgánica.

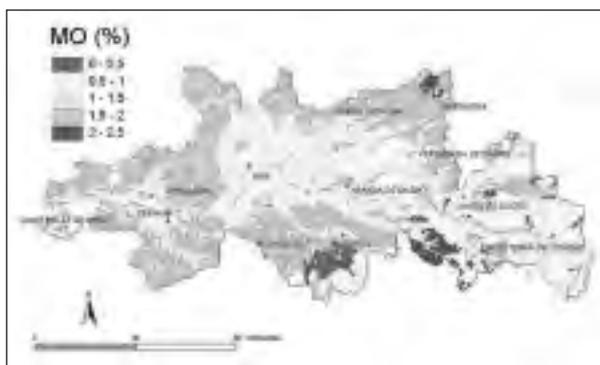


Figura 6. Distribución de la materia orgánica (MO) en el horizonte superficial en la DO Ribera de Duero (Sotés y Gómez-Miguel, 1990-2008).

Las cargas negativas de la molécula de humus (y las de las arcillas) forman el denominado complejo arcillo- húmico, y son las responsables de sus propiedades sobre el suelo, en concreto, sobre sus propiedades físicas y sobre su fertilidad (fig 5).

El exceso de materia orgánica se relaciona con vinos groseros, ricos en albúminas (conservación reducida, inestables) y pobres en aromas.

La falta de materia orgánica ocasiona el deterioro de las propiedades físicas del suelo, que a su vez plantean problemas fundamentalmente con la implantación del viñedo y con su equilibrio vegetativo.

El valor medio de MO deseable se fija frecuentemente en Viticultura en las proximidades del 2 % (en función del porcentaje de arcilla), posiblemente debido a la influencia de Burdeos (la media de 194 G. Crus es de 1.9 %). Sin embargo en España, aunque la desviación típica es muy importante (fig 6), los valores son significativamente menores (439 de Rioja, 1.4 %; 555 de Ribera de Duero, 1.23 %; 667

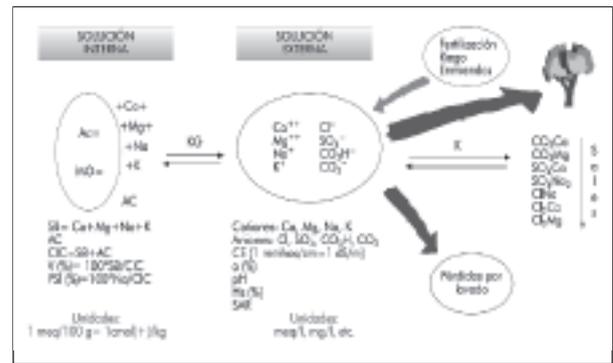


Figura 7. Propiedades químicas del suelo y su valoración (Gómez-Miguel, 2007).

de la Mancha, 1.47 %; 637 de Rueda 1.3 %; 315 de Toro, 1.4 %), y su incremento artificial por el manejo no parece justificable.

Sobre la arcilla lo primero que tenemos que decir es que el término es confuso porque se utiliza para expresar diferentes cosas:

- Concepto granulométrico: partículas menores de 2 μ .
- Concepto textural: agrupación de partículas de arena, limo y arcilla dentro de la tierra fina en la que predomina la citada en último lugar de acuerdo con un triángulo de textura determinado.
- Concepto mineralógico, minerales de la arcilla: cloritas, illitas, esmectitas, vermiculitas, caolinitas...

Refiriéndonos a la mineralogía, las arcillas tienen carga negativa y, como se ha dicho, junto con la materia orgánica forman el complejo arcillo- húmico y su efecto sobre las propiedades del suelo, en concreto, sobre sus propiedades físicas y sobre su fertilidad, son comparables a las de la materia orgánica.

Respecto a las propiedades físicas y refiriéndonos a la textura, el exceso (suelos arcillosos) se relaciona con problemas de consistencia y compacidad y, por ello, con los de circulación del aire y del agua (permeabilidad e infiltración), lo que ocasiona problemas de implantación y desarrollo de la planta y de manejo. En general se suele fijar el límite superior en valores próximos al 45 %. Los suelos arenosos tienen propiedades físicas particularmente favorables y son de fácil manejo. El desequilibrio (texturas contrastantes entre horizontes) es particularmente problemático porque se incrementan los problemas citados para los suelos arcillosos.



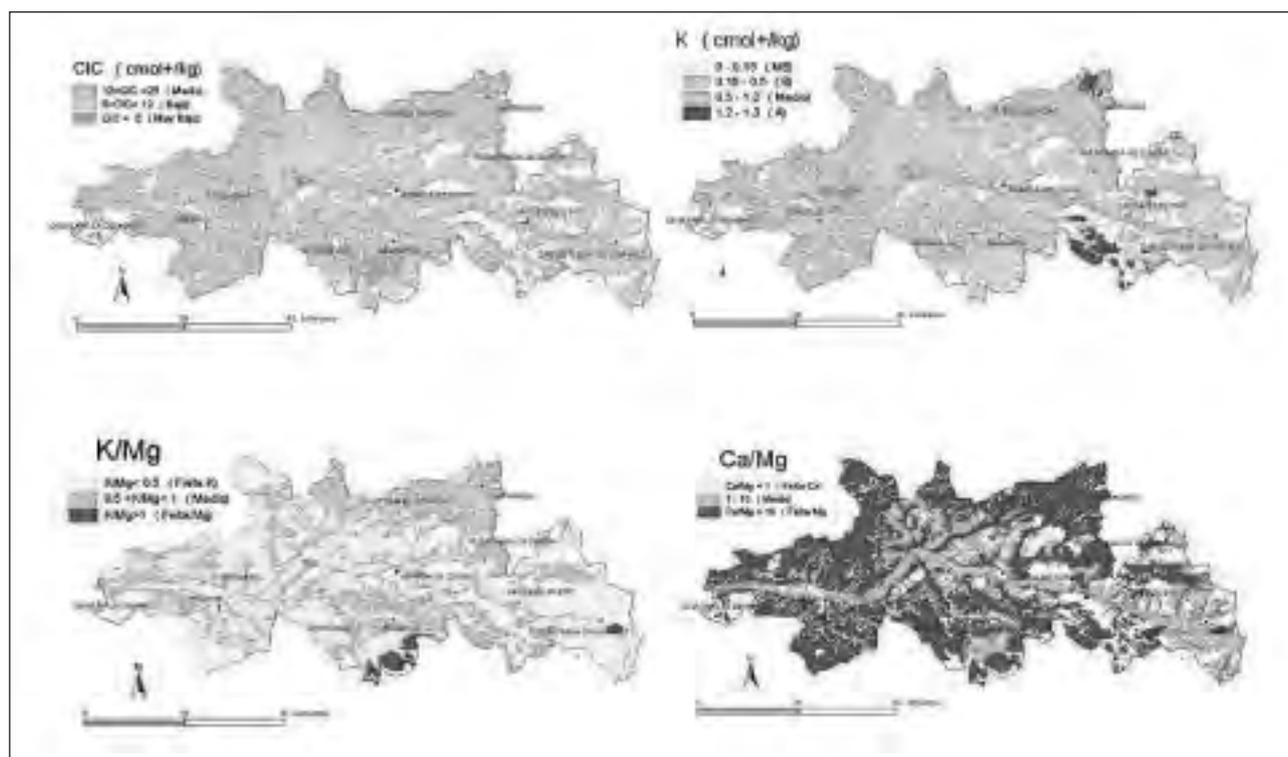


Figura 8. Distribución de la fertilidad potencial del suelo (Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC), del potasio (K) y de los principales antagonismos (Ca/Mg y K/Mg) en el horizonte superficial en la DO Ribera de Duero (Sotés y Gómez-Miguel, 1990-2008).

En el suelo (fig 7), el equilibrio iónico (constante de Gapon, KG) se lleva a cabo entre la solución interna (complejo de cambio o arcillo-húmico) y la solución externa (solución del suelo) sobre las que se realizan las aportaciones (riego, fertilización, etc) y de la que se producen extracciones (nutrición, lavado, etc). En el complejo, la fertilidad potencial se mide con la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que está constituida por la suma de bases (SB) y la acidez de cambio (AC); la fertilidad actual se mide con el porcentaje de saturación de bases (V), que relaciona estas (SB) y la CIC; y la alcalinidad se mide con el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que es la relación entre el sodio de cambio (NA) y la CIC. En la solución del suelo, en equilibrio (constante de equilibrio, K) con la parte no activa del suelo, se evalúa el agua que rellena todos los poros como humedad de saturación (Hs), que sirve de referencia para el resto de las variables: la reacción con el pH, la salinidad con la conductividad eléctrica (CE) o el porcentaje en sales (a), los aniones y los cationes solubles y la relación de adsorción de sodio (SAR).

Los valores altos de CIC y de la Saturación de bases/V constituyen los suelos fértiles y se relacio-

nan con un mayor vigor y una disminución de la calidad del producto debido a los efectos sobre los compuestos fenólicos y aromáticos (Champagnol) y al incremento del pH (Jackson).

Respecto a las bases de cambio, los valores elevados de Ca se relacionan con el incremento del *bouquet* y el vigor y una disminución importante de la nutrición del Mg (antagonismo Ca/Mg); los valores altos de éste, (Mg), aumenta el azúcar del mosto y disminuye el K del mosto y del vino y la nutrición del Ca.

El papel del K es extremadamente importante: aumenta la calidad general del producto y el azúcar del mosto, el contenido en potasio del peciolo y del mosto (el potasio se acumula preferentemente y en particular en las materias sólidas de la uva como la película y las pepitas), el pH (durante la maduración de la uva, la respiración del ácido málico y la acumulación de materias minerales provocan una disminución de la acidez total y un aumento del pH) y el malato del mosto (la acidez del mosto depende del grado de neutralización del ácido málico y del tartárico por el K, lo que condiciona la del vino), el aprovechamiento del nitrógeno, la acumulación de reservas y la desecación del raquis y, en general, la

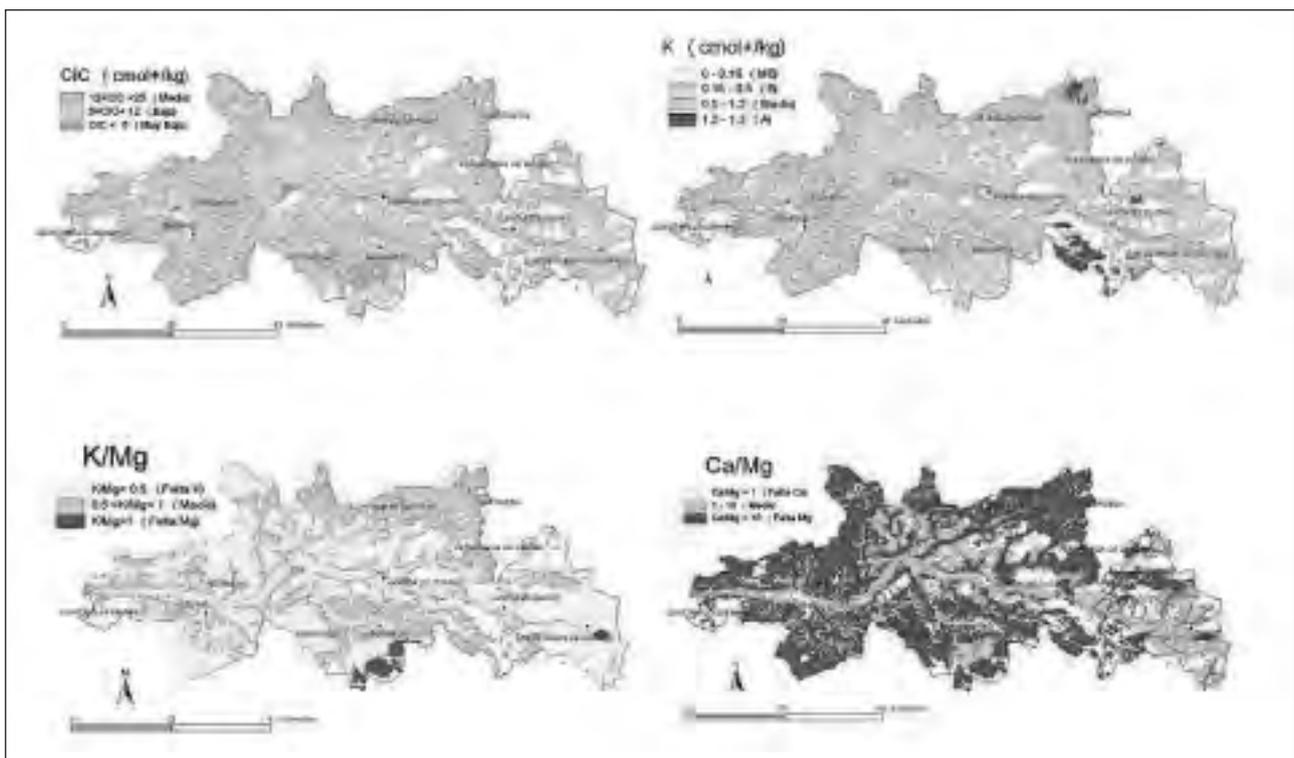


Figura 9. Distribución del pH y de algunos oligoelementos en el horizonte superficial en la DO Ribera de Duero.

resistencia a las condiciones meteorológicas y a las enfermedades y disminuye el color, el Mg foliar y el del mosto (antagonismo (K/Mg) y el consumo de agua.

En la figura 8 se incluye la distribución geográfica de la fertilidad potencial (CIC), del potasio y de los principales antagonismos en la DO Ribera de Duero.

Por estos motivos el manejo del potasio y en particular la fertilización potásica es determinante para la producción de vinos de calidad: la nutrición potásica de la viña es uno de los factores clave de la acidez del mosto y del vino; el nivel de la fertilización potásica (mineral y orgánica) tiene por tanto un rol primordial (ciertos porta-injertos exageran este papel); es necesario tener en cuenta las exportaciones reales que a su vez son función de los rendimientos, las raíces y la exportación eventual de sarmientos lo que condiciona el plan parcelar de producción; es por tanto indispensable razonar el nivel de los aportes de K en la parcela (plan parcelar de abonado) con lo que el recurso periódico (cada 3-4 años) al diagnóstico foliar permite corregir las posibles diferencias (Soyer).

El contenido en Na determina la alcalinidad del suelo y la tolerancia de los cultivos al PSI ($PSI=Na*100/CIC$) del suelo es determinante para el correcto desarrollo de la planta. En general se considera un suelo alcalino por debajo de un PSI de 15 %, pero la vid es muy sensible a la alcalinidad y no debe cultivarse en valores superiores a 5/10 %.

La solución externa del suelo está formada por los aniones y los cationes en equilibrio con las correspondientes sales precipitadas, y en ella pueden ser medidos todos los parámetros de las soluciones verdaderas.

El pH del suelo no es por sí mismo un índice ni del estado sanitario del suelo, ni del equilibrio nutricional de la planta, ni de la calidad de la uva, del mosto o del vino, y en el mundo existen vinos de calidad tanto tintos, como blancos en suelos ácidos, en suelos próximos a la neutralidad y en suelos alcalinos.

Sin embargo se considera que el valor de pH más adecuado para la vid se sitúa entre las proximidades del 5.5 y los vinos en suelos ligeramente ácidos son vinos delicados, sin excesivo color, ni cuerpo, pero de calidad.

Elemento	SITUACIONES DE DESUBSUELO Y DEFICIENCIA		OBSERVACIONES
	QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS	FÍSICAS Y HIDROQUÍMICAS	
B	Suelos ácidos pobres en MO Suelos muy calizos Suelos sobrefertilizados (N,K)	Suelos lientis	Frecuente Corrección vía foliar
Cu	Valores altos (pH elevado) Suelos con exceso de Mg y P	Suelos con exceso de azufre	Mayormente permanente Químico
Mn	Suelos alcalinos Suelos ácidos pobres Exceso de Fe	Suelos arenosos	Corrección por problemas
Zn	Bajas concentraciones Exceso de P y pH elevado	Suelos arenosos	Riesgo de déficit
Mg	Insuficiencia relativa la presencia de P en el suelo		Baja

Tabla 2. Desequilibrios y correcciones en los principales oligoelementos de la viña

con el K y el Na recordemos que están en equilibrio con sus equivalentes del complejo de cambio.

En las figuras 4 y 7, la caliza (carbonato cálcico equivalente, CO_3Ca+CO_3Mg) se encuentra en la parte no activa en equilibrio con sus aniones y cationes. De forma muy resumida se puede decir que sus efectos sobre la planta es doble: por un lado, suministra agua (es muy higroscópica) y el Ca necesario y en cantidad suficiente y por otro, el ión bicarbonato secuestra el Fe y se relaciona por ello con la denominada clorosis férrica.

En general, los oligoelementos evitan desequilibrios nutricionales y aumentan la productividad: los bajos valores originan carencias y los valores elevados toxicidades. La asimilabilidad de los oligoelementos se relaciona frecuentemente con el pH, y en la tabla 2 se contemplan algunas situaciones de los de mayor interés en la viña

En la figura 9 se incluye la distribución geográfica de la reacción del suelo (pH) y de algunos oligoelementos importantes para la viña (Cu, B, Zn) en la DO Ribera de Duero. Por ejemplo, el B incrementa el azúcar del mosto y la producción (fertilidad de las yemas).

También la salinidad se mide en la solución externa y es otro factor limitante para los cultivos y en especial para la viña por su acción directa y por su acción sobre el suelo. En general se considera un suelo salino con una conductividad eléctrica (CE) de 4 dS/m, aunque el valor límite para la vid en nuestras latitudes, y con las condiciones peculiares del agua de riego, no debería superar 1.5 dS/m, incluso por su efecto sobre el rendimiento: valores entre el 1.5-2.5 dS/m disminuyen el rendimiento en un 10% y entre 2.5 y 4.1 dS/m hasta un 25 %.

El factor cualitativo (tipología de aniones y cationes) es aún más determinante para la producción de vinos de calidad: por ejemplo, valores de cloro superiores a 709 mg/l disminuyen el rendimiento de la viña en un 20 %, y la existencia importante de sulfatos (la CE del yeso ronda los 2.2 dS/m) puede afectar incluso a las fermentaciones. En relación

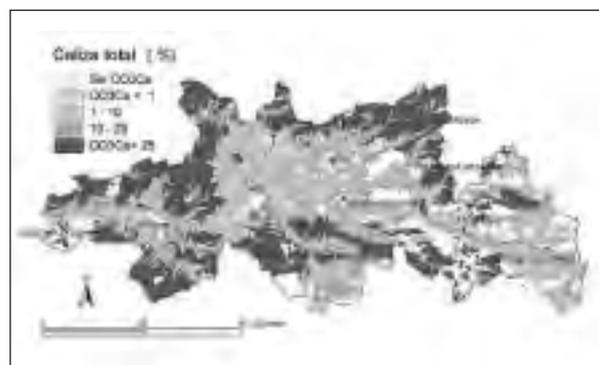


Figura 10. Distribución de la Caliza total en el horizonte superficial en la DO Ribera de Duero.

El primer efecto es sin duda positivo sobre todo en condiciones semiáridas, y por ello los suelos calizos se relacionan con vinos muy alcohólicos con baja acidez y calidad excelente. La clorosis férrica es sin duda un desequilibrio importante y su prevención con portainjertos resistentes elegidos a partir de la caliza total, la caliza activa y el índice de poder clorosante, es una necesidad y de uso muy extendido.

En la figura 10 se incluye la distribución geográfica de la caliza total en el horizonte superficial en la DO Ribera de Duero.

Finalmente, existen dos elementos que están relacionados con la materia orgánica y que es necesario considerar: el nitrógeno (N) y el fósforo (P), figura 11.

La importancia del N está relacionada con sus funciones y sus efectos determinantes se dejan sentir a partir de sus carencias y excesos. (Figura 12).

COMPUESTOS AZUFRADOS VOLÁTILES Y RIESGOS DE REDUCCIÓN EN VINOS

Eva Navascués López-Cordón

Doctora en Ciencias Biológicas. Área Biotecnología Agrovin

1. LOS COMPUESTOS AZUFRADOS VOLÁTILES DEL VINO

Los compuestos azufrados volátiles constituyen una de las fracciones olfativas del vino más evidente tanto para el enólogo como para el consumidor.

Desde el punto de vista químico son compuestos de naturaleza muy distinta que se clasifican según su punto de ebullición en compuestos ligeros y pesados (según temperatura de ebullición mayor o menor a 90 °C, respectivamente). Como denominador común presentan un umbral de percepción bajo que disminuye según aumenta su peso molecular. Dentro de ellos se encuentran tioles, sulfuros y tioésteres (Tabla 1).

Desde el punto de vista enológico se diferencian los de contribución sensorial positiva que forma parte de la **identidad varietal del vino**, y los de naturaleza sensorial negativa donde se encuentran los temidos **caracteres de reducción** que constituyen el problema más habitual tanto en vinificación como en vino embotellado y que ocultan las características frutales y varietales de los vinos.

2. CONTRIBUCIÓN POSITIVA: COMPUESTOS AZUFRADOS VARIETALES

Los compuestos tiólicos, **derivados de la cisteína** (4-metil 4-mercaptopentan-2-ona, 3-mercaptohexanol y acetato de mercaptohexanol), son determinantes y característicos de algunas variedades blancas (Sauvignon Blanc, Verdejo), aportando aromas característicos a boj, pomelo, fruta de la pasión y notas cítricas. Recientemente se ha descubierto que también forman parte importante del aroma varietal de vinos rosados y tintos, aportando notas de casis. Las variables vitícolas que influyen en su concentración en vinos es la añada, la parcela y la maduración.

Estos compuestos se encuentran en la uva en forma de precursores y son liberados durante la fermentación alcohólica mediante la actividad β -liasa que presentan las levaduras. Existen variaciones importantes en su liberación dependiendo de la cepa (Figura 1), de tal forma que es posible seleccionar y emplear aquellas con elevada expresión de esta actividad para obtener la

	Origen	Valores medios en vino	Umbral de percepción	Olor
Diosulfuro de carbono	fermentativo	2-25	36 $\mu\text{g/L}$	-
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	fermentativo	0,5-17 $\mu\text{g/L}$	1 $\mu\text{g/L}$	Huevo podrido
metanotiol	fermentativo	0-5 $\mu\text{g/L}$	0,3 $\mu\text{g/L}$	Huevo podrido, col hervida
Etanotiol (etil mercaptano)	fermentativo	0-10 $\mu\text{g/L}$	0,1 $\mu\text{g/L}$	Huevo podrido, cebolla, gas
dimetildisulfuro	fermentativo-oxidación	0-25 $\mu\text{g/L}$	2 $\mu\text{g/L}$	Caselle
dimetilsulfuro	varietal	0-500 $\mu\text{g/L}$	25 $\mu\text{g/L}$	Trufa, oliva, espárrago, frambuesa, escabeche
2-metilpropanol (metanol)	fermentativo	150-2400 $\mu\text{g/L}$	1500 $\mu\text{g/L}$	Caselle
2-mercaptoetanol	fermentativo	70-125 $\mu\text{g/L}$	130 $\mu\text{g/L}$	Cuadra
acetato de metilpropanol	fermentativo	7-15 $\mu\text{g/L}$	1000 $\mu\text{g/L}$	Fruita
3-metil tiopropanoato de etilo	fermentativo	1-6 $\mu\text{g/L}$	-	Piña
4-metil-4-mercaptopentan-2-ona	varietal	0-50 ng/L	0,8 ng/L	boj
3-mercaptohexanol	varietal	10-5000 ng/L	40 ng/L	pitillo
acetato de mercaptohexanol	varietal	0-800 ng/L	8 ng/L	pitillo
Furfuriltiol	fermentativo/bacteria	0-50 ng/L	0,4 ng/L	Madera ahumada
Bencenometanotiol	(???)	50-100 ng/L	0,3 ng/L	Amarillo

Tabla 1. Clasificación de los principales compuestos azufrados volátiles en función de su origen y peso molecular (ligeros/pesados).



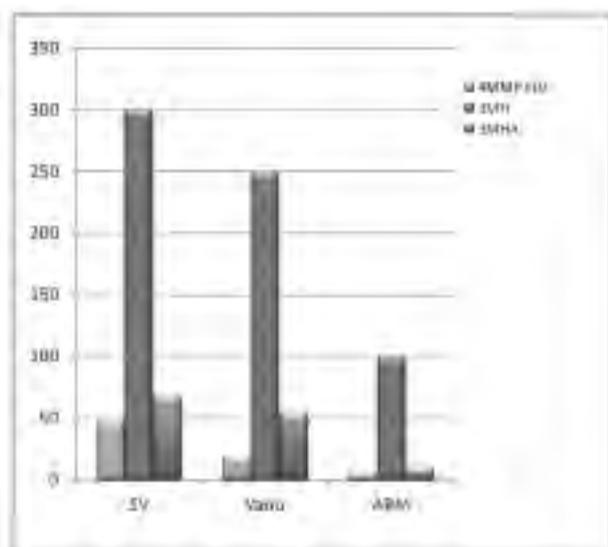


Figura 1. Presencia de 4MMP, 3MH y MHA en función de la cepa de levadura. Ensayos sobre Verdejo, 2008. 4MMP: 4-mercaptometilpenta nona (boj, retama). Umbral de percepción: 0,8ng/l, 3MH: 3-mercapto hexanol (pomelo, fruta de la pasión). Umbral de percepción: 60 ng/l, 3MHA: acetato de 3 mercapto etanol (cítricos). Umbral de percepción: 4ng/l.

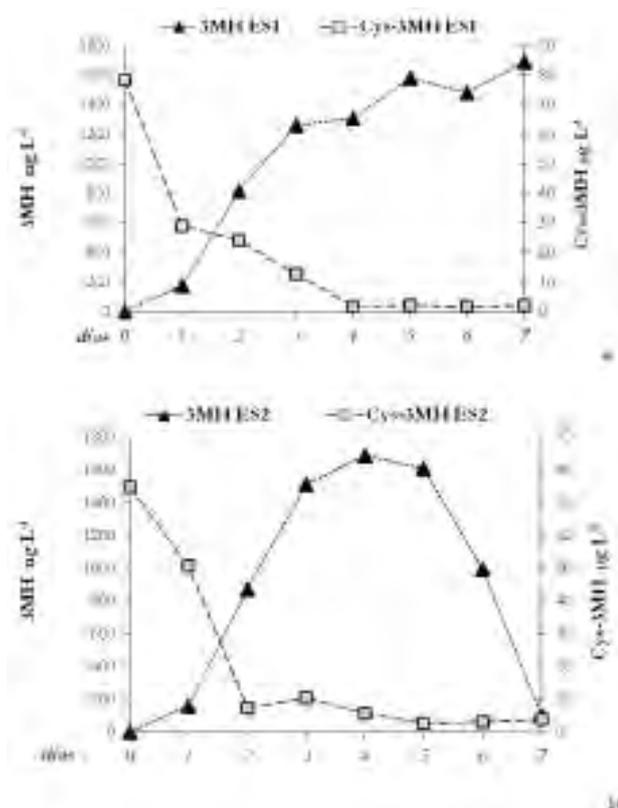


Figura 2. Cinética de formación de tioles volátiles en fermentación alcohólica. Liberación de 3MH a partir de su precursor conjugado con cisteína Cys-3MH. Ensayos sobre Verdejo, 2008. a) Ensayo 1 (ES1) cepa Viniferm SV, b) Ensayo 2 (ES2) cepa Viniferm ARM.

máxima expresión del potencial aromático varietal. La formación de 3 mercaptohexanol (3MH) se produce desde el inicio de la fermentación, pero en algunas cepas se produce una degradación importante al final de la fermentación alcohólica, lo que marca diferencias notables entre unas y otras cepas. Así en la Figura 2, se observa la diferente cinética de liberación de tioles volátiles en fermentación en dos cepas: la cepa SV, altamente liberadora de precursores y la cepa ARM que degrada al final de FA.

La adición de amonio en exceso al inicio de la fermentación limita la entrada del precursor al interior de la levadura y por consiguiente la producción de 3MH. Para conseguir la máxima expresión varietal conviene evitar la adición de sales de amonio al inicio de la fermentación y corregir las carencias nitrogenadas con nitrógeno de tipo orgánico (aminoácidos).

A lo largo de la crianza y conservación, se produce la oxidación de los tioles en disulfuros, más o menos rápida dependiendo del potencial redox del vino. Algunas prácticas de bodega ayudan al mantenimiento de los tioles volátiles, la crianza sobre lías y la adición de glutatión, que, aunque no está aún autorizado, está en comisión de estudio por la OIV. Actualmente es posible la incorporación de glutatión mediante el empleo de levaduras inactivas enriquecidas en este tripéptido.

El furfuraltiol está presente en vinos con crianza o fermentación en madera, con un umbral de percepción muy bajo (0,4 ng/l), proporciona aromas ahumados, café y ciertos tostados. Su origen es fermentativo a partir de furfural de la madera y SH₂. Su presencia en vinos esta influida por el origen, tostado y edad de la madera.

3. CONTRIBUCIÓN NEGATIVA: COMPUESTOS REDUCTORES: CARACTERES DE REDUCCIÓN EN VINO

Los temidos caracteres de reducción constituyen el problema más habitual tanto en elaboración, como en vino embotellado por ocultar las características frutales y varietales de vinos blancos y tintos. Su incidencia es habitual en regiones cálidas y años secos.

Los compuestos que caracterizan los olores "a reducción" en vinos son todos derivados del



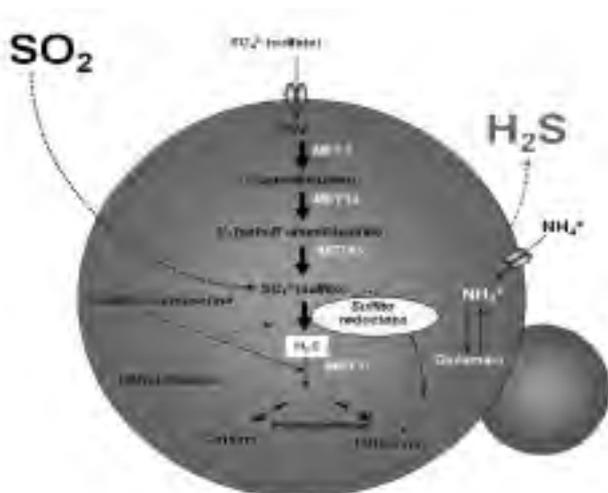


Figura 3. Metabolismo de reducción del sulfato (SRS) en levaduras durante la fermentación alcohólica.

sulfhídrico (SH_2) (sulfuros, mercaptanos, tioles y ésteres tiólicos). Todos aportan sensaciones olfativas desagradables. La descripción más característica de estos compuestos es el huevo podrido, pero también se describen como verdura cocida, col, escabeche o conserva, aceituna, almazara, neumático, frenazo. Afectan a la percepción sensorial en boca, disminuyendo las sensaciones en boca y aumentando astringencia. Su umbral de percepción es muy bajo (50-80 $\mu\text{g/l}$).

La presencia de SH_2 en el vino se debe a su producción por levaduras fermentativas (*Saccharomyces cerevisiae*) y esta directamente relacionado con la carencia de nitrógeno asimilable. La mayor o menor concentración de éste compuesto depende de la cepa, (puede variar entre 10-300 $\mu\text{g/l}$), la disponibilidad de compuestos azufrados, las condiciones de fermentación y sobre todo la concentración de nitrógeno y determinados aminoácidos.

La producción de SH_2 tiene lugar durante la síntesis de los aminoácidos cisteína y metionina en fermentación alcohólica, mediante el metabolismo de reducción del sulfato (SRS, Figura 3) donde el SH_2 actúa como intermediario. En situación de carencia de nitrógeno, esta molécula no puede combinarse y se acumula en el interior de la célula, incorporándose posteriormente a la matriz del vino.

La producción de SH_2 por levaduras puede tener lugar durante la fase exponencial y en la fase final de la fermentación alcohólica, cada una con sus peculiaridades:

1. **Fase exponencial de fermentación alcohólica**, ligada al metabolismo del nitrógeno. La célula necesita dos aminoácidos azufrados (cisteína y metionina), esenciales para la formación proteínas y péptidos. Durante las primeras etapas de la fermentación, la célula toma sulfitos y sulfatos procedentes del mosto para formar estos aminoácidos. Si no hay disponibilidad de nitrógeno, los aminoácidos no pueden sintetizarse y los iones sulfuro pasan al exterior en su forma reducida SH_2 . Por ello, la producción de SH_2 en esta fase está estrechamente relacionada con el contenido de nitrógeno asimilable. Para evitar la formación de SH_2 se ha de vigilar los niveles de NFA del mosto.
2. **Durante el fin de la fermentación**, el SH_2 formado no se elimina tan fácilmente con el carbónico, por lo que queda mayor concentración remanente en el vino y su percepción es más evidente. Pero además, la cantidad de SH_2 formado en esta fase no está relacionada con la disponibilidad total de nitrógeno, sino con la carencia de determinados aminoácidos (metionina, lisina, arginina y fenilalanina). Para evitar la formación de SH_2 en esa fase se ha de equilibrar el contenido en aminoácidos del mosto, muy especialmente de arginina, al inicio de la FA.
3. **En el vino terminado o durante la crianza** sobre lías pueden apreciarse olores de reducción, como consecuencia de la liberación de los compuestos azufrados presentes en las lías o de la ruptura de compuestos azufrados no volátiles presentes en el vino, pero siempre su origen está en la producción de SH_2 por levaduras durante la fermentación alcohólica.
4. **Estrategias para evitar la presencia de SH_2** . Existen procedimientos curativos, como la adición de Cu^{2+} en forma de sulfato y citrato de cobre. Esta práctica está adscrita a límites legales (máximo 1g/Hl). Elimina sulfhídrico y mercaptanos, por unión del azufre a sulfato cúprico (CuS), pero no elimina disulfuros. Debe usarse junto con SO_2 y ascórbico de tal forma que el sulfito rompa el disulfuro en dos mercaptanos, que a su vez pueden unirse al cobre. El ácido ascórbico actúa como antioxidante, impidiendo que los mercaptanos se vuelvan a oxidar. Esta reacción es extremadamente lenta al pH del vino y requiere meses para completarse. Otro incon-

veniente de este tratamiento es que es poco selectivo, ya que reacciona con compuestos interesantes como los derivados tiólicos.

La aireación o remontado (con oxigenación) pueden eliminar parcialmente el SH_2 producido disminuyendo la percepción de olores de reducción. Sin embargo un gran peligro de esta práctica es la potencial oxidación de los mercaptanos a disulfuros, con umbrales de percepción más altos que los mercaptanos. Por ello, un vino aparentemente limpio de olores a reducción, puede bajo atmósfera reductora (botella, depósito inerte, barrica), manifestar tonos de reducción en el tiempo debido a la lenta reducción inversa de disulfuros a mercaptanos.

Por tanto, los procedimientos más eficaces para evitar la presencia de aromas de reducción son siempre de naturaleza preventiva. La corrección nutricional adecuada, no solo en cantidad sino sobre todo en calidad (tipo de nitrógeno) y momento adecuado.

Para abordar este tema conviene revisar desde el principio el metabolismo del nitrógeno en fermentación de uva y mosto. Las fuentes nitrogenadas utilizables por *Saccharomyces cerevisiae* en fermentación alcohólica, son amonio y aminoácidos. Ambos forman parte del mosto en una relación aproximada (en función de variedad de uva, condiciones climáticas, edafológicas y meteorológicas de cada vendimia) de 80% aminoácidos y 20% amonio. El transporte de estas sustancias al interior celular se realiza mediante transportadores específicos (permeasas). Las levaduras incorporan preferentemente amonio mediante un sistema de selección de la fuente nitrogenada, denominado mecanismo de represión catabólica de nitrógeno. De esta forma, al inicio de la fermentación desaparece el amonio en primer lugar y en uno o dos días empiezan a consumirse aminoácidos.

Los aminoácidos o nitrógeno orgánico asimilable (todos excepto la prolina) son un grupo heterogéneo, cada uno de los cuales aparece en proporción variable y sufren una gran variación entre antes y después de la fermentación alcohólica (Figura 4). El

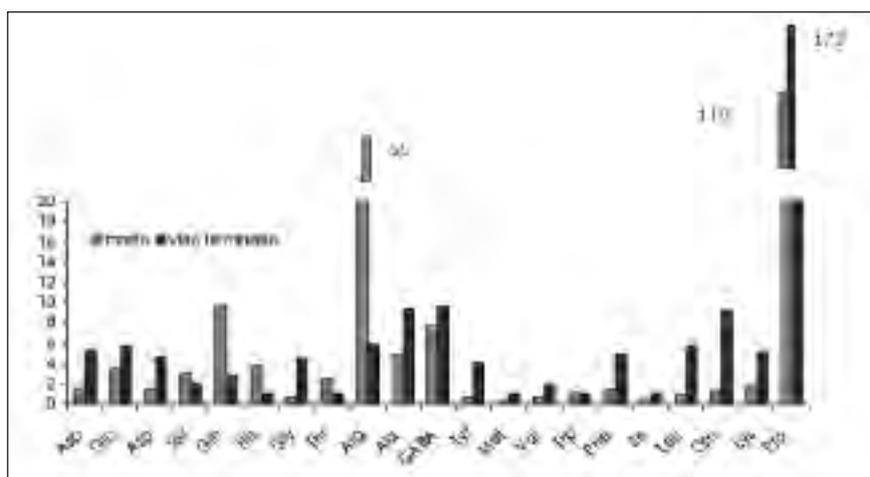


Figura 4. Concentración de aminoácidos libres (mg/l) antes y después de la fermentación alcohólica. Variedad Macabeo. Adaptado de Moreno Arribas, 1998.

más abundante en mostos es la arginina (la prolina no es asimilable).

Transcurrido el primer tercio de fermentación alcohólica, la incorporación de aminoácidos se ralentiza, y de entre ellos solo la arginina se sigue consumiendo hasta el final. El papel desempeñado por la arginina es fundamental, no solo por ser el aminoácido mayoritario, sino por contener cuatro unidades de nitrógenos en su molécula, de las cuales se incorporan al ciclo del nitrógeno al menos dos. La arginina constituye por tanto el nitrógeno de resistencia de las levaduras durante la fermentación alcohólica, pues es el único que disponen al final de ésta. Así la presencia del aminoácido arginina tiene una incidencia directa en la limitación de la producción de SH_2 por levaduras. (Figura 5), especialmente como se ha visto antes, al final de la fermentación alcohólica.

Un mayor consumo de amonio en el inicio, acelera la multiplicación celular, mientras que el consumo de aminoácidos aunque proporciona poblaciones menos numerosas, da lugar a células más resistentes a las condiciones adversas del final de la fermentación. Si se corrige de forma externa el nitrógeno con amonio (fosfato o sulfato de amonio), se retarda la ingesta de aminoácidos y se consiguen poblaciones más numerosas pero menos resistentes. Por ello es preferible esperar a un tercio de la fermentación alcohólica para la incorporación de sales de amonio. Los aminoácidos debido a que son utilizados en función de las carencias, pueden aplicarse desde un principio. En enología, la incorporación de

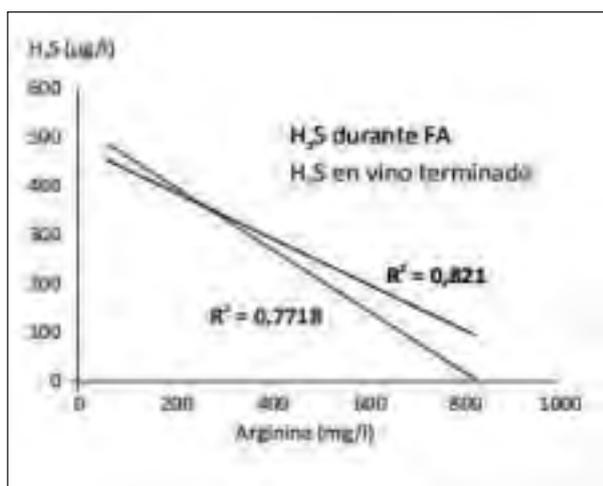


Figura 5. Relación entre producción de SH₂ por levaduras y presencia del aminoácido arginina en fermentación alcohólica. Seung, Boulton, Noble 2000.

aminoácidos complementaria se realiza en forma de levaduras inactivas.

A modo de conclusión, para evaluar y corregir la calidad nutricional del mosto con objeto de reducir o eliminar problemas de reducción, se debe considerar no solo cantidad de nitrógeno asimilable (NFA), sino la calidad de ese nitrógeno: la proporción de nitrógeno orgánico, es decir de aminoácidos y dentro de estos la cantidad de arginina.

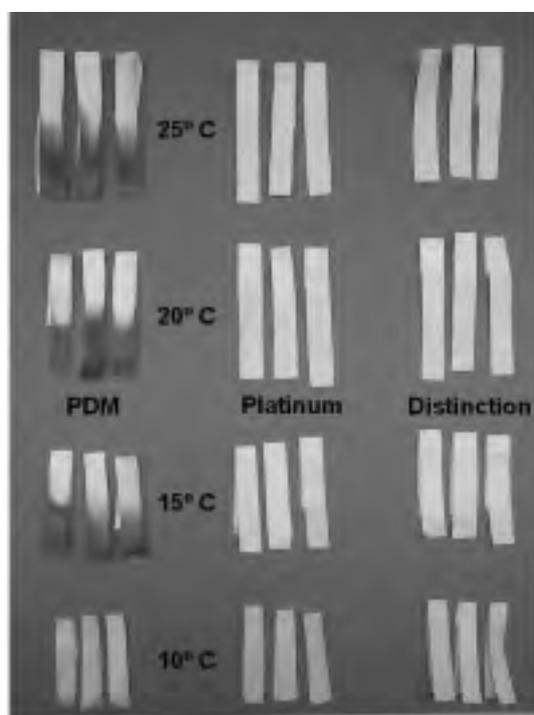
Por último y también como tratamiento preventivo, es posible el empleo de levaduras no productoras de SH₂. Estas cepas presentan inactivado el gen que codifica a la enzima sulfito reductasa, de tal forma que resulta incapaz de reducir el sulfato a azufre elemental (ver Figura 3) y por tanto, incluso en condiciones de carencia de nitrógeno, no se forma sulfhídrico. El proceso de selección de estas cepas ha sido complejo, a partir de selección en laboratorio sobre medios selectivos (Biggy Agar), que luego deben comprobarse en microfermentación y a nivel industrial. Esta actividad es estable independientemente de la temperatura (Figura 6 a y b).

BIBLIOGRAFÍA

Cordente A.G., Heinrich, A. Pretorius I.S. Swigers J.H. (2009) Isolation of sulfite reductase variants of a commercial wine yeast with significantly reduced hydrogen sulfide production. FEMS Yeast Research. I-14.



a)



b)

Figura 6. Micro fermentaciones con levaduras sin actividad sulfitorreductasa (tira de papel sin colorear), en relación a la cepa control que si posee esta actividad (tira de papel oscura).a) Aspecto visual del experimento, b) actividad a diferentes temperaturas de fermentación. PDM: Control; Distinction, Platinum: levaduras sin actividad sulfito reductasa.

Giudici, P. and R. E. Kunkee. 1994. The effect of nitrogen deficiency and sulfur-containing amino acids on the reduction of sulfate to hydrogen sulfide by wine yeasts. Am. J. Enol. Vitic. 45: 107-112.

Henschke PA, Jiranek V (1991) Hydrogen sulfide formation during fermentation: effect of nitrogen composition in

model grape must. Proceedings of the international symposium on nitrogen in grapes and wine, Seattle, USA. American Society for Enology and Viticulture, Davis, CA, pp 172-184.

Jiranek, V., P. Langridge, and P. Henschke. 1995. Regulation of hydrogen sulfide liberation in wine-producing *Saccharomyces cerevisiae* strains by assimilable nitrogen. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 461-467.

Linderholm, A.L., Findleton, Gagandeep, K, Hong, Y, Bisson L. Identification of genes affecting hydrogen sulfide formation in *Saccharomyces cerevisiae*. (2008) *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 5, 1-10.

Mendes-Ferreira, A., A. Mendes-Faia, and C. Leão. 2002. Survey of hydrogen sulphide production by wine yeasts. *J. Food Protec.* 65: 1033-1037.

Monk, P.R. Formation, utilization and excretion of hydrogen sulfide by wine yeast. (1986) *Wine Industry Journal*, November 10-16.

Moreno-Arribas, V.; Pueyo, E.; Polo, M.C.; Martín-Álvarez, P.J. 1998. Changes in the amino acid composition of the different nitrogenous fractions during the aging of wine with yeast. *J. Agric. Food Chem.* 46:4042-4051

Park, S. K., R. B. Boulton, and A. C. Noble. 2000. Formation of hydrogen sulfide and glutathione during fermentation of white grape musts. *Am. J. Enol. Vitic.* 51: 91-97.

Seung K. P., Boulton, R-B., Noble A. C. Formation of Hydrogen Sulfide and Glutathione During Fermentation of White Grape Musts *Am. J. Enol. Vitic.* 51:2:91-97 (2000).

Schenieder, R., Charrier, F., Razungles, A., Baumes, R. (2006) Evidence for an alternative biogenetic pathway leading to 3-mercaptohexanol and 4-mercapto-4-methylpentan-2-one in wines. *Analytica Chimica Acta* 563, 58-64

Schutz, M. and R. E. Kunkee. 1977. Formation of hydrogen sulfide from elemental sulfur during fermentation by wine yeast. *Am. J. Enol. Vitic.* 28: 137-144.

Swiegers, J.H., Bartowsky, E.J., Henschke P.A., Pretorius I.S. (2005) Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavor. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 139-173, 2005

Swiegers, J.H., Pretorius I.S. Modulation of volatile sulfur compounds by wine yeasts. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 74:954-960

Thomas, C. S., R. Boulton, M. W. Silacci, and R. Miller. 1993. Changes in elemental sulfur residues on Pinot noir and Cabernet Sauvignon grape berries during the growing season. *Am. J. Enol. Vitic.* 44: 205-210.

Thomas, C. S., R. Boulton, M. W. Silacci, and W. D. Gubler. 1993. The effect of elemental sulfur, yeast strain, and fermentation medium on hydrogen sulfide production during fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 44: 211-216.



EFECTOS DEL CIERRE DE LA BOTELLA EN LOS VINOS

Fernando Zamora Marín

Doctor en Ciencias Químicas. Diplôme National d'Oenologie U. Burdeos. Unidad de Enología del Centro de Referencia en Tecnología (CeRTA). Departamento de Bioquímica y Biotecnología. Facultad de Enología de Tarragona. Universidad Rovira i Virgili

Los tapones de corcho han acompañado al vino desde hace mucho tiempo. De hecho existen referencias que demuestran que ya en la Grecia clásica se utilizaba el corcho para taponar jarras^[7]. No obstante, no fue hasta el siglo XVI en que los tapones de corcho se comenzaron a utilizar para taponar botellas de vino. Ya William Shakespeare en su obra "A vuestro gusto", editada entre 1598 y 1600, hace referencia a los tapones de corcho^[7]. Aún así, todavía pasarían muchos años antes de que se utilizasen sistemáticamente para el taponado de las botellas. De hecho el primer sacacorchos conocido data de 1720. Desde entonces hasta hace relativamente poco, el tapón de corcho y la botella de vino han sido indiscutibles compañeros de viaje. No obstante, como veremos a lo largo del presente reportaje, a nuestro conocido y entrañable cilindro de corcho le han surgido múltiples competidores que tratan de sustituirlo.

La razón por la cual el embotellado del vino ha estado durante mucho tiempo asociado de forma casi exclusiva al tapón de corcho, es debida a que el corcho ha sido el único material disponible que reunía las características necesarias para garantizar una correcta obturación de las botellas. Es precisamente su capacidad para mantener la estanqueidad la que limita la entrada de oxígeno al interior de la botella, retrasando el proceso natural de oxidación del vino y permitiendo por tanto su correcta evolución.

De hecho, un correcto sistema de taponado ha de reunir los siguientes requisitos^[20]:

- a) Evitar pérdidas y proteger al vino de la oxidación.
- b) Respetar las características del vino.
- c) Desempeñar un papel positivo en la evolución y el envejecimiento del vino.

No obstante, también ha de cumplir con otros condicionantes indispensables para su aplicabilidad industrial^[19]:

- 1) Ser simple.
- 2) Ser adaptable a la mecanización industrial.
- 3) Ser fácil de extraer por el consumidor.

El hecho de que todas estas características las reúna el corcho, unido a que el área de presencia del alcornoque (*Quercus suber*) sea coincidente con la de los principales países productores de vino, fue sin duda alguna la razón por la cual el corcho monopolizase prácticamente el taponado de las botellas de vino durante siglos.

No obstante, el corcho presenta también algunos inconvenientes que no pueden ser obviados. La corteza del alcornoque es un material natural y como tal presenta una cierta heterogeneidad, lo que origina una inevitable variabilidad entre tapones. Además el corcho es un material escaso, difícil de producir y de precio elevado^[8]. También es necesario señalar que la utilización de tapones de corcho entraña ciertos riesgos, que podemos resumir en los siguientes puntos:

- I. Las botellas pueden presentar en ocasiones fugas si no están perfectamente precintados^[13].
- II. En ocasiones ciertas sustancias generadas en el corcho pueden contaminar el vino y producir un olor mohoso^[22, 25].

Ambas problemáticas aparecen por desgracia en algunas ocasiones, si bien en muchos casos son debidas a una mala práctica del embotellado/taponado y/o a problemas de contaminación ambiental en las propias bodegas^[4, 24].

No obstante, a pesar de que no siempre el tapón de corcho es el responsable, si que es cierto que se suele recurrir a él como "cabeza de turco" al que atribuir todos nuestros males. Es necesario señalar que en la actualidad se obturan entre 12.000 y 13.000 millones de botellas anualmente en todo el mundo con tapones de corcho [23]. Si verdaderamente el tapón de corcho fuese tan problemático sería difícil imaginar tal volumen de utilización.



Aún así, la industria corchera es consciente del problema y busca sistemas que permitan eliminar las problemáticas citadas^[1]. Así, sistemas como el tratamiento del corcho con irradiación de partículas, con microondas con anhídrido carbónico en estado supercrítico, o incluso el recubrimiento del tapón con membranas invisibles para aislarlo del vino, son algunas de las líneas que se están planteando en la actualidad^[21].

De todos modos, la búsqueda de sistemas alternativos de taponado o de envasado del vino al del tapón de corcho es y será una constante de la industria. Como consecuencia lógica, en el mercado han aparecido otros sistemas alternativos de taponado para botellas de vino. Se trataría de las cápsulas metálicas de rosca (screw cap o pilferproof), de los tapones sintéticos y de los tapones técnicos y/o semisintéticos, que en teoría tratan de reproducir las virtudes del tapón de corcho sin incluir ninguno de sus riesgos.

De hecho en el mercado, especialmente en el anglosajón, proliferan los tapones de colores alegres y vistosos. Estos tapones sintéticos, de nombres tales como *Aegis*, *Auscork*, *Betacorque*, *Ecorc*, *Integra*, *Neocork*, *NuKorc*, *Supremecorq*, *Tage*, ..., están cada vez más presentes en la realidad de nuestro entorno. Del mismo modo, tapones técnicos y/o semisintéticos como el *1+1*, también conocido como *Twin-top*, el *Altec* y el más reciente *Diamant*, también son cada vez más frecuentes en las botellas que consumimos.

Delante de toda esta pléyade de sistemas de taponado, el enólogo ha de decidir cual es el sistema de taponado más adecuado para sus vinos y la elección debería de estar fundamentada en resultados científicos. Sin embargo, las publicaciones científicas que analizan seria y comparativamente la evolución del vino taponado con los sistemas alternativos frente a los sistemas tradicionales son escasas. Además, en los últimos años ha aparecido una nueva inquietud en los planteamientos sobre el taponado que se centra básicamente en la siguiente pregunta.

¿Qué condiciones de permeabilidad debe tener un sistema de taponado óptimo?

Durante mucho tiempo los enólogos asumieron que el tapón de corcho permitía una anaerobiosis casi completa. Así Ribéreau-Gayon y colaboradores^[18] afirman en el primer tratado de Enología la siguiente frase "... Las cantidades de oxígeno que penetran

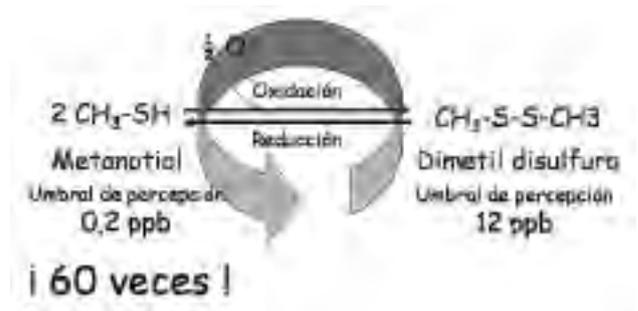


Figura 1. Oxidación/Reducción del par Metanotiol/Dimetil disulfuro.

en una botella son menospreciables, si no cero. El oxígeno no es el agente natural que permite la maduración del vino". También Emyle Peynaud^[17] aseguraba que la evolución del vino en la botella era "... es lo contrario de la oxidación, un proceso de reducción o asfixia el que el vino desarrolla en la botella". Sin embargo, hoy en día los enólogos saben perfectamente que en ausencia total de oxígeno en un vino embotellado puede ser negativa para su calidad ya que puede provocar la aparición de olores de reducción.

La Figura 1 ilustra uno de los posibles mecanismos implicados en la aparición de olores de reducción en el vino embotellado. Concretamente, el metanotiol presenta un olor muy desagradable y tiene un umbral de percepción muy bajo (0,2 ppb). Sin embargo, cuando esta molécula reacciona con el oxígeno se transforma en dimetil disulfuro que tiene un umbral de percepción 60 veces mayor (12 ppb). Por esta razón cuando los enólogos airean un vino para eliminar los olores de reducción, éstos desaparecen ya que el dimetil disulfuro se encuentra por debajo de su umbral de detección. Sin embargo, cuando el oxígeno es consumido y el potencial de oxidoreducción vuelve a bajar, se regenera metanotiol, el cual al estar por encima de su umbral de percepción provocará la aparición de los característicos y desagradables olores de reducción.

Este mecanismo concreto, así como otros similares, son los que generan la aparición de olores de reducción en algunos vinos embotellados y plantean un dilema. Debemos proteger el vino de la oxidación pero también debemos permitirle respirar algo para evitar los olores de reducción.

La Figura 2 muestra un ejemplo de la influencia del sistema de taponado sobre la incidencia de la oxidación y/o la reducción en un vino^[2].



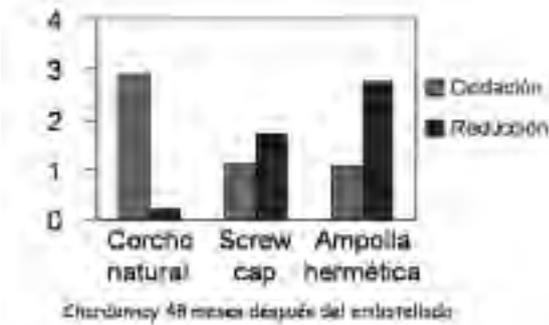


Figura 2. Oxidación/Reducción en función del sistema de taponado.

En dicha figura se constata que el corcho natural, al ser más permeable al oxígeno comporta que el vino al cabo de 48 meses esté completamente oxidado. Por el contrario, la conservación del mismo vino en una ampolla absolutamente hermética lo protegió de la oxidación, pero generó olores de reducción. Por su parte el mismo vino taponado con una Screw Cap estaba menos oxidado que el vino con tapón de corcho, pero presentaba ciertas notas de reducción. Queda claro por tanto que la permeabilidad al oxígeno de los sistemas de taponado es un punto clave para garantizar su calidad sensorial durante su conservación.

Por lo tanto, las preguntas del millón son las siguientes:

¿Cuál es la cantidad idónea de oxígeno que necesita mi vino?

¿Qué tapón me la proporciona?

La Figura 3 ilustra esta problemática [10]

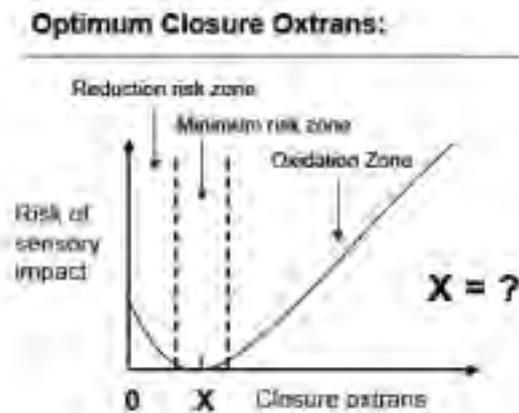


Figura 3. Oxígeno necesario para evitar la oxidación y la reducción.

Y naturalmente, lo difícil es determinar X. Para ello es preciso disponer de sistemas que permitan determinar de forma fiable la permeabilidad al oxígeno de los diferentes tapones. En ese sentido, el método más utilizado es el sistema MOCON [3]. La Figura 4 muestra en que consiste este sistema.

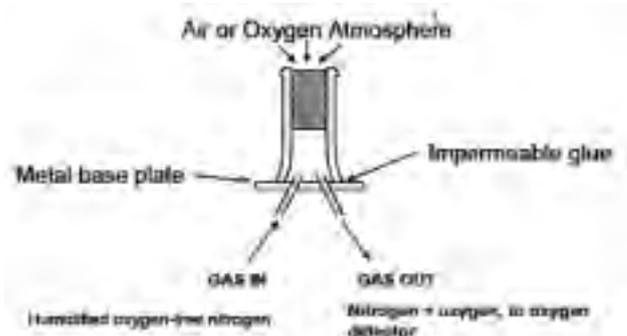


Figura 4. El sistema MOCON.

Simplemente se trata de un sistema que reproduce el cuello de la botella y que analiza el gas circulante por el espacio de cabeza. Al utilizar nitrógeno puro como gas portador, todo el oxígeno que se detecte procederá del que haya perneado a través del tapón. La Tabla 1 muestra algunos resultados obtenidos mediante este sistema [3].

Permeabilidad (cm ³ de O ₂ /litro)	Corcho Natural	Altec	Screw Cap	Nomacorc
Media	0,0179	-	0,0005	0,0308
Valor mínimo	0,0001	0,0007	0,0002	-
Valor máximo	0,1227	0,0013	0,0008	-

Tabla 1. Resultados obtenidos con el MOCON.

En dicha tabla se constata que el corcho natural presenta una gran variabilidad en su permeabilidad fruto de su gran heterogeneidad, y que otros sistemas de taponado son más homogéneos. También se muestra que el Screw Cap presenta una permeabilidad mucho menor que el tapón de corcho natural, que el tapón Altec presenta una permeabilidad similar a la de los tapones de corcho natural de baja permeabilidad, y finalmente que el tapón sintético "Nomacorc" presenta una mayor permeabilidad, pero que es inferior que la de los tapones de corcho natural de mayor permeabilidad.

Asimismo, la comparación entre la permeabilidad al oxígeno (MOCON) de diversos tapones y el análisis

Wine	Permeability (cm ³ of O ₂ /day)	
	Clif Bottles	Oxidised Bottles
Sauvignon	0,004	0,192
Chardonnay 1	0,007	0,170
Chardonnay 2	0,009	0,064

Tabla 2. La permeabilidad correcta.

sensorial de los vinos taponados con dichos tapones, ha permitido establecer cual sería la permeabilidad correcta para vinos blancos. La Tabla 2 muestra estos datos.

Se puede ver en ella que permeabilidades entre 0,004 y 0,009 cm³ de O₂/día sería adecuadas para la conservación de vinos blancos, mientras que permeabilidades superiores acarrearían su oxidación. Estos datos deben, no obstante, tomarse con prudencia y considerar que son sólo para vinos blancos. Los vinos tintos, debida a su mayor carga en polifenoles y su mayor tendencia a la reducción, probablemente requerirían permeabilidades superiores a las indicadas como adecuadas en esta tabla.

En la bibliografía existen actualmente diversos estudios sobre la evolución del vino en función del sistema de taponado que comentaremos a continuación.

La Figura 5 muestra los resultados de un estudio realizado en colaboración por la Facultad de Enología de Tarragona y el Instituto Catalán del Corcho [15,26].

En la figura se puede ver claramente que el tapón sintético presentó las peores prestaciones, dando lugar a vinos claramente más oxidados. Por su

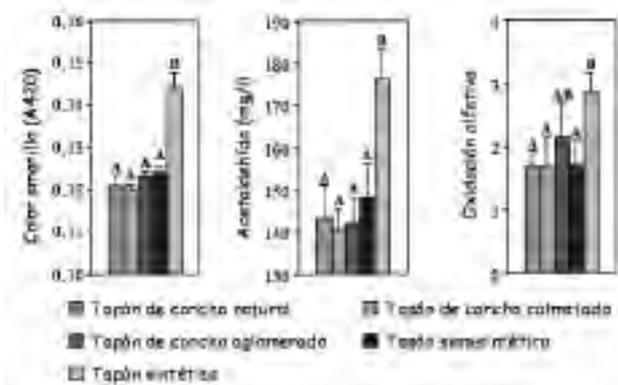


Figura 5. Análisis comparativo a los 2 años de un vino blanco embotellado con distintos tipos de tapón [26].

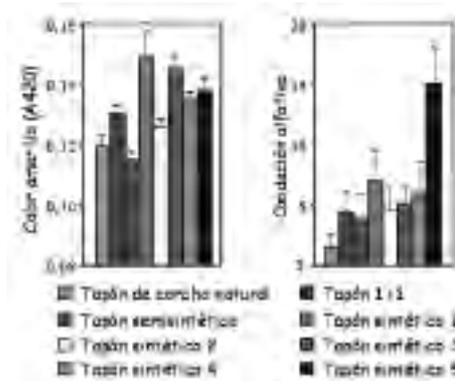


Figura 6. Análisis comparativo a los 12 meses de un vino blanco embotellado con distintos tipos de tapón [6].

parte, los tapones de corcho natural, colmatado y el semisintético dieron lugar a resultados semejantes. Finalmente el tapón de corcho aglomerado marcó algo más de oxidación que estos últimos, si bien bastante menos que el tapón sintético. Este estudio también se realizó comparando si las botellas eran almacenadas horizontalmente o verticalmente. En ese sentido se comprobó que todos los sistemas de taponado, daban lugar a una mayor oxidación cuando las botellas se almacenaban verticalmente, con la excepción del tapón de plástico en que no se observaban diferencias en función de la posición de la botella. Este estudio también se realizó con un vino tinto, si bien los resultados que se obtuvieron con el vino blanco, al ser éste más sensible a la oxidación, son más significativos.

Otro estudio similar fue el realizado por los laboratorios EXCELL, en el que se compara la evolución del color amarillo y de la oxidación olfativa de un vino blanco tras 12 meses de conservación en botella, en función de si fue tapado con un tapón de corcho natural, con un tapón 1+1, con un tapón semisintético y con cinco tapones sintéticos comerciales diferentes [5,6]. La Figura 6 muestra los resultados.

Como se puede ver en dicha figura, en términos generales fue el tapón de corcho natural el que mostró mejor prestaciones. Tanto la intensidad del color amarillo como la apreciación de la oxidación olfativa se situaron para este tipo de taponado en los valores mínimos. Por su parte los vinos taponados con tapón semisintético presentaron niveles similares, incluso inferiores en la intensidad del color amarillo, pero la apreciación de la oxidación olfativa fue algo superior a la de los taponados con tapón de corcho natural. Los vinos taponados con tapón 1+1, presentaron una intensidad del color

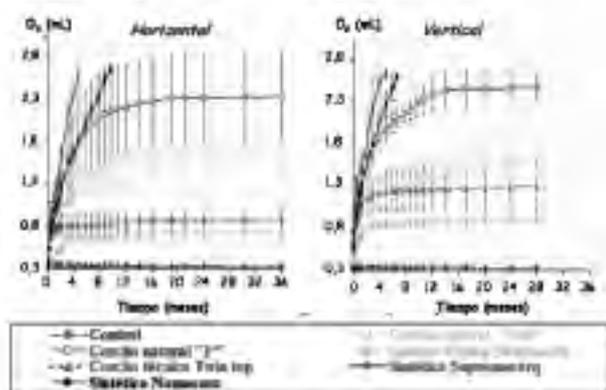


Figura 7. El método del Carmín Indingo^[14].

amarillo superior a la de los taponados con corcho natural o con tapón semisintético, mientras que el nivel de oxidación olfativa era similar a la de los taponados con tapón semisintético. Por su parte los vinos obturados con tapones sintéticos ofrecieron una gran variabilidad en función del tipo de tapón utilizado, si bien en todos los casos presentaron niveles de oxidación cromática y olfativa superiores a los de los vinos taponados con tapón de corcho natural. No obstante, algunos de los tapones sintéticos, como el n° 2 mostraron prestaciones muy similares a las del tapón 1+1 o el semisintético. Por el contrario, otros como el n° 5 se comportaron mucho peor.

Otro estudio que aporta un enfoque original fue el desarrollado por el Instituto de Enología de Burdeos^[14]. En dicho estudio se determinó la permeabilidad al oxígeno de diferentes sistemas de taponado mediante el análisis espectrofotométrico directamente de botellas que contenían un reactivo, el Carmín Indingo, que cambiaba de color con la presencia de oxígeno. La Figura 7 muestra los resultados obtenidos.

En estas figuras se confirma de nuevo que los tapones sintéticos presentan una mayor permeabilidad que los tapones de corcho natural y que otros tapones de tipo técnico como el "Twin Top" o (1+1), o el Nuetrocorek presentaban permeabilidades similares a las de corcho natural de calidad.

Pero probablemente los estudios más conocidos sean los del *Australian Wine Research Institute*, conocidos como los *AWRI trials*^[2,3,9,11]. La Figura 8 ilustra de forma diáfana los resultados que obtuvieron para un mismo vino.



Figura 8. Los AWRI trials^[11].

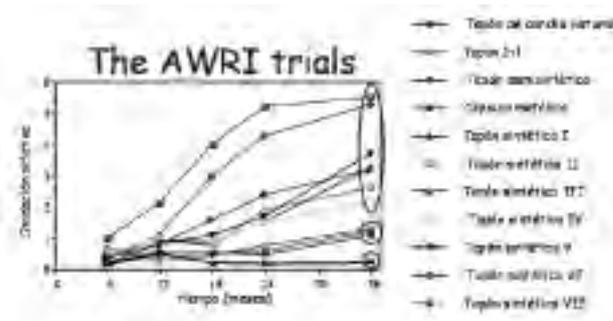


Figura 9. Análisis comparativo de la evolución de la oxidación de un vino blanco embotellado con distintos tipos de tapón^[9].

Una imagen vale más que mil palabras; diferentes tapones originan diferentes niveles de oxidación / reducción en un mismo vino blanco.

Por otra parte, la Figura 9 muestra los resultados referentes a la oxidación olfativa de estos vinos.

Como se aprecia en la Figura 9, la evolución de la oxidación olfativa del vino es muy diferente en función del tipo de taponado. Así, las mejores prestaciones las ofreció, la cápsula de rosca, seguida del tapón de corcho natural, el tapón semisintético, y el tapón 1+1, todos ellos con resultados muy similares.

Por su parte, los tapones sintéticos mostraron en todos los casos un peor comportamiento que los anteriormente citados. No obstante, es necesario señalar que no todos los tapones sintéticos se comportaron de forma similar. Así, mientras que el n° III y el n° VI, son los que peores prestaciones ofrecen, otros como el n° I, el n° II y el n° IV no difieren tanto de los taponados con del tapón de corcho natural, el tapón semisintético, o el tapón 1+1, al menos durante los primeros 18 meses de vida.

Otro aspecto a tener en cuenta de los tapones sintéticos, es la posibilidad de que confieran al vino ciertos caracteres olfativos que recuerden al plástico o los ya comentados problemas de aparición de olores de reducción. Es lo que en Inglés se denomi-

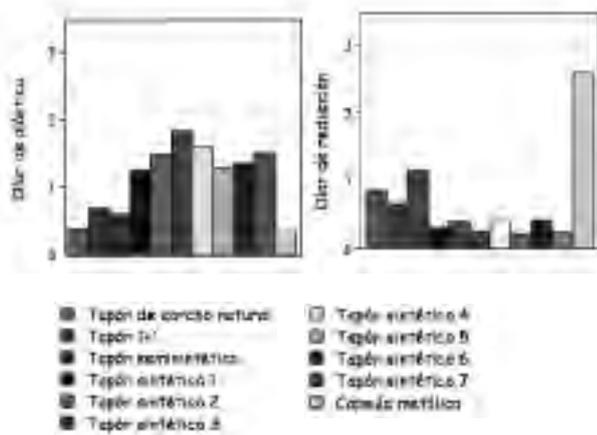


Figura 10. Incidencia de olores a plástico o de reducción en función del tipo de tapón empleado [9].

na *Plastic taint*. La Figura 10, muestra la incidencia de ambos defectos que se observaron en los *AWRI trials* en función del tipo de taponado.

En dicha figura se aprecia claramente que todos los tapones sintéticos confieren una mayor sensación de este tipo que el tapón de corcho natural, el tapón semisintético, el 1+1 o la cápsula metálica de rosca. También se constata que los vinos taponados con la cápsula de rosca presentaron niveles sensoriales de reducción netamente superiores a los de los otros sistemas de taponado.

Pero no solo el tapón juega un papel en los procesos de oxidación-reducción del vino, sino que también el proceso del embotellado ejerce un papel capital. Un reciente estudio realizado por la Facultad de Enología de Tarragona, ha puesto de manifiesto que el problema de la entrada de oxígeno en el vino durante el embotellado, especialmente en el espacio comprendido entre el tapón y la superficie del vino, depende en gran medida del tipo de tapón, de la calidad del proceso y de la utilización o no de gases inertes [12]. La Tabla 3 ilustra estos datos.

En esta tabla se puede ver que la cantidad de oxígeno disuelta en el vino durante el embotellado es independiente del tipo de tapón. Sin embargo, la cantidad de oxígeno que se puede encontrar después en el espacio de cabeza es mayor que la disuelta en el vino y depende del tamaño y de la naturaleza del tapón. Así, el Srew Cap, a pesar de ser el sistema menos permeable al oxígeno, es el que presenta un mayor espacio de cabeza y por tanto es más susceptible a contener mayor cantidad de oxígeno. Por esta razón, es imprescindible la uti-

Stopper	Without agitation (mg/L)	With agitation (mg/L)	Oxygen in head space (mg/L)
Natural Cork (69 mm)	2.44 ± 0.26 A	3.75 ± 0.09 A	1.31 ± 0.18 A
Natural Cork (45 mm)	2.25 ± 0.22 A	4.09 ± 0.18 B	1.84 ± 0.2 B
Natural Cork (38 mm)	2.34 ± 0.47 A	4.46 ± 0.16 C	2.12 ± 0.32 BC
Capsula Cork	2.35 ± 0.3 A	4.61 ± 0.15 C	2.28 ± 0.23 C
Miscellaneous	2.40 ± 0.27 A	5.21 ± 0.05 D	2.81 ± 0.16 D
Screw Cap	2.54 ± 0.32 A	5.63 ± 0.17 E	3.29 ± 0.25 E
Synthetic stopper (extruded)	2.30 ± 0.25 A	6.12 ± 0.21	3.92 ± 0.23 F
Synthetic stopper (molded)	2.31 ± 0.16 A	5.83 ± 0.09 E	4.30 ± 0.11 G

Tabla 3. Influencia del tipo de tapón sobre la concentración de oxígeno en el vino y en el espacio de cabeza [12].

lización de gases inertes durante el embotellado, y aplicar sistemas que permitan un perfecto drenaje de las botellas para impedir que en el espacio de cabeza introduzcamos cantidades de oxígeno equivalentes a las que la permeabilidad de los tapones aportaría durante un año. La importancia del oxígeno del espacio de cabeza ha sido confirmada por otros estudios realizados con un nuevo electrodo no invasivo que permite el seguimiento del oxígeno dentro de la botella [16]. Este nuevo sistema de electrodo, que se basa en la fluorescencia que emiten ciertas sustancias al reaccionar con el oxígeno, deberá permitir nuevos avances en el control de calidad del embotellado.

Por consiguiente, se deduce que no existe el sistema de taponado perfecto, ya que todos los sistemas, al presentar diferentes permeabilidades, presentan ciertas ventajas y algunos inconvenientes. La Figura 11 sintetiza todo lo expuesto.

Como síntesis final de todo lo expuesto, se puede afirmar que el corcho natural presenta las ventajas de su buena imagen asociada de forma tradicional al vino de calidad, su eficacia comprobada en millones y millones de botellas tapadas con este material, es fácil de extraer y se adapta perfectamente a la mecanización. En su contra tiene que en ocasiones puede aportar olores enmohecidos al vino y que al ser un material heterogéneo implica una inevitable variabilidad en la permeabilidad entre tapones.

Por su parte, los tapones técnicos y/o semisintéticos presentan la ventaja de su apariencia, muy similar a la del tapón de corcho natural, su consistencia, que

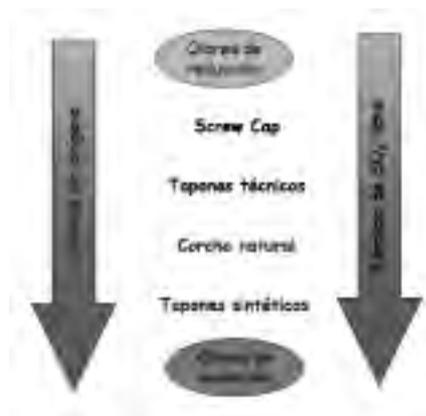


Figura 11. Oxidación/reducción vs permeabilidad de los diferentes tapones.

son fáciles de extraer y que se adaptan fácilmente a las taponadoras habituales. A su vez, presentan también los mismos inconvenientes que el tapón de corcho natural, y en ocasiones pueden acarrear un mayor riesgo de aparición de olores de reducción debido a su menor permeabilidad.

Los tapones sintéticos presentan las ventajas de su consistencia, que están absolutamente libres de TCA, que se adaptan fácilmente a las taponadoras de tapones de corcho natural y que las botellas pueden almacenarse verticalmente. Por el contrario, presentan los inconvenientes de su imagen poco aceptada por los consumidores tradicionales, que hasta el momento presentan prestaciones inferiores en cuanto a la oxidación que los tapones de corcho natural. También se han descrito problemas de olor a plástico y en alguna ocasión problemas de extracción.

Finalmente la cápsula metálica de rosca (screw cap o pilferproof), presenta las ventajas de su consistencia, de que con la tecnología actual permiten una muy buena conservación de los vinos blancos, que se abren con facilidad y sin necesidad de sacacorchos, y que las botellas pueden almacenarse verticalmente. A su vez, presentan los inconvenientes de su mala imagen frente a los consumidores tradicionales que suelen considerar como "vino barato" a los productos así taponados, que no se ha comprobado sus prestaciones en los largos envejecimientos de los vinos tintos, que en ocasiones puede originar olores de reducción, y que requiere modificaciones substanciales de la cadena de embotellado.

Como se puede ver, a nuestro viejo y entrañable cilindro de corcho, le han aparecido los competido-

res como si de setas en otoño se tratase. Aún así, creo sinceramente que tenemos corcho para rato. Se trata de un material fantástico con unas propiedades físicas muy difíciles de reproducir. Su imagen esta tan firmemente asociada a la del vino de calidad que sería muy difícil acostumbrar al consumidor a otro tipo de taponado. El negocio del vino esta profundamente marcado por la tradición. ¿Acaso alguien cree que veremos alguna vez una botella de Château Margaux, de Vega Sicilia o de Opus One con un tapón sintético de alegres colores?. Yo personalmente no. Aún así, también creo que los vinos de rápida rotación irán incorporando poco a poco los nuevos materiales de taponado. De hecho en países como Australia, Nueva Zelanda o Sudáfrica, la utilización de tapones sintéticos en vinos destinados a un rápido consumo es una realidad.

Por otra parte, tampoco podemos desechar la posibilidad de que en un futuro próximo aparezcan nuevas soluciones que cambien radicalmente las reglas del juego, de forma similar a lo que ocurrió en el siglo XVII, cuando el binomio tapón de corcho/botella desplazó completamente a los otros sistemas de envasado del vino.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arnould, H.L. (1999) Le bouchage des vins un débat... des solutions, *Rev. des Œnologues*, **92**, 7-8.
2. AWRI Tech. Rev. No. 142, Reduced aroma in screw-cap bottled white wines, Feb. 2003, 51-53.
3. AWRI Screw Cap Symposium. Nueva Zelanda 2004
4. Chatonnet, P.; Guimberteau, G.; Dubourdiou, D. i Boidron, J.N. (1994) Nature et origin de moisi dans les caves. Incidences sur la contamination des vins., . *J. Internat. Scien. Vigne Vin*, **28**, 131-151.
5. Chatonnet, P., Labadie, D., Gubbiotti, M-C. (1999) Étude comparative des caractéristiques de bouchons en liège et en matériaux synthétiques -Premiers résultats, *Rev. des Œnologues*, **92**, 9-14.
6. Chatonnet, P., Labadie, D. (2003) Caractéristiques physiques et comportement vis-à-vis de l'oxydation du vin de différents types de boucchons chevilles. *Rev. des Œnologues*, **106**, 13-20.
7. Corkwatch. Página web: <http://www.corkwatch.com/>
8. Descout, J.J. (2000) L'aspect technico-economique du bouchage. *J. Internat. Scien. Vigne Vin*, N° Hors de série, 57-60.

9. Francis, L., Field, J., Lattey, K., Gishen, M., Hoj, P., Coulter, A., Robinson, E., Valente, P., Godden, P. (2003) The AWRI closure trial: sensory evaluation data 36 months after bottling. *Aust. Grapegrower & Winemaker*, **475**, 59-64.
10. Gibson, R. How Good Is Your Seal? Seminario "Closure oxygen transmission and wine quality. Rutherglen. 22 September 2005
11. Godden, P., Francis, L., Field, J., Gishen, M., Coulter, A., Valente, P., Hoj, P., Robinson, E. (2001) AWRI Closure Trial: Wine bottle closures: sensory properties of a Semillon wine. Performance up to 20 months post-bottling. *Aust. New Zeal. Wine Ind. J.*, **16**, 93-112.
12. Kountoudakis, N., Biosca, P., Canals, R., Fort, F., Canals J.M. Zamora F. (2008) Impact of stopper type on oxygen ingress during wine bottling when using an inert gas cover. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **14**, 116-122.
13. Labadie, D. (1994) Les défauts d'obturation et leur conséquences sur la qualité des vins. *J. Internat. Scien. Vigne Vin*, N° Hors de série, 95-100.
14. Lopes, Saucier and Glories (2005) Nondestructive Colorimetric Method To Determine the Oxygen Diffusion Rate through Closures Used in Winemaking. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 6967-6973.
15. Mas, A.; Puig, J.; Lladó, N.; Zamora, F. (2001) Evolució del cava i del champagne segons diferents tipus de tapada. *ACE Revista d'Enologia*, **18**, 12-15.
16. O'Brien, Colby and Nygaard (2009) Managing oxygen ingress at bottling. *Wine Industry Journal*, **24** (1), 24-29.
17. Peynaud, E. *Enologia pràctica*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1989.
18. Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Sudraud, P. y Ribéreau-Gayon, P. *Sciences et Techniques du vin*, 4 toms, Ed. Dunod, Paris (1975-76).
19. Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. *En Traité d'Œnologie*, Tomo 2: Chimie du vin Stabilisation et traitements. Ed. Dunod, Paris, 1998, p 294.
20. Riboulet, J.M. (2000) L'adequation des bouchons de liège aux vins tranquilles. *J. Internat. Scien. Vigne Vin*, N° Hors de série, 53-56.
21. Rowe, D. (2003) New techniques to tackle cork taint. *Aust. New Zeal. Wine Ind. J.*, **18**, (3):24-26.
22. Simpson, R.F. (1990) Cork taint in wine: a review of the causes. *Aust. New Zeal. Wine Ind. J.*, **5**, 286-289.
23. Sabate, B. (1998) Bouchage des vins tranquilles par bouchon de liège. *En Œnologie*, fondements scientifiques et technologiques, Ed. Claude Flancy, Lavoisier, Paris.
24. Suarez-Lepe, J.A. (1992) El falso gusto de corcho. *Vinicultura*, **3**, 24-26.
25. Valade, M.; Panaiotis, F. i Tribaut-Sohier, I. (1993) Les problemes organoleptiques lies au bouchon liege. *Le Vin*, **3**, 35-40.
26. Zamora, F.; Puig, J.; Lladó, N.; Mas, A. (2002). Sealing and storage position effects on wine evolution. *J. Food Sci.*, **67**, 1374-1378.





VARIOS



ANÁLISIS DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN Y ELABORACIÓN VITIVINÍCOLAS FRENTE A LA CRISIS

José Carlos Álvarez Ramos

Ingeniero Agrónomo. Enólogo. Director Técnico de Bodegas Emilio Moro & Cepa 21

INTRODUCCIÓN

Objetivos:

- Optimización de tareas.
- Mantenimiento de la calidad.
- Incremento de los márgenes.
- La importancia del ahorro energético.
- Mejora de la competitividad mercantil.

REDUCCIÓN DE COSTES DESDE EL VIÑEDO

- Optimizar al máximo los aportes minerales de invierno.
- Utilización de estiércol para potenciar la MO del suelo.
- Uso o alquiler de pre-podadora, sacar palos, optimización de tiempos poda manual.
- Umbral de colonización de malas hierbas:
 - Cubiertas vegetales.
 - Suelo desnudo.
- Reducción de costes energéticos:
 - Gasóleo: pases de cultivador.
 - Electricidad: riegos en horas valle, optimización de la ETP.
- Reducción del gasto de agua.

REDUCCIÓN DE COSTES DESDE EL VIÑEDO

- Realizar podas en verde severas – reducir/evitar aclareo de racimos.
- Optimizar las dosis de fitosanitarios:
 - Aplicación cuando estrictamente necesario y siempre de forma preventiva.
 - Nuevos productos menos residuales pero algo mas caros.
- Intentar suprimir la labor de desniete – utilización de deshojadoras.
- Ahorro de costes de vendimia:
 - Sistema tradicional.
 - Cajas.
 - Palots 300.
 - Vendimia mecanizada.

ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS: CASO PRÁCTICO

PROCESO DE VENDIMIA:

- ANALIZAREMOS DOS ALTERNATIVAS:
- VENDIMIA A MANO -VS- VENDIMIA MECANIZADA



ANTECEDENTES:

- CONDUCCIÓN DIRIGIDA: ESPALDERA.
- PODA: DOBLE CORDON ROYAT.
- SUPERFICIE: 30 Ha.
- MARCO DE PLANTACIÓN: 3 x 1.5.
- DENSIDAD DE PLANTACION: 2.220 Plan-
tas/Ha.

PROCESO DE VENDIMIA:

VENDIMIA MANUAL – VENDIMIA MECANIZADA

Criterios:

- Tiempo de ejecución.
- Rentabilidad.
- Flexibilidad de los tiempos de transporte.
- Calidad de la vendimia.
- Calidad del vino.

ESTIMACIÓN TEÓRICA SI EL TIEMPO TOTAL FUERA EN "TIEMPO EFECTIVO"

- Densidad de plantación: 2.200 plantas/ha.
- Velocidad de vendimia: 5 km/h.
- Ancho de trabajo: 3 m.
- Tiempo empleado en vendimiar una ha:
– 3 m x 5.000 m/h = 15.000 m²/h.
– = 0,66 h/ha.
- Hectáreas vendimiadas en una hora 1,51 ha/h.
- Hectáreas vendimiadas por día (8h/jornada): 12,12 ha.
- Superficie de la parcela 30 ha.
- Duración de vendimia: 2.5 días.

TIEMPO DE TRANSPORTE HASTA LA PARCELA

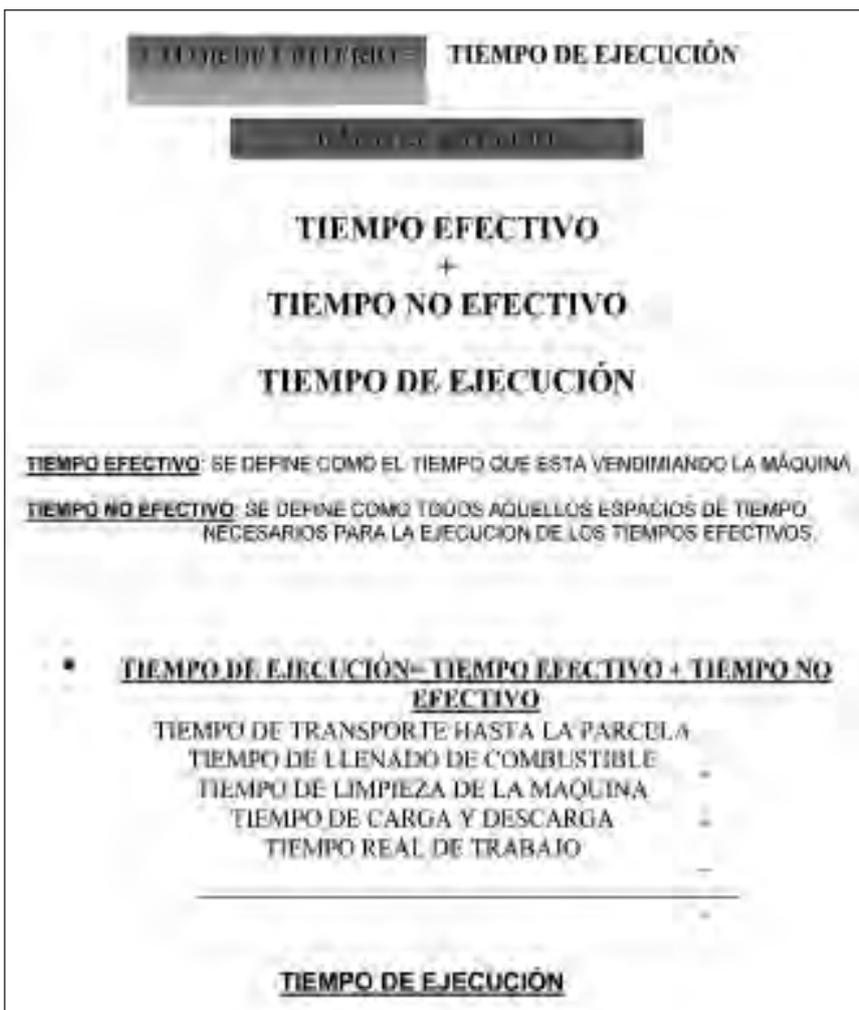
- A principio de jornada y vuelta al final de jornada.
- Suponemos que la máquina se aloja en instalaciones propias.

- Velocidad de desplazamiento vendimiadora en vacío: 12 km/h.
- Distancia media al viñedo: 1 km.
- Tiempo invertido: 1 km/12 km/h = 0,083 h.
- 5 minutos x 2 (Ida y Vuelta) = 10 mn = 0,16 horas.

MANTENIMIENTO

TIEMPO DE LLENADO DE COMBUSTIBLE DE LA MÁQUINA

- Capacidad depósito: 260 litros.
- Estimación de 0,20 litros por caballo y hora.
- Potencia de la máquina vendimiadora 98 kW = 133 CV.
- Consumo horario: 26,6 litros.
- Consumo diario: 212,8 litros.
- Debe repostar cada 1 días.
- Tiempo de llenado del depósito (bomba) 1.800 litros / hora: 8,6 minutos.



- Tiempo de revisión de niveles de aceite (y su corrección si es preciso): 5 min.
- Total tiempo consumido cada día: 13,6 minutos. 0,22 horas.

TIEMPO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA y ENGRASE:

- Quitar raspones y limpiar varillas: 5 minutos.
- Limpieza con pistola de agua a presión: 5 minutos.
- Mantenimiento general: 5 minutos.
- Total tiempo de limpieza y mantenimiento: 15 minutos = 0.25 horas.

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE TIEMPOS MUERTOS

Cometidos por el operario:

- Son todos aquellos improductivos o ajenos al trabajo eficaz.
- Se estima $c = 1,016$ es decir, pierde 60 segundos en una hora.
- en un día pierde 9 minutos = 0,15 horas.

TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DE LA MÁQUINA

- Tiempo empleado en vendimiar una ha :0,66 h/ha.
- Hectáreas vendimiadas a la hora 1,51 ha/h.
- Producción media estimada 2.5 kg/cepa.
- Producción total ha : 5.550 kg/ha.
- Producción total parcela: 166.500 kg.
- Volumen de la tolva vendimiadora 1.000 litros * 2 = 2.000 litros. (Llevan dos tolvas).
- Capacidad del remolque 4000 kg.
- Tiempo de vendimiar 4000 Kg.: 0,47 horas = 28 minutos.
- Coeficiente de mayoración de tiempos de transporte, descarga y vuelta al corte: $c = 1,1$: 28 * 1,1 = 30 minutos.
- Tiempo perdido en descargar y volver, etc.: 30 - 28 = 2 minutos = 0,033 h. si cada 28 min. pierde 2 min. en 8 horas (480 min.) pierde: 34,28 min.
- Pérdidas por descarga: 0.57 horas.

ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS NO EFECTIVOS:

Carga y descarga + tiempo muerto + limpieza y engrase + llenado de combustible + transporte a finca

$$0,57 + 0,15 + 0,25 + 0,22 + 0,16$$

1,35 horas perdidas/día

HORAS EFECTIVAS DÍA: 8 - 1,35 = 6,65 horas

- Velocidad de vendimia: 5 Km/h.
- Ancho de trabajo: 3 m.
- Tiempo empleado en vendimiar una ha: 0,66 h/ha.
- Hectáreas vendimiadas en una hora 1,51 ha/h.
- Hectáreas vendimiadas al día: 1,51 ha/h * 6,65 h = 10,04 ha/día.
- Producción media estimada por cepa 2,5 Kg.
- Producción total ha: 5.550 Kg/ha.
- Producción vendimiada por día: 5550 kg/ha * 10,04 ha/día = 55.730 kg/día.
- Producción total estimada: 30 ha = 166.500 kg.
- Cálculo de los días de duración vendimia: 166.500 kg/55.730 kg/día = 3 días.
- Duración estimada según tiempos de trabajo: 3 días.
- Duración estimada según la efectividad teórica: 2,5 días.
- Se deduce que la efectividad de la máquina vendimiadora es 0,83 (85 %).

RESUMEN DE LOS DATOS CALCULADOS:

- Tpo. DURACION DE LA JORNADA 8 horas/día.
- Tpo. DE TRANSPORTE PARCELA 0,16 horas/día.
- Tpo. REPOSTAR COMBUSTIBLE 0,22 horas/día.
- Tpo. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO 0,25 horas/día.
- Tpo. DE CARGA Y DESCARGA 0,57 horas/día.
- Tpo. MUERTO 0,15 horas/día.
- Tpo. EFECTIVO 6,65 horas/día.

DURACIÓN DE VENDÍMIA 3 días



LA MATERIA PRIMA: VENDIMIA MANUAL

Tiempo de ejecución

Para nuestro caso se estima:

- Producción total: 166.500 kg en las 30 ha.
- Si un operario recoge 700 kg/ día necesitaría 238 días para vendimiar.
- Para hacerlo en el mismo tiempo que lo hace la máquina vendimiadora (3 días) se necesita recoger al día: 55.500 kg y 80 operarios.
- Pero la duración del período de vendimias se puede prolongar hasta **12 días** por lo que se establece un mayor margen de tiempo para la vendimia manual.
- Necesitaría recoger al día 14.000 kg y solo 20 operarios.

RENTABILIDAD: estudio de costes comparativos

COSTES FIJOS: Se consideran todos aquellos que son ajenos al proceso productivo, es decir, que se producen sin desarrollar la labor para la que se ha adquirido la máquina.

COSTES VARIABLES: Se originan y varían en función del uso y trabajo.

- Máquina vendimiadora:
 - P. adquisición :135.000 €
 - P. desecho: 25.000 € (15% grupo 2)
 - Años de vida útil: 10

Gastos fijos:

- Amortización: 13.500 €/año
- Intereses: 2.700 €/año (5% sobre inversión inicial)
- Alojamiento: 420,70 €/año
- Reparaciones y conservación: 781,315 €/ año
- Seguros e impuestos: 540 €/año
- **Total gastos fijos: 17.942 €/año**

Gastos variables:

- Combustibles: (0,2 litros por Cv y Hora) :(133 CV = 26,6 litros/h)
- Precio combustible: 0,804 €/l
- Gasto combustible : 21,38 €/h
- Aceite: 0,16 litros /h * 1,6 €/l = 0,25 €/h
- Grasa: 0,04 kg/h * 2,88 €/kg = 0,11 €/h
- **Total gastos variables: 75,74 €/hora**

$$Ch = \frac{Cf}{N^{\circ} \text{ horas}} + Cv$$

$$Ch = \frac{17.942€ / \text{año}}{24 \text{ horas}} + 75,74€ / \text{hora} = 823,32€ / \text{hora}$$

- Los costes totales se reducen en función de las horas de trabajo
- Kilos vendimiados/hora: 8.380
- Coste por kilo de uva: 0.098 €/kg - 16,3 pts

LA MATERIA PRIMA: VENDIMIA manual

RENTABILIDAD

a) Sueldos y salarios

- 80 €/día y empleado
- iva 16% = 12,80 €/día
- Total sueldos y salarios 92 €/día y empleado

B. Estimación de los costes:

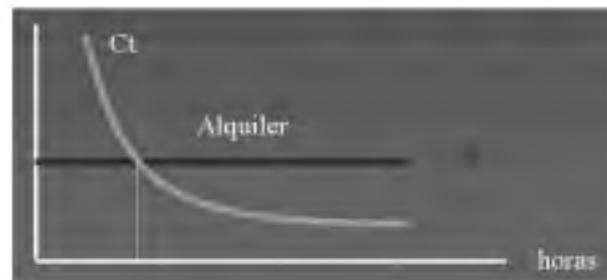
- Si estimamos el jornal a 92 €/día , los costes totales de la vendimia manual son:
- 92 €/día x 20 empleados x 12 días = 22.080 €

COSTE A MANO: 0.13 €/kg -22,06 PTS

DECISIÓN COMPRA O ALQUILER MÁQUINA VENDIMIADORA

CÁLCULO DEL UMBRAL DE RENTABILIDAD

- Calcularemos el umbral de rentabilidad para determinar cual es más rentable, el alquiler o la compra de la vendimiadora.
- Precio por hora de alquiler x n = Cf + Cv x N° de horas empleadas al año.



Donde "n" marcará el número mínimo de horas a partir de las cuales se debe comprar la máquina.

SE ESTABLECE UN COSTE HORARIO DE ALQUILER DE 240 €.

$$n = \frac{17.942 + (75,74 \times 24)}{240} = 82,33 \text{ horas}$$

LA SUPERFICIE MÍNIMA ESTIMADA PARA ADQUIRIR LA VENDIMIADORA ES:

$$S_{\min} = \frac{\text{Sup Total} \times n}{\text{horas Reales / año}} = \frac{30 \text{ Ha} \times 82,33 \text{ horas}}{24} = 102,91 \text{ Ha}$$

Donde 102,91 Ha sería la superficie mínima a poseer para que la compra de la maquina salga igual de rentable que el alquiler.

ALQUILER DE MÁQUINA

SE ESTABLECE UN COSTE HORARIO DE ALQUILER DE 240 €.

Kilos vendimiados/hora: 8.380

COSTE UNITARIO: 0,028 €/kg– 4,7 pts/kg

REDUCCIÓN DE COSTES DESDE EL VIÑEDO

- Optimización de los costes de transporte de uva a bodega.
 - Palots: 52 palots/trailer – 350 kg/palot – 18.000kr/trailer – 250 €/porte – 0.01 €/kg

REDUCCIÓN DE COSTES DURANTE LA ELABORACIÓN

- Reducción de costes enológicos: buenas uvas – buen vino.
- Realización de pie de cuba.
- Control del pH:
 - Reducción de abonos ricos en K.
 - Corrección del pH de los suelos: Humitas.
 - Equilibrio nutricional de la viña.
- Optimización de los costes energéticos:
 - Equipos de mayor consumo:
 - Climatizadoras.
 - Estabilizador de vinos.
- Utilización del equipo de estabilización de vino en horas valle.
- Reducción del uso de climatizadores en estaciones otoño – invierno: empleo del Free cooling.

REDUCCIÓN DE COSTES DURANTE LA ELABORACIÓN

- Evitar encender y apagar luces: optimización de los turnos de trabajo.
 - Jornada continua VS jornada partida.
- Optimización del empleo de barricas:
 - Métodos de regeneración.
 - Renting.
- Disminución de los costes de embotellado:
 - Reducción del peso de vidrio.
 - Optimización de los tapones de corcho.
- Gestión óptima de la mano de obra: evitar realizar horas extras.

APUNTES SOBRE OPTIMIZACIÓN EN LOGÍSTICA Y VENTAS

- Intentar ajustar salidas/pedidos a unidades de 1/2 palet o palet completo.
 - Reorganización de almacenes.
- Reorganizar salidas: intentar optimizar los portes al máximo:
 - 1 porte diario – centralizar salidas en días determinados.
- Realizar stock en días determinados.
- Disminución del espesor micrage packaging.
 - Menor peso – menor tasa reciclado.
- Disminuir el empleo de cajas de madera: peso.

APUNTES SOBRE OPTIMIZACIÓN EN MARKETING, RR.PP. Y FINANZAS

- Impulsar el consumo con apoyos a la distribución.
- Publicidad dirigida al consumidor final.
- Diversificación de mercados – apertura a nuevos países.
- Negociación con bancos:
 - Prestamos ICO.
 - Ayudas OCM: costes de promoción 50% fuera de UE.
- Realización de acciones comerciales centralizadas:
 - Ferias.
 - Eventos.
 - Promociones.



TRABAS TÉCNICAS A LA EXPORTACIÓN DE VINOS

Ramón Viader Guixá

Doctor en Farmacia. Laboratorios Viader Análisis S.L.

RESUMEN

El vino está permanentemente observado, como quizás ningún otro producto, porque el marco del vino está sujeto a muchas regulaciones, subvenciones, etc. Sorpresivamente, y a diferencia de los demás sectores de la alimentación, los propios países productores buscamos, cual Sherlock Holmes con su lupa, cualquier sustancia que en un momento determinado pueda ser útil para frenar una importación (la procimidona, en su día, por ejemplo, y el glicerol añadido, actualmente). Por otro lado, la sensibilidad del consumidor por los temas de salud ha ido "in crescendo" y como consecuencia de los diversos escándalos acaecidos en los últimos lustros en Europa, las autoridades sanitarias ejercen mayores controles sobre los productos alimentarios.

Una de las características relevantes de la enología moderna, es sin duda, la obtención de vinos puros, es decir, sin alteraciones ni contaminaciones de ningún tipo. Otra, su Calidad Total, entendiendo como Calidad Total el conjunto de características organolépticas y técnicas que nos permiten situar un vino en la copa del consumidor, en su zénit sensorial y en perfectas condiciones tanto de Seguridad Alimentaria, como de posibles adulteraciones. Dicho de otro modo, que el vino embotellado pueda cruzar fronteras, refleje su máxima expresión e identidad en cuanto a su origen, y que sea capaz de mantener inalterable este esplendor, hasta el preciso momento de su degustación.

La Calidad Total precisa de una serie de procedimientos ligados al proceso de producción de los que hablaremos, quizás, en otra ocasión. En el marco del primer concepto enunciado -las contaminaciones- encontramos unos criterios de exigencia enológica que a veces se nos escapan.

Nombraremos y explicaremos todas aquellas moléculas y elementos químicos que de alguna manera pueden obstaculizar la comercialización de un determinado vino.

INTRODUCCIÓN

El vino, a pesar del empeño de algunos en confundirnos, ha sido y será siempre, de origen biológico. Las levaduras fermentan los azúcares naturales del mosto y éste se convierte en vino. Además de esta primera fermentación -conocida como alcohólica- sucede otra que conocemos bajo el nombre de fermentación maloláctica por ser su misión, transformar el ácido málico en ácido láctico. Paralelamente a estas reacciones bioquímicas primarias, ocurren otras correspondientes al metabolismo secundario que se caracterizan por producir otros metabolitos, generalmente peor conocidos pero muy importantes.

Como bien sabemos, son muchísimas las diversas especies de levaduras y de bacterias que acompañan al mosto y con frecuencia, al vino. Pero a medida que la ciencia microbiológica ha ido progresando hemos ido descubriendo nuevos microorganismos relacionados o no, con los anteriores, que desgraciadamente han sido detectados la mayoría de las veces, indirectamente, a través de sus metabolitos por el carácter peyorativo de éstos. Dichos metabolitos han merecido el interés de los bromatólogos por cuanto muchos de ellos pueden alterar al vino desde el punto de vista organoléptico o desde el punto de vista sanitario. A los enólogos, claro está, nos importan ambos.

AMINAS BIÓGENAS

Con el nombre de aminas biógenas se conocen una serie de sustancias químicas cuyo común denominador en su estructura es el grupo amino terminal (R- NH₂), y su origen se encuentra en el proceso metabólico de descarboxilación de determinados aminoácidos por ciertos microorganismos. Estas aminas pueden ser de estructura alifática o aromática.

Se conocen un total de 25 aminas biógenas de entre las cuales, citamos las más conocidas relacionadas con el vino.



Amina biógena	A.A. Precursor	Niveles en vinos (mg/L)	Asociado a FML
Histamina	Histidina	0-11	SI
Metilamina		0-0.4	NO
Etilamina	Alanina	0-1.6	SI
Tiramina	Tirosina	0.5-11	SI
2, Feniletilamina	Fenilalanina	0.2-3.0	NO
Putrescina (diamino 1,4 butano)	Ornitina	1.7-34	SI
Cadaverina (diamino 1,5 pentano)	Arginina	0.1-0.4	SI

De todas ellas, la más importante es la HISTAMINA.

Desde 1954 se sabe que la histamina está presente en la mayoría de los vinos, siendo en los vinos tintos donde se encuentra en mayor proporción. La histamina (1-hidroxi imidazol, 4-etanolamina), se genera por descarboxilación del aminoácido histidina por acción del enzima histidin descarboxilasa actuando el piridoxal 5 fosfato como cofactor y la vitamina B6 como coenzima. Es una reacción endotérmica. Existe no obstante, al parecer, otra vía de formación, mal conocida. Esta enzima se encuentra principalmente en determinadas bacterias (*leuconostoc oenos*), aunque también en ciertas levaduras (*pediococcus cerevisiae*, *schizosaccharomyces*), y en otros diversos microorganismos como las enterobacterias, especialmente, las coliformes. Estas no se encuentran en el vino pero pueden encontrarse contaminando algunos puntos de la bodega (suelos, fómites, etc). Incluso si las bacterias han muerto por un tratamiento de esterilización, sus enzimas pueden seguir produciendo histamina. De ahí la gran importancia de los programas de higiene en la bodega como prevención de ulteriores problemas.

La histamina es un indicador de la producción de aminas biógenas. Si detectamos histamina, detectaremos en mayor o menor cantidad otras aminas biógenas.

La histamina y sus congéneres, son responsables de ciertos cuadros clínicos asociados a las alergias. En los procesos alérgicos se produce una liberación de histamina -endógena- por los mastocitos. La histamina, a través del torrente circulatorio, llega a todos los órganos fijándose en los receptores específicos para la histamina que todos ellos poseen. En determinadas personas sensibles, la ingestión de 10 mg de histamina puede desencadenar una reacción alérgica que se manifiesta por unos síntomas de todos conocidos: erupciones cutáneas, enrojeci-

miento, picor, edemas, malestar general, dolor de cabeza, y si la ingestión supera los 70 mg puede llegar a la muerte por choque anafiláctico. La reacción a la histamina y la magnitud de sus efectos no obstante, depende de la constitución inmunológica de cada individuo.

Cuando la histamina es de origen exógeno -alimentario- se produce la misma reacción alérgica pero por una vía distinta. En este caso hablamos de *histaminosis*. En ambos casos la eliminación de la histamina se realiza mediante una reacción de metilación y de oxidación, ésta última realizada mediante el concurso del enzima *diaminooxidasa DAO*. Si se bloquea la DAO no se elimina la histamina y aparece el cuadro clínico mencionado. 94 son las sustancias identificadas como bloqueadores de la actividad DAO.

La histamina está ampliamente repartida en los alimentos siendo los de mayor contenido el atún, en el que llegan a alcanzarse contenidos de hasta 9000 mg/kg, los quesos con hasta 2000 mg/kg y en el nivel más bajo, el vino, con contenidos medios de 5 mg/l y valores extremos de hasta 50 mg/l. La normativa comunitaria establece un valor máximo de 200 mg/kg para determinadas familias de pescados. La FDA en EEUU estableció un valor máximo para el atún de 200 mg/kg como indicador de alteración y de 500 mg/kg como nivel que representa un riesgo para la salud. En mi comunidad autónoma, Cataluña, se produjeron en el periodo 1991-1995, 36 casos de histaminosis todos ellos originados por consumo de atún. En el conjunto de España, en sólo el año 1994, hubo 15 casos de intoxicación alimentaria por histamina.

Si bien no existe un límite máximo para la Histamina, ésta debe encontrarse en los vinos en la concentración más baja posible, del orden de menos de 3 mg/l.



La histamina se analiza generalmente mediante cromatografía líquida con detector de fluorescencia tratando el vino previamente para obtener un derivado fluorescente. Este método funciona aceptablemente bien si bien en algunos vinos se producen a veces interferencias que provocan errores de cuantificación. Por este motivo en nuestro laboratorio trabajamos con un método inmunoenzimático (ELISA).

Evitar la presencia de aminas biógenas en el vino debe ser pues, un objetivo. Para ello hay que implantar las medidas necesarias para evitar su formación. Para este fin recomendamos las siguientes

Normas GMP aplicables:

- Iniciar la FML justo después de la alcohólica, pero asegurarse de que ésta haya finalizado completamente.
- Evitar valores de pH superiores a 3.5.
- Controlar la temperatura durante la FML para evitar sobrepasar los 21°C (ideal de 20° a 22° C).
- Realizar la FML con siembra de bacterias seleccionadas (histidin descarboxilasa negativas) a dosis superiores a 10 M/ml.
- 8 días después de la siembra, controlar el descenso de ácido málico. Si es inferior al 30% debe resembrarse adecuadamente.
- Anhídrido sulfuroso inferior a 50 mg/l.
- Extremar las condiciones de higiene.
- Evitar aireaciones.
- Adicionar elementos nutritivos (Mix a 10-20 g/hl).
- En las clarificaciones subsiguientes, utilizar dosis altas de bentonita en la medida de lo posible.

Nota: El caseinato potásico o las caseinas comerciales utilizadas para clarificar pueden aportar como mucho 0.2 mg/l de histamina al vino. No deben utilizarse cuando el valor de histamina deseado sea 0.0.

CARBAMATO DE ETILO

Además de la producción de histamina, cuando la FML no se realiza en las condiciones adecuadas, se produce paralelamente etilamina y carbamato de

etilo. Un estudio realizado por A. Bertrand en vinos del Médoc en 1990, puso de manifiesto una correlación entre ambas sustancias, superior al 95%.

El carbamato de etilo o uretano se forma espontáneamente por reacción entre el etanol y un compuesto que posea un grupo carbamílico. Efectivamente el carbamato de etilo o Uretano (NH₂COO C₂H₅) tiene su origen en algunos aminoácidos como la Citrulina y la Arginina. En el catabolismo de las proteínas, éstas, se degradan en sus aminoácidos y éstos a su vez, terminan en urea. La citrulina se degrada previamente convirtiéndose en arginina. Determinadas bacterias lácticas, como algunos *Leuconostoc oenos*, producen urea a partir de la arginina.



La DL 50 del uretano, en ratón, es de 2.2 g/kg, es decir, muy poco tóxico pero tiene elevado poder cancerígeno a largo plazo. El uretano no es exclusivo del vino. Se encuentra también en el pan, el queso y el yogur principalmente

La urea es el verdadero precursor del uretano. Evitar su presencia en los mostos, es del todo deseable. En general los vinos blancos contienen la mitad de urea que los vinos tintos. Uno de cada diez vinos tintos contiene más de 5 mg/l de urea.



Los límites actuales para el uretano son los siguientes:

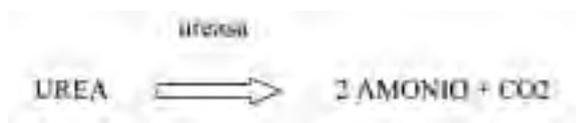
- Vinos secos menos de 15 microgramos/l. Vinos dulces menos de 100 µg/l. Menos de 150 µg/l para los encabezados (60 en Canadá). Para los brandies, orujos y otras bebidas alcohólicas, 400 µg/l (Canadá 150).
- Las fermentaciones en el tramo de 23 a 28° C son las más peligrosas pero coinciden con las temperaturas de fermentación de los vinos tintos. La crianza en bodega tiende a aumentar los contenidos. No así, la crianza en botella.
- En nuestro laboratorio se cuantifica la urea mediante el método enzimático con buenos resultados.



Normas GMP aplicables:

- Aplicar los mismos criterios de pureza que se han descrito para la realización correcta de una FML.
- Los vinos, una vez terminados, deben guardarse a temperaturas inferiores a los 20°C.
- Controlar la fertilización nitrogenada del viñedo. Menos de 110 kg/ha de N (37 mg/kg de N en el suelo). El análisis de la arginina en los mostos (menos de 1 g/l) puede utilizarse como indicador de la fertilización nitrogenada del viñedo. Es necesario tener un buen control sobre el Nitrógeno asimilable (250-700 mg/l) para una correcta fermentación alcohólica sin posibilidad de formación de compuestos indeseables.
- La concentración de urea no debe sobrepasar los 3-5 mg/l (valores normales en vinos: 0.1-10 mg/l) especialmente en aquellos vinos destinados a reserva. Si se supera esta cifra, se aconseja la actuación sobre el viñedo. Téngase en cuenta que 1mg de urea puede producir 2 microgramos de uretano.
- Tratamiento con ureasa 25 mg/l en blancos y 50 mg/l en tintos.

El tratamiento con ureasa (biotin urea carboxilasa) está autorizado.



FENOLES VOLÁTILES

En la década de los años 90 se detectó en ciertos vinos tintos, un aroma a sudor de caballo, cuadra, cuero, especiado, farmacia, ahumado. La cromatografía de gases acoplada a la espectroscopia de masas, ha permitido identificar los compuestos responsables de este particular aroma. En general, aparecen cuando el anhídrido sulfuroso es insuficiente y la fracción molecular se encuentra por debajo de 1.0 mg/l. En estas circunstancias pueden darse contaminaciones microbiológicas por levaduras, principalmente del género *Brettanomyces*/*Dekkera* que en su catabolismo producen vinilfenoles como el p-cresol y fenoles volátiles. Se ha publicado recientemente que especies del género *Candida* también pueden producir estas sustancias.

Estas contaminaciones son raras en los vinos blancos probablemente por sus pH más bajos. El crecimiento óptimo del *Brettanomyces* se da a pH 5.4.

La producción de los fenoles volátiles 4-etilfenol y 4-etilguayacol es debida a la actividad secuencial de dos enzimas las cuales descarboxilan los ácidos hidroxicinámicos dando hidroxiestirenos, los cuales son finalmente reducidos a etil derivados (el ácido p-cumárico es el sustrato del 4-etilfenol y el ácido ferúlico el sustrato del 4-etilguayacol). En los vinos tintos de crianza mayoritariamente, ocurre a veces esta degradación bacteriana. El 4-etilfenol es detectable a partir de 600 µg/l en vinos tintos y a partir de 40 µg/l en vinos blancos. El 4-etilguayacol es detectable a partir de 200 µg/l. Ambas sustancias aparecen en los vinos contaminados. Sus concentraciones varían en función de la concentración inicial de sus precursores, la cual varía a su vez, en función de la vinífera, características edafológicas, microclima, sistema y condiciones de vinificación, contaminaciones cruzadas, etc. En general la proporción entre ambos fenoles volátiles suele ser cercana a 8:1 (4EF:4EG) pudiendo oscilar entre 6:1 y 12:1. La aparición conjunta de ambas sustancias es lo que se conoce como "phenolic taint" o "phenolic odour" Esta particularidad, conjugada con las características de la matriz-vino, provoca ciertas discusiones en el análisis sensorial.

El 4EF es el olor clásico de cuadra, sudor de caballo mezclado con cuero. El 4EG es un olor más cercano a la farmacia, químico.

Las levaduras del género *brettanomyces* no suelen aparecer en las fermentaciones bien conducidas, si en cambio, cuando las condiciones de vinificación no son las óptimas. Siempre son levaduras de contaminación y su ocurrencia suele ser del orden del 1% del total de levaduras del medio. Esta baja proporción provoca su gran dificultad analítica. Su carácter filmógeno, les permite desarrollarse durante los periodos de crianza especialmente en las barricas. Algunos autores (Delteil, D.) han señalado su aparición en vinos de larga maceración y también durante el periodo de latencia entre la fermentación alcohólica y el inicio de la FML. En estos casos, además de la producción de fenoles volátiles se generan compuestos azufrados, gustos amargos y estípticos. Concentraciones a partir de 45 UFC/ml producen niveles detectables de fenoles volátiles. En nuestro laboratorio hemos encontrado con frecuencia valores incontables, es decir, superiores a 3 millones UFC/ml.



Normas GMP aplicables:

- Efectuar controles microbiológicos de Brett. antes de empezar la fermentación maloláctica. Luego, entre la segunda y la octava semana después de terminada la fermentación alcohólica analizar los contenidos en fenoles volátiles por cromatografía si existe la menor sospecha.
- Trabajar con las mismas condiciones señaladas anteriormente para realizar una correcta fermentación maloláctica.
- Finalizada la FML, descubrir y trasegar inmediatamente, antes de 24 horas e introducir en las barricas.
- Si la FML se hace en barrica, asegurarse previamente del perfecto estado higiénico-sanitario de la misma. Battonnage diario, hasta fin de la FML.
- En la medida de lo posible, no mezclar vinos de viníferas distintas. Las mezclas siempre al final.

Nota: Hemos registrado casos de aparición de aromas típicos de Brett. en vinos embotellados, los cuales no presentaban anomalía antes del embotellado. En estos casos, una defectuosa filtración o una contaminación en la embotelladora suele ser la causa. Recuérdese el carácter filmógeno de esta levadura y por lo tanto su facilidad de desarrollo en un vino en reposo y disponiendo de capa de aire.

MICOTOXINAS

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por diversas especies vegetales, generalmente hongos, cuya principal característica es su toxicidad para el hombre y también para algunos animales. Las micotoxinas (se conocen más de 300), han sido profusamente estudiadas y controladas por su carácter nefrotóxico, teratógeno, inmunotóxico y cancerígeno. Una de las más conocidas, la Ocratoxina A, se encuentra ampliamente dispersa en casi todos los productos alimentarios de origen vegetal (cereales, oleaginosas, cacao, café, frutos secos, cerveza) y hace unos años, en 1996, se puso de manifiesto su presencia en mostos y vinos. Algunas carnes animales como la de cerdo, presentan con frecuencia valores altos, especialmente los riñones. La Comisión Europea estableció un límite de ingesta diaria admisible (IDA) de 5.0 nanogramos/kg de

peso corporal. Otros países de la Europa no comunitaria, así como, Estados Unidos y Canadá, establecieron criterios muy similares.

Hay diversas Ocratoxinas en el vino: A, B, C y alfa. La A, representa según nuestros estudios, los únicos realizados hasta la fecha, más del 80% del total de ocratoxinas. La Ocratoxina A, en adelante, OTA, es un compuesto isocumarínico clorado cuya síntesis tiene lugar en los procesos metabólicos secundarios de diversos hongos. Hasta la fecha se han identificado un total de 64 hongos productores. Los más representativos, son *Carbonarius*, que es además el mayor productor de OTA; *Aspergillus* y *Penicillium*. La incidencia de estos hongos está ligada a las zonas geográficas. En las zonas mediterráneas, existe la mayor incidencia y probabilidad de aparición para el *Aspergillus*. De hecho, esta región juntamente con el sur de Francia (Languedoc Roussillon) son las de mayor peligro de la cuenca mediterránea.

Los contenidos de OTA son muy variables. Los contenidos más elevados se encuentran en las uvas pasas para las cuales se estableció un límite de 10 µg/lg en la reunión que tuvimos los grupos de expertos de la Comisión, en Bruselas, en marzo de 2002.

En los vinos, los valores más bajos se encuentran en los vinos blancos y cavas (0.003-0.025 µ/l), después los rosados con valores entre 0.010 y 0.30 µ/l) y finalmente en los tintos con valores de hasta 2.0 µ/l) que a veces se superan. Italia y Francia parecen ser los países con valores más altos que con frecuencia sobrepasan los 2.5 µ/l). En Grecia se ha llegado incluso a 8 µg/l. Sorprendente, un informe del laboratorio de toxicología de la universidad de Burdeos II, en que han encontrado los valores más altos, en vinos de Marruecos, concretamente entre 10 y 15 µ/l). Lo más inquietante es que las autoridades sanitarias tienen como dato que más del 50% de los vinos tintos están contaminados (Otteneder, H.2000) tomando como valor de riesgo un nivel superior a 0.5 µ/l). COPA/COCEGA por su parte, presentaron un estudio en el que se concluye que un 20% de los vinos por ellos analizados, tenían valores superiores a 1.0 µg/l. Los vinos de postre son los que presentan los valores más elevados con una media de 7.6 µ/l) (desde 1996). En uva se han encontrado valores máximos de hasta 53 µg/l.



La O.I.V. fijó un límite máximo de 2.0 ng/l que entró en vigor en la vendimia de 2005.

En mi laboratorio pusimos a punto el método de análisis de la OTA en el verano de 1998. Optamos por el método inmunoenzimático por su gran sensibilidad y especificidad.

La incidencia de OTA en el mosto viene condicionada al parecer, por diversos factores: distancia al mar, clima, vinífera y fecha de vendimia principalmente.

La OTA aparece unos treinta días antes de la vendimia y alcanza su concentración máxima al final de la fermentación alcohólica, disminuyendo después hasta un valor medio del 39% justo en el momento del embotellado. Esta disminución es debida a la influencia de las bacterias lácticas y a las clarificaciones. Al parecer continua disminuyendo, y en la mayoría de los vinos a los dos años su descenso ha sido de un 40% respecto del valor en el embotellado. Esto sin embargo debe tratarse con mucha cautela dado que es probable que no descienda realmente la concentración de OTA, sino que ésta se liga a proteínas o polifenoles y si éstos poseen un radical de fenil alanina, entonces es indosificable.

PRINCIPALES HONGOS OCRATOXIGÉNICOS

- Aspergillus ochraceous 336
- Aspergillus ochraceous RB16
- Aspergillus petrakii
- Aspergillus carbonarius
- Aspergillus foetidus var. pallidus
- Aspergillus niger
- Penicillium viridicatum

El A. niger, a pesar de gozar de la condición "GRAS" (generally recognized as safe) se ha revelado como uno de los más potentes.

CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN VISTA A LA REDUCCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE OCRATOXINA A, EN LOS MOSTOS.

1. Evitar regar el viñedo a partir del 31 de julio.
2. Reducir los laboreos.
3. Hacer tratamientos anticriptogámicos preventivos especialmente con Fosetil Al y azufre en polvo.
4. Evitar vendimias tardías.

5. Mantener la uva intacta evitando picaduras de insectos, botritys, etc.
6. Las lluvias de agosto y septiembre son muy peligrosas. Obrar en consecuencia.
7. Controles periódicos preventivos de la microflora del suelo.

GLICEROL AÑADIDO

En Alemania se controla la posible adición fraudulenta de glicerina al vino. Para ello se basan en la detección de 3-metoxi, 1,2-propanodiol. Dicen los alemanes que esta molécula no se encuentra en el vino pero la realidad es que sí.

Nos encontramos ante un grave conflicto que ha afectado y está afectando a muchas bodegas. Las autoridades alemanas fijaron en julio del año pasado un límite máximo de 0.10 mg/l) de 3MPD. Cualquier vino que sobrepase este límite se rechaza de plano.

Ante esta situación, lo aconsejable es realizar el análisis antes de efectuar el envío de la mercancía.

METALES PESADOS

Los aspectos toxicológicos de los metales preocupan a los enólogos desde hace años (R. Viader 9º Congreso del Cava 09/ 10/ 1991).

Para el propósito de los Códigos Alimentarios bajo los Programas Standards de los Alimentos de la FAO/WHO, contaminación significa: "Cualquier sustancia no intencionalmente añadida a los alimentos, que está presente en los mismos como resultado de la producción (incluyendo operaciones de obtención agrícola, animales domésticos y veterinaria), manufactura, procesado, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenaje de tales alimentos o como resultado de la contaminación ambiental. El término no incluye fragmentos de insectos, pelos de roedores y otras materias extrañas" (FAO /WHO, 1984).

Recientemente, gracias a los notables avances de las técnicas analíticas, hemos sabido más acerca de la toxicidad de los metales puesto que esta toxicidad va íntimamente ligada a la dinámica de absorción del metal en los procesos metabólicos, y esta absorción a su vez está ligada a la especiación quí-



mica del metal. La fracción de metal absorbida se fija formando metaloproteínas y metaloenzimas.

Presentamos a continuación algunos de los metales más significativos que por sus características pueden presentar algún problema en la comercialización de los vinos.

Todos ellos tienen características comunes:

1. Se encuentran en casi todos los vinos del mundo puesto que los suelos son más o menos ricos en estos elementos y son absorbidos por las raíces de las vides en cantidades distintas, sobretodo en función del pH del suelo. En general en suelos ácidos la absorción de estos metales es mayor.
2. Sus niveles en los vinos pueden verse aumentados como consecuencia de las actividades antrópicas.
3. En el organismo humano su biodisponibilidad viene determinada por la naturaleza de los ligandos a los que se unen.
4. Sus concentraciones en los vinos deben ser tenidas en cuenta por sus efectos sobre la estabilidad posterior de los mismos, sus posibles efectos sobre la salud y sus restricciones legales.

COBRE

El valor máximo admitido para este elemento es de 1.0 mg/l. Sin embargo el problema que tenemos planteado actualmente no es debido a un exceso como en otros tiempos pasados sino a un déficit. El cobre se encuentra de forma natural en todos los vinos aunque sus contenidos han disminuido notablemente en los últimos años debido a que su uso en el viñedo, se ha visto sustituido por anticriptogámicos orgánicos de síntesis, sistémicos, quizás más efectivos. Niveles superiores a 300 μ /l pueden provocar una quiebra cúprica que se manifiesta con una opalescencia debida a la formación de sulfuro cúprico coloidal o también de fosfato cúprico. Recientemente hemos visto una precipitación de óxido cúprico en un vino blanco que contenía 1.2 mg/l de cobre. Un nivel inferior a 100 puede provocar con frecuencia aromas de reducción. Para paliar este desagradable fenómeno que presentan algunos vinos, la adición de sulfato de cobre se hace necesaria. La práctica está autorizada. (Anexo IV del Reglamento CE nº 1493 / 1999 y Título II del Reglamento CE nº 1622 / 2000). El cobre se absorbe por el

organismo de forma libre y no hay evidencias de intoxicaciones por cobre.

PLOMO

Actualmente y afortunadamente, los niveles de plomo en los vinos se encuentran por debajo de los niveles máximos autorizados. (150 μ g/l. O.I.V. 50 μ g/l en California) Sin embargo es necesario no bajar la guardia debido a que las autoridades sanitarias de todos los países han trazado un programa "a plazos" para exigir un cada vez, menor contenido en plomo. En las aguas de consumo por ejemplo, desde el 1 de enero de 2004 en toda Europa el límite máximo es de 25 μ /l, la mitad del valor máximo del año anterior, para llegar al 2014 con sólo 10 μ g/l. El vino presumo que correrá una suerte paralela. La contaminación ambiental de los viñedos por gasolinas aditivadas con plomo-tetraetilo, por lluvia ácida, por polvo y otras causas de origen antrópico, han sido unas de las fuentes de plomo en los vinos. Actualmente estas causas han disminuido muchísimo. Los materiales de bodega antiguos sustituidos por el acero inoxidable han constituido también una gran mejora en este aspecto. Cabe señalar además que el abandono de ciertos productos fitosanitarios tradicionales como el caldo bordelés (por los contenidos en plomo que presentaba el sulfato de cobre), han ayudado también a esta rebaja.

Afortunadamente y a diferencia muy significativa con el agua, el plomo en el vino se encuentra en más de un 80% acomplejado con polisacáridos de diversas clases y por lo tanto en una forma química no asimilable por nuestro organismo, lo cual contribuye a disminuir notablemente su toxicidad. Gracias a este hecho, se han iniciado estudios para descubrir en que forma química se encuentran estos oligoelementos en los vinos. Es lo que se conoce como "Especiación". En un futuro muy próximo ya no hablaremos de Plomo, Cadmio, Cromo, etc., sino de sus respectivos quelatos.

CADMIO

Es poco significativo desde el punto de vista enológico. Sus concentraciones en los vinos son muy bajas. Por ser un metal tóxico su límite es también muy bajo, actualmente de 10 microgramos por litro pero probablemente en breve este valor se reducirá a la mitad. Afortunadamente del cadmio que ingerimos sólo absorbemos un 2-7%. Desconocemos el



posible efecto del cadmio contenido en la saliva, sobre la percepción gustativa. Los fumadores tienen el doble de cadmio.

ARSÉNICO

Como en casos anteriores, el límite máximo del arsénico es muy superior al que encontramos en los vinos. Límite de 200 µg/l frente a menos de 25 µg/l en general. También el arsénico no viaja sólo, lo hace en compañía de la betaína formando arseno-betaína no absorbible. Betaína sin embargo, casi no hay en los vinos a menos que se trate de vinos adicionados de azúcar como sería el caso de los cavas. Aún así, la betaína sólo se encuentra en la remolacha. En el marco de la APPCC es necesario cuantificar el arsénico.

No está bien demostrada la esencialidad del arsénico para la raza humana, sin embargo al parecer, un poco de arsénico no es malo. Para determinadas infecciones intestinales así como, ciertas dermatitis, tienen su tratamiento de elección en derivados arsenicales.

BROMO

No es un oligoelemento esencial y en los vinos su presencia es testimonial. De 0.2 a 0.4 mg/l. En los vinos tintos suelen encontrarse valores ligeramente más altos aunque casi nunca superando el límite de 1.0 mg/l. El bromo sólo presenta toxicidad en su estado puro y elemental, gaseoso. Algunos derivados del bromo, como el ácido monobromoacético, han sido utilizados fraudulentamente como anti-sépticos. De ahí, su control.

BORO

El Boro se encuentra en muy pequeñas cantidades en casi todos los alimentos y está muy poco estudiado en los vinos. Su toxicidad depende de la forma química en que se encuentra. Así los boratos son de toxicidad baja, el ácido bórico de toxicidad moderada y los boranos de toxicidad elevada. Es por este motivo probablemente que la O.I.V. marcó en su día un máximo de boro en los vinos, de 80 mg/l expresados en ácido bórico. En Alemania sin embargo fueron mucho más restrictivos y el límite máximo es de tan solo 35 mg/l. Los vinos suelen encontrarse entre 18 y 30 mg/l. En el viñedo, el límite

entre nutriente y tóxico es muy estrecho. Viñedos tratados habitualmente con boro pueden dar vinos con contenidos de boro quizás superiores a los admitidos.

RESIDUOS DE PESTICIDAS

En junio de 2007, la CE prohibió el uso de unos cuantos productos fitosanitarios que se utilizaban normalmente en el viñedo. Desde entonces, es obligatorio demostrar su ausencia en los vinos, tanto por exigencias del mercado internacional, como por los Protocolos de Seguridad Alimentaria. Un control más exhaustivo, se requiere en todos aquellos vinos acogidos a la producción ecológica. El problema se presenta cuando el análisis detecta pequeñas cantidades, consideradas residuales.

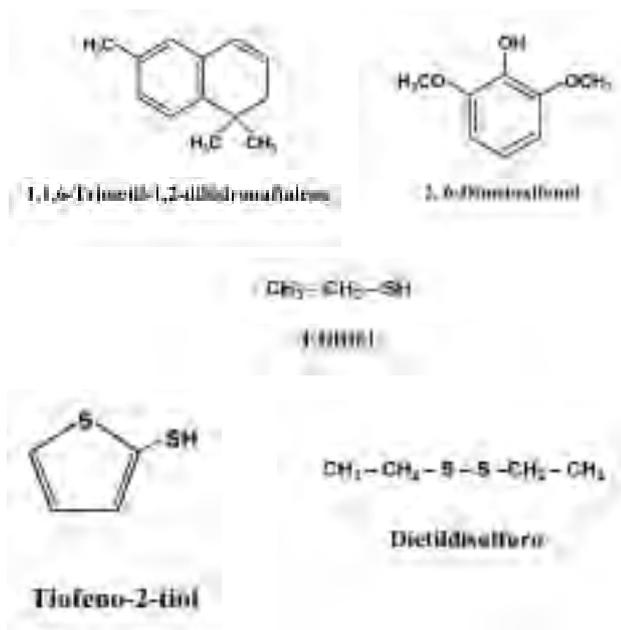
DEFECTOS OLFATIVOS EN VINOS

No se han establecido límites legales para ninguna de estas moléculas, no obstante, su presencia produce generalmente un rechazo por parte del consumidor.

* Olor a Keroseno, aceite mineral o goma quemada:

Las barricas, cuando han sido reacondicionadas, pueden producir ciertos derivados fenólicos que dan este característico olor. Se detecta el *m*-etilfenol a partir de 40 µg/l y los dimetoxifenoles a partir de 400 µg/l. En otros casos, se trata de aromas de reducción que se han originado una vez el vino ha sido embotellado, como es el caso del 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (TDN) frecuente en ciertos vinos blancos como por ejemplo el Riesling. Se detecta a partir de 20 µg/l. A veces también el sulfuro de dietilo y el etanotiol presentan este aroma. Accidentalmente y muy rara vez, alguna pequeña cantidad de gasóleo agrícola puede haberse mezclado con la vendimia y provocar el olor de esta mezcla de hidrocarburos; no disponemos de datos acerca del umbral de detección olfativa pero muy probablemente se encuentre por debajo de los 10 µg/l. El tiofeno-2-tiol se detecta por el olor a goma quemada a partir de 0.8 µg/l. Estos olores excepcionalmente pueden también proceder de vitispiranos con olor alcanforado.





* Olor a ahumado, farmacia, sudor de caballo, cuero, especiado o resinoso:

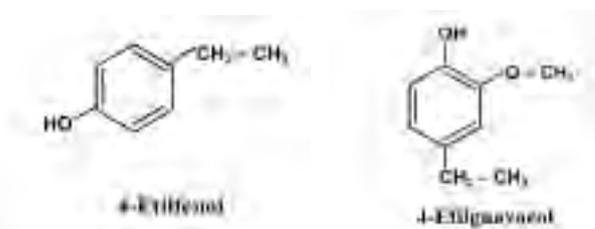
Estos olores son difíciles de precisar pero se identifican fácilmente. En general, se producen cuando el anhídrido sulfuroso ha sido insuficiente y la fracción molecular se encuentra por debajo de 1 mg/l.

En estas circunstancias pueden darse contaminaciones microbiológicas por levaduras, principalmente del género *Hansenula* que en su catabolismo descarboxilan el ácido cinámico mediante el enzima cinamato descarboxilasa dando ácidos hidroxicinámicos. Se ha publicado recientemente que especies del género *Candida* también pueden producir estas sustancias. Con la presencia simultánea de levaduras de los géneros *Brettanomyces* y *Dekkera*, se producen los fenoles volátiles 4-etilfenol y 4-etilguayacol gracias a la actividad secuencial de dos enzimas, las cuales descarboxilan los ácidos hidroxicinámicos dando hidroxiestirenos, los cuales son finalmente reducidos a etil derivados. El ácido *p*-cumárico es el sustrato del 4-etilfenol y el ácido ferúlico el sustrato del 4-etilguayacol. En los vinos tintos de crianza mayoritariamente, ocurre a veces esta degradación bacteriana. El 4-etilfenol se detecta a partir de 0.6 mg/l en vinos tintos y a partir de 0.4 mg/l en vinos blancos. El 4-etilguayacol se detecta a partir de 0.2 mg/l. Ambas sustancias aparecen en los vinos contaminados. Sus concentraciones varían en función de la concentración inicial de sus precursores, la cual varía a su vez, en función de la vinífera, características edafológicas,

microclima, sistema y condiciones de vinificación, contaminaciones cruzadas, etc. En general, la proporción entre ambos fenoles volátiles, suele ser cercana a 8:1 (4EF:4EG) pudiendo oscilar entre 6:1 y 12:1. La aparición conjunta de ambas sustancias es lo que se conoce en lengua inglesa como "phenolic taint" o "phenolic odour". Esta particularidad, conjugada con las características de la matriz-vino, provoca ciertas discusiones en el análisis sensorial. Recordemos ahora, el efecto supresor de la vainilla sobre estas dos moléculas. Estas contaminaciones son raras en los vinos blancos probablemente por sus pH más bajos. El crecimiento óptimo del *Brettanomyces* se da a pH 5.4.

Un origen químico de este defecto puede darse en la utilización de ciertos enzimas pectolíticos que tienen además una cierta actividad cinamato descarboxilasa.

El 4-etilfenol es el olor clásico de cuadra, sudor de caballo, mezclado con cuero. El 4-etil guayacol es un olor más cercano a la farmacia, químico. Con menor frecuencia aparecen también 4-vinilfenol y 4-vinilguayacol.



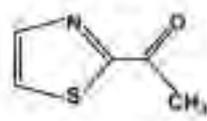
* Olor a huevos podridos y col podrida:

Es debido al sulfuro de hidrógeno que aparece incluso en algunos grandes vinos por reducción del anhídrido sulfuroso. Bastan 2 µg/l para poder ser detectado. En vinos de Pomerol y de St. Emilion se encuentra a veces 2-acetiltiazol, detectable olfativamente a partir de 3 µg/l, responsable de un aroma de vino viejo. Otro, el sulfuro de dimetilo (olor a col podrida o ensilado) con un límite de detección de 11 µg/l, se produce durante la fermentación maloláctica a partir de su precursor el metanotiol, generado enzimáticamente por una degradación del aminoácido metionina. Se detecta a partir de 5 µg/l. Vinos elaborados a partir de uvas podridas o en malas condiciones de higiene, pueden desembocar en contaminaciones por levaduras y bacterias (*Botrytis cinerea*, *Kloeckera apiculata*, *Gluconobacter*, *Hansenula*, *Pichia*, etc) que reducen el anhídrido sulfuroso. Este fenómeno puede verse favo-

recido por niveles demasiado bajos de cobre o por residuos de ciertos productos fitosanitarios (Metiltiofanato, Zineb a partir de 4 mg/l y azufre a partir de 20 mg/l), y niveles bajos de nitrógeno fácilmente asimilable (NFA). Otra causa, aunque menos frecuente, tiene su origen en residuos de determinados pesticidas y en reacciones del propio sulfuro de hidrógeno. Aparecen el metanotiol (perro mojado), el etanotiol (lana mojada), y el sulfuro de dietilo (se produce por oxidación de su precursor el etanotiol y huele a ajo podrido). Todas estas reacciones se ven favorecidas por la luz. Los derivados azufrados se detectan por el olfato a partir de concentraciones de 2-3 µg/l. En los vinos que presentan notas de reducción, suelen encontrarse concentraciones de estos compuestos que oscilan desde 2 µg/l para el sulfuro de dimetilo hasta 18-20 µg/l, para el anhídrido sulfhídrico. Muchos de estos compuestos desaparecen al entrar en reacción con el cobre porque forman con él un sulfuro, rompiéndose la molécula maloliente. En las catas es útil llevar una vieja moneda de cobre en el bolsillo. En caso de duda se introduce en la copa para ver si el extraño olor desaparece.

El olor a flor podrida se debe al alcohol alílico formado por lactobacilos contaminantes en la fermentación maloláctica como ya se ha explicado precedentemente.

El ácido succínico, cuya presencia es normal en muchos vinos blancos, puede dar sensaciones de "reducido" cuando su concentración es elevada. Esta circunstancia se da cuando el glicerol y/o el ácido tartárico son atacados por *Pediococcus*.



2-acetilthiazol



Dietilsulfuro



Etanotiol

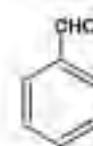


Metanotiol

* Gusto a almendra amarga:

Es debido al aldehído benzoico el cual se detecta gustativamente a partir de 2-3 mg/l. Proviene de una defectuosa aplicación a un depósito, de un revestimiento a base de resinas epoxídicas. Estas

resinas contienen alcohol bencílico el cual puede ser oxidado a benzaldehído por medio del enzima alcohol bencílico oxidasa que se encuentra en vinos procedentes de vendimias atacadas por Botritis. Puede aparecer también como consecuencia del uso de determinadas gelatinas.



Benzaldehído

* Olor a geranio:

Debido al geraniol (*E*-3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol) que aparece en algunos vinos a los que se les ha añadido ácido sórbico o sorbato potásico con un nivel muy bajo de anhídrido sulfuroso libre. Estos compuestos son conservadores autorizados que actúan frente a las levaduras. Con el tiempo, la temperatura y la eventual acción microbiana, se degradan dando Geraniol. Se detecta olfativamente en vinos blancos a partir de 1 µg/l.



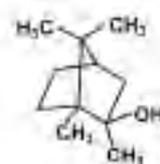
Geraniol

* Olor a moho:

No confundirlo con el olor a tapón. El olor a moho proviene generalmente de las superficies en las cuales ha estado en contacto el vino antes de ser embotellado. Es debido a diversas sustancias producidas por distintas familias de hongos que se han "instalado" por falta de higiene en depósitos, toneles, otros recipientes y conducciones. Es el caso del "canido" que se aprecia en vinos criados en barricas contaminadas. Las sustancias químicas más corrientes responsables de este olor son el 2,4-dicloro-6-metilanisol, guayacol, 2-metilisoborneol, 1-octen-3-ol, octen-3-ona (champiñón) y ciertos cresoles clorados.

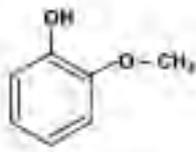


1-(2-fenil-3-il)

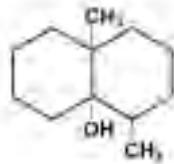


2-Metilisoborneol

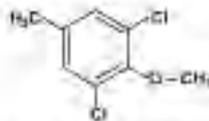




Guayneol



Geosmina



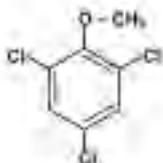
2,6-dicloro-4-metilanol

*** Olor/gusto a tapón:**

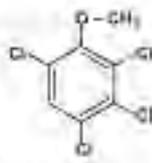
Ampliamente conocido por todos los enólogos, también es cada vez más conocido entre los consumidores por su frecuente aparición. Se ha consensado que en general entre un dos y un cinco por cien de las botellas presentan este problema. Muchas veces, incluso los enólogos, confunden el olor/gusto a corcho con otros defectos no imputables al tapón. Hay determinadas sustancias que solas o en concomitancia con otras, producen sensaciones olfativas semejantes al clásico olor/gusto a tapón. En el gusto a tapón debemos precisar entre diferentes orígenes. a) Pútrido o corrompido, b) Moho, c) Disolventes. El primer caso muy poco fre-

cuente, tiene su origen en una mala higiene durante la fabricación, o bien en planchas de corcho recogidas de la base del tronco del alcornoque o planchas atacadas por la "mancha amarilla" debida a colonias del hongo *Armillaria melea*. El segundo caso, el más frecuente, se debe a la presencia de 2,4,6-tricloroanisol (TCA) detectable a concentraciones muy bajas del orden de 4-6 nanogramos/l en función de la estructura del vino, el 2,3,4,6-tetracloroanisol (TeCA) detectable a concentraciones algo superiores del orden de 20-30 nanogramos/l y el 2,4,6-tribromoanisol del cual, tenemos a fecha de hoy, pocos datos. También aparecen aunque con menor frecuencia, veratrol, 6-clorovainillina, 4-cloroguaiacol y 4,5-dicloroguaiacol. La tercera causa es propia de los tapones fabricados en aglomerado. Aunque la hemos detectado excepcionalmente, cuando aparece, es debida a disolventes orgánicos de los adhesivos utilizados para unir los granos de corcho.

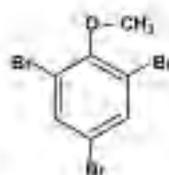
El TCA del tapón suele pasar al vino y conferirle un desagradable y típico olor y gusto. El distinto umbral de sensibilidad de cada persona hace que muchas veces pase desapercibido para la mayoría de consumidores. Debe tenerse en cuenta además, que las barricas y otros materiales que han estado en contacto con el vino pueden comunicarle este problema. Es decir, no es exclusivo del corcho (ver olor a moho).



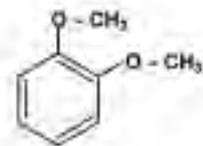
2,4,6-Tricloroanisol



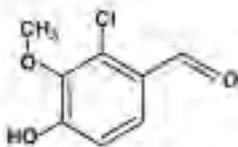
2,3,4,6-Tetrachloroanisol



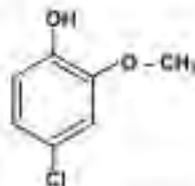
2,4,6-Tribromoanisol



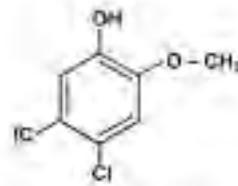
Veratrol



2-Clorovainillina



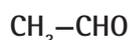
4-Chloroguaiacol



4,5-Dicloroguaiacol

* **Olor a manzana muy madura:**

Es debido a un aumento del acetaldehído normalmente superior a 90 mg/l que se ha producido como consecuencia de una contaminación por *Candida mycoderma*.



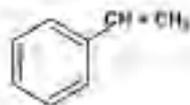
Acetaldehído

* **Sabor estíptico:**

Es un sabor metálico y astringente a la vez, producido por un exceso de cobre o zinc y en menor proporción, por un exceso de hierro. Suelen presentarlo vinos sencillos, poco cuidados o que han sido adicionados de sulfato de cobre para eliminar defectos de reducido o de sulfato de zinc como favorecedor de la fermentación.

* **Olor/gusto a plástico:**

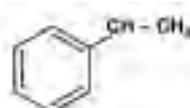
Debido al contacto del vino con materiales plásticos no adecuados o no aptos para uso alimentario. En otras épocas, fue relativamente frecuente detectarlo en vinos que habían estado en depósitos de poliestireno. Las sustancias responsables más frecuentemente encontradas han sido, el estireno que se detecta olfativamente a partir de 50 µg/l, el acrilato de butilo y el etilbenceno.



Estireno



Acrilato de butilo

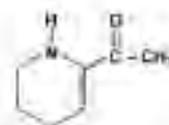


Etilbenceno

***Gusto a ratón:**

"mousy wines". Se da ocasionalmente en algunos vinos contaminados al unísono por levaduras del género *Brettanomyces* y bacterias lácticas *Lactobacillus* que originan la formación de 6-acetil-1,2,3,4-tetrahidropiridina (ATHP). Este compuesto se origi-

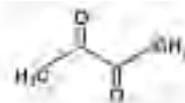
na mediante la reacción de Maillard a partir de un compuesto de Amadori formado por la glucosa y la prolina. A pH ácido del vino, la reacción es lenta. Se detecta en el postgusto pues para que este compuesto sea volátil debe estar a pH neutro, lo que se consigue con el contacto del vino con la saliva. Su límite olfativo en el vino se encuentra alrededor de los 10 µg/l. Se han encontrado hasta 106 µg/l.



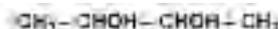
6-acetil-1,2,3,4-tetrahidropiridina

* **Olor lácteo y a mantequilla:**

Es lo que se llama un olor quinónico. Poco frecuente, provocado por la presencia de acetoina y/o diacetilo (2,3-butanodiona) y también, aunque excepcionalmente, el 2,3-butanodiol cuando se encuentra en cantidades elevadas, superiores a 1 g/l. Aparecen como consecuencia de una contaminación por *Saccharomyces ludwigii* o *Schizosaccharomyces pombe* propia de zonas cálidas y en mostos excesivamente sulfitados. También en fermentaciones malolácticas producidas por cepas de los géneros *Pediococcus* y *Lactobacillus*, que degradan el ácido cítrico. El límite olfativo del diacetilo se sitúa en 5 mg/l. En vinos blancos un 50% de consumidores no detectan estos niveles. A 10 mg/l solo un 10% no lo detectan. En vinos tintos hay que llegar a 30 mg/l para que sea detectado por un 80% de los consumidores. Entre 2 y 4 mg/l recuerda el aroma de nueces, caramelo o levadura. Entre 5 y 14 mg/l, mantequilla. La presencia por sí sola de diacetilo no obstante, no significa que pueda detectarse olfativamente o que sea un defecto. El diacetilo mantiene un equilibrio con el lactato de etilo y sólo cuando éste se desplaza hacia el diacetilo se puede hablar de defecto.



Diacetil



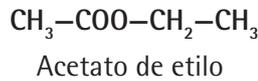
2,3-Butanodiol

* **Gusto a cemento:**

Originado por el contacto del vino con depósitos de cemento o revestidos de azulejos vitrificados. A veces se mezcla con un cierto tono de enmohecido cuando son depósitos que tardaron largo tiempo en secarse después de lavados y en ser utilizados.

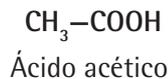
* **Olor a pegamento:**

El responsable de este olor es el acetato de etilo. Suele ocurrir en vinos de baja acidez total y moderada-alta acidez volátil. Una contaminación por *Torulopsis stellata* justifica su aparición. No es un defecto frecuente. Algunos países, como Suecia, limitan su contenido en vinos hasta un máximo de 120 mg/l. El umbral sensorial es superior (160-180 mg/l).



* **Olor a picado o acescente:**

Es debido a la excesiva formación de ácido acético (vinagre). El ácido acético se produce por oxidación enzimática del etanol del vino con el concurso de las bacterias acéticas (*Acetobacter* y *Gluconobacter*). El contacto del vino con el aire es un factor determinante. Aunque todos los vinos contienen algo de ácido acético, sus valores siempre están por debajo de 0,90 g/l en los tintos y de 0,65 g/l en los blancos. Valores por encima de éstos, se detectan fácilmente por el olfato. En los vinos picados y los vinagres junto con el acético, aparece también acetato de etilo en cantidades importantes.

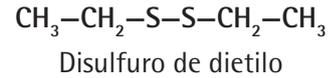


* **Gusto de Luz (Goût de Lumière):**

Es un defecto muy poco frecuente afortunadamente. Se debe a la presencia de algunos compuestos sulfurados que se han formado a partir del etanol y del anhídrido sulfuroso por una reacción de tipo fotoquímico. La energía para producir esta reacción proviene de la luz, que, atravesando el cristal de la botella, penetra en su interior y reacciona con el anhídrido sulfúrico, SH₂, producido a partir del SO₂ por vía de reducción directa o por vía fermentativa. Se forman compuestos del tipo R-S-R ó R-S-S-R en los cuales R, suele ser C₂H₅ (etilo) proveniente del etanol. Se encuentran diversas moléculas en fun-

ción de cómo se hayan producido las reacciones. Se agrupan bajo el nombre genérico de tioles y disulfuros. El más conocido es el disulfuro de dietilo. Los bajos niveles de cobre de algunos vinos, favorecen esta reacción.

Las botellas actuales, contienen en su vidrio, ciertos metales que filtran las radiaciones luminosas de mayor poder energético sobre esta reacción. Son concretamente las longitudes de onda de 365 y de 530 nm.



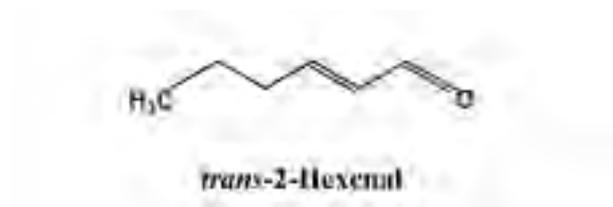
* **Gusto a jabón:**

Algunos ácidos grasos superiores (C8 a C18) aparecen en los vinos como un trastorno del metabolismo de algunos microorganismos presentes durante las diversas etapas de la vinificación. Los más frecuentes son el ácido decanoico, ó ácido cáprico y su derivado el decanoato de etilo o caproato de etilo.



* **Gustos herbáceos:**

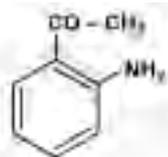
Suelen aparecer como consecuencia de un proceso de vinificación mal conducido. En el proceso de obtención del mosto, si la uva se macera largo tiempo con el fin de extraer un mayor contenido aromático y especialmente si ésta es poco madura, se corre el riesgo de extraer sustancias contenidas en la piel de la uva y en el racimo que confieren al vino este sabor. También ocurre en procesos de prensado violentos o con excesiva presión, uva tinta fermentada sin despalillar, etc. El componente más habitual (se conocen más de 6) y significativo es el *trans*-2-hexenal producido por oxidación enzimáti-



ca en tres etapas, del ácido linolénico. Concentraciones superiores a 500 mg/l se detectan fácilmente al gusto. El hexanol, que también aparece, se detecta a partir de 3 mg/l, el *cis*-3-hexen-1-ol y 3-isopropilmetoxipirazina dan sensaciones parecidas en función de su concentración.

*** Gusto a hierba aromática:**

Es un gusto poco frecuente que aparece a veces en vinos blancos centroeuropeos obtenidos con uvas de viñedos que han sufrido estrés hídrico en concomitancia con niveles muy bajos de nitrógeno. La molécula responsable es la 2-aminoacetofenona, que se origina por una rotura del anillo indólico de su precursor, el ácido indolacético. A veces se aprecia asimismo, un final de boca ligeramente estíptico. En este caso, la molécula responsable puede ser el sorbato de etilo, proveniente de una reacción poco frecuente entre el ácido sórbico y el etanol.



2-Aminoacetofenona



Sorbato de etilo

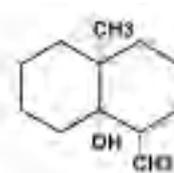
*** Maderizado:**

Son aquellos vinos en los que el sabor a madera (guayacol, metilguayacol, eugenol, furfural, metilfurfural, etc.), predomina de un modo tan notable que no permite apreciar los demás elementos del complejo olfato-gustativo. Hay maderizados agresivos, muy tánicos, originados por una larga permanencia del vino en contacto con la bodega nueva. Los maderizados suaves, como se encuentran a veces en ciertos vinos clásicos, provienen de viejas bodegas por las que han pasado muchas vendimias. Algunas maderas, poco nobles, confieren un olor y especialmente un gusto resinoso, que nos recuerda la resina del pino (tremolina, α -pineno) o los olores balsámicos (eucaliptol, borneol). Algunos vinos griegos se caracterizan precisamente por este gusto. Los tonos balsámicos son más frecuentes en vinos de Extremadura, Portugal y países

del Este. En general en la fase visual, su color es más intenso y su tono más ambarino tanto los blancos como los tintos. En ciertos vinos se habla a veces impropiamente de "humo" y de "ceniza". Es la sensación olfativa que produce el 4-metilguayacol procedente de la pirólisis de la lignina de la madera. Se detecta a partir de 65 μ g/l.

*** Tierra húmeda, papel, cartón:**

Defecto poco frecuente hoy en día. Originado siempre por falta de higiene en la bodega. Algunas placas de filtro si no han sido previamente lavadas con agua y ácido cítrico pueden conferir al vino filtrado un gusto a papel. Algunas botellas que no han sido lavadas o enjuagadas antes de proceder al embotellado, presentan a veces problemas de este tipo. También barricas que han estado largo tiempo sin usar. Excepcionalmente se ha comunicado algún sabor extraño de esta naturaleza por causa de la bentonita usada en el proceso de clarificación. Las bentonitas por su elevado poder adsorbente, fijan muchos olores que después pueden ceder al vino. Las principales moléculas responsables de este defecto son la geosmina (octahidro-4,8a-dimetil-4(2H)-naftalenol), la isobutilquinoleína, la 2-metoxipirazina y la 3,4 dimetilmetoxipirazina que se detectan a concentraciones bajísimas del orden de 2 μ g/l.



Geosmina

*** Oxidado:**

El color del vino en estos casos es más intenso y su tono tiende a colores más amarillos, amarronados (brun en francés). Los aromas tienen una característica especial debida a la oxidación de ciertas moléculas. Esta oxidación ocurre de manera lenta con el tiempo, por la entrada de oxígeno a la botella desde el exterior, por la zona de contacto entre el corcho y el vidrio, por una excesiva aireación en el embotellado y casi siempre por niveles muy bajos de anhídrido sulfuroso. El más conocido marcador de oxidación es el fenilacetaldehído cuyo precursor es el aminoácido fenilalanina.

La reacción de fijación del oxígeno en los polifenoles tiene lugar enzimáticamente mediante las

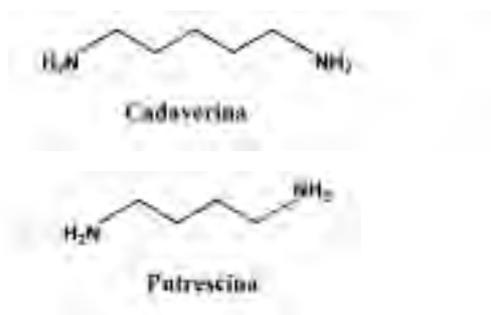


polifenoloxidasas. Un vino con un nivel bajo de anhídrido sulfuroso (inhibidor de la actividad oxidasa) será más fácilmente oxidable. La oxidación es también mucho más rápida cuando se da un defecto de hermeticidad del tapón. Algunos vinos blancos por su propia constitución polifenólica (contenido elevado de flavonoides) son fácilmente oxidables. El calor acelera este proceso. Algunos vinos especiales, los rancios, han sido expresamente oxidados. En este caso obviamente no se trata de un defecto sino de una característica. El 2-acetiltiazol, comentado en los aromas sulfurados, puede tener aquí también su papel en la contribución al aroma de vino viejo. En los vinos de Porto el Sotolón es el responsable.

Los vinos con valores altos de pH son más fácilmente oxidables por el desplazamiento del equilibrio hidroquinona/fenato. Se ha descrito también la formación de 5-hidroximetilfurfural. Es de señalar que una de las consecuencias negativas de la oxidación es el descenso en la concentración de β -damascenona.

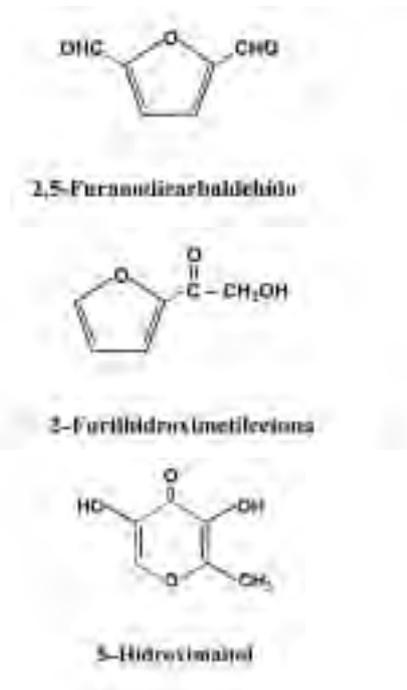
*** Pútrido:**

Se aprecia en algunos vinos generalmente tintos, los cuales han realizado la fermentación maloláctica con bacterias productoras de aminas biógenas. Estas aminas biógenas proceden de la descarboxilación enzimática de determinados aminoácidos. La cadaverina (1,5-diaminopentano) y la putrescina (1,4-diaminobutano) son los principales compuestos responsables. Ambos son bastante volátiles y se detectan olfativamente a concentraciones superiores a los 20 mg/l. De un 30% a un 65% de los consumidores no lo detectan. Algunos compuestos sulfurados, como el SH₂ o el dietilsulfuro, ya citados, producen igualmente esta sensación. Si adicionando un poco de sulfato de cobre a la copa no desaparece la sensación desagradable entonces se tratará muy probablemente de aminas biógenas.



*** Cera de abeja:**

Muy infrecuente, aparece como consecuencia de anomalías fermentativas. Los principales compuestos responsables de este aroma son:



*** Amargo:**

La enfermedad "del amargo" se debe al parecer, a una contaminación del vino por un microorganismo llamado *Bacterium amaracrylus*, el cual degrada el glicerol formando acroleína, y ésta a su vez, por condensación, se combina con determinados taninos resultando una sustancia amarga. Es pues, muy difícil encontrar acroleína en los vinos.

*** Empireumático:**

Este tipo de olor (carne quemada, uña o cuerno quemado) se atribuye al 2-metil-3-furanotiol.

TRADICIÓN Y MODERNIDAD EN LA RIBERA BURGALESA. DINAMISMO DE LA VID Y EL VINO EN LA HORRA CON JUAN MAMBRILLA Y MARTÍN DUMAS

Fernando Molinero Hernando

Catedrático de Análisis Geográfico Regional. Dpto. de Geografía. Universidad de Valladolid

El año 2009 se cumple el centenario de la llegada a La Horra de los Hermanos de la Sagrada Familia. La efeméride no tendría más importancia de la que le otorgaran sus seguidores y correligionarios si no fuera por que el Hermano Martín Dumas, el primero que llegó a España en 1909, se asentó en La Horra, fundó allí la Comunidad y se dedicó no sólo a la actividad religiosa, sino también social. Y es ese carácter social de su trabajo lo que centra este comentario¹, que no podemos separar de la actividad llevada a cabo en estas tierras ribereñas por otra figura señera que precedió a Martín Dumas en sus andanzas y quehaceres: Juan Mambrilla, ilustre prohombre horrense, benefactor indirecto de los hermanos de la Sagrada Familia, cuya labor y dedicación a la viticultura y a la enología merecen una consideración y reconocimiento como elaborador distinguido de los grandes vinos de La Ribera. Tanto en vida como después de su muerte (en 1905) su labor fue secundada y potenciada por Encarnación de Prado, viuda de Juan Mambrilla, que, apoyándose en los Hermanos de la Sagrada Familia, quiso promover un espíritu de colaboración y solidaridad que posiblemente haya transmitido a las gentes de La Horra un clima de trabajo en común más sólido que el perceptible en otros pueblos vecinos, aspecto comprobable en la entidad y extensión de los movimientos sociales en esta villa.

No obstante, el Hermano Martín Dumas, un auténtico apóstol, basó su actividad en la potenciación de un medio económico y social preexistente: el de la vid y el vino, con abundancia de jornaleros poco cualificados que luchaban por la supervivencia, acompañados de un denso grupo de pequeños y medianos agricultores, principalmente viticultores, por encima del cual sólo destacaba algún egregio hacendado, como era el caso de Juan Mambrilla, singularmente imbuido de una sensibilidad y responsabilidad social incuestionables.

El significado territorial, económico y social de los viñedos y vinos de La Horra no se puede entender

fuera del contexto en el que se sitúan, tanto en el histórico como el actual, y especialmente en el marco de La Ribera, en el que La Horra ha sido desde antiguo un elemento prominente, que continúa siéndolo en La Ribera moderna, la cual, a su vez, se ha convertido en un enclave destacado y señero en los grandes territorios vinícolas del mundo.

1. LA HORRA Y LA RIBERA EN EL CONTEXTO VITIVINÍCOLA ESPAÑOL, EUROPEO Y MUNDIAL

El municipio de La Horra es pequeño en extensión total (apenas 3.000 ha) y en superficie de vides (apenas 800 ha), aunque denso y muy especializado en viticultura y producción de vinos. Es más, este carácter obedece a una trayectoria larga, que se pierde en el tiempo, merced a una cultura ancestral en torno al mundo del vino y a las cualidades de su situación y emplazamiento, que le aportan algunas ventajas comparativas. Entre ellas, la de su clima, no diferente al del resto de La Ribera, aunque sí algo distinto del de los páramos aledaños de la mitad oriental de la cuenca del Duero. Y, además del clima, mediterráneo de altitud y, por lo tanto, con aridez estival y fresco, su emplazamiento sobre terrazas altas y plataformas de areniscas, que dan suelos poco aptos para el cereal, han orientado a estas tierras hacia una especialización temprana en vides y vinos. Ha sido su gran baza, explotada históricamente y potenciada en cada coyuntura favorable. La Ribera, y con ella especialmente La Horra, es una tierra de vides y vinos. Pero, debido a su escasa extensión, no puede competir en producciones ni con la de algunos municipios riojanos ni menos con los manchegos ni con otros bordeleses del bajo Garona, ni, por supuesto, con los californianos, los australianos o los mendocinos de Argentina; pero sí puede competir ventajosamente en calidad, pues la indigencia de las precipitaciones, la elevada insolación, los fuertes contrastes térmicos y algunas otras circunstancias ecológicas proporcionan a sus vides unas cualidades organolépticas excepcionales. Una rápida mirada a los viñedos del mundo, de Europa y de España puede ser ilustrativa y servir como marco de referencia.

1. Este trabajo fue presentado, como conferencia, en los Cursos de Verano 2009 de la Universidad de Burgos sobre *Técnica vitivinícola en la Ribera del Duero*, curso organizado por el Ayuntamiento de Aranda de Duero apoyado por el Consejo Regulador y, entre otros, por los HH de la Sagrada Familia. Ha sido elaborado como parte de un Proyecto de Investigación más amplio, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en la convocatoria de Proyectos I+D+i 2006-2009 (Referencia SEJ2006-15331-C02-01).



a) Superficie vitícola y producciones vnicas mundiales y europeas

De los casi 8 millones de hectáreas dedicadas a la vid en el mundo, aproximadamente la mitad se encuentra en la UE, que es el gran productor mundial, donde la cultura del vino tiene más largo arraigo (véanse cuadros y figuras 1 a 3, sobre extensión y producciones mundiales, europeas y españolas). Dentro de este conjunto, España destaca por su extensión, ya que no por su producción, pues, dado su clima mediterráneo, de escasas lluvias, sus producciones y rendimientos son cortos, aunque con notables diferencias regiona-

les. Es el país europeo y, por lo tanto, mundial, que más proporción de tierras destina a la vid, con casi un tercio del viñedo de la UE, aunque con bastante menor proporción de la producción de vinos, ya que sólo aporta unos 3,3 Millones tm al año, frente a los aproximadamente 16 M tm de la UE o los casi 30 M tm del mundo. Podemos decir, pues, que España es uno de los países más vitícolas del mundo y, aunque sus rendimientos quedan por debajo de los medios mundiales, contamos con unos viñedos de calidad, entre los que los de La Ribera del Duero están en la cima, a pesar de su escasa extensión y de su parco recorrido como tales.

	2001	2002	2003*	2004**	% Total Mundo
EUROPA	1.211	1.202	1.192	1.188	15,1
EUROPA	414	408	400	395	11,3
E.U.S.	492	473	466	466	10,6
Resto del mundo	426	415	415	391	4,9
China	185	183	182	187	2,4
Estados Unidos	148	150	157	151	2,1
Total Mundo	7.892	7.860	7.813	7.818	100,0

Cuadro 1. Superficie de vid en el mundo (miles de hectáreas)

*Provisional **Previsión; Fuente: O.E.C.D. Trabajo de Carolina Argüello Carrasco. Política Agraria. 26 octubre 2006

PAIS	CAMPAÑA 2001-02	CAMPAÑA 2002-03	CAMPAÑA 2003-04	CAMPAÑA 2004-05	CAMPAÑA 2005-06	CAMPAÑA 2006-07	CAMPAÑA 2007-08	CAMPAÑA 2008-09	CAMPAÑA 2009-10
EU*	11777	12090	11917	11500	11000	10901	11000	11700	10000
USA	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180
Argentina	1101	1100	1112	1100	1100	1101	1101	1101	1100
Australia	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Brasil	100	100	100	100	100	100	100	100	100
China	100	100	100	100	100	100	100	100	100
India	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Indonesia	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Italia	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Japan	100	100	100	100	100	100	100	100	100
USA	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Other	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TOTAL	12100								

Cuadro 2. Producción de vino en el mundo (1.000 hl)

**Estimaciones; Fuente: Comisión Europea. Trabajo de Carolina Argüello Carrasco. Política Agraria. 26 octubre 2006

PAÍS	SUPERFICIE (1000 ha)	% DE TOTAL
Polonia	237	0
Dinamarca	104	2
Grecia	86	2
Alemania	20	0,5
Lituania	0	0,01
Hungría	1	0,25
Suecia	12	3
EU-25	1448	100

Cuadro 3. Superficie de vid en la UE en 2005 (miles de hectáreas)

Fuente: Comisión Europea. Trabajo de Carolina Argüello Carrasco. Política Agraria. 26 octubre 2006

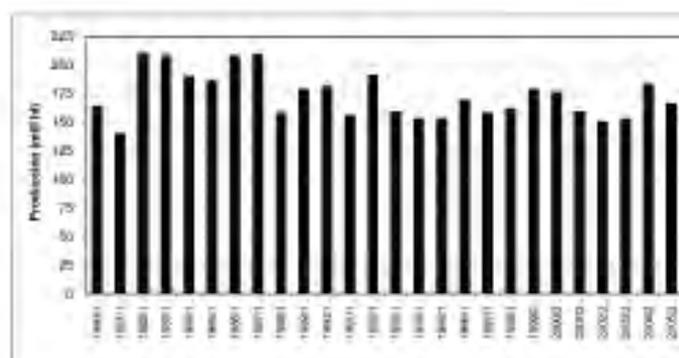


Figura 1. Producción de vino en la UE

2003/2005 Provisionales. 2005/2006 Estimaciones; Fuente: Comisión Europea. Trabajo de Carolina Argüello ...



b) Los viñedos de España y de La Ribera

En este descenso escalar que planteamos, tenemos que continuar insistiendo en la exigüidad de los viñedos durienses y ribereños frente al conjunto de los españoles, pues no existe parangón entre las 600.000 ha manchegas, y los viñedos masivos de Utiel-Requena, de Tierra de Barros, frente a las escasas 22.000 ha de La Ribera; asimismo, La Rioja duplica ampliamente la superficie vitícola ribereña, por lo que es incuestionable la parquedad superficial de La Ribera, que se acompaña de una mayor parquedad productora. En efecto, los rendimientos de aquí, bajos, con cantidades de en torno a los 5.000 kg de uva/ha, tampoco deben ser superados si se quiere mantener la excepcional calidad que suele acompañar a estos vinos.

Tanto en la UE como en España, la superficie vitícola está en retroceso, por motivos de unas producciones excedentarias, que obligan a aminorar las cosechas y a buscar nuevas salidas al cultivo. Sin embargo, frente a lo que sucede en la UE y en otras regiones de España, en el Duero, y especialmente en la Ribera, la tendencia es contraria: en las altas tierras durienses, frente a lo acontecido en otras coyunturas históricas, la expansión de los viñedos es una realidad incuestionable, que está operando con fuerza inusitada y en contra de lo que habían sido las previsiones hasta hace dos decenios.

Como se aprecia en las figuras 2 y 3, la superficie vitícola española no ha dejado de retroceder desde los años 1980, aunque viene haciéndolo desde la crisis del éxodo rural en los de 1960 (véase figura 2), pero, curiosamente, esta caída superficial se ha acompañado de un mantenimiento de las producciones, por intensificación y modernización (véase figura 3), proceso que ha afectado a todas las regiones vitícolas, aunque con grandes disparidades.

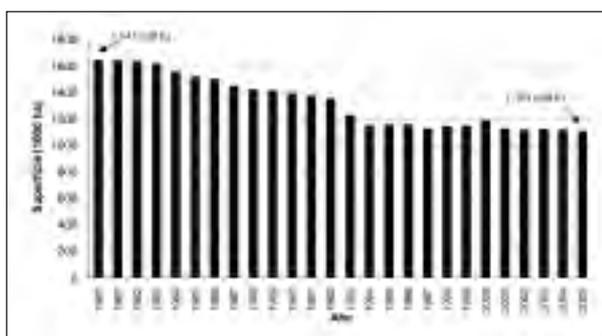


Figura 2. Evolución de la superficie vitícola de España. 1980-2006. Fuente: Comisión Europea. Tomado de Carolina Angulo Carrasco. Política Agraria. 26 octubre 2006.

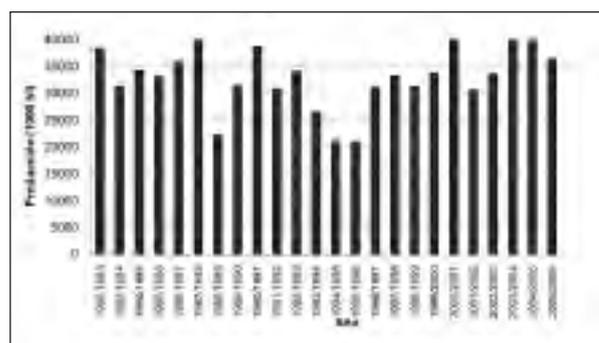


Figura 3. Evolución de la producción de vino en España. 1982-2006. 2003/2005 Provisionales; 2005/2006 Estimaciones. Fuente: Comisión Europea. Tomado de Carolina Angulo Carrasco. Política Agraria. 26 octubre 2006.

Ahora bien, lo llamativo de la evolución reciente de superficies y producciones es la tendencia alcista en la Ribera del Duero y en otras comarcas del Valle, que va a contracorriente del sentido de la historia. Esta evolución se basa en un factor singular: la valorización de los caldos ribereños a partir de la creación de la Denominación de Origen "Ribera del Duero", una denominación que ha conseguido un éxito acelerado y arrollador, como no se había logrado precedentemente en otras denominaciones españolas, a pesar de que, como se aprecia en el mapa, las D.O. se han multiplicado y hasta invadido el territorio español.

Una invasión relacionada con un hecho clave: el incremento de la demanda de vinos de calidad a medida que el país aumentaba sus niveles de desarrollo y su capacidad adquisitiva. De este modo, como destaca el Ministerio de Agricultura (actual MARM) en su panel alimentario, mientras el consumo de vinos de mesa está cayendo sin haber tocado fondo, el de vinos de calidad, con D.O.

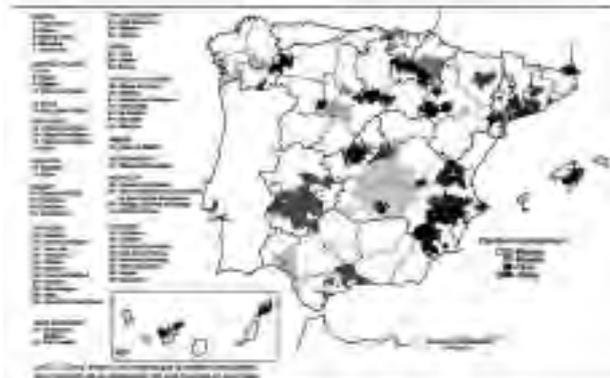


Figura 4. Principales D.O. de vinos de España en 2003. Fuente: MAPA, 2004, Atlas de la España Rural.



Figura 5. Los viñedos del Valle del Duero y sus D.O.

Rueda, la primera en 1980, se expandió con fuerza; pero no tuvo la capacidad ni la intensidad ni la potencia de La Ribera (aprobada en 1982), que, con sus 22.000 ha inscritas, ya en cabeza de todas las D.O., tanto por extensión como por valor.

Ni Rueda, con 9.500 ha, ni Toro, con sus 6.000 ha, ni El Bierzo, con sus 4.000 ha inscritas, han sido capaces de desbancar a La Ribera, por más que El Bierzo y Toro sigan sus pasos.

Otras D.O., como Cigales, La Tierra del Vino de Zamora, o Las Arribas, no tienen todavía ni la entidad ni el dinamismo de las anteriores.

(Tomado de Humbert, Valenzuela y Moltnero, 2010): Un cuarto de siglo de la España Europea. Madrid, Casa de Velázquez)

especialmente, está remontando suavemente, pero sin parar. Así, el consumo por habitante y año de todo tipo de vinos habría pasado desde los 60 litros de hace algo más de tres décadas a 46,6 litros en 1987 a 32,5 en 1992, a 28,3 en 2003 y a 18,6 en 2008; por el contrario, los vinos controlados mediante etiquetas de calidad (v.c.p.r.d., que incluyen cavas, espumosos y vinos con D.O.P.) están aumentando y en 2008 alcanzaban en España una media de 8,84 l/hab/año, habiéndose incrementado su consumo un 8% con respecto a 2007, según las fichas de consumo alimentario del Ministerio de Agricultura, en tanto que el conjunto de los vinos caía en la misma proporción, y ésa es la clave del auge de los viñedos y vinos del Duero y de otras regiones vitícolas ibéricas.

Los viñedos del Valle del Duero representan las dos terceras partes de los de Castilla y León y, dentro del Valle, la mitad se localiza en La Ribera, que se ha convertido en La Meca del vino tinto en España. Ha sido tan grande su fuerza expansiva que ha eclipsado a cualquier otro aprovechamiento agrario. Así, mientras en los años 1960, 1970 y 1980 el viñedo estaba en plena regresión y en todos los pueblos se arrancaban viñas y hasta se llegaron a vender los edificios de algunas bodegas cooperativas, como el de la de Boada de Roa o el de Gumiel de Mercado, a partir de finales de ese último decenio, cuando ya había cuajado la D.O., se cambió completamente la tendencia. Hasta entonces los agricultores se habían orientado hacia el regadío como método de aprovechamiento de la tierra intensivo y remunera-

	Superficie total municipal 2007	Total viñedo para vino 2007	Total viñedo para vino 1985	% de variación 1985 a 2007. Viñedo	Hectáreas de regadío 2007	Hectáreas de regadío 1985	% de variación 1985 a 2007. Regadío
D.O. P. Tierra del Vino	192.466	3.924	4.408	11,8	25.294	19.664	28,8
D.O. P. Arribes	170.828	3.308	5.773	-42,7	134	223	-39,9
D.O. P. Cigales	55.720	3.437	2.489	38,1	5.245	4.349	20,6
D.O. P. Toro	70.844	5.808	4.342	33,8	17.173	9.830	74,7
D.O. P. Ribera del Duero	344.655	20.630	12.118	70,2	24.976	29.884	-16,9
D.O. P. Rueda	288.359	10.242	7.343	39,5	58.072	37.701	54,0
Total general	1.122.872	47.349	26.512	29,7	130.894	101.651	28,8

Cuadro 4. Distribución y proporción del viñedo y el regadío en los municipios con D.O. de vino en el Valle del Duero en 1985 y 2007. Fuente: MAPA y Consejería de Agricultura de la Junta de C. y L.: *Documentos 1-T sobre Distribución de Cultivos y Aprovechamientos por municipio, en los años respectivos.*

	Superficie total municipal 2007	Hectáreas de viñedo para vino 2007	% del viñedo de Castilla y León	Hectáreas acogidas a la D.O.P.	Año de creación de la D.O.P.	Número de viticultores acogidos	Número de bodegas acogidas
D.O. P. Tierra del Vino	192.466	3.924	5,5	800	2007	250	7
D.O. P. Arribes	170.828	3.308	4,6	750	2007	630	21
D.O. P. Cigales	55.720	3.437	4,8	2.680	1991	594	39
D.O. P. Toro	70.844	5.808	8,1	5.500	1987	1.200	48
D.O. P. Ribera del Duero	344.655	20.630	28,7	21.000	1982	8.375	244
D.O. P. Rueda	288.359	10.242	14,3	9.011	1980	1.360	53
Total general	1.122.872	47.349	65,9	39.741	—	12.409	412

Cuadro 5. Viñedo y bodegas en las D.O. P. del Valle del Duero en 2007. Fuente: Consejería de Agricultura de la Junta de C. y L.: *Documentos 1-T sobre Distribución de Cultivos y Aprovechamientos por municipio;* <http://cyl.nortecastilla.es/vinosybodegas/> (web de Javier Pérez Andrés); páginas web de las D.O.

dor; desde entonces se va reorientando éste en beneficio de la vid, pues si hasta la entrada en la CEE el viñedo se consideraba, y era, un cultivo exclusivamente de secano, a partir de finales de los ochenta, empezó también a ocupar las vegas y las tierras del regadío, incluso aunque no se regasen las viñas.

La razón de este cambio drástico hay que buscarla en un hecho simple: la rentabilidad del viñedo empezó a crecer y a superar a la de los cultivos típicos del regadío: la remolacha, la patata y la alfalfa, por más que esta situación no se alcanzara hasta avanzada la década de 1990, que fue cuando realmente se produjo la eclosión de los viñedos ribereños. Como se aprecia en el cuadro 4, la pérdida de superficie regada en La Ribera desde antes del ingreso en la CEE hasta hoy ha sido de un 16,4%, una proporción baja, porque, en efecto, las viñas prosperan mejor y están menos sujetas a enferme-

dades en suelos secos; ahora bien, el progreso del viñedo fue del 70,2%, porque su valor y su fuerza expansiva ha llegado a todos los rincones.

Ese vigor vitícola, que continúa imparable, ha provocado un auge espectacular del número de bodegas, que, con capital español y foráneo, está provocando un resurgimiento de la superficie de vides, la cual, a su vez, se renueva y moderniza, rompiendo la configuración del parcelario tradicional. El paisaje de La Ribera actual dista mucho del pasado, pues allí donde había un sinfín de pequeñas parcelas de cereal se han asentado grandes fincas y bodegas, como es el caso llamativo del Condado de Haza, que ha construido una finca de 350 ha allí donde había innumerables parcelas familiares, pero, junto al Condado de Haza, se han instalado también otras bodegas en terrenos de La Horra, así como otras grandes fincas y bodegas sobre antiguos pagos formados por



Figura 6. Bodegas Condado de Haza (de Alejandro Fernández), construidas sobre las terrazas más bajas del Duero, con una gran finca, resultado de la compra y anexión de varios centenares de pequeñas parcelas.

La cinta de árboles que serpentea en el Valle, dibuja las riberas del Duero sobre su extensa vega, cerrada por los páramos.

Foto: Molinero-Cascos, agosto de 2009.

una pléyade de tierras menores de 1 ha. El cuadro 5 y la figura 6 nos aproximan a estos hechos.

En efecto, de los cuatro centenares largos de bodegas inscritas en las D.O. del Valle del Duero, 244 pertenecen a La Ribera y cada vez son más los empresarios y viticultores autóctonos que construyen otras nuevas y que implantan viñedos sobre tierras cerealistas u otras. Por otro lado, las nuevas técnicas, sobre todo las espalderas, se han generalizado, aunque aún se conservan algunas viñas en vaso, y la fragmentación del parcelario tradicional, en forma de mosaico de infinitas teselas, ha dado paso a la racionalidad de las parcelas ortogonales y de las alineaciones monótonas, aspectos visibles en toda La Ribera, incluida La Horra.

2. LAS COYUNTURAS DE LA VITICULTURA HORRENSE

La Horra, lo mismo que cualquier otro núcleo rural, ha pasado por distintas y dispares coyunturas socioeconómicas que han dejado su huella en el territorio. Tradicionalmente, los pueblos vitícolas solían concentrar más gente, por cuanto el viñedo, cultivo enteramente manual, exigía unos trabajos del orden del doble que el cereal. Aproximadamente requería unas 30 a 35 jornadas de trabajo por hectárea, frente a las 17 de los cultivos cerealistas, con la particularidad de que daba una cosecha todos los años, mientras las tierras de "pan llevar" lo

hacían uno de cada dos. Era una ventaja y un tributo que había que pagar, pero, en general, las comarcas vitícolas tenían más gente, más actividades económicas y más diversas y, por lo tanto, más posibilidades de "ganarse el pan". Era la ventaja de los pueblos viticultores frente a los de agricultores cerealistas; de ahí que la densidad de población de aquéllos duplicara a menudo a la de éstos.

a) Economía y sociedad tradicionales en La Horra

La actividad agraria preindustrial en La Ribera y en La Horra se basaba en el aprovechamiento de un extenso labrantío de vides y panes, que ocupaba el 75,8% del espacio agrario (Molinero, F., 1975: 81), si bien este valor era realmente menor, porque en ese cálculo no se tenían en cuenta algunos montes comunales o de propios. Estos datos, basados en el Catastro del Marqués de la Ensenada de 1752, daban para La Horra unos resultados todavía más abultados. Así, traduciendo a medidas actuales las declaraciones realizadas en fanegas por los vecinos que respondían a la Encuesta de Ensenada (Ministerio de Hacienda) en ese año, tendríamos los valores y proporciones que se recogen en el cuadro 6, en el que se aprecia que la proporción de viñedo sobre el espacio declarado como propiedad vecinal alcanzaba un 56,4%, casi el doble de lo que se declaraba en el resto de municipios ribereños analizados.

Y es que, en efecto, esa especialización vitícola se ha mantenido a lo largo de la historia, pues en 1850, un siglo después, La Horra aparece con 603 ha de viñedo en los Amillaramientos de la Riqueza Rústica y Pecuaria, por delante de Nava de Roa (con 527 ha) y de Roa (con 498,3) (Molinero, F., 1975: 88). Otro siglo más tarde, hacia 1960, La Horra continúa a la cabeza de la densidad vitícola ribereña, como pone de manifiesto A. Huetz en su magnífico estudio sobre los viñedos del NO de España, donde aporta los datos de distribución de aprovechamientos en los municipios ribereños, en los que se ve cómo La Horra continúa estando a la cabeza por densidad de vides, sólo superada por Anguix. (véase figura 7), si bien éste tiene bastante menos viñedo, por ser más pequeño.

La entidad e importancia del viñedo horrense ha sido y es incuestionable. Lo confirman las valoraciones que hace Juan Mambrilla a finales del siglo XIX, pero se puede ver también en un testimonio gráfico de indudable valor, como es el Mapa Topográfico Nacio-



	La Horra		Otros municipios ribereños**	
	Hectáreas	%	Hectáreas	%
Montes y eras	66,7	6,9	2.332,5	22,7
Prados y eras	4,7	0,5	174,6	1,7
Huertos	14,5	1,5	128,3	1,2
Sembradura	337,1	34,8	4.669,3	45,3
Vitícola	546,9	56,4	2.992,8	29,1
Total	969,8	100,0	10.238,0	100,0

Cuadro 6. Distribución del espacio agrario en La Horra y otros municipios ribereños a mediados del s. XVIII*

* El espacio agrario declarado en Ensenada como propiedad vecinal no suele incluir los montes, especialmente los comunales; en el caso de La Horra es evidente que no se declara el de Villalobón.

** Castrillo de la Vega, Fuentecén, Gumiel de Mercado, Hoyales de Roa, La Aguilera, Nava de Roa y Roa de Duero.

Fuente: Catastro del Marqués de la Ensenada, tomado de Molinero, F. (1975: 78).

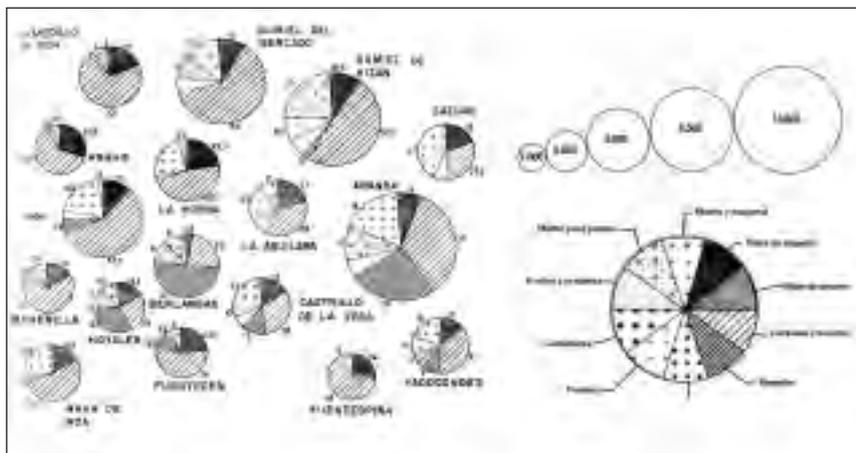


Figura 7. Distribución de los aprovechamientos agrarios en los municipios de La Ribera burgalesa en 1960.

Los círculos son proporcionales a la extensión del término municipal. Aunque en la leyenda original aparecen viñas de regadío, no corresponden a esta región; son todas de secano en esas fechas. Fuente: A. Huetz, 1968.

nal de España, a escala 1/50.000, elaborado en 1935, que en su Hoja 345 (Roa de Duero), aparece La Horra con una vasta extensión de viñedo, que podríamos calificar de monocultivo, pues prácticamente todo el término municipal, excepto el monte de Villalobón, aparece ocupado por la vid, tal como se aprecia en la figura 8, si bien las viñas estaban intercaladas con tierras de "pan llevar", por lo que éstas quedan encubiertas por la cobertura de aquéllas.

b) La crisis del éxodo rural y el decaimiento de los viñedos en La Horra y en La Ribera

Pero esta huella vitícola centenaria iba a sufrir los embates del cambio de coyuntura agraria y social.

Los años de modernización de la agricultura española, desde 1960 en adelante, con el consiguiente proceso de mecanización, de emigración de jornaleros y de incremento consecuente de los salarios, fueron diezmando los viñedos de España y especialmente los de las comarcas menos adaptadas y adaptables a una viticultura tecnificada. Ni los precios del vino ni los salarios recridos permitieron mantener las densidades anteriores. El descepe se impuso como norma.

En el año 1975 La Ribera había perdido ya su personalidad vitícola. En la Tierra de Roa la vid ocupaba tan sólo un 16,8% del labrantío o un 12,9% de la superficie municipal y, sólo entre 1969 y 1975 se arrancaron un 11,5% de sus viñas, si bien en el vecino pueblo de Sotillo se llegó a descepar la mitad. En La Horra, desde 1968 y hasta entrados los años 1980, no se plantaban viñas nuevas. Según los socios de la cooperativa Santa Eulalia, sólo en 1974 se desceparon 40 ha, equivalentes al 5,6% del viñedo municipal y otro tanto hicieron los socios de la cooperativa Virgen de la Asunción, que reunía a un mayor número de viticultores (Molinero, F., 1979: 229).

Los años gloriosos del viñedo habían comenzado a decaer inexorablemente y el proceso parecía irreversible, debido al carácter diminuto de las parcelas, a la elevada densidad de cepas por hectárea, al bajo precio del vino y la encarecida mano de obra de los jornaleros. De hecho, en La Horra no parecía posible superar el umbral de las 700 ha de viñas, conseguido antes de la crisis del éxodo rural. Todavía en 1985 los documentos 1-T daban una cifra de 620 ha en el municipio, lo que demuestra la resistencia a eliminar la vid y a convertir las viñas en campos de cereal, como había sucedido en Sotillo y como estaba sucediendo en otros terrenos ribereños.



Figura 8. Fragmento del MTN 1/50.000 del IGN. Hojas 345 y 346 (Roa y Aranda).

El límite del término municipal de La Horra aparece claramente cubierto por el símbolo del viñedo, muy distinto de lo que sucede en los lechos de los arroyos y en la vega del Duero, tanto en Anguix como en Roa y Berlangas,

donde apenas quedan vides, sustituidas por los aprovechamientos cerealistas y otros propios del regadío, al contrario de lo que se ve en Olmedillo y Sotillo, donde dominan también los viñedos.

Pero la adaptación a las coyunturas cambiantes iba a traer nuevos días de gloria como nunca antes se habían conocido. De hecho, en 2007 La Horra volvió a pasar con creces el umbral crítico de las 700 ha hasta alcanzar las 768, sin que ello signifique que el proceso de crecimiento haya terminado, porque la valoración de los vinos ribereños está en plena expansión y, como apuntamos más arriba, el incremento del nivel de vida en la sociedad española y la demanda de vinos de calidad ha permitido descubrir las potencialidades y calidad de los vinos ribereños que hoy aparecen dando la talla en concursos internacionales, porque La Ribera ha adquirido fama mundial como comarca de vides y vinos, por más que esas cualidades hayan estado apagadas durante siglos, si bien algunos pioneros habían dado muestras tempranas de que los vinos de La Ribera, y concretamente de La Horra, podían aspirar a las cimas que hoy han conquistado. No es ocioso a

este respecto destacar que las bodegas Hermanos Sastre han recibido una calificación de 97 puntos de Parker para su *Pesus 2005* (en *The Wine Advocate 2009*) o 95 para el *Regina Vides* de 2004, por citar sólo los premios más recientes.

3. JUAN MAMBRILLA Y MARTÍN DUMAS COMO PROMOTORES DE LOS VIÑEDOS Y VINOS DE LA RIBERA

En efecto, Juan Mambrilla, ilustre prohombre horrense, hombre del derecho y hombre de bien, había nacido en 1828; estudió jurisprudencia entre los años 1842 y 1849 y fue nombrado decano de la Facultad Literaria de Valladolid por Antonio Maura, Ministro de la Gobernación, en 1903. Estaba casado con Encarnación de Prado, de la que tuvo dos hijos, que murieron jóvenes. Desde entonces el matrimonio se dedicó a "hacer el bien", con una clara preocupación por

los problemas sociales, además de por los viñedos y por los vinos, como lo demuestra el hecho de que fueron galardonados en un concurso internacional en París. Murió en 1905. Su mujer continuó la obra que ambos habían emprendido y estimaron oportuno ceder parte de sus propiedades de viñas, casas y tierras a diversas organizaciones religiosas, de manera que, cuando llegó el Hermano Martín Dumas a España, huyendo de la persecución que sufrían en Francia, recibió la oferta de Dom Guépin, compatriota suyo, y a la sazón abad de Silos, de fundar una casa en La Horra, aprovechando la oferta, de carácter piadoso y social, de doña Encarnación de Prado.

Aquellos tiempos no eran demasiado boyantes ni económica ni socialmente. A aumentar las dificultades se sumaba la plaga de la filoxera, insecto que atacaba las raíces de la vid y que en unos años las

secaba. Era un problema muy sentido y temido en las tierras ribereñas, que prácticamente tenían una economía vitícola, que empleaba una abundantísima masa de jornaleros, quienes veían amenazada su supervivencia. Juan Mambrilla como viticultor experto y empleador de una parte de esos jornaleros horrenses, estaba hondamente preocupado y en diversas ocasiones había mandado analizar y seguir atentamente la evolución fenológica y sanitaria de las viñas para impedir el atajar el problema o, en su caso, resolverlo. Algunas cartas suyas a laboratorios catalanes muestran semejante preocupación.

Éste era el contexto en el que se movían Juan Mambrilla y Martín Dumas, quien, como francés que había conocido ya la plaga filoxérica, se enfrentaba a una situación para él conocida y que, en todo caso, debería resolver si no quería contemplar languideciente al pueblo de La Horra y a su posterior fundación.

a) Los problemas de la filoxera en La Ribera y en La Horra

Ciertamente, las tierras del interior de España tardaron en ser afectadas por este insecto, que se desplazaba dificultosamente por las altas planicies de los páramos fríos de la cuenca del Duero. Por ello, incluso algunos pagos ni siquiera la sufrieron, pero la preocupación no era infundada, como evidencian Camarero Bullón o Solano Sobrado. El insecto, que ya había arrasado los viñedos franceses, estaba penetrando desde la costa hacia el interior y, según esta última autora, todavía en 1909 no había llegado apenas a las tierras ribereñas de Burgos, cuando ya en España estaba culminando el proceso de invasión. El segundo decenio del siglo pasado tuvo lugar la gran invasión filoxérica de la comarca, como lo demuestra la fuerte emigración. Fue precisamente el año 1909 el año de entrada de la filoxera en La Ribera y su expansión no se hizo esperar, con las funestas consecuencias demográficas (Molinero, F., 1979: 149 y 180)

En la provincia de Burgos, en 1909, no había más que un 31,5% de la superficie vitícola filoxerada, habiendo sido destruidas 3.194 ha de las 38.000 totales y estando afectadas otras 8.800 (Camarero Bullón, C., 1989), pero esta tardanza en llegar contrasta con la preocupación general, pues ya en 1881 Juan Mambrilla había mandado analizar sus viñas de La Horra, como se aprecia en la carta que le diri-

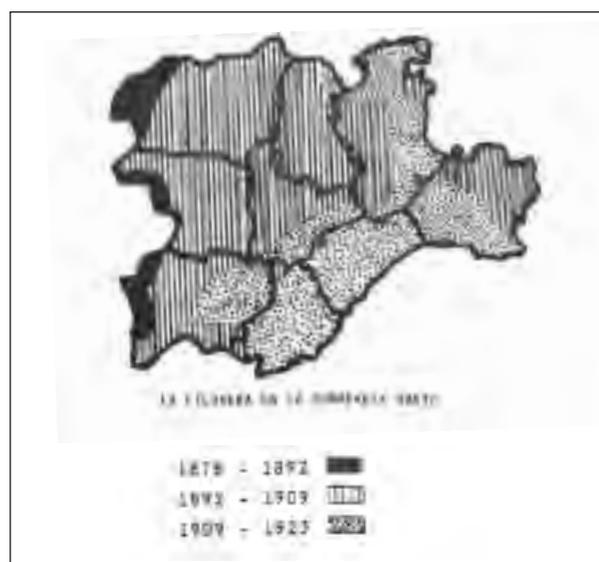


Figura 9. La invasión filoxérica en Castilla y León. 1878 a 1923.
Fuente: Solano Sobrado, M.T. 1991.

ge Marcial Prieto (con fecha de 28 de octubre de 1881), en la que le comunica las conclusiones que ha sacado de las investigaciones que por orden del mismo señor (Juan Mambrilla) ha realizado en una viña suya de La Horra. Dicha viña presentaba síntomas de enfermedad. Las circunstancias en que ha realizado las observaciones, la época del año y el día lluvioso le impiden sacar conclusiones fiables sobre la enfermedad que probablemente era filoxera. Pero esas conclusiones se demostraron infundadas, pues todavía tardó casi tres decenios en llegar, aunque llaman la atención algunos párrafos de la carta por la minuciosidad con que se realizan las tomas de muestras de raíces y, por otro lado, la preocupación social manifiesta, dado que según dicen, intentan establecer si la causa de la enfermedad de la vid "...es la filoxera, por cuanto ocasiona la muerte de la planta en un plazo mucho más breve (que otras enfermedades) y esa gravedad aumenta con la circunstancia de presentarse en una comarca donde el cultivo de la vid constituye casi su total riqueza".

Los temores de Juan Mambrilla no se materializaron hasta unos cuantos años después de su muerte, pero, entretanto, el ilustre horrense nos demostraba su preocupación y capacidad de elaborar vinos de calidad, que fueron premiados por la Comisaría Delegada de España en la Exposición Internacional de París de 1878. Desde esta Comisaría se dirigen por carta a Juan Mambrilla, pidiéndole que "habiendo obtenido premios de 1ª y 2ª clase en la exposición Nacional Vinícola de Madrid, y, como Ud.

sea uno de los agraciados con la referida distinción, espero se sirva cooperar enviando 6 botellas lacadas de vino de uva con la siguiente etiqueta: "vino superior de la rivera M. P"... (Carta de Marcial Prieto, desde la Comisión Provincial de Burgos, con sello de la Expo de París de 1878, fechada en 28 de enero de 1878). Añaden que envíe las 6 botellas de cada uno de los vinos que quiere exponer, cumpliendo las prescripciones de vidrio puro, lacado, en cajas de serrín... Y continúan "... Habíamos acudido a las anteriores (Exposiciones) universales con todos nuestros productos sin calcular que, siendo muchos de ellos impresentables, se perjudicaba nuestro crédito industrial rebajándonos grandemente como marcas productoras"...

En esa exposición el Jurado Internacional premia con una mención honorífica las bebidas fermentadas presentadas por D. Juan Mambrilla. Se lo comunica mediante carta de 26 de agosto de 1878, fechada en París y firmada por el Comisario Delegado (Ilegible). Por el interés indudable que ofrece no sólo el premio, sino la explicación que da del método de elaboración del vino premiado, no podemos dejar de transcribirlo:

La uva de la que se fabrica este vino es de la llamada en el país aragonesa, tinta de hollejo fuerte y mucha parte curtiente o tánico. El mosto daba catorce grados y medio del pesa mostos, aunque ordinariamente no suele pasar en la localidad de doce y medio a trece grados. [Sin duda] debido a lo excepcional del año y a la situación de la viña. El terreno de ésta es cascajoso en el suelo y fuerte o barroso con manchas de calcio en el subsuelo.

La uva se separa del rampojo por medio de una desgranadora de madera, cociendo la uva en grandes tinos o cocederas de madera de roble, abierta por arriba, de doscientas cántaras de cabida cada una. El mosto se tira a las cubas cuando se aproximaba a cero del referido pesa-mosto.

En el mes de enero del primer año se trasegó a pipas de 27 a 30 cántaras azufranditas (sic) previamente, volviéndose a trasegar en el mes de marzo y en el de septiembre. El segundo año llevó dos trasiegos y uno en los sucesivos. De este modo se ha conseguido conservarlo cinco y más años, cuando lo fabricado por el método

común del país apenas puede resistir los calores del primer estío.

Generalizada esta fabricación, podría venderse al segundo y tercer año a precios relativamente módicos.

Valladolid, Febrero, 21 de 1877

La herencia, pues, de Juan Mambrilla es clara: tiene una preocupación no sólo por la calidad de los vinos, como lo evidencian esos premios nacionales e internacionales, sino también por los aspectos sociales, de lo que es revelador la última frase con la que remata el método de elaboración: *Generalizada esta fabricación, podría venderse al segundo y tercer año a precios relativamente módicos*; no sólo quería hacer buen vino, sino que lo quería hacer asequible.

Esta preocupación social la mantuvo su mujer y la potenció grandemente uno de sus herederos materiales y espirituales: el Hermano de la Sagrada Familia Martín Dumas, de quien podríamos decir que tenía alma de apóstol con espíritu empresarial. Tras recibir la oferta de doña Encarnación de Prado para construir un centro con carácter cultural y religioso en las casas que el matrimonio tenía en La Horra, se puso manos a la obra, arreglando las casas y montando la escuela. Su trabajo era febril, pues llegaba justo cuando la filoxera empezaba a devastar los viñedos del interior del Duero, incluidos los ribereños.

Tras unos primeros momentos de duda sobre las prioridades para establecer la Fundación, rápidamente tomó conciencia de que lo prioritario era la obra social. Las dificultades económicas de numerosas familias y la imposibilidad de acoger a muchos niños, le condujeron a reclutar a una docena de muchachos a los que pretendía dar enseñanza religiosa, pero sobre todo cultural y civil. Su preocupación social por los más desvalidos del pueblo era evidente, lo mismo que su entrega al trabajo y a la recuperación del viñedo como medio de evitar la emigración, que estaba apareciendo como la "plaga" más temible en el medio rural castellano en esos momentos.

En este sentido, no es ocioso recordar las palabras de Julio Senador, quien decía que "poblaciones importantes como Dueñas, Fuentecén, Matapozuelos y Cigales quedaron reducidas a la tercera parte



de su vecindario y los partidos judiciales de Medina del Campo, Valoria, Lerma, Peñafiel, Nava del Rey, Briviesca, Roa y otros innumerables lanzaron sobre las ciudades trenes enteros de cultivadores arruinados. No fue una fuga, fue una desbandada" (Senador Gómez, J., 1915: 105)

De ahí que el Hermano Martín, conocedor de la importancia del viñedo para La Horra, lo primero que hizo fue crear viveros de plantas con patrón americano para injertar y salvar las vides de la ruina. Curiosamente, escribe a todas partes, y especialmente a unos viveros en Villafranca del Panadés solicitando pies americanos, que él mismo, junto a otros vecinos del pueblo, empieza a injertar. Asimismo, sabedor de la importancia de esta labor, creó la Cooperativa Vitícola Ribereña para injertar pies y entregarlos a los vecinos a un precio inferior al de mercado, logrando preparar 100.000 pies anuales, que cubrirían la reposición de entre 40 y 50 hectáreas, logrando crear empleos en estas actividades que evitaban la emigración masiva que se estaba produciendo en otras partes. Así, en la correspondencia que mantiene con los otros Hermanos residentes en Francia aparece constantemente el asunto de los injertos; concretamente, en una dirigida al hermano Gerásimo Christoud, de 23 de abril de 1909, le dice que "nosotros injertamos de la mañana a la noche".

Previamente, el Hermano Martín recibe una carta fechada el 24 de febrero del mismo año como respuesta a una solicitud que él había enviado a Jaimé Sabaté, propietario de viveros para injerto en Villafranca del Panadés. Transcribo algunos párrafos que demuestran la preocupación agronómica y social de Martín Dumas: "Hasta ayer no pudieron analizarse con la calma debida las muestras de tierra que sirvió enviarme. Todas las muestras en cuestión contienen entre el 10 y el 20% de cal y si bien algunos recomendarían para esos terrenos la Riparia x Rupestris 3309, yo le aconsejo se planten todas con Aramon x Rupestris Ganzin núm. 1, pues obtendrán con este pie americano muchísimo mejor resultado, por su considerable área de adaptación y fructificación abundante. ... Puedo servirles sobre este pie magníficos injertos de Tinto Aragonés así como en Tempranillo de Rioja... Todos los clientes que tengo en esa zona me dicen que tienen paralizados los trabajos de plantaciones por causa de las excesivas heladas..., de modo que en regiones frías y destempla-

das como ésa han de hacerse las plantaciones en diciembre o a mediados de marzo."

Ya hemos visto que la cooperativa a la que alude el viverista se montó y que los injertos y la sustitución de plantas se tuvo que hacer a marchas forzadas, por cuanto en 1909, nada más llegar a La Horra, la filoxera estaba ya atacando en la comarca. Curiosamente, para aminorar los efectos de la plaga, manda que antes de reponer una viña, la poden larga durante uno o varios años para que rinda más y puedan obtener mayor cosecha; de este modo, las viñas que iban a sustituir rendían ubérrimas cosechas los años precedentes (carta del 14 de agosto de 1909 del Hermano Martín al Hermano Carlos Viricel). En esa misma carta le dice que "los injertos están hermosos, los últimos los que más. Para ser una prueba, estoy contento..."; pero más adelante, en otra carta al mismo destinatario, con fecha de 16 de septiembre de 1909, dice que "las vides están en mal estado, se evalúa la cosecha en la mitad de la del año pasado. La filoxera hace grandes devastaciones, cada vez más. Es necesario plantar lo antes posible la mayor cantidad de plantas americanas"

Martín Dumas, que hablaba perfectamente el español, puesto que había pasado 15 años en Uruguay, llegó a La Horra en una coyuntura muy desfavorable, pero su espíritu emprendedor y su actividad le permitió ir cosechando éxitos en el pueblo y en toda la comarca. Predicó con el ejemplo, creando la escuela católica gratuita y moviendo a los vecinos del pueblo para que se uniesen en cooperativa para la replantación de las vides afectadas por la filoxera, promovió la creación de viveros, se preocupó de analizar los terrenos y de implantar las variedades de vid más adecuadas a cada uno; se preocupó de mejorar el tamaño de las parcelas mediante intercambio con otros vecinos, introdujo máquinas de desfonde (la "Malacata") para la implantación de vides y árboles; utilizó abono mineral, aprovechó y se basó en la experiencia de los agricultores locales.

Por todo ello, tuvo el reconocimiento de su Orden, que le nombró Superior General en 1921; igualmente, las autoridades provinciales de Burgos le nombraron Vocal del Consejo Provincial de Agricultura y Ganadería de Castilla la Vieja en 1917. Asimismo, tuvo un reconocimiento comarcal y local incuestionables, que no sólo nacía de su labor como líder de la comunidad religiosa y vecinal, sino de su profunda convicción y labor social. Prueba de esa



preocupación, y para ayudar a los más necesitados del pueblo, procedió a entregar a los criados y obreros de la Casa y a las sesenta familias más pobres de La Horra dos fanegas de tierra a cada uno en el Monte de Villalobón, de modo que los criados no pagaban renta alguna, los obreros una sola fanega y los demás fanega por fanega. Parece ser que todo el mundo quedó satisfecho.

CONCLUSIÓN

A modo de cierre, no queremos ignorar estas "pequeñas acciones", que pueden parecer actuaciones coyunturales de personajes inquietos, pero el ambiente que introdujo en La Horra Martin Dumas puede que constituyera la base de un movimiento cooperativo y de solidaridad que ha favorecido la convivencia y la dinámica positiva posterior en este pueblo ribereño. De hecho, la bodega cooperativa Santa Eulalia, fundada como Comunidad de Productores Vinícolas en 1950, la primera de la provincia de Burgos, nos muestra un camino seguido por algunos viticultores de La Horra para hacer frente a los problemas de elaboración y comercialización vónicas que por entonces empezaban a descollar; en los años 1956 y 1957 se crearon un gran número de cooperativas en España, amparadas y potenciadas por la Administración central y en La Horra se montó la magna cooperativa de Nuestra Señora de la Asunción en 1957. La validez de la respuesta cooperativa a los problemas de comercialización del vino es posible que haya quedado arrumbada en el tren de la historia, pero la labor social y técnica que supo realizar, infundir y difundir Martin Dumas, entre 1909 y 1921, es de obligado reconocimiento.

Y, para finalizar, cabe insistir en que la sociedad rural española, y con ella, la castellana y la ribereña, ha pasado por numerosas coyunturas, adaptándose en cada momento histórico a las necesidades y posibilidades que el medio ecológico y su propia capacidad y conocimiento les brindaban. La Horra y La Ribera son ejemplos claros del auge, la depresión y el éxito y hasta eclosión de la economía de la vid y el vino. En tan sólo un siglo han conocido el fracaso vitícola de la filoxera, superado con cierta rapidez merced a la información que ya se tenía de la plaga y de sus remedios, pero que nunca permitió una recuperación total. Desde los años 1920 hasta los de 1950, La Ribera, una vez repuesta de la filo-

xera, pasó por coyunturas difíciles, a las que la Guerra Civil contribuyó en gran manera. Cuando la economía y sociedad empezaron a recuperarse desde mediados del siglo pasado, sobrevino el problema de adaptación a una economía moderna, con mercados abiertos y más competitivos, en los que La Ribera no encontraba cabida. De este modo, la crisis del éxodo rural y el desplazamiento de los vinos ribereños por los riojanos y los manchegos, provocaron el hundimiento general del viñedo y la emigración masiva de sus gentes, que ya se habían visto obligadas a partir a raíz de la invasión filoxérica. En esta coyuntura de depresión absoluta, en los decenios de 1960 y 1970, de arranque de cepas y viñas y de dedicación al cereal, parecía que la partida estaba perdida. Sin embargo, bastó el incremento general del nivel de vida y la demanda de vinos de calidad en España, a la que La Horra y La Ribera se supieron adaptar magníficamente, para que se haya producido un vuelco total en las bases técnicas, económicas y sociales de los viñedos del Duero, ribereños y horrenses, que hoy transitan por la cresta de la ola, aunque todavía están por llegar olas de mayor altura.

BIBLIOGRAFÍA

Camarero Bullón, C. (1989): "La filoxera en la provincia de Burgos", en *Estudios Geográficos*, n° 197, pp. 531-552.

Congreso Agrario Regional del Duero (1945) LO TENGO YO.

Consejería de Agricultura de la Junta de Castilla y León (2008): *Documentos I-T sobre Distribución de Cultivos y Aprovechamientos en el término municipal, Año 2007*, para todos los municipios de Castilla y León.

Fernández Sancha, A. (2008): "Aranda de Duero en el primer tercio del siglo XX: marco histórico". *Biblioteca*, n° 22, pp. 33-66.

<http://cyl.nortecastilla.es/vinosybodegas/bloquetexto.cfm?portal=570&seccion=1080> (Web del Norte de Castilla, gestionada por Javier Pérez Andrés, con información de todas las D.O. P. de vinos de Castilla y León).

Huetz de Lemps, A. (2004): *Viñedos y vinos de Castilla y León*. Segovia, Junta de Castilla y León, 683 pp. La obra original está publicada en francés, en 1968: *Vignobles et Vins du Nord Ouest de l'Espagne*.

IGN: MTN 1/50.000. Hojas de Roa y Aranda N°s 345 y 346. Año 1935.



MAPA (1987): *Documentos 1-T sobre Distribución de Cultivos y Aprovechamientos en el término municipal, Año 1985*, para todos los municipios de España.

MAPA (2009): http://www.mapa.es/alimentacion/pags/consumo/año_movil_jul07-jun08/fichas_consumo.pdf (*Panel alimentario del M.A.P.A- Fichas de Consumo Alimentario. Año móvil Julio 2007 – junio 2008*) (Consulta del 15 de junio de 2009).

Ministerio de Hacienda: *Amillaramientos de la riqueza rústica y pecuaria*. Años 1850 y 1859. Archivo Histórico provincial de Burgos. Legajos 138, 148, 193, 196, 243 y 289, correspondientes a La Horra.

Molinero Hernando, F. (1979): *La Tierra de Roa: la crisis de una comarca vitícola tradicional*. Valladolid, Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, 343 pp.

Molinero Hernando, F. (1975): *La Tierra de Roa. La crisis de una comarca vitícola tradicional*. Valladolid, Dpto. de Geografía, Universidad de Valladolid, 343 pp.

Páginas web de todas y cada una de las D.O. P. (2009), con informaciones clave respecto a la superficie, rendimientos, variedades, bodegas, viticultores, marcas, historia...

Senador Gómez, J. (1915; 2ª ed. 1920): *Castilla en escombros*. Valladolid, 265 pp.

Solano Sobrado, M. T. (1991): *La crisis del viñedo: la filoxera en España*. (Tesis doctoral), Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid (Tesis doctoral), Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid.





El Corazón del Duero



Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera del Duero

www.riberadelduero.es | E-mail: info@riberadelduero.es | E-mail: experimentacion@riberadelduero.es
C/ Hospital, 6 | Tel. +34 947 54 12 21 | Fax +34 947 54 11 16 | 09300 ROA (Burgos)