2012

Ribera del Duero

PONENCIAS DEL XII CURSO DE VERANO. INNOVACIÓN VITIVINÍCOLA EN LA RIBERA DEL DUERO: SOSTENIBILIDAD II

DIRECTORES:

Alberto Tobes Velasco
Consejo Regulador de la D.O. Ribera del Duero

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

DIRECTORA ACADÉMICA:

M.ª Luisa González San José
Universidad de Burgos

El Corazón del Duero

CONSEJO REGULADOR DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN
RIBERA 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)

INNOVACIÓN VITIVINÍCOLA EN LA RIBERA DEL DUERO: SOSTENIBILIDAD II

Primera edición: mayo, 2013

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/ Carrequemada, 14
09400 Aranda de Duero (Burgos)

I.S.B.N.: 978-84-695-7197-2
Depósito Legal: BU–150–2013

Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

VITICULTURA

EL CONCEPTO DEL "TERROIR" EN EL VIÑEDO
JOSÉ HIDALGO TOGORES
Ingeniero Agrónomo y Enólogo
Asesor Técnico Vitivinícola 9

VARIEDADES TRADICIONALES ESPAÑOLAS DE VID
JESÚS YUSTE BOMBÍN
Doctor Ingeniero Agrónomo
Especialista en Viticultura 47

RETOS VITÍCOLAS ACTUALES APLICADOS A LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LA UVA Y DEL VINO
MONTSERRAT NADAL ROQUET-JALMAR
Doctora en Biología
Grupo Vitivinicultura, Facultad de Enología de Tarragona, Dep. Bioquímica y biotecnología
Universidad Rovira i Virgili (URV) 57

PAISAJES DEL VIÑEDO
V. GÓMEZ-MIGUEL. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). ETSIA Ingenieros Agrónomos
M. L. GONZÁLEZ-SAN JOSÉ. Universidad de Burgos (UBU). Facultad de Ciencias 67

ENOLOGÍA

ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN DE BARRICAS DE VINO COMO ALTERNATIVAS AL EMPLEO DEL SULFUROSO
ANTONIO TOMÁS PALACIOS GARCÍA
Doctor en Ciencias Biológicas
Laboratorios Excell Ibérica 91

EL ENÓLOGO DEL SIGLO XXI: COMO ADECUARSE A LA MADUREZ DE LA VENDIMIA MEDIANTE LA ELECCIÓN DE ITINERARIOS ENOLÓGICOS
VÍCTOR PUENTE LÓPEZ
Licenciado en Ciencias Biológicas y en Bioquímica. Enólogo
Director Científico Laffort España 103

APLICACIÓN DEL SO_2 EN ENOLOGÍA Y POSIBLES ALTERNATIVAS
EVA NAVASCUÉS LÓPEZ-CORDÓN
Doctora en Microbiología
Agrovin, S.A. 109

VARIOS

GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS Y RESIDUOS SÓLIDOS DE BODEGAS. PROYECTO SUSTAVINO
SILVIA PÉREZ MAGARIÑO
Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Investigadora del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León 121

PRESENTACIÓN DE LAS VARIEDADES Y VINOS DE LA REGIÓN DE DÃO
ANTÓNIO M. JORDÃO. Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior Agrária
Traducido por M.ª LUISA GONZÁLEZ SAN JOSÉ. Universidad de Burgos 131

VITICULTURA

EL CONCEPTO DEL "TERROIR" EN EL VIÑEDO

José Hidalgo Togores
Ingeniero Agrónomo y Enólogo. Asesor Técnico Vitivinícola

La suma de los factores vitícolas permanentes: clima, microclima, suelo y viñedo, definen el concepto del "terroir" en determinados vinos, donde su calidad y tipicidad se obtienen, no sólo con la variedad de uva y los procesos tecnológicos de elaboración y crianza, sino también con el concurso de la climatología y el suelo donde vegeta el viñedo. Este concepto puede abarcar desde un determinado viñedo, como unidad elemental de producción, hasta una comarca más amplia, donde se agrupan los viñedos y las bodegas bajo una Denominación de Origen o una organización similar.

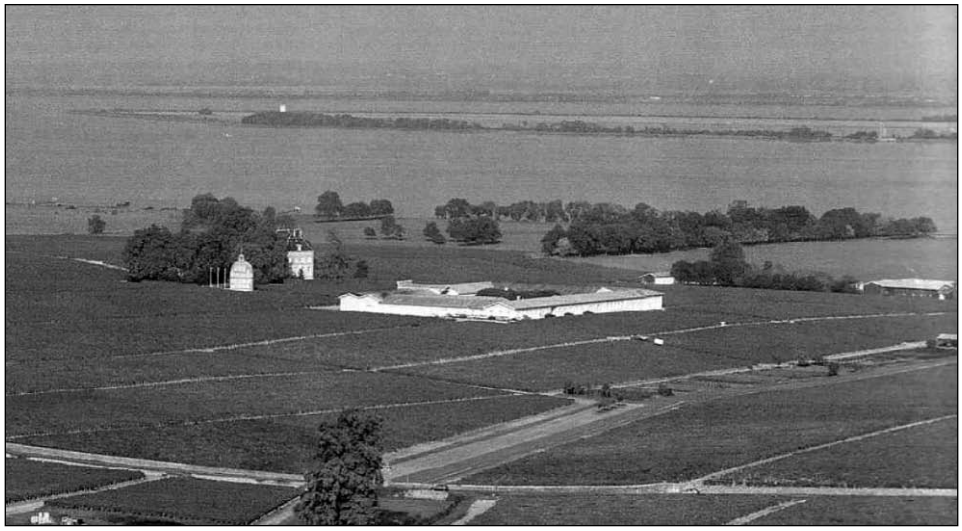
Este concepto diferenciador que los franceses lo llaman "terroir", traducido literalmente significa "terruño", definiendo algo más profundo y a la vez más extenso. Terruño es la expresión de un conjunto de factores naturales derivados del suelo, topografía y microclima, todos ellos dedicados al cultivo del viñedo y bajo la acción de la mano del hombre. El viticultor es una parte muy importante del terruño, pues a lo largo de los años de cultivo del viñedo, desde la preparación del terreno, hasta las sucesivas plantaciones y arranques, así como la aplicación de diversos sistemas y tecnologías de cultivo, interviene de tal manera que hace que un viñedo se vaya diferenciando de los situados en su entorno, y por lo tanto también los vinos elaborados a partir del mismo.

Los vinos de "terroir" también se conocen en diferentes zonas vitícolas con diferentes nombres, como el de "crus" en Burdeos, o "clos" en la Borgoña, tomando en nuestro país los nombres de "vinos de terruño", "vinos de pago" o "vinos de finca".

La primera identificación y definición metódica de los diferentes "terroir" de los que se tiene conocimiento fue llevada a cabo por lo monjes de la Edad Media, en particular por los monjes cistercienses de la Borgoña, de los que se dice que "degustaron los suelos" buscando descubrir sus secretos, dirigiendo sus esfuerzos por diferenciar los vinos según sus parcelas de cultivo, legándonos la compleja estructura que hace ser tan sorprendente la Côte d´Or.

Los archivos publicados por el Château Latour de más de trescientos años, revelan como se parceló el viñedo de algo más de 50 hectáreas en 19 parcelas, de acuerdo con el tipo de suelo, especialmente por el tamaño de los cantos rodados que cubren su superficie, drenaje, orientación y rendimiento. Al igual que otros cosecheros, las cosechas se dividían en Grand

Camino viejo de Monthelie a Volnay (Borgoña). Izquierda:
viñedo propiedad del Hospiciode Beaume (Cuvée Blondeau).



Château Latour (Pauillac, Burdeos, Francia).

Vin y Second Vin, procediendo los de menor calidad de los terrenos en pendiente con mayor proporción de arcilla, piedras más pequeñas, con peor drenaje y circulación de aire más frío.

Recientemente se ha confirmado que la ubicación del Château Latour tiene unas características únicas, sobre un banco de guijarros en pendiente hasta casi el borde del río Garona, siendo el lugar del Mèdoc menos propenso a las heladas, pues el constante flujo y reflujo de las mareas en el estuario, contribuyen a mantener el aire en movimiento, evitándose de este modo las heladas, así como también las temibles granizadas.

Sin embargo, los datos registrados también revelan las operaciones que se realizaban para mantener la fertilidad del terreno, recogiendo toda la tierra disponible de zanjas y caminos, y esparciéndolas sobre los viñedos. A principio del siglo XIX en viñedo empezó a languidecer, debido a su explotación continuada en los siglos XVII y XVIII precedentes, por lo que durante trece años seguidos, aportaron más de mil vagones de tierra fresca de campos adyacentes, cuestionando de este modo si este hecho alteró sustancialmente el "terroir".

No cabe duda que el concepto del "terroir" pertenece a zonas vitícolas de gran tradición y antigüedad en el cultivo de la vid, siendo la esencia de las actuales Denominaciones de Origen europeas. A diferencia de las otras zonas vitícolas modernas o emergentes, donde el suelo como principal componente del "terroir", no presenta mayor importancia que la de soportar y nutrir a las viñas cultivadas sobre el mismo; aunque algunas zonas comienzan a diferenciarse del resto, basándose en algunas características diferenciadoras marcadas por el terreno de cultivo, tomando como ejemplo de lo expuesto la zona de tierras rojas de Coonawarra en la zona Sur de Australia.

Para un mejor conocimiento del concepto del "terroir" vitícola, analizaremos los principales factores que lo definen: el clima con las influencias más locales del mesoclima y microclima, el suelo de cultivo bajo los aspectos de fertilidad física, química y biológica, también la disponibilidad de agua en el terreno y su salinidad son factores importantes, y por último los factores aportados por la mano del hombre: portainjerto, variedad de uva, densidad de plantación, disposición del viñedo y sistema de plantación.

1. EL CLIMA

Dentro de los factores permanentes de la producción vitícola, el clima es posiblemente el que con mayor intensidad determina las posibilidades y la *vocación vitícola del medio,* en relación con las exigencias de las variedades de vid cultivadas y los destinos de la producción.

La acción del sol es el elemento preponderante de la mayoría de los fenómenos meteorológicos y condiciona toda la vida sobre la tierra, pues es utilizada directamente por lo vegetales en forma de luz y de

temperatura, y también indirectamente para los factores hídricos, ya que la transferencia de agua en la atmósfera al suelo y a las plantas no puede concebirse sin esta fuente de energía.

1.1. Elementos meteorológicos del clima

Los principales elementos meteorológicos del clima que afectan especialmente a los vegetales y particularmente al viñedo son los siguientes:

- **Iluminación.** La radiación solar recibida por la tierra, está formada por radiaciones electromagnéticas distribuidas sobre una banda de longitudes de onda, desde los 290 nm hasta los 5.000 nm, dividiéndose en los siguientes espectros:
  - 290 a 400 nm. Radiación ultravioleta, suponiendo un 4 por 100 de la energía solar.
  - 400 a 750 nm. Radiación visible, que agrupa los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta, representando un 54 por 100 de la energía solar.
  - Más de 750 nm. Radiación infrarroja, que controla las condiciones térmicas y suponiendo un 42 por 100 de la energía solar.

  La fotosíntesis es muy intensa con luz roja-naranja hacia los 620 nm de longitud de onda, muy débil con luz azul-violeta entre 430 a 460 nm de longitud de onda, y nula con luz verde en 500 nm de longitud de onda. La vid es una planta heliófila, necesitando climas luminosos, pues sus flores cuajan mal a la sombra o en tiempo nublado, y sus frutos maduran deficientemente en condiciones de baja iluminación.

- **Fotoperíodo.** Este concepto representa la duración relativa entre el día y la noche. La vid es un vegetal de días largos, pues precisan una cantidad importante de luz y acumulación de temperatura.

- **Temperatura.** Cuando amanece, el suelo y los vegetales que viven sobre él, reciben del sol una cantidad de calor que aumenta a medida que este astro se eleva sobre el horizonte, para luego disminuir progresivamente hasta el ocaso. La temperatura es un factor de gran importancia en la fisiología de las plantas, pudiendo tener sobre ellas nefastas consecuencias cuando son excesivamente altas o bajas.

- **Duración del período favorable.** Se define como el tiempo durante el cual la temperatura media del aire es igual o superior al cero de vegetación, comenzando en las vides en el hemisferio norte hacia los meses de marzo o abril, y terminando en los meses de octubre o noviembre. El cero de vegetación de las vid se encuentra a una temperatura de +10º C.

- **Pluviometría.** Es un importante elemento del clima, pues el agua es indispensable para la vida de los vegetales. En la vid se admite una disponibilidad mínima anual de 250 a 300 mm de lluvia durante el período vegetativo y de maduración. La absorción de agua por las vides es de 200 a 1.600 m^3 por hectárea, precisándose entre 250 a 700 litros de agua para formar 1 kg de materia seca, incluyendo el capítulo de agua eliminada por transpiración que es muy importante, medido mediante el concepto de la evapotranspiración potencial (ETP) y real o actual (ETA). Es necesario contar con 4,4 mm de agua para producir 100 litros de vino, lo que suponen 44 m^3 de agua por hectárea y hectolitro de vino, siendo preciso regar cuando la disponibilidad de agua es menor. La distribución de la pluviometría durante el período vegetativo, también tiene una gran importancia.

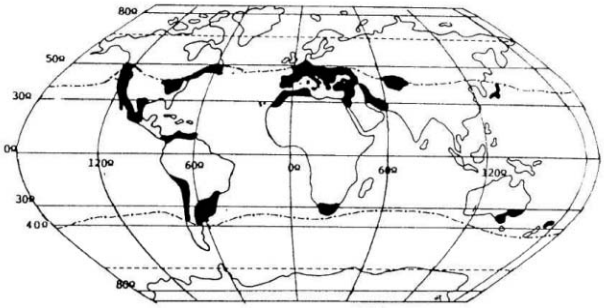
- **Viento.** Es un elemento importante del clima, pues modifica en sentido favorable y desfavorable los otros elementos meteorológicos.

La vid tiene unas exigencias climáticas bien determinadas, definidas fundamentalmente por las temperaturas, la insolación y las lluvias, teniendo también una influencia decisiva los mesoclimas y los microclimas a los que también nos referiremos.

La vid es planta exigente en calor y sensible a las heladas de invierno y de primavera, no solamente para su desarrollo vegetativo, sino para la maduración de sus frutos, que precisan una iluminación y temperaturas adecuadamente altas.

Para el cultivo de *Vitis vinífera* se considera que las temperaturas medias anuales no deben ser inferiores a 9º C, situándose el óptimo entre 11º y 18º C, con máximos sensiblemente más elevados, que pueden llegar en valor absoluto a sobrepasar los 40º C, e incluso circunstancialmente los 45º C.

En período de vegetación la vid se hiela hacia los 1º a 1,5º C bajo cero, resistiendo en el período de repo-



Área de cultivo de la vid: 50° latitud norte a 40° latitud sur.

so invernal hasta los -15º C, concretamente –12º C para las yemas y -16º a -20º C para la madera, e incluso temperaturas más bajas, dependiendo de la duración y del estado de maduración de la misma.

Precisamente por estas circunstancias la vid se ha cultivado tradicionalmente en climas no extremos tipo mediterráneo, y su área general de cultivo correspondía a las dos zonas terrestres comprendidas entre los paralelos de 30º y 50º de latitud Norte, y los 30º y 40º de latitud Sur, límites que en la viticultura actual se amplían suprimiendo la zona intermedia, con la aparición de la viticultura tropical.

Los límites extremos para el cultivo de la vid de 50º N y 40º S son consecuencia de las bajas temperaturas invernales que impiden su desarrollo y supervivencia en zonas continentales, con frecuentes y fuertes heladas mortales a partir aproximadamente de los -15º C, que corresponden en Europa a situación al Este del meridiano 18º con temperaturas medias de -1º C en el mes de enero, y a la falta de posibilidades de maduración de la uva en zonas al Oeste de clara influencia atlántica, menos extremos térmicamente, pero en las que las necesidades de temperatura y luz son insuficientes, al no superar el producto heliotérmico $XH10^{-6} = 2,6$ establecido por Branas, Bernon y Levadoux, al que más adelante nos referiremos.

La zona central comprendida entre los paralelos 30º de latitud Norte y Sur ha sido eliminada como consecuencia del establecimiento de una viticultura tropical, que ha permitido el cultivo de la vid con una tecnología adecuada, que ha superado las dificultades que presentaba el pasar de ser una planta de desarrollo estacional con parada invernal de vegetación, a serlo de hoja perenne con ausencia de la misma. Temperaturas demasiado elevadas, por encima de 42º C, son sin embargo desfavorables, pudiendo introducir desecaciones en hojas y frutos.

Las temperaturas influyen primordial y decisivamente en la maduración de la uva y en la composición de los vinos. Es bien conocida la tendencia a producir vinos de alta graduación alcohólica y baja acidez al elevarse las temperaturas (mayor desecación del suelo, parada de crecimiento más temprana, adelanto de los procesos de maduración, etc.), y por el contrario vinos poco alcohólicos y ácidos en el caso opuesto, con temperaturas débiles.

Pero las temperaturas no solamente actúan por sus valores absolutos, fijando umbrales y máximos de posible vegetación, sino también actúa por su periodicidad. Es conveniente una diferencia marcada de temperaturas del invierno al verano, e incluso del día a la noche durante el período de maduración de las uvas, que debe ser lo más amplio posible, elevando de forma notable la síntesis de polifenoles en estas circunstancias. Una lenta maduración en estas condiciones desarrolla aromas intensos y produce vinos finos afrutados, mientras que en zonas de período de maduración más corto, propios de climas más cálidos y soleados, con uvas más azucaradas y menos ácidas, los vinos son menos elegantes.

La vid es por el contrario muy resistente a la falta de humedad, pudiendo vegetar con escasas lluvias una vez cubiertas sus necesidades mínimas. Un exceso de lluvia, aparte de los problemas fitopatológicos a que puede dar lugar, provoca en general un desmerecimiento de la calidad, una mayor acidez, un menor contenido de azúcar y una disminución de los demás elementos de bondad que acompañan a una buena maduración. Se ha llegado a considerar que una pluviometría que oscile entre 350 y 600 mm es adecuada para la producción de vinos de calidad.

Las lluvias en invierno, durante la parada vegetativa, no influyen directamente en la fisiología vegetal, pero en parte constituye una importante reserva en el suelo para más tarde ser precisa cuando las necesidades de las cepas así lo demanden. Las lluvias de primavera, siempre que nos sean excesivas, permiten un buen desarrollo de la planta, pero un régimen pluviométrico intenso primavera-verano es nocivo para la vid al favorecer el desarrollo de enfermedades criptogámicas. Lluvias y fríos en el período de floración pueden ser nocivos para la fecundación. Un ambiente seco durante la maduración es favorable para la calidad de la cosecha, mientras que las lluvias predisponen a los racimos a

la pudrición, y en todo caso una disminución de la calidad de la uva.

Una brotación precoz, resultante de una temprana elevación de la temperatura al final de un invierno frío, una parada precoz del crecimiento provocada por la acción de productos heliotérmicos elevados, una humedad suficiente, pero no excesiva; un largo período de maduración, seco, cálido y soleado, y una vendimia tardía, son todas las condiciones necesarias para una buena producción y calidad.

La vid precisa también una heliofanía elevada, mínima de 1.500 a 1.600 horas anuales, de las que debe corresponder un mínimo de 1.200 horas al período de vegetación, dependiendo todo ello de la latitud del viñedo.

Es también de interés la evapotranspiración potencial del medio vitícola, que nos expresa e indica las pérdidas naturales de agua por evaporación y transpiración, dato muy importante para la evaluación de las necesidades de agua para el cultivo.

Existen en España, y naturalmente en Europa, por centrar en nuestro continente la situación, dos zonas perfectamente delimitadas, que la dividen en regiones vitivinícolas vocacionalmente distintas, con claras respectivas influencias climáticas atlántica y mediterránea, separadas por la denominada línea Wagner, que ponen en evidencia la importancia de los factores climáticos para la definición de la producción.

La línea media de separación de las zonas de influencia atlántica y mediterránea comienza en Portugal, al sur de Oporto, sigue aproximadamente el Valle del Duero, subiendo hacia el Este, atraviesa España por Valladolid y Burgos, cortando la comarca de La Rioja por Logroño. Remontando los Pirineos, reanuda su curso por el País Vasco Francés, encaramándose al Noroeste en dirección a Cahors, junto al río Lot y cortando al río Garona cerca del punto en donde éste recibe al Tarn, afluyente suyo.

Cahors, que tiene relaciones muy antiguas con Burdeos, situado aguas abajo, es un punto axial. A partir de aquí, la línea zigzaguea, subiendo y bajando por la región montañosa del centro, dobla en dirección Noroeste hasta las cabeceras del Allier y del Loira, bordea el flanco occidental de los montes Cévennes y, finalmente, arriba a Lyon, en la confluencia del Saona (el río del borgoña-beaujolais) con el Ródano por el Norte. De aquí, la línea asciende por el serpenteante valle del Ródano hasta el lago de Ginebra. Posteriormente se borra la trayectoria, cuando atraviesa los Alpes. Los largos glaciares de la Italia septentrional plantean un problema: probablemente la línea debería pasar al Norte de los mismos, pero este punto es discutible. Inmediatamente, se encuentra de nuevo el curso de la trayectoria. Avanza definitivamente por el Norte de la llanura veneciana, penetra en la antigua Yugoslavia, cortando la Eslovaquia septentrional por Maribor, para continuar hacia el Este, a lo largo del curso del río Drava. Tras un largo trecho por su margen meridional, prosigue por el borde oriental de la llanura húngara, remonta los Cárpatos, cruza Moldavia y acaba por unirse con la línea límite septentrional del cultivo de la vid, en Ucrania, al Norte del Mar Negro.

Al sur de la línea divisoria de Wagner, la vocación vitivinícola de sus comarcas corresponde al desarrollo de vides originarias de las Proles pónticas y occidentalis, que se remontan a los albores de la historia, adaptadas a un clima biestacional, con veranos cálidos y secos e inviernos suaves y lluviosos. Por regla general se producen vinos suaves, pastosos, de relativa baja acidez, con graduación alcohólica alta y aromas, que en el caso principalmente de los tintos, se exaltan con la crianza.

Al norte de la línea divisoria de Wagner, la vocación vitivinícola de la zona, limitada por las posibilidades climáticas del cultivo de la vid, permite el desarrollo de plantas que tuvieron por antecesores las vides salvajes en formas modificadas, *Vitis silvestris*, en cruzamientos con otras procedentes de más bajas latitudes, en su avance y adaptación a las condiciones climáticas más septentrionales. El clima es templado, con cuatro estaciones perfectamente diferenciadas, inviernos fríos y temperaturas variables durante el desarrollo vegetativo, pero nunca extremadas, teniendo en todo caso una distribución de lluvias que comprende todo el ciclo anual. Por regla general se producen vinos de menor graduación alcohólica y mayor acidez que los vinos mediterráneos, siendo en general más afrutados, importante extremo, sobre todo en los vinos blancos de mayor aceptación.

La elaboración de estos vinos blancos, jóvenes, aromáticos, que mantienen los perfumes característicos de los encepamientos de que proceden, precisan una alta tecnificación, cuando se sale de la limitada pro-

ducción del propio pequeño viticultor a mayores volúmenes de industrialización, perdiéndose aquellas circunstancias naturales que espontáneamente se producen.

Ejemplo de grandes vinos con estas características, en nuestro país, toman por base las excelentes variedades de vid *Albariño, Treixadura, Godello, Verdejo* y *Viura*, por citar solamente algunas, todas ellas cultivadas en la que hemos denominado zona de influencia atlántica. Inclúyase también en la misma, pero con variedades tintas, los excelentes vinos de nuestra Rioja Alta y Alavesa, que se sitúan en primera línea de calidad mundial.

La mayoría de nuestro país se sitúa al Sur de la línea divisoria de Wagner, sin que ello suponga olvidar las existencias de microclimas y microadaptaciones de las variedades, tal como sucede con los blancos del Penedés o elaboraciones características centradas en las Denominaciones de Origen "Jerez-Xerez-Sherry, Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda" y "Moriles-Montilla". La mayoría de nuestros vinos de calidad corresponden a tintos de esta zona meridional, por superficie y características, que indudablemente, adaptadas a las tendencias actuales de la variación del gusto de los consumidores, afianza y robustece nuestra presencia en el mercado vitícola mundial, donde su aceptación nos da excelentes oportunidades.

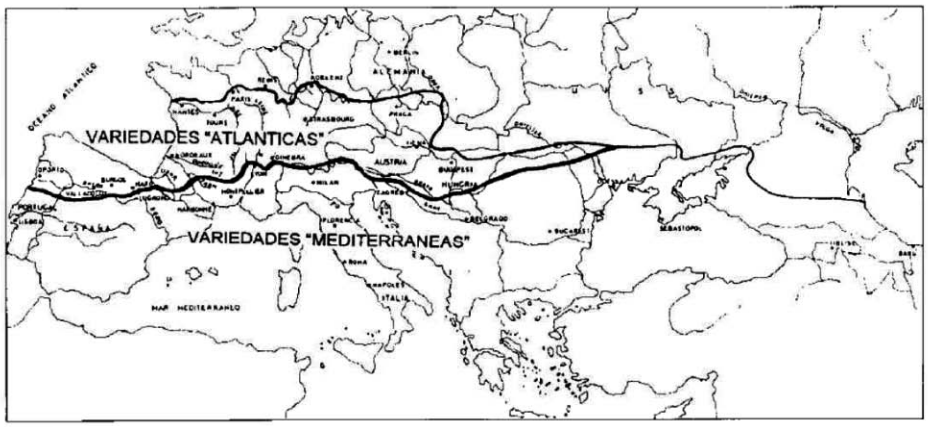
1.2. Mesoclima o clima local

Dentro de una región vitícola con una definida vocación vitícola, el concepto de clima que la caracteriza puede venir grandemente influenciado por el mesoclima de posibles diferentes situaciones dentro de la misma, que hacen que se modifique aquél por condiciones geográficas particulares, tales como la latitud, altitud, pendientes del terreno, fondos de valle, exposición del viñedo, proximidades de masas de agua o forestales, continentalismo, vientos dominantes, etc.

Se puede decir, y ello es realidad, que la situación de un viñedo desde el punto de vista térmico está determinado por su latitud. La temperatura media anual decrece a medida que aumenta su latitud, aproximadamente 0,6º C por cada grado de la misma. Ello determina los límites existentes para el cultivo de la vid a que ya nos hemos referido.

La **heliofanía** es también variable con la latitud correspondiente, que durante el período de vegetación activa de la vid aumenta con la latitud.

La temperatura media decrece cuando aumenta la altitud, atenuándose las diferencias a partir de los 500 metros. La altitud disminuye las posibilidades de cultivo de la vid en el límite septentrional de su cultivo en el hemisferio boreal, pero en su parte meridional lo favorece, aumentando la intensidad del reposo invernal. La temperatura media del aire disminuye cuando se eleva la altitud, del orden de 0,6º C por cada 100 metros de subida, lo que supone un retraso de 2 a 3 días de vegetación. La altitud acentúa en frío en primavera y eleva los daños debidos a las heladas, aunque al ser el aire menos húmedo y con menos nieblas, la altura aumenta el efecto del calor solar, sobre todo en aquellos viñedos situados con una orientación Sur, siendo por último, mayor el efecto dañino de los vientos que soplan con mayor intensidad y fuerza.



LÍMITE SEPTENTRIONAL DE CULTIVO DE LA VID.
LÍMITE ENTRE LAS ZONAS MEDITERRÁNEA Y TEMPLADA ATLÁNTICA. Linea de Wagner.

Corte de un terreno con viñedo.

Los viñedos de las zonas frías europeas no sobrepasan los 200 a 300 metros de altitud, pero en España, precisamente en las divisorias de la cuenca del río Ebro, los hay a 1.000 y 2.000 metros de altitud. En Bolivia hay viñedos productivos a más de 3.000 metros de altitud en Luribai, cerca de La Paz, y su más importante masa de viñedos está de 1.800 a 2.500 metros en los Departamentos de Tarija y Chuquisaca. En Méjico se encuentran viñedos en Aguascalientes y Querétaro a una altitud de 2.000 metros.

El cultivo de los viñedos situados en **pendientes o laderas** siempre se ha considerado como un factor de calidad, respecto a su cultivo en llanuras o bajos. Los romanos ya conocían este importante efecto: "Bacchus amat colles", o el viñedo ama las laderas. Las colinas y laderas son en general menos fértiles que los terrenos llanos, con producciones más limitadas que en éstos, en los que pueden provocarse excesos de producción, que alteren y disminuyan la calidad de la uva.

Los **terrenos de fondo, entre laderas,** reciben el sol con una menor efectividad, el sol calienta tarde y desaparece pronto. Como durante el día las temperaturas máximas se elevan, y éstas son más bajas durante la noche, se producen grandes diferencias térmicas diarias. Las disposiciones en anfiteatro son siempre muy peligrosas.

Es de tener muy en cuenta que, cuando existen heladas, el aire frío que se produce en las zonas de pendiente, desciende poco a poco hacia las partes más bajas, acumulándose en ellas como lagos de aire frío. Por ello las zonas más bajas de los valles amplios se ven sometidas a temperaturas particularmente bajas cuando las condiciones atmosféricas para este tipo de heladas son favorables.

La **pendiente del terreno** también regula la energía solar que recibe, dependiendo de la latitud, aumentando con la misma, pero de una forma acusada, los efectos heliotérmicos de la insolación de un viñedo dependen fundamentalmente de su exposición. Numerosos viñedos productores de grandes vinos se orientan hacia el Sur-Este y Sur e incluso Este y Sur-Oeste, pero vinos muy particulares son obtenidos a partir de una exposición especial, pudiendo interesar en climas cálidos una distinta con el fin de lograr vinos más ácidos, y no excesivamente alcohólicos.

La **exposición** de un viñedo se define por la orientación y por la inclinación del terreno:

- **Orientación.** Es el ángulo formado a partir del norte geográfico, por la perpendicular al nivel del terreno en cuestión. Así una ladera orientada en sentido Este-Oeste, su orientación será de 180º. La exposición Sur de 180º y Sureste de 100º a 160º recibe una máxima insolación, pues recibe los rayos del sol desde el amanecer, y además las viñas permanecen abrigadas de los fríos vientos del Norte, siendo las mejores orientaciones para los viñedos cultivados en los países septentrionales fríos. Sin embargo, en los países meridionales cálidos, la orientación norte de 0º puede ser una exposición favorable para el viñedo. La exposición Suroeste y Este no es tan buena como la Sureste, pues reciben los rayos del sol bastante tarde en el día, y por lo tanto los suelos y las vides permanecen frías durante las horas que existe una mayor transparencia en la atmósfera, y la luz es más rica en radiaciones caloríficas y luminosas.

- **Inclinación.** La inclinación del terreno modifica la influencia de la exposición, siendo la mejor disposición aquella donde la línea de mayor pendiente es perpendicular a la dirección del sol, aunque éste cambia de posición a lo largo del día y de las estaciones del año. El sol calienta un plano según la cantidad de radiación que recibe (R) y dependiendo del ángulo de incidencia (h) entre el sol y el terreno:

  Para un terreno horizontal: $i = R \cdot \text{seno } h$

  Para un terreno inclinado un ángulo α respecto de la horizontal: $i = R \cdot \text{seno } (h + \alpha)$

  El ángulo α puede ser positivo o negativo, aumentando la radiación solar en el primer caso y disminuyendo en el segundo, lo que puede convenir de manera distinta en los viñedos meridionales o septentrionales, y también dependiendo de su orientación.

La **proximidad de masas importantes de agua y forestales,** al contrario que el continentalismo, regula y amortigua los excesos térmicos, pues si bien la acción de estos últimos es naturalmente nula durante el invierno cuando corresponden a árboles de hoja caduca, su incidencia es poco importante en el cultivo de la vid, que prácticamente sigue un ciclo coincidente de desarrollo foliar.

La presencia de los bosques desempeñan un papel complejo sobre los viñedos:

- Disminuye la amplitud de la variación diurna de la temperatura, pudiendo reducirse ésta en 1º C.
- La disminución de la temperatura se debe a una importante transpiración del follaje, y durante la noche ésta pone freno al enfriamiento del suelo por irradiación. Los árboles de hoja perenne evaporan mucho menos agua que los de hoja caduca. Los bosques caducifolios provocan un mayor descenso de temperatura en la época crítica del viñedo en la primavera. La cantidad de agua evaporada anualmente por estas especies, se puede medir multiplicando los siguientes factores por el peso de cada árbol:

Abeto:	52
Encina:	26
Fresno:	183
Roble:	226
Sicomoro:	433

- Se produce un aumento de las frecuencias e intensidad de las heladas en los claros y las lindes de los bosques, pues la temperatura ambiente es inferior y no se produce el efecto protector de la humedad por la irradiación del terreno al encontrarse éste descubierto. Este aire frío puede moverse descendiendo hacia el fondo de los valles, agravando el problema de la heladas en los viñedos situados en hondonadas.
- Los bosques pueden proteger a los viñedos de los fríos vientos del norte o de los húmedos procedentes de las grandes masas de agua.
- Los bosques pueden ser un refugio de determinados parásitos de la vid, como por ejemplo las cicadelas portadoras de la enfermedad de la flavescencia dorada.
- Cuando los bosques se encuentran en la parte alta de la orografía, conservan el agua y favorece a los viñedos situados más abajo. También en esta situación se reduce el riesgo de granizo, por disminución de la corriente térmica del aire ascendente.

Las **grandes masas de agua** regulan las temperaturas debido al elevado calor específico de la misma, en relación con el del suelo, y el vapor de agua que emiten limitan las variaciones de temperatura, al detener la radiación e impedir la irradiación a lo largo de los días, haciéndolas más suaves. Se amortiguan las máximas y las mínimas, disminuyendo las oscilaciones extremas y medias diarias, así como la amplitud del intervalo entre la fototemperatura y la nictotemperatura.

La elevada humedad del aire en los meses de verano en las áreas de influencia marítima, representa un importante aporte de humedad para las plantas y el suelo, ya directamente por absorción del vapor de agua, formación de intensos rocíos, e indirectamente como consecuencia de una menor evapotranspiración, pudiendo además elevar el riesgo de aparición de enfermedades criptogámicas. También actúa como factor moderador, evitando que las hojas y otros órganos de las vides alcancen temperaturas excesivamente altas, que provocarían desequilibrios fisiológicos irreversibles.

Su influencia en un mejor reparto de las lluvias es importante. En las zonas costeras se produce una modificación del régimen de pluviometría, con precipitaciones mínimas en invierno y máximas en otoño, así como un aumento de las mismas en verano y algo menores en invierno. El viento que procede del mar, arrastra las nubes hacia el interior, favoreciendo la lluvia.

El **grado de continentalismo** con efectos contrarios a los enumerados, se mide según el índice de Gorsainsky:

$$G = \frac{1{,}3 \cdot (A - B)}{\text{seno } a} - 36{,}3$$

A = temperatura media de las máximas del mes más cálido.

B = temperatura media de las mínimas del mes más frío.

a = latitud.

Los **lagos y ríos** tienen un efecto similar a las masas importantes de agua y forestales, aunque menos intenso, siendo interesante su acción reflectora de la luz y el calor sobre las laderas próximas, pudiendo llegar a ser un factor de calidad para determinadas situaciones. El reflejo difuso del sol en el agua, favorece la maduración de la uva al exponerse "entre dos soles". Es también de tener en cuenta el papel regulador del nivel de la capa freática en relación con el desarrollo radicular.

Se debe también considerar la **humedad ambiente** producida e incluso los **vientos dominantes,** en cuanto a su relación con el medio biológico que incida directamente sobre la vitivinicultura, tales como flora natural, plagas y enfermedades de la vid, e incluso la flora de levaduras y bacterias. Los vientos dominantes pueden ser un factor muy negativo para el cultivo de la vid, bien por tener un efecto mecánico de rotura de brotes, también por poseer un efecto desecante, o por venir cargado de salinidad si procede del mar, llegando en algunos casos a "quemar" la vegetación del viñedo afectado.

En todas las zonas existen un conjunto de vientos regionales o dominantes, que se producen de manera repetida dependiendo de las condiciones atmosféricas y orográficas del terreno, recibiendo en cada región un nombre determinado. Estos vientos se caracterizan fundamentalmente por los siguientes elementos: dirección, fuerza o velocidad y frecuencia.

1.3. Microclima

Como complemento de clima y mesoclima es de considerar en un viñedo particular el microclima que se produce al nivel de las cepas, dependiente del sistema de conducción, forma de poda, labores y riegos, vigor de las plantas, superficie foliar, rendimiento fotosintético de las mismas, etc., dependientes también todo ello de la variedad.

Son condiciones todas ellas que hace que la temperatura, insolación, higrometría y demás factores climáticos y mesoclimáticos actúen muy diversamente sobre el metabolismo de la planta y consecuentemente sobre su producción y calidad.

Formas de conducción altas o bajas, abiertas o cerradas; sistema de poda con pulgares o varas, con cargas más o menos elevadas; vegetación más o menos abundante con sombreados relativos más o menos intensos, labores, riegos y tratamientos fitosanitarios, crean en todo su conjunto microclimas muy diferentes.

2. EL SUELO VITÍCOLA

Se debe distinguir el **suelo natural** y el **suelo agrícola** para poder llega al concepto de **suelo vitícola.**

El **suelo natural** es la formación de estructura dúctil y espesor variable, que resulta naturalmente de la transformación de la roca madre subyacente, bajo la influencia de diversos factores físicos, químicos y biológicos, sin intervención del hombre. El tipo de suelo depende evidentemente de la roca madre, pero sobre todo de la naturaleza de las transformaciones que ésta sufre, muy variable según las condiciones climáticas y la vegetación.

El **suelo agrícola** resulta de la modificación del suelo natural por el hombre, mediante la aplicación de métodos agrícolas. Pero las raíces a menudo penetran muy por debajo de la capa laborable trabajada, a una profundidad de varios metros, y estas capas profundas intervienen también en la producción agrícola, particularmente en la vitícola.

El **suelo vitícola** resulta de la modificación del suelo natural por las técnicas de cultivo tendentes a obtener un crecimiento óptimo y una calidad superior del producto, elegida en función de criterios ecológicos, geográficos y económicos, considerado capaz de permitir el crecimiento y desarrollo normal de la vid.

El suelo o terreno donde se asienta el viñedo es un factor permanente de gran importancia, pues no solo constituye el elemento de nutrición de la vid, sino que también actúa como hábitat o soporte de la misma. La vid es una planta de gran rusticidad y prácticamente puede vegetar en cualquier tipo de terreno. Aún cuan-

do la vid se adapta con gran facilidad a numerosos tipos de suelo, realmente la vocación vitícola de los mismos queda marcada inicialmente por su origen geológico. Los vinos producidos con las mismas variedades sobre suelos provenientes de distintas rocas madres, no son iguales bajo el mismo clima, sin que ello quiera decir a prioiri unas formaciones geológicas sean superiores a otras en cuanto a la calidad de la producción, si bien hay autores que dan cierta preferencia a los provenientes del Oligoceno y del Mioceno para la buena vegetación de la vid.

Realmente se producen vinos en tipos muy variados de terreno, con diversos perfiles pedológicos, estructuras, profundidades, componentes químicos, pH, etc. Siempre que no tengan extremadas condiciones adversas, como suelos salinos, muy clorosantes, muy húmedos, excesivamente secos, rocosos, etc., y precisamente su diversidad es uno de los mayores encantos que presentan para la producción vitivinícola.

Con anterioridad a la invasión filoxérica la adaptación de *Vitis vinifera*, entonces cultivada franca de pie, era prácticamente total, limitándose entonces el viticultor a buscar un terreno topográficamente adecuado y con buena fertilidad para la producción. Con posterioridad, dicha amplitud de elección se vio mermada por el necesario empleo de porta-injertos resistentes a dicha plaga, con condiciones de adaptación más restringidas, que es necesario considerar a la hora de realizar la plantación.

Todos los suelos derivan de una roca madre o base, que al meteorizarse bajo la acción del clima, flora y fauna espontáneas, forman distintos tipos de terreno según sea el origen de esa roca y de las citadas condiciones ambientales. Generalmente los suelos presentan un perfil con tres zonas diferenciadas:

- *Horizonte C de roca madre* más o menos alterada y de donde derivan los otros horizontes A y B.
- *Horizonte A o superficial,* perturbado por las labores agrícolas, siendo el más rico en nutrientes y materia orgánica.
- *Horizonte B intermedio entre los A y C,* presenta una estructura más compacta que el A y suele ser de textura más arcillosa, bien por proceder de la roca madre o por lavado y arrastre del horizonte A.

El concepto **fertilidad de un suelo,** no solamente corresponde a los elementos minerales u orgánicos que éste contiene, y que las plantas absorben por sus raíces para realizar sus funciones vitales; si no también a otros factores que el terreno manifiesta, y que también inciden en la vida vegetal, por lo que la fertilidad de un suelo debe comprender sus aspectos físico, químico y biológico.

2.1. Fertilidad física

Profundidad. La profundidad del suelo vitícola condiciona la distribución radicular en el mismo, así como también la alimentación hídrica y nutricional de las vides, teniendo una relación directa con la producción y la calidad de la vendimia. El potente sistema radicular del viñedo, puede alcanzar en el suelo grandes profundidades (> 80 cm) y allí poder tomar el agua necesaria para su sustento, siendo éste uno de los motivos que explican la aparente rusticidad del viñedo, pues puede aprovechar el agua infiltrada de las precipitaciones del invierno acumulada en capas profundas.

Aunque tradicionalmente la profundidad del terreno estaba asociada al incremento de producción del viñedo, en determinadas circunstancias de cultivo en secano, éste puede ser un factor de calidad; ya que durante las últimas semanas de maduración de los racimos, la parte superior del sistema radicular puede permanecer en sequía, mientras que la parte inferior del mismo se encuentra con suficiente humedad. Produciéndose entonces en la zona seca un "estrés hídrico", que mejora la calidad de la vendimia, especialmente en las tintas por una mayor síntesis de polifenoles, como más adelante se explica.

La sucesión de horizontes condiciona en el mismo sentido que la profundidad, el desarrollo radicular y la alimentación hídrica y nutricional, evitando mediante la preparación del terreno o el laboreo, las capas u horizontes que supongan un freno o barrera al desarrollo de la raíces de la vid: compactaciones, contrastes granulométricos, barreras químicas, capas freáticas elevadas, etc.

Textura. La textura o composición granulométrica del suelo tiene una importancia fundamental en el cultivo de la vid, especialmente en lo referente a la disponibilidad de agua por el sistema radicular, permitiendo en unos casos su retención, y en otros su drenaje o evacuación, condicionando de este modo las posibilidades de su cultivo. Del mismo modo, la granulometría del terreno posibilita o no una correcta nutrición de las vides, no solamente por la presencia o falta de agua, sino también por la capacidad de retención de los nutrientes sobre las partículas

que lo componen. Por último, la textura puede condicionar el régimen de aireación del sistema radicular, evitando en todos los casos su asfixia, estando también ligada esta propiedad a la estructura del terreno.

La textura es un buen indicador de los siguientes parámetros del suelo:

- Capacidad de retención de agua (CR):

  CR (mm/metro) = 2 · arcilla (%) + limo (%) + 10 · mat. orgánica (%)

  Los valores normales son de 60 a 80 mm/metro de profundidad.

- Estabilidad estructural del suelo, determinada mediante el índice de apelmazamiento (IA):

  Suelos de pH < 7:

$$IA = \frac{1{,}5\ LF + 0{,}75\ LG}{A + 10\ MO}$$

  Suelos de pH > 7:

$$IA = \frac{1{,}5\ LF + 0{,}75\ LG}{A + 10\ MO} - 0{,}2\ (pH - 7)$$

  A: ‰ arcilla (< 2 µ)
  LF: ‰ limos finos (2 a 20 µ)
  LG: ‰ limos gruesos (20 a 50 µ)
  MO: ‰ materia orgánica

  Cuando el índice de apelmazamiento es superior al valor de 1,6, el suelo es entonces susceptible de compactarse.

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Generalmente los suelos con más de un 10 por 100 de arcilla, y mayores de 1 por 100 de materia orgánica, presentan un valor de capacidad de intercambio catiónico normal. Cuando estos valores son elevados, es conveniente realizar un abonado de fondo antes de la plantación, evitando de este modo las pérdidas de nutrientes. Por el contrario, cuando estos valores son reducidos y la capacidad de retención de nutrientes es muy baja, entonces es preferible acudir a la fertilización anual del viñedo.

- Selección de herbicidas residuales. Cuando el contenido de arcilla en el suelo es inferior al 10 por 100, se debe excluir el empleo de Diuron y de la Terbutilazina, y tener precaución con la Propizamida, Diclobenil, Napropamida y el Norflurazon. Mientras que si el contenido en arcilla es superior al 10 o 15 por 100, se pueden utilizar el Diuron y la Terbutilazina.

Los suelos sueltos o arenosos son los que presentan un contenido en limo y arcilla que no supera el 20 por 100, ofreciendo un débil poder de retención de la humedad y de los nutrientes, siendo fáciles de trabajar y de rápida penetración de las raíces. En general se consideran "calientes", produciendo un adelanto de la maduración, obteniéndose cosechas de calidad más regular, pero sufriendo en los años de poca pluviometría una insuficiencia de agua, que se puede traducir en una falta de maduración; excepto en los suelos de gran profundidad, donde la acumulación de agua en su parte inferior, pueden producir cosechas de gran calidad. Además, los terrenos arenosos con contenidos superiores al 60-70 por 100 de arena, y con menos del 5-10 por 100 de limo y arcilla, presentan una gran resistencia a la filoxera, pudiendo entonces cultivarse la Vitis vinífera franca de pié y sin necesidad de portainjertos resistentes, lo que casi siempre conduce a una mejora de la calidad de la vendimia, al anularse los posibles problemas de afinidad portainjerto-vinífera que puedan suceder.

Vocacionalmente los suelos arenosos son generadores de cosechas reducidas, siendo especialmente aptos para vinos blancos de calidad, uniendo finura, aroma y ligereza, y mejor si estos son de origen silíceo o granítico.

En los suelos pedregosos con abundante presencia de elementos de gran tamaño, su fertilidad depende exclusivamente de los elementos finos que contienen, pero los cantos gruesos les comunican frescura, al reducir el valor de la evapotranspiración, y los situados en la superficie pueden irradiar durante el día la luz y el calor hacia las partes bajas de los racimos y vegetación adyacente, elevando en consecuencia la calidad de la vendimia mejorando las condiciones de maduración.

Los suelos pesados o arcillosos presentan un contenido en arcilla superior al 30-40 por 100, siendo por el contrario fuertes, adhesivos y plásticos, apelmazándose fácilmente, formando terrones duros, con gran capacidad de retención del agua y de los elementos fertilizantes, son fácilmente encharcables, difíciles de penetrar por las raíces y también de trabajar. En general son suelos "fríos", que retrasan la

Viñedo en Rioja Alta sobre cantos rodados.

maduración de la uva, pero cuando no existe una excesiva acumulación de agua, producen vinos tintos de mayor extracto, cuerpo y polifenoles, mejorando todavía más con la presencia de cascajos. Las arcillas que presentan una gran superficie interna (montmorillonitas) favorecen la calidad de los vinos tintos, mientras que las de más reducida superficie interna (caolinitas) favorecen la calidad de los vinos blancos.

Vocacionalmente los suelos arcillosos son generadores de cosechas abundantes, debido a su elevada capacidad de intercambio catiónico, considerándose de efectos cualitativos desfavorables cuando su contenido en arcilla supera el 50 por 100. Los terrenos húmedos producen vinos de bajo contenido alcohólico, más ácidos y ricos en materias nitrogenadas.

Los suelos limosos con un contenido en limo del 50 al 60 por 100, presentan propiedades físicas y químicas frecuentemente negativas.

Color. El color del suelo influye notablemente en la calidad de la vendimia, especialmente en lo referente a las condiciones de iluminación por reflexión de las partes bajas de las cepas, así como también en la acumulación de temperatura en el mismo. Los terrenos de color claro reflejan el calor y la luz más fácilmente hacia la vegetación (viñedo entre "dos soles"), lográndose una mejor maduración, especialmente en las variedades tintas, pues los contrastes de temperatura entre el día y la noche son más acusados, incrementándose la síntesis de polifenoles; sin embargo durante la primavera son más propensos a las heladas de irradiación, por no retener suficientemente el calor en las reducidas horas de sol. A los terrenos de color más oscuro, les sucede todo lo contrario.

Una mejora de este factor aplicada a los viñedos en espaldera, consiste en su "solarización" mediante la colocación de unos tapices reflectantes (Vitexol) de 50 cm de anchura situados a ambos lados de las hileras de vides, estando construidos por un tejido de estrechas láminas de aluminio, donde el sol se refleja multidireccionalmente, multiplicándose la iluminación en un 20 a 30 por 100, así como elevándose la temperatura en la zona de los racimos de 1,5º a 2,0º C. Con este dispositivo se consigue un adelanto de la maduración de la uva, con un aumento del contenido en azúcares de hasta 1 o 2 grados alcohólicos probables, y una ligera disminución de la acidez de hasta el 10 por 100; mejorando cualitativamente la vendimia en aromas varietales y polifenoles, con un total respeto a las características varietales y del "terroir", aumentando también la productividad, hasta un 10 por 100, debido a una mayor iluminación de las yemas basales de los sarmientos, generadoras de la brotación y de la cosecha del año siguiente, y por fin una mejora del estado sanitario de los racimos, con una menor incidencia de ataques de podredumbre por *Botrytis cinerea.*

En general, desde el punto de vista de "fertilidad física", los terrenos más adecuados para el cultivo de la vid son los arenosos-francos, sueltos, silíceo calcáreos o calizo silíceos, profundos y cascajosos, y con mayor o menor contenido en arcilla dependiendo del carácter del vino.

2.2. Fertilidad química

La vid puede vegetar prácticamente en cualquier tipo de terreno, salvo en los salinos, pues es poco tolerante a la salinidad (CE < 2 a 3 dS/m), ya que para vencer el elevado potencial osmótico que producen las sales del suelo, la planta debe incrementar notablemente su actividad respiratoria para conseguir la energía necesaria; produciendo una disminución del vigor, afectando negativamente a la biomasa del tronco, pulgares y hojas, así como a la fertilidad de la yemas, produciendo una maduración precoz, acompañada de una disminución de la cosecha y una reducción del diámetro de las bayas, una mayor síntesis de azúcares, pero no de polifenoles, una disminución de la acidez, también de potasio y magnesio, y por el contrario un aumento en calcio y cloro. El límite máximo de cloro recomendado en los vinos

australianos es de 607 mg/litro, equivalente a 1.000 mg/litro de ClNa, recomendando la O.I.V. un contenido en sodio inferior a los 60 mg/litro. Los vinos cultivados en terrenos salinos contienen un nivel más elevado en cloro y sodio, presentando en la cata matices de sobremaduración y sabores jabonosos.

El valor del **pH** en el suelo interviene decisivamente en la nutrición del viñedo, pudiendo establecerse los siguientes casos:

- pH < 5,5. Este valor es excesivamente bajo, debiendo rectificarse progresivamente con las correspondientes enmiendas cálcicas y mejor si además contienen magnesio (dolomita). Los efectos de un pH reducido en el suelo pueden ser los siguientes:

  Baja disponibilidad (carencias) de los elementos: fósforo, potasio, calcio, boro, cobre y molibdeno.

  Aumento de la disponibilidad (toxicidad) de los elementos: cinc, hierro, manganeso y aluminio.

  Bloqueo de la materia orgánica que no se descompone.

  Poca vida microbiana en el suelo, con una relación de C/N entre valores de 20 a 30 que indican una escasa actividad biológica.

- pH 5,5 a 7,5. Estas cifras informan sobre una buena evolución de la materia orgánica y una correcta disponibilidad de los minerales, existiendo una proliferación de las bacterias útiles en el suelo, señalada por una relación C/N situada entre 10 a 20.

- pH > 7,5. Este valor es propio de los suelos ricos en caliza y pobres en materia orgánica, donde se deben de rectificar precisamente con una adición de ésta última. Los efectos de un pH elevado en un suelo pueden ser los siguientes:

  Baja disponibilidad (carencias) de elementos: fósforo, manganeso, boro, cobre y cinc.

  Aumento de la disponibilidad (toxicidad) de los elementos: molibdeno, azufre y calcio.

  Modificación de la estabilidad estructural del suelo por la floculación de las arcillas.

  Efecto de la clorosis sobre determinados portainjertos.

  Suelos consumidores de materia orgánica, con un índice de actividad biológica (IAB) elevado en los períodos de primavera y otoño.

La medida de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), permite establecer la capacidad del suelo para almacenar elementos minerales bajo su forma asimilable, y por lo tanto constituir un índice de fertilidad del mismo.

CIC (meq/kg de tierra fina)	
Muy débil:	< 90
Débil:	90 a 120
Media:	120 a 160
Elevada:	160 a 200
Muy elevada:	> 200

Hasta el valor de la CIC de 120, la fertilización de fondo en el establecimiento de una plantación de viñedo no es aconsejable, pues todos los elementos aportados en este abonado no serán retenidos por el suelo, siendo entonces preciso realizar aportaciones anuales. La capacidad de intercambio catiónico se encuentra estrechamente ligada a la textura del terreno, así como también a su contenido en materia orgánica:

Textura del suelo	CIC (meq/kg de tierra fina)
Arenoso:	< 50
Limoso-arenoso:	50 a 100
Limoso:	100 a 200
Arcilloso:	200 a 300
Muy arcilloso:	> 300

El conocimiento de la tasa de saturación de intercambio catiónico, medida por el porcentaje de cationes alcalino terrosos (calcio, magnesio y potasio) fijados sobre el complejo arcillo-húmico, permiten tener un conocimiento de los siguientes aspectos:

- pH del suelo, pues cuando esta tasa es menor, éste es más ácido.
- Estabilidad estructural del terreno, por la floculación de las arcillas por el calcio o su desfloculación en suelos insaturados ácidos.
- Posibilidad de correcciones con calcio o calcio y magnesio. La tasa de saturación es correcta cuando su valor es del 80 por 100, y es muy buena cuando se supera el 90 por 100, mientras que por debajo del 60 por 100 es preciso aportar estos mismos elementos.

El viñedo extrae de los suelos cantidades relativamente importantes de los elementos fertilizantes mayoritarios: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y azufre, y muy pequeñas cantidades

de los elementos fertilizantes minoritarios: boro, molibdeno, manganeso, cinc, cobre, sodio, cloro, etc. La ausencia o déficit de un elemento en el suelo, puede dar lugar a carencias repercutibles en el desarrollo y producción de la planta, pero existen casos y situaciones en que el exceso puede producir toxicidades, repercutiendo todo ello en la cantidad y calidad de la vendimia.

Aproximadamente el 94 por 100 de la materia seca de la vid procede de tres elementos (carbono, oxígeno e hidrógeno), que la vid toma de la atmósfera durante el proceso de la fotosíntesis; mientras que el 6 por 100 restante procede del suelo, con más de 28 elementos conocidos, los cuales participan decisivamente en todos los procesos metabólicos de la planta, y que en consecuencia pueden influir en la expresión del "terroir" de los vinos elaborados a partir de su vendimia.

Las cantidades de nutrientes extraídos por las cepas sobre una hectárea de viñedo, para fabricar su estructura vegetativa, follaje, producción, etc. varía dentro de los siguientes límites:

Nitrógeno:	20 a 70 kg
Fósforo:	3 a 10 kg
Potasio:	25 a 70 kg
Calcio:	40 a 80 kg
Magnesio:	6 a 15 kg
Azufre:	6 kg
Hierro:	600 g
Boro:	80 a 150 g
Cobre:	60 a 120 g
Manganeso:	80 a 160 g
Zinc:	100 a 200 g

La vid, tiene por lo tanto pocas necesidades, por lo que la fertilización en las producciones de calidad, deben realizarse para mantener la alimentación mineral en un nivel medio y sobre todo, evitar las carencias o insuficiencias, que pudieran afectar a la fisiología del viñedo y por lo tanto también a la calidad de la vendimia.

Nitrógeno. Este elemento, bajo las formas de iones nitrato (NO_3-), nitrito (NO_2-) y amonio (NH_3^+), es el principal rector del desarrollo y crecimiento de la vid, fundamentalmente en madera y hojas, aún cuando también interviene en todos los demás tejidos vegetales, con una mayor elevada proporción en los jóvenes en desarrollo. Constituye el eslabón fundamental de su metabolismo, elemento base de la multiplicación celular y del desarrollo de los órganos vegetativos, siendo necesario desde el primer momento de la brotación y durante todo el período de crecimiento activo, especialmente en la floración, desarrollo de los pámpanos y crecimiento de los frutos. La absorción de nitrógeno por la cepa pasa por tres fases críticas: la floración, el crecimiento activo de los pámpanos y el engrosamiento rápido de los frutos.

La falta de nitrógeno trae como consecuencia un raquitismo general de la planta en todos sus órganos, disminución de la clorofila en la partes verdes, corrimiento por deficiente fecundación y en consecuencia una merma de la cosecha, acompañado de una maduración acelerada, frutos de pequeño tamaño y de no excesiva calidad. Por el contrario, su exceso aumenta el vigor de la viña, con un importante crecimiento vegetativo, elevando el volumen de la cosecha, pero frenando su proceso de maduración, obteniéndose entonces vendimias más pobres en azúcares y compuestos fenólicos, debido a una importante degradación de los antocianos al final de la maduración, y más ricas en acidez y materias nitrogenadas ("quiebras protéicas"). El exceso de nitrógeno provoca una mayor demanda de otros nutrientes, pudiendo aparecer entonces algunas carencias de los mismos, además de aumentar la susceptibilidad de daños producidos por accidentes meteorológicos y enfermedades criptogámicas. El aporte anual no debe de exceder de los 30 kg por hectárea (0,35 a 1,35 kg/100 kg de vendimia). Los excesivos abonados nitrogenados minerales, aparte de producir los inconvenientes señalados, al ser muy móviles en el suelo y fácilmente lavables por las aguas de infiltración, pueden provocar una importante acumulación de nitratos y nitritos en las aguas subterráneas, con grave peligro en su empleo para el consumo humano, estimándose unas pérdidas anuales en nitratos de 30 a 150 kg/hectárea; además de elevar en la uva los compuestos precursores del carbamato de etilo y de la histamina, parámetros en el vino potencialmente peligrosos para la salud.

El nivel de nitrógeno aumenta la capacidad de producción de las cepas sin perjudicar su longevidad, pero en los viñedos con producciones de calidad, se debe ser extraordinariamente prudente en todo caso, dando preferencia, cuando ello sea posible a la fertilización orgánica. Una débil alimentación nitrogenada del viñedo reduce las necesidades de agua, debido a una limitación del vigor y de la superficie foliar.

Fósforo. Este elemento en viticultura tiene un papel bastante discutible, pues sus extracciones son pequeñas (0,08 a 0,35 kg/100 kg de vendimia), aproximadamente de la sexta a la décima parte de la de nitrógeno, y además es casi insoluble en el suelo. En un suelo la relación ideal entre C/N/P es de 100/10/1. Las formas asimilables del fósforo por las raíces son como $PO_4H_2^-$ y PO_4H^{2-} siendo un elemento constitutivo esencial de los tejidos vegetales, interviniendo en el metabolismo de los hidratos de carbono y su papel como transportador y proveedor de energía (ATP-ADP) es indispensable para el metabolismo celular. Favorece el desarrollo del sistema radicular, la floración, la fecundación, el cuajado de los frutos, así como también en la maduración. Es fundamental en la fotosíntesis y en la transformación de los azúcares en almidón y viceversa, actuando también en la respiración. Su solubilidad depende del pH del suelo, así como de la presencia de otros iones como el calcio, hierro y aluminio, que pueden formar con el fósforo compuestos insolubles y por lo tanto no asimilables por la planta.

P_2O_5 asimilable (‰)

Nivel de fertilidad	Método Dyer	Método Joret-Hérbert
Elevado:	> 0,30	> 0,22
Normal:	0,25 a 0,30	0,18 a 0,22
Medio:	0,20 a 0,25	0,14 a 0,18
Débil:	0,15 a 0,20	0,10 a 0,14
Muy débil.	< 0,15	< 0,10

$(P = 0{,}436 \cdot P_2O_5)$

El fósforo es un elemento muy poco móvil en el suelo, pudiendo encontrarse en distintas formas accesibles para las raíces:

- P_2O_5 en la solución del suelo, que constituye la reserva restringida, pero inmediatamente disponible.
- P_2O_5 adsorbido por el complejo arcillo-húmico, que forma la reserva fácilmente liberable para compensar las extracciones de los cultivos.
- P_2O_5 ligado a la materia orgánica del suelo, que constituye una reserva más difícilmente liberable, aunque puede hacerlo en el tiempo.
- P_2O_5 no disponible, bloqueado en forma de fosfatos poco solubles procedentes de la roca madre.

La fracción del fósforo "asimilable" puede ser medida por el método Dyer en tierras ácidas o neutras por extracción con ácido cítrico, o por el método Joret-Hébert para las tierras calizas y limosas próximas a la neutralidad por extracción con oxalato amónico. La riqueza óptima en P_2O_5 expresado en gramos/kg de suelo puede ser la siguiente:

	Método Dyer *(suelo ácido)*
Suelos con 10 por 100 de arcilla:	0,20 a 0,30
Suelos con 30 por 100 de arcilla:	0,30 a 0,40

	Método Joret-Hébert *(suelo alcalino)*
Suelos con 10 por 100 de arcilla:	0,15 a 0,25
Suelos con 30 por 100 de arcilla:	0,25 a 0,30

La deficiencia de fósforo produce una disminución del alargamiento y número de entrenudos de los pámpanos, hojas de pequeño tamaño y nervios poco pronunciados, con una débil fructificación y por lo tanto una reducción en la cosecha, un retraso en el envero y bayas de reducido tamaño. El fósforo está considerado como un elemento que incide en la calidad de la vendimia, mientras que el nitrógeno lo es a la cantidad; sin embargo los excesos tampoco son adecuados para la calidad de los vinos, pues generan granos de excesivo tamaño, con una elevada relación superficie de hollejo/volumen de uva, negativa en los procesos de maceración con el mosto, y también inducen a un elevado nivel del anión fosfórico en los vinos, responsable directo de las "quiebras férricas", cuando los vinos contienen una cierta cantidad de este metal.

La abundancia de fósforo en los vinos, les comunica una cierta vivacidad y un interesante carácter mineral (sílex o pedernal), siendo éste último un aspecto muy apreciado en los vinos blancos. Aunque algunos enólogos consideran al ácido fosfórico como un elemento que reduce las sensaciones gustativas en el vino. La transferencia del fósforo, en forma del anión PO_4^{3-},desde la vid hasta el vino, depende del nivel de calcio y sobre todo de potasio, pues se producen durante la vinificación importantes pérdidas por precipitación en forma de fosfato bicálcico y tricálcico.

En los suelos ricos, donde la reserva de P_2O_5 asimilable es suficiente, el abonado fosfatado solamente tiene como misión el recuperar el extraído por las cosechas, así como el perdido en suelos muy ácidos o excesivamente calizos. Sin embargo, en suelos pobres, el abonado en fósforo debe hacerse antes de la plantación como abonado de fondo y luego como abonado de restitución. Orientativamente, el abonado de fondo puede hacerse en las siguientes cuantías:

Suelos calizos:	ricos (P_2O_5 > 0,2‰)	100 U/ha
	medios	200 U/ha
	pobres (P_2O_5 < 0,1‰)	300 U/ha
Suelos neutros	ricos	200 U/ha
o ácidos:	medios	300 U/ha
	pobre	400 U/ha

Para el abonado de restitución, no se realizan aportes en los suelos ricos o se limitan a 20 U/ha, pudiendo realizarse estas aportaciones cuando el análisis peciolar en el momento del envero supera el 0,15% de la materia seca.

Potasio. También necesario para la vida del viñedo (0,42 a 1,40 kg/100 kg de vendimia) bajo la forma K^+, encontrándose en proporción elevada en los tejidos vegetales, conociéndose su importante papel en el metabolismo celular y en la elaboración de los azúcares por incremento de la fotosíntesis. Existen múltiples funciones al respecto, destacando las siguientes: acción sobre la asimilación de los aniones orgánicos por salificación, también sobre la migración de glúcidos hacia los órganos de reserva y su condensación como almidón. El potasio tiene una gran importancia sobre el régimen de agua en los tejidos, interviniendo sobre la presión osmótica celular, disminuyendo al transpiración y manteniendo su turgencia con un mejor aprovechamiento del agua; siendo por lo tanto un elemento que aumenta la resistencia del viñedo frente a la sequía, a las heladas, salinidad y enfermedades criptogámicas. La disponibilidad del potasio es correcta en la mayor parte de los suelos, salvo en los muy ácidos (pH < 4,0) y en los muy calizos (pH > 8,5). *Ver Tabla inferior*

La fracción de potasio absorbida por la vid que es retirada de la solución del suelo, es el potasio intercambiable el cual se encuentra en forma de iones, libre en la solución o absorbido sobre el complejo, no representando éste más del 1 al 2 por 100 del potasio total, ya que la cantidad más importante de potasio se encuentra ligada al complejo absorbente y a las arcillas. Este postasio fijado puede ser lentamente liberado a lo largo del tiempo, dependiendo de la influencia del ambiente y de las prácticas culturales. El potasio intercambiable es el resultado del equilibrio dinámico entre el complejo absorbente y la solución del suelo:

- Una parte del potasio de la solución del suelo puede ser retrogradada a las arcillas, siendo este efecto favorecido por la elevación del pH, la sequía y la abundancia de calcio. Después de un aporte de abono, el poder fijador del suelo se estima según la siguiente fórmula: A% + 15, siendo A el contenido en arcilla del suelo. Así por ejemplo, un aporte de 100 kg de K_2O/ha en un suelo con un 30 por 100 de arcilla fija 45 kg de K_2O/ha.
- El retorno del potasio hacia la forma intercambiable ocurre cuando disminuye su contenido en el suelo.
- Una parte del potasio de la solución del suelo es eliminada por las aguas de infiltración.

La migración del potasio en el suelo es bastante débil en los suelos arcillosos, y más elevada en los suelos con menor complejo absorbente. La parte del potasio en la CIC es normal en un 4 por 100 en suelos con valores de la CIC entre 100 a 180 meq/litro, mientras que desciende al 2 por 100 en suelos arenosos de débil valor de la CIC menor de 50 meq/litro, y en los suelos arcillosos de alto valor de la CIC de más de 200 meq/litro es del 5 por 100.

El potasio favorece el desarrollo general de las cepas, provoca un aumento del tamaño de las hojas, incrementa el diámetro y peso de los sarmientos por unidad de longitud, asegurando mejor su agostamiento, elevando el número de racimos con mayor riqueza azucarada y favorece la correcta distribución de las reservas en las distintas partes de la planta, dándola una mayor longevidad. Una buena provisión de potasio, hace disminuir la sensibilidad de las plantas frente a las heladas y a ciertas enfermedades criptogámicas, como por ejemplo el mildiu.

K_2O cambiable (‰)

Contenido en arcilla:	*0 a 10*	*10 a 20*	*20 a 30*	*> 30*
Elevado:	> 0,21	> 0,30	> 0,37	> 0,43
Normal:	0,15 a 0,21	0,23 a 0,30	0,29 a 0,37	0,34 a 0,43
Mediocre:	0,10 a 0,15	0,18 a 0,23	0,23 a 0,29	0,28 a 0,34
Débil:	0,06 a 0,10	0,12 a 0,18	0,15 a 0,23	0,20 a 0,28
Muy débil:	< 0,06	< 0,12	< 0,15	< 0,20

(meq/kg = 21,3 · K_2O ‰)

A lo largo del período de crecimiento de los sarmientos, la cantidad de potasio acumulado por la vid aumenta, pasando primero por un máximo entre la floración y la parada de crecimiento, después del cual disminuye antes de aumentar de nuevo durante la maduración. Las necesidades diarias pueden ser de 1 a 2 kg/ha y día durante la fase de crecimiento, y hasta de 3 kg/ha y día durante la maduración en las viñas más cargadas. La absorción de potasio depende del tipo de portainjerto, siendo débil en los 1103 P, 140 Ru, 41 B y 110 R, y elevado en los SO4 y 44-53. Del mismo modo sucede con las viníferas, donde la *Garnacha* y la *Cariñena* absorben mucho potasio, y poco la *Syrah* y la *Cabernet Sauvignon*.

Las carencias de potasio producen una disminución del alargamiento de los entrenudos de los pámpanos, con un agostamiento precoz de los sarmientos. La fructificación es entonces deficiente, con bayas poco numerosas, racimos corridos, granos de uva pequeños, envero tardío y baja riqueza en azúcares.

Su excesiva presencia en los suelos de cultivo, motivado por abonados innecesarios o incluso abusivos, y a su poca movilidad en el terreno, origina deficiencias de magnesio, calcio, hierro y cinc, haciendo que las vendimias sean muy ricas en este elemento, obteniéndose vinos de menor acidez por la salificación con este catión y con un valor de pH excesivamente elevado, cuestión muy preocupante de cara a una correcta estabilidad biológica y fisicoquímica de los mismos. Por su acción antagónica con el magnesio, disminuye su contenido en los vinos. El potasio se utiliza con frecuencia para conseguir maduraciones "forzadas", aumentando la síntesis de azúcares, pero sin un paralelo incremento de los compuestos de bondad de la uva (antocianos, taninos, aromas, etc.), por lo que resultan entonces vendimias desequilibradas y engañosas desde el punto de vista de su correcta maduración y valoración. Sensorialmente, el potasio produce en los vinos sensaciones de amargor y agresividad, especialmente las sales con el ácido tartárico.

El abonado de fondo con potasio persigue fundamentalmente corregir las insuficiencias de este elemento en los suelos, pudiendo ser calculado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

– La riqueza en K_2O intercambiable, expresado en ‰ de tierra fina, y el contenido en arcilla en %, según la siguiente expresión:

$$R = d \cdot T \cdot c$$

d: diferencia entre la cantidad de potasio deseable y dosificada (‰).

T: peso de la tierra fina (toneladas/ha).

c: coeficiente de mayoración por fijación del K_2O en el suelo.

c = 1.000 / (850 – contenido en arcilla)

– La tasa de potasio intercambiable en relación a la capacidad de intercambio catiónico (CIC en ‰), que indica la tasa de saturación K/CIC ‰. El cálculo del abonado de recuperación, expresado en K_2O/ha es de:

$$R = D \cdot T \cdot c \cdot 0{,}047 \cdot CIC$$

D: diferencia entre la tasa de saturación deseable y la de la analítica del suelo. 0,047: coeficiente de conversión de potasio de meq/kg en ‰.

El abonado de mantenimiento corresponde a la siguiente ecuación:

Abonado de mantenimiento =
exportación + lavado + fijación

Los análisis del suelo y foliares realizados periódicamente, permiten calcular los aportes necesarios, interpretándose en los análisis peciolares lo siguiente:

K/Mg < 1	carencia potásica
K/Mg > 10	carencia magnésica
K/Mg 3 a 8	nutrición potásica y magnésica normal

Los contendidos de potasio en los pecíolos de la hojas expresados en porcentaje sobre la materia seca (MS):

K/MS% 0-1,0	carencia de potasio
K/MS% 1,0 a 1,5	alimentación mediocre
K/MS% 1,5 a 2,5	alimentación elevada

Magnesio. Las plantas lo absorben bajo la forma Mg^{2+}, interviniendo como elemento constituyente de la clorofila, siendo esencial en el metabolismo de los glúcidos y notable su acción como vehículo del fósforo. Actúa también en los mecanismos de la formación de grasas, proteínas y vitaminas, así como el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, y aumentado la resistencia frente a la sequía y enfermedades. Entre el magnesio y el fósforo existe un sinergismo que eleva notablemente la asimilación del último y facilita su transporte a la planta. Sin embargo con el potasio son elementos antagónicos, presentándose deficiencias de magnesio para valores superiores a 10 en la relación K/Mg y con valores nor-

males comprendidos entre 1 a 7. El calcio también puede inducir una deficiencia en este elemento.

La falta de magnesio, a veces también consecuencia de los suelos ácidos y arenosos con pH inferior a 5, se presenta como un debilitamiento general de las cepas, con una reducción del número de brotes, un lento desarrollo del tronco, una limitación del sistema radicular y una reducción de la fructificación, todo ello consecuencia de estar profundamente afectada la función clorofílica; sin embargo el tamaño de las hojas se ve poco afectado, aunque aparece en ellas un típico color amarillo. Su déficit también reduce la resistencia del viñedo al frío, sequía y enfermedades criptogámicas. El magnesio es un elemento que en general aumenta el azúcar de la vendimia y la calidad de los vinos, haciendo disminuir el contenido en potasio en los mismos por su acción antagónica. El magnesio junto a la tiamina son fundamentales para el funcionamiento piruvatodescarboxilasa de las levaduras, eslabón previo a la formación del etanol. Ciertos portainjertos, como el 44-53 M y el SO4, son particularmente sensibles a la carencia de este elemento.

La carencia de magnesio en el suelo vitícola, generalmente producida por su antagonismo con el potasio, genera en los vinos una reducción del nivel graso o de volumen, posiblemente debido a una modificación del mecanismo de elaboración de los polisacáridos en los racimos, así como también de gliceroles por las levaduras durante la fermentación.

Calcio. El contenido normal de calcio en los suelos se encuentra comprendido entre 1 a 3 gramos de CaO por kg de tierra fina, siendo absorbido por la planta bajo la forma Ca^{2+}. Este elemento asegura el equilibrio entre los ácido orgánicos y minerales de la savia. Satura las funciones ácidas de las pectinas de las paredes celulares, aumentando la consistencia y resistencia de los tejidos vegetales, y presenta un efecto antitóxico frente a los excesos de potasio, sodio o magnesio. El exceso de calcio puede inducir a carencias por insolubilizaciones de boro, manganeso o cinc, o posibles toxicidades de aluminio y manganeso cuando falta. Las relaciones normales son de 10 para la Ca/K, y de 16 en la Ca/Mg.

La presencia de calcio en el suelo favorece su estabilidad estructural al mantener floculados arcilla y humus, además de neutralizar la acidez del suelo, favoreciendo la transformación de la materia orgánica y la estimulación de los microorganismos. La sustitución rápida del calcio por el potasio en las paredes celulares de los hollejos de las bayas, acentúa la vulnerabilidad de los racimos a la botrytis.

Un exceso de carbonato cálcico en el terreno, específicamente el denominado "calcio activo", fracción de aquel finamente disgregada, produce un gran debilitamiento de los viñedos no resistentes, consecuencia de una acusada clorosis por bloqueo del hierro en el suelo, pudiendo tener graves deficiencias en la producción de vendimia, debiendo extremarse la precaución en la elección de los portainjertos resistentes a la caliza. El "índice de poder clorosante (IPC)" se calcula como sigue:

$$IPC = \frac{\text{Caliza activa en \%} \cdot 1000}{(\text{Hierro fácilmente extraíble})^2}$$

En niveles razonables, el calcio está considerado como un elemento de calidad en las vendimias, siendo especialmente favorable para las variedades tintas, aunque su exceso puede producir una importante reducción de la acidez por su salificación con el ácido tartárico, así como también un incremento no deseado del pH de los vinos. Este elemento con otros ácidos minoritarios, como el múcico y oxálico procedentes de las vendimias podridas, pueden producir ligeros enturbiamientos en los vinos.

Hierro. Es un elemento esencial en la formación de la clorofila, cuya carencia en el suelo o inducida por una excesiva presencia de calcio, produce la anteriormente citada clorosis, pero además tiene un importante papel en los mecanismos de oxidación y reducción de la planta. Los niveles de hierro normales en un suelo oscilan entre 20 a 150 mg/kg de tierra, siendo absorbido bajo la forma de Fe^{2+}, por lo que las condiciones reductoras del mismo favorecen su absorción.

Los contenidos en hierro en los vinos superiores a los 5 mg/litro, pueden inducir a su insolubilización con el anión fosfórico o con los polifenoles, formando las llamadas "quiebras férricas"; aunque raramente estas concentraciones tan elevadas proceden directamente de la vendimia, si no más bien derivan de contaminaciones por contacto con diversos materiales en la manipulación de la misma. En niveles más normales, el hierro es un elemento de calidad para los vinos, pues participa en las reacciones de oxidación y reducción, protegiéndolos frente a las oxidaciones, y además junto al cobre retrasa su envejecimiento en botella.

El consumo moderado de vino puede aportar un 10 a 15 por 100 de las necesidades diarias de este elemento, sin que se describan intoxicaciones alimentarias por este elemento.

Boro. Es un elemento importante para el transporte y utilización de los glúcidos, así como en la elaboración de las pectinas y en la movilización del calcio por la planta. Tiene una acción importante en la división celular y sobre todo en la estabilidad de las células vegetativas, fomentando la fecundación e incrementando el poder germinativo del polen, reduciendo de este modo los "corrimientos". Los valores normales de boro en los suelos oscilan entre 0,6 a 0,8 mg/kg de tierra, siendo el viñedo un cultivo exigente en este elemento, aunque su exceso puede resultar tóxico.

La falta de boro genera una aguda clorosis y raquitismo, con entrenudos cortos y gruesos, problemas de fructificación y cuajado, así como falta de fertilización de los óvulos de la flor, produciéndose uvas de pequeño tamaño apirenas. Su exceso, sin llegar a la toxicidad, produce bayas de gran tamaño y una maduración forzada similar a la del potasio, aumentando la síntesis de azúcares, pero sin un paralelo incremento de los compuestos de bondad.

El exceso en el suelo de calcio, potasio o magnesio, impide o dificulta la asimilación del boro, y viceversa, un déficit de estos elementos, pueden producir una fitotoxicidad de boro.

Cobre. Desempeña un importante papel en la nutrición de las plantas, pues forma parte de numerosas enzimas, sobre todo en aquellas que intervienen en los procesos de asimilación. Si este elemento falta en la clorofila, ésta se degrada con rapidez y decae el rendimiento del viñedo, siendo absorbido por las plantas bajo la forma Cu^{2+}. La deficiencia de cobre se presenta en los suelos arenosos y excesivamente humíferos, disminuyendo sus disponibilidades a medida que el pH aumenta, llegando a ser muy baja en los suelos calizos. El valor normal de cobre en los suelos oscila alrededor de los 0,4 mg/kg de tierra.

En los suelos vitícolas, las pulverizaciones con este elemento para tratamientos fitosanitarios, aportan un contenido suficiente, llegando en algunos casos a producir toxicidad, acompañada de una acción deprimente para las cepas, que aparece sobre todo en terrenos ácidos con pH inferior a 6, y de menor o nula gravedad en los más alcalinos.

El contenido de cobre en los vinos por encima del nivel de 0,3 a 0,5 mg/litro, produce un precipitado en ambiente reducido de sulfuro de cobre de color rojizo denominado "quiebra cúprica"; aunque por debajo de estos valores, su presencia es un factor de calidad, pues evita la formación de compuestos azufrados reducidos de mal olor, y además junto al hierro retrasa la evolución del vino en la botella.

El consumo moderado de vino, puede aportar de un 2 a 4 por 100 de las necesidades diarias de este elemento. No se han descrito intoxicaciones alimentarias por cobre.

Azufre. Este elemento junto al nitrógeno y el fósforo es un componente esencial de las proteínas, estimulando el desarrollo vegetativo de la vid y optimizando la función clorofílica, debiendo existir un equilibrio N/S del orden de 10 a 15. Los valores normales de azufre en los suelos son superiores a 20 mg de SO_3/kg de tierra, siendo asimilado por las plantas bajo la forma de SO_4^{2-}, donde las extracciones anuales por las cosechas son del orden de 50 a 100 Kg/hectárea. Algunos microorganismos (thiobacillus) utilizan el oxígeno de los nitratos para oxidar el azufre hacia sulfatos, produciéndose una apreciable desnitrificación del suelo y empobrecimiento en nitrógeno. En los suelos vitícolas, las pulverizaciones y espolvoreos con este elemento para los tratamientos fitosanitarios, producen un aporte de gran interés, elevando su acidez al transformarse lentamente en los correspondientes ácidos.

El exceso de azufre en la vendimia se traduce por reducción, en la formación de compuestos aromáticos desagradables en los vinos, pudiendo además eliminar cobre de los mismos. Los sulfatos contribuyen a conferir a la vinos un cierto carácter amargo, indeseable sobre todo para los vinos blancos. Sin embargo, los sulfatos en los vinos tintos mejoran su color, hacia un tono rojo más vivo e intenso.

Molibdeno. Su absorción se realiza en forma de ión molibdato. Activa los numerosos procesos del metabolismo nitrogenado, interviniendo además en la síntesis de pigmentos y clorofila, favoreciendo también la floración y fecundación, y en consecuencia incrementando el volumen de la vendimia. La deficiencia de molibdeno incide directamente sobre la fructificación, reduciéndola e incluso anulándola en casos extremos. Es el único elemento menor cuya carencia se acentúa con la acidez del suelo, pudiendo solucionarse fácilmente con un encalado.

Manganeso. Es un elemento importante para la fotosíntesis, interviniendo también en los procesos respiratorios de la planta, siendo absorbido por la planta como Mn^{2+}. Los suelos calizos reducen fuertemente la absorción de manganeso, mientras que los más ácidos la favorecen, pudiendo encontrase además carencias en los suelos arenosos. Su deficiencia puede producir clorosis, apareciendo las hojas un color amarillento rojizo entre los nervios. Los valores normales de manganeso en los suelos están comprendidos entre 5 a 8 mg/kg de tierra. En condiciones de anaerobiosis y de pH muy bajo puede producirse toxicidad.

Cinc. Interviene en el metabolismo de los glúcidos, siendo importante para la síntesis de la clorofila, así como su participación en el metabolismo proteico, y también un elemento indispensable en el crecimiento y fructificación de la vid, debido a su relación con las auxinas y hormonas de crecimiento. Su absorción se realiza como Zn^{2+} o también bajo la forma de quelatos con compuestos orgánicos del suelo. La escasez de cinc puede ser producida por un pH elevado, o también por un exceso de fósforo por encima del valor 30 en la relación P/Zn o con carbonatos que también lo inmovilizan, así como también con un exceso de potasio, produciéndose entonces una clorosis específica. En estas condiciones las hojas se alargan deformándose, mientras que los entrenudos se acortan. Un valor normal de cinc en el suelo es de 1 mg/kg de tierra, siendo la vid una planta muy sensible a una posible carencia de este elemento.

El cinc se utiliza asociado a diversas moléculas orgánicas como fungicida (Zineb), aunque en los suelos se encuentra en niveles de hasta 200 mg/kg. Los mostos son ricos en este elemento, pero después de la fermentación se reduce por su precipitación en forma de sulfuro de cinc. Su presencia es imprescindible para el metabolismo de las levaduras, pudiendo presentarse problemas de fermentación con concentraciones inferiores a 0,5 mg/litro de mosto.

2.3. Fertilidad biológica

Los restos orgánicos contenidos en el suelo están constituidos de una manera natural por restos vegetales y animales que han vivido sobre el mismo, a los que se añade la fertilización orgánica que se aporta durante el cultivo del viñedo, o precedentemente al mismo en el abonado de fondo. Los componentes de la materia orgánica se dividen en las siguientes fracciones: parte orgánica biodegradable, sustancias húmicas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina, y biomasa microbiana. Esta materia orgánica cumple con las siguientes funciones:

- Aporte de nutrientes para las vides mediante una lenta mineralización producida por los microorganismos del suelo.
- Reduce el pH de los suelos, conviniendo a los vinos aromáticos y de poca estructura.
- Mejora de la estructura de los terrenos, aumentando el poder retentivo de la humedad, disminuyendo las pérdidas de agua, mejorando la aireación radicular, y permitiendo el desarrollo y la acción de la flora microbiana responsables de las transformaciones biológicas en los mismos. La presencia de materia orgánica, inactiva parcialmente los herbicidas residuales y se opone a su migración en profundidad.
- Aumento de la temperatura del suelo por una modificación de su color hacia tonos más oscuros.

En primer lugar la formación del humus se produce por la presencia de seres vinos como gusanos, insectos, etc., que alimentándose de la materia orgánica, previa fragmentación, la expulsan en parte con sus excrementos, ya modificada en su constitución y mucho más fácilmente oxidable, incorporándose el resto a sus cuerpos que acaban por fin en ser materia orgánica incorporada al suelo. La fauna superficial se conoce como epígea, mientras que la más profunda se denomina endógea, y la situada en una posición intermedia es llamada anécica.

Composición de la fauna por m^3 de tierra:

Lombrices:	10 a 1.000
Moluscos:	100 a 1.000
Artrópodos > 1mm:	100 a 1.000
Artrópodos < 1 mm:	1.000 a 10.000
Nematodos > 0,1mm:	10^6 a 10^8

La importancia de la actividad de la fauna queda patente en el ejemplo de las lombrices de tierra, que representan de 500 kg hasta 5.000 kg/ha, ejerciendo las siguientes acciones en el terreno:

Acción física:

- Formación de galerías verticales que favorecen la infiltración del agua y la acumulación de la materia orgánica en profundidad.
- La bioturbación provoca el enterramiento de la materia orgánica y la subida de los minerales

del subsuelo por digestión y defecación en los diversos horizontes del terreno.
- Fragmentación de los restos de los vegetales, favoreciendo su descomposición.
- La deposición de las heces en la superficie del terreno en forma de montículos, o bien en las cavidades o fisuras en profundidad, mejoran la estructura del suelo.

Acción química y biológica:
- La digestión de la materia orgánica por las lombrices, favorece una degradación más rápida de la misma, pasando de una relación C/N >30 a una C/N de 8 o 9.
- El intestino de las lombrices proporciona un medio favorable para la activación de la microflora, debido a la humedad, temperatura y pH adecuados.
- Las deposiciones de las heces en los horizontes no colonizados conducen a una activación de la microflora.
- Las lombrices favorecen la fisiología de las raíces de las plantas cultivadas.
- Existe una interacción antagonista entre las lombrices y los nematodos parasitarios.

También los hongos filamentosos del suelo presentan una beneficiosa actividad, representando desde 50 a 1.000 m de hifas por gramo de tierra, pudiendo vivir como saprofitos de la materia orgánica, o bien en simbiosis con las raíces de las plantas como micorrizas. Las endomicorrizas intervienen de manera positiva en los procesos fisiológicos de las plantas:
- Reducción del estrés de la plantación, sobre todo en las plantas jóvenes, mejorando su desarrollo radicular.
- Mejora de la nutrición mineral, sobre todo en elementos móviles como el fósforo y otros oligoelementos.
- Protección frente a organismos patógenos radiculares, aumentando la resistencia de las plantas.
- Mejora de la estructura del terreno por los micelios externos y enriquecimiento de la microflora en la rizosfera.

En los suelos cultivados se puede producir una perturbación del equilibrio existente microbiológico, causando una problemática "carencia de endomicorrizas", siendo ocasionado por la aportación elevada de fertilizantes minerales, sobre todo por el fósforo, así como por la presencia de fitosanitarios del viñedo, o bien por la presencia de especies no micorrizógenas, tales como: crucíferas, chenopodiáceas, etc. Las condiciones favorables para su desarrollo son: oxígeno, temperatura de suelo superior a 10º C, agua sin exceso y presencia de materia orgánica suficiente.

Para que se realice la descomposición de la materia orgánica es preciso que ésta disponga de oxígeno, humedad y temperatura adecuadas, con la colaboración de diversos microorganismos que actúan más intensamente en medios básicos. Los complejos coloidales húmicos contienen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, etc., pero todos ellos no pueden ser aprovechados por los vegetales hasta que no sean puestos en libertad los núcleos carbonados orgánicos. El nitrógeno orgánico, previo ataque de diversos microorganismos, pasa a nitrógeno amoniacal y más tarde a nítrico, ya fácilmente asimilable por los vegetales, y los demás compuestos orgánicos mencionados quedan puestos en libertad cuando por oxidación se destruye la molécula del humus.

En la transformación de los compuestos nitrogenados orgánicos a amoniacales, intervienen los *Bacilus arborescens, B. subtilis, B. mesentericus, B. fluorescens, B. mycoides* y los mohos *Mucor racemosus, aspergillus,* etc., así como los *Pseudomonas fluorescens,* y los *Pseudomonas caudatus*, estos últimos poco abundantes en los suelos, pero de multiplicación extraordinaria cuando son estercolados.

El amoníaco de los suelos así formado, junto con el procedente de los abonos y el que en pequeñas cantidades es arrastrado de la atmósfera por las aguas de lluvia, pronto es atacado por otra serie de microorganismos nitrificantes que lo convierten en dos fases en nitrógeno nítrico.

En primera fase actúan los micoorganismos nitrosos: *Nitrosococcus* y *Nitrosomonas,* que cuando lo hacen sobre el amoníaco lo convierten en ácido nitroso y cuando actúan sobre las sales amoniacales las pasan a nitritos. Entre ellos se encuentran los *Nitrosococcus brasil, Nitrosococcus quito, Nitrosomonas europea* y *Nitrosomonas japonica.*

Los microorganismos nítricos (*Nitrobacterias*) actúan posteriormente sobre el ácido nitroso y los nitritos para transformarlos, respectivamente, en ácido

nítrico y nitratos, sin oxidar el amoníaco ni las sales amoniacales.

Existe en el suelo también un proceso inverso denominado desnitrificación, que consiste en la transformación del nitrógeno nítrico en nitritos, en otros diversos compuestos oxidados nitrogenados, en nitrógeno y amoníaco. Es decir, que por medio de la desnitrificación, se pierde fertilidad en los suelos al convertir cuerpos nitrogenados asimilables en otros de más difícil asimilación.

Tales transformaciones son consecuencia, principalmente, de la actuación de microorganismos anaerobios, aunque de una manera secundaria pueden proceder también de reacciones químicas, como, por ejemplo, al actuar el ácido nitroso sobre el amoníaco. Entre estos microorganismos, figuran el *Bacillus desnitrificans, Bacillus vermicularis, Bacillus ramosus, Cladosporium herbarum, Penicillium glaucum, etc.*

La desnitrificación puede disminuirse, aunque no anularse, favoreciendo la circulación del aire en el suelo por medio de labores. Cuando la humedad del suelo baja del 6 por 100 se favorece la desnitrificación, prevaleciendo sobre la nitrificación, ya que los microorganismos desnitrificadotes pueden actuar sobre terrenos secos, mientras que la falta de humedad perjudica notablemente a los nitrificantes. El encalado favorece la nitrificación, perjudicando a los agentes desnitrificantes.

La aportación de nitrógeno al suelo puede también tener otros orígenes diferentes, pasando a nitrógeno orgánico mediante agentes biológicos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico para luego cederlo a los vegetales: microorganismos nitrofijadores, simbiosis de bacterias y algas, y microorganismos simbióticos de las leguminosas.

En la primera agrupación *Clostridium (C. americanum, C. giganteum, etc.) y Azotobacter (A. agile, A. chrococum, A. beijerinckil,* etc.*)*, el primero anaerobio y el segundo aerobio, fijan el nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en materia orgánica de su propio cuerpo, incorporándole de esta manera en los suelos. Las agrupaciones o reuniones de *Azotobacter* y *Clostridium* tienen mayor poder de fijación que individualmente, quizás por el carácter aerobio del primero al crear un medio anaerobio que precisa el segundo para actuar en condiciones apropiadas. El viticultor favorece la acción con las labores que mullen las tierras, siempre que no falten otras condiciones, entre las que descuellan, como más interesante para la práctica, la de una adecuada reacción de las tierras, neutras o débilmente alcalinas, que pueden conseguirse en los suelos más ácidos mediante enmiendas calizas o abonos minerales bien elegidos.

La segunda forma de fijar el nitrógeno está constituida por la asociación en **simbiosis de algas y bacterias.** Aquellas provistas de clorofila son capaces de proporcionar materia orgánica, y con ella alimentos carbonados a las bacterias fijadoras del nitrógeno, que pueden vivir y multiplicarse con facilidad, y las cuales a su vez proporcionan a las algas nitrógeno atmosférico. El laboreo de los suelos facilitando el contacto de las bacterias con el aire, y la luz que favorece las funciones y multiplicación de las algas, son causas o agentes que contribuyen a que la simbiosis de algas y bacterias fijen con mayor intensidad el nitrógeno atmosférico.

La tercera forma de fijación del nitrógeno atmosférico corresponde a la asociación de las llamadas **bacterias radicícolas** que viven en simbiosis con las leguminosas, haciendo que el resto de sus cosechas enriquezcan el suelo en nitrógeno orgánico, e incluso que se las cultive y entierre en el suelo como **abono verde o sideral,** como también se denomina. Las bacterias radicícolas necesitan disponer de aire para su desarrollo, favoreciendo su acción las sales cálcicas y magnésicas, así como el cobalto, cromo y níquel, no sucediendo lo mismo con las sales potásicas y sódicas.

Las tres fuentes de nitrógeno atmosférico antedichas lo ceden al suelo en forma de materia orgánica nitrogenada, no asimilable directamente por los vegetales, precisándose los procesos biológicos de **amonización y nitrificación** de la misma.

El nivel mínimo de materia orgánica exigible para los viñedos se estima en un 1,0 por 100 en humus para los de secano, y de un 1,8 por 100 en humus para los de regadío, debiendo mantenerse mediante el aporte periódico de diferentes tipos de estiércoles o productos similares. La determinación del valor ideal para un suelo vitícola se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \frac{5 \cdot \text{arcilla (\%)} + 0{,}5 \cdot \text{limos (\%)} + 90}{100}$$

En los suelos vitícolas se debe establecer un balance húmico, con objeto de restituir anualmente las pérdidas de materia orgánica y así mantener su nivel deseable, aportando de este modo las importantes ventajas antes citadas. El balance húmico anual se establece con el siguiente cálculo:

Existencia de MO = pérdidas de MO + aporte de MO vitícola + aporte de MO exterior

Las pérdidas anuales de materia orgánica por mineralización se estiman en un 1 por 100 anual, mientras que los aportes de origen vitícola proceden de los restos de hojas y madera de poda, cifrados en unas 2 toneladas/ha y año, donde aplicando un coeficiente de humificación del 40 por 100, resultan unas 0,8 toneladas/ha de humus. Para equilibrar esta expresión es preciso realizar un aporte exterior de materia orgánica, mediante la adición de estiércol o compost, donde se debe conocer su riqueza en materia orgánica, así como también su coeficiente de humificación que oscila sobre el valor del 50 por 100.

Este **coeficiente isohúmico (k)** corresponde a la cantidad de humus estable, que puede ser aportado por la enmienda orgánica, estableciéndose los siguientes valores:

Rastrojo de paja:	10 a 20 por 100
Estiércol:	30 a 50 por 100
Restos de racimos:	30 a 50 por 100
Sarmientos:	30 por 100
Abones verdes.	débil

El **índice de estabilidad biológica (ISB)** permite apreciar la velocidad y la amplitud de la mineralización de las materias orgánicas del suelo, oscilando entre el 0 al 100 por 100:

Rastrojos de paja:	15 a 35 %
Madera:	20 a 30 %
Estiércol:	15 a 45 %
Corteza de frondosas:	40 a 80 %
Corteza de resinosas:	60 a 100 %
Turba:	80 a 100 %

Los aportes de materia orgánica pueden hacerse a partir de subproductos procedentes de los siguientes orígenes: ganadero (estiércoles y purines), agrícolas, urbanos (lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos), forestales (restos de aserraderos y limpieza de bosques) e industriales agrarios.

La actividad biológica del suelo vitícola puede ser evaluada mediante la determinación del "índice de actividad biológica (IAB)" de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IAB = \Sigma_1^{n}(Tm - 10)$$

n: número de meses húmedos para los que la temperatura media mensual multiplicada por dos es menor a la precipitación mensual en mm.

Tm: temperatura media mensual.

IAB < 10: actividad biológica muy débil.
IAB 10 a 14: actividad biológica débil.
IAB > 14: actividad biológica normal.

Otro indicador de la actividad biológica del suelo es la "relación C/N", donde resulta lo siguiente:

C/N < 10: buena actividad biológica con materia orgánica en descomposición.

C/N 10 a 20: actividad biológica correcta, con fuerte presencia de humus estable.

C/N > 20: débil actividad biológica, debida posiblemente a:

- Medio asfixiante, reductor.
- Poca materia orgánica.
- Suelo muy ácido o muy calizo (pH > 8,5).

El contenido en nitrógeno de la materia orgánica puede agruparse en las siguientes fracciones:

- Nitrógeno inorgánico: NH_4-N y NO_3-N.
- Nitrógeno orgánico rápidamente mineralizable: urea y ácido úrico.
- Nitrógeno orgánico mineralizable a corto plazo.
- Nitrógeno orgánico lentamente mineralizable, formado por compuestos orgánicos complejos.

De una manera general, las tierras muy ricas en materia orgánica, sobre todo las arcillo-humíferas fertilísimas, son las menos aptas para el cultivo de la vid para obtener productos de calidad, precisamente a causa de esa gran fertilidad. Con abundante humedad y formas de amplia vegetación, pueden obtenerse grandes producciones, pero con bajas calidades de frutos y vinos. La materia orgánica es indispensable para el cultivo de la vid, pero su exceso es perjudicial, produciendo entonces vinos groseros con capacidad de conservación reducida, ricos en materias nitrogenadas ("quiebra protéica") y pobres en aromas.

Un adecuado nivel de fertilidad orgánica, equilibrado con el medio de producción, es la mejor solución para obtener vendimias de calidad; donde además de expresarse las condiciones que ofrece ese medio de cultivo, permite también el desarrollo de las levaduras autóctonas, que depositadas sobre la pruina de la uva, pueden participar de forma decisiva en la calidad y tipicidad de los vinos elaborados, cerrando de este modo de manera completa en concepto del "terroir" antes expuesto.

Por último, un aspecto preocupante del suelo, puede ser su progresiva contaminación con restos de productos fitosanitarios aplicados reiteradamente al viñedo. Estos pueden ser de cobre fitotóxico procedente de los tratamientos a base de sulfato de cobre para combatir la enfermedad del mildiu, unidos a las aplicaciones de azufre para luchar contra el oidio, que puede ser oxidado por las bacterias del suelo hacia sulfatos, que incrementa la acidez del suelo y además solubiliza el cobre que contiene. Otros plaguicidas pueden aportar otros metales, como: arsénico, plomo y mercurio. También los fertilizantes fosforados pueden contener impurezas como: zinc, arsénico, cadmio y plomo. Los purines procedentes del ganado porcino son especialmente ricos en cobre. Los residuos de otros pesticidas de síntesis, pueden perturbar las reacciones biológicas del suelo e incluso impedir la correcta mineralización del nitrógeno realizada por las bacterias.

Existe en la actualidad una tecnología encaminada a la recuperación de suelos contaminados de metales pesados, siendo la biorrecuperación la mejor solución posible, donde se pueden utilizar microorganismos o plantas descontaminantes, destacando las segundas o fitorrecuparación, que pueden actuar de las siguientes formas:

- Fitoextracción.
- Fitoestabilización por insolubilización o fijación de contaminantes bajo formas no asimilables.
- Fitovolatilización.
- Fitodegradación.

A pesar de todo lo dicho, el factor suelo puede ser modificado por la mano del hombre, mediante determinadas prácticas de establecimiento del viñedo (desfonde, abonado de fondo, correcciones, drenajes, etc.) y también por medio de prácticas anuales de cultivo, donde destacan las enmiendas y los abonados. Prefiriéndose siempre las correcciones mediante la adición de abonos orgánicos y limitando los abonos minerales a lo estrictamente indispensable. Un adecuado nivel de materia orgánica en el suelo, libera progresivamente por mineralización los elementos que contiene, asegurando un exacto aprovisionamiento de nutrientes para el viñedo y además, mantiene la "vida" del suelo, aspecto de gran importancia para el viñedo y su producción.

La "vida" del suelo de cultivo puede ser medida a través de su actividad biológica, siendo los seres vivos que contienen (microflora, micro y mesofauna) el vínculo más o menos directo que mejor definen esta actividad biológica. Además de los métodos señalados anteriormente (índice de actividad biológica y relación C/N), existen otros métodos de evaluación de la actividad biológica del suelo, que seguidamente se relacionan, siendo preciso señalar que los mismos no sustituyen la observación en campo mediante la correspondiente calicata o rizotrón, si no más bien un complemento de los mismos.

- Biomasa microbiana. La biomasa microbiana abarca el conjunto de microorganismos que el suelo contiene, pudiendo medirse el nivel de carbono de estos seres, excluyendo animales y raíces, constituyendo este método una fácil y excelente medida de la vida del suelo, expresando los resultados en mg de carbono por kg de suelo seco.
- Conjunto de materias orgánicas contenidas en el suelo. El humus como materia orgánica muy estable y la biomasa microbiana como materia orgánica "viva".
- Mineralización del carbono y nitrógeno. Cuyos niveles se deben relacionar con la biomasa microbiana, evaluando de este modo la renovación del carbono y nitrógeno "vivos" en el suelo.
- Respiración basal. Es un indicador de la actividad biológica del suelo, y de la cantidad y calidad de la fuente de carbono.
- Actividades enzimáticas del suelo. La degradación o mineralización de la materia orgánica por los seres vivos se realiza mediante la acción enzimática, siendo su medida un buen indicador de la actividad biológica de un suelo. Entre estos bioindicadores se destacan la actividad deshidrogenada, como indicador del sistema redox microbiano y de las actividades oxidativas del suelo, la hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA), que mide la actividad enzimática total del suelo (pro-

teasasa, lipasas, esterasas, etc.), y las actividades enzimáticas individuales (β-glucosidasa, ureasa, fosfatasa, etc.).

- Mediciones macrobiológicas. Como por ejemplo la evaluación de la población de lombrices o los artrópodos-microartrópodos que contienen el suelo, pudiendo compararse con otros suelos testigo.

Cada tipo de suelo presenta un nivel óptimo diferente de actividad biológica en función de su origen y composición, donde el valor del pH juega un importante papel. Por otra parte, la época del año cuando se toma la muestra es muy importante, pues al depender la vida de los microorganismos del agua y de la temperatura, las estaciones de primavera y otoño son las épocas más activas, mientras que el invierno y sobre todo el verano son los períodos más desfavorables.

Los resultados de los bioindicadores antes señalados, se pueden utilizar para la interpretación de la actividad microbiana de los suelos, mediante el cálculo de los siguientes índices:

- Cociente microbiano. Proporción del carbono orgánico total del suelo representado por el carbono microbiano.

$$\text{Cociente microbiano} = \frac{\text{C-biomasa microbiana}}{\text{C-orgánico total}}$$

- Cociente respiratorio o metabólico. Tasa específica de respiración basal por unidad de carbono de la biomasa microbiana.

$$\text{Cociente respiratorio } (qCO_2) = \frac{\text{Tasa de respiración basal } (\mu g\ C\text{-}CO_2/h)}{\text{C-biomasa microbiana}}$$

- Potencial metabólico. Relación entre actividad deshidrogenada y el carbono soluble en agua.

$$\text{Potencial metabólico} = \frac{\text{Deshidrogenasa}}{\text{C-soluble en agua}}$$

- Coeficiente de mineralización del carbono. Fracción del carbono orgánico total mineralizado en un período de tiempo determinado.

$$\text{Cociente de mineralización del C } (qM) = \frac{\mu g\ C\text{-}CO_2 \text{ acumulado}}{\mu g\ \text{C-orgánico total}}$$

- Cociente de la tasa de cambio de la biomasa microbiana. Los valores positivos indican una disminución del carbono de la biomasa microbiana, y por el contrario, los valores negativos señalan un aumento del carbono de la masa microbiana.

$$\text{Tasa de cambio } (qC) = \frac{\mu g\ \text{C-microbiano a } t_1 - \mu g\ \text{C-microbiano a } t_2}{\mu g\ \text{C-microbiano a } t_1 / (t_2 - t_1)}$$

- Actividades enzimáticas específicas.

$$\text{Actividad específica} = \frac{\text{valor de la actividad enzimática}}{\text{C-total}}$$

$$\text{Actividad específica} = \frac{\text{valor de la actividad enzimática}}{\text{N-total}}$$

- Coeficiente de hidrólisis.

$$\text{Coeficiente de hidrólisis} = \frac{\mu mol \text{ de diacetato de fluoresceína hidrolizado}}{\mu mol \text{ de diacetato de fluoresceína total pre-hidrólisis}}$$

- Indice biológico de fertilidad (BIF).

$$\text{Indice BIF} = (\text{deshidrogenasa} + K \cdot \text{catalasa}) / 2$$

K: coeficiente de proporcionalidad

- Número de actividad enzimática (NAE).

$$\text{Indice EAN} = 0{,}2 \cdot (\text{mg trifenilformazan}) + (\text{número catalasa} / 10) + (\mu g \text{ fenol} / 40) + (\text{mg amino - N} / 2) + (\text{número amilasa} / 20)$$

- Indice de fertlidad (Mw).

$$\text{Indice Mw} = (\text{ureasa} / 10 + \text{deshidrogenasa} + \text{fosfatasa alcalina} + \text{fosfatasa ácida}) \cdot \text{C-orgánico total}$$

- Indice de fertilidad bioquímica (B).

$$\text{Indice B} = \text{C-orgánico (\%)} + N_{total} + \text{deshidrogenasa} + \text{fosfatasa alcalina} + \text{proteasa} + \text{amilasa}$$

Valores del índice B	Fertilidad
3 a 4	baja
4 a 5	media
5 a 6	alta
6 a 7	muy alta

– Relaciones matemáticas empíricas de suelos con buena actividad biológica.

$$\text{Total N} = 0{,}38 \cdot 10^{-3} \text{ C-biomasa microbiana} + 1{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ N mineralizado} + 13{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ fosfomonoesterasa} + 8{,}9 \cdot 10^{-3} \text{ β-glucosidasa} + 1{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ ureasa}$$

$$\text{Índice} = N_{calculado}/N_{kjeldhal}$$

$$\text{MO (g/kg)} = 5{,}35 + 0{,}017 \cdot \text{C-biomasa microbiana} - 0{,}06 \cdot \beta\text{glucosidasa} + 1{,}08 \cdot \text{arilsulfatasa}$$

$$\text{Índice} = \text{contenido MO}_{calculado}/\text{contenido MO}$$

$$\text{C-orgánico (g/kg)} = 0{,}4008 \cdot \text{arilsulfatasa} + 0{,}4153 \cdot \text{deshidrogenasa} + 0{,}4003 \text{ fosfomonoesterasa ácida} + 0{,}4916 \cdot \beta\text{-glucosidasa}$$

$$\text{Índice} = \text{contenido C-orgánico}_{calculado}/\text{contenido C-orgánico}$$

3. VARIEDAD DE UVA Y PORTAINJERTO

Aunque la variedad de uva puede ser elegida por el viticultor y por lo tanto a priori parecer un factor variable, sin embargo se la considera como un factor permanente, pues normalmente ésta subsiste durante la vida útil de la plantación, que a menudo es superior a los 30 o 40 años. El tiempo de más de tres años que tarda en entrar en producción un viñedo plantado, unido a la mejora de la calidad de la uva con su edad y a los importantes costos de establecimiento del viñedo, hacen que la variedad y su portainjerto sean un factor permanente; aunque existen técnicas para cambiar de variedad en un momento determinado, como por ejemplo la del sobreinjerto.

La **variedad** utilizada debe de adaptarse no solo a las condiciones climáticas del lugar, sino también a las del suelo de cultivo, para que en sus producciones comuniquen al vino sus caracteres de calidad, tipicidad e incluso expresando su hábitat de cultivo. Seguidamente se detallan algunas variedades de vid, clasificadas según su época de maduración (E. Peynaud):

Primera época (al mismo tiempo que la *Chasselas):*
Gamay, Pinot, Chardonnay, Traminer...

Segunda época (12 a 15 días después que la *Chasselas*):
Cabernet franc, Cabernet Sauvignon, Cinsaut, Malbec, Merlot, Syrah, Chenin, Riesling, Sauvignon, Semillon, Sylvaner, Tempranillo...

Tercera época (24 a 30 días después que la *Chasselas*):
Aramon, Cariñena, Garnacha, Viura, Ugni blanc...

Por otra parte los **portainjertos** utilizados en la lucha contra la filoxera, también pueden ser considerados como factor permanente, pues acompaña a la variedad durante el cultivo e incluso supervive en caso de un cambio de variedad por sobreinjerto. El portainjerto al formar el sistema radicular de la vid y su comportamiento condicionará la alimentación de la viníferа colocada por encima de él, modificando los regímenes de absorción de agua y minerales del suelo.

En los terrenos más fértiles, algunos portainjertos como 110 R, 41 B, SO4, 1103 P, etc. comunican un vigor excesivo, que pueden reducir el volumen de la vendimia y retrasar su proceso de maduración. Sin embargo en los mismos suelos, los portainjertos 161-49 C, 3.309 C, o Riparia Gloria, producen un ciclo vegetativo más corto y favorable para la maduración. Además del vigor, se debe tener en cuenta en la elección de un portainjerto, otros factores que afectarán a la variedad injertada y a la postre a la producción de uva, como la afinidad portainjerto-variedad y la resistencia a la caliza, sequía, exceso de humedad, salinidad, etc.

Los portainjertos que producen un vigor excesivo, aumentan la vegetación en detrimento de la maduración. Sin embargo, cuando estos generan un vigor deficiente, la vegetación puede resultar insuficiente y en consecuencia la maduración también puede ser incompleta. La absorción de cationes puede estar influenciada por el portainjerto, así por ejemplo el SO4 es capaz de absorber cantidades importantes de potasio, haciendo que los vinos tengan un valor más elevado del pH.

4. DENSIDAD Y DISPOSICIÓN DEL VIÑEDO

La **densidad de plantación** o número de cepas plantadas por unidad de superficie, generalmente medido en cepas por hectárea, está ligada a la fijación de la energía solar disponible, a la fertilidad del terreno y también a las disponibilidades de agua. En nuestro país, la pluviometría es un factor limitativo

del cultivo de la vid y aunque el viñedo puede vegetar con algo menos de 300 mm de lluvia anual, las densidades de plantación de las distintas zonas vitícolas, pueden variar como término medio desde las 1.500 cepas por hectárea en las comarcas más secas, hasta superar las 5.000 en las más húmedas.

La **disposición del viñedo** se refiere a la forma de distribuir las vides en una superficie partiendo de una determinada densidad de plantación, pudiendo establecerse en disposiciones de marco real, tresbolillo, marco rectangular, calles, líneas de nivel, etc. La elección de una forma u otra, dependerá de las condiciones de cultivo del viñedo y sobre todo de la necesidad de su mecanización.

La densidad de plantación determina la exploración del suelo por el sistema radicular del viñedo y por lo tanto una gran cantidad de sus funciones vegetativas. Ajustando el número de cepas por hectárea a las posibilidades del medio de cultivo, se podrá obtener vendimias y vinos de calidad, creando un equilibrio entre este medio y el viñedo establecido sobre él. Cuando las densidades de plantación son altas, la densidad radicular por cepa disminuye, pero sin embargo respecto de la superficie total del viñedo ésta aumenta, al compensarse por cultivar en la misma extensión de terreno, un mayor número de vides. Del mismo modo, el vigor individual de las vides decrece y en consecuencia también su producción, pero por el contrario y dentro de unos límites, la calidad de la uva aumenta, al conseguirse racimos más pequeños y con granos de uva de menor tamaño, estos con una mayor relación superficie de hollejo por unidad de volumen, que se traduce en vinos más aromáticos y de mayor extracto. Para una determinada superficie de cultivo, aumentar la densidad de plantación hace que las producciones sean mayores, pero si se logra un buen equilibrio vegetativo entre las vides y el suelo donde se nutren, la calidad también puede ser más elevada y motivado por las razones antes expuestas.

Esto no quiere decir que siempre con elevadas densidades de plantación se puede conseguir un incremento de la calidad, pues en ocasiones no se produce un adecuado equilibrio y las producciones pueden ser elevadas, pero por desgracia con racimos de poca calidad. Las grandes densidades de plantación también pueden generar otro tipo de problemas, como son la dificultad de su mecanización al estorbar el paso de vehículos y aperos por el viñedo, así como pueden producir un menor aprovechamiento de la insolación debido a abundantes sombreados entre hojas y por último, presentar un mayor riesgo de contraer enfermedades criptogámicas generadas por una falta de ventilación y acumulación de la humedad.

Los marcos de plantación regulares, es decir de igual anchura de calle que entre vides de las filas, consiguen una mejor distribución del sistema radicular de las cepas, explorando mejor el terreno y mejorando la calidad de la vendimia, pues se eleva el porcentaje de "raíces absorbentes", respecto del de las "raíces conductoras" no absorbentes. La distancia entre vides de una fila de un viñedo, influye sobre todo en la calidad de la uva a través de la producción por cepa, mientras que la distancia entre filas, controla preferentemente la producción de uva por hectárea.

Los costos de plantación y explotación también están relacionados con la densidad de plantación, así pues cuando se triplica la densidad de plantación, los costos aumentan en un 60 a 70 por 100. En este sentido, la línea o fila de vides de un viñedo puede ser considerada como la "unidad básica del costo", pues se aumenta más el costo de plantación y explotación cuando se eleva el número de filas de un viñedo, mientras que si se modifica la distancia entre vides dentro de cada fila, estos costos varían en menor proporción.

5. SISTEMA DE CONDUCCIÓN

Siguiendo el mismo criterio que los anteriores factores, el sistema de conducción adoptado suele permanecer en la plantación durante la vida útil de la misma, aunque puede reconvertirse en casos muy excepcionales y generalmente de formas bajas hacia las altas.

La forma de conducción de las vides y su poda, como más adelante se verá, es otro importante factor que afecta a la producción del viñedo y sobre todo a la geometría de su disposición foliar o arquitectura de la vid, en equilibrio con el suelo y otros factores del cultivo. La superficie foliar y el aprovechamiento heliotérmico, intervienen en la fisiología de la vid de tal modo, que existe una relación entre la calidad de la vendimia y la superficie foliar disponible, siempre que ésta se encuentre bien iluminada. No solo es importante disponer de una suficiente superficie

de hojas, sino que también lo es que ésta se encuentre bien iluminada. El correcto manejo de estos dos factores, es la clave de las buenas maduraciones y por lo tanto de los buenos vinos, cuestión que se resuelve utilizando un adecuado sistema de conducción para cada ecosistema vitícola. Además de la optimización de la captación de la energía solar, otros objetivos del sistema de conducción son, maximizar la capacidad genética de la vid para gestionar lo mejor posible su potencial productivo, y permitir una adecuada mecanización de las operaciones de cultivo, limitando los costos de cultivo y mejorar el control de la enfermedades parasitarias.

De todos es sabido que las viñas viejas son las que generalmente producen uvas y vinos de la mayor calidad, pues a lo largo de los años las vides autorregulan su producción con su sistema radicular y foliar, mermándose su producción con el tiempo, con lo que se incrementa su calidad, al disponer de mayores "medios de producción" aplicados en una menor cantidad de uva, además de otros factores que más adelante se citarán. Sin embargo, con viñedos más jóvenes se pueden obtener también vendimias de gran calidad, mediante la adopción de un adecuado sistema de conducción y realizando además determinadas prácticas de cultivo.

Cuando la iluminación es baja, los niveles de anhídrido carbónico absorbido y emitido por las hojas se igualan, llegando al llamado "punto de compensación", donde por debajo del cual las hojas dejan de aportar compuestos formados por la fotosíntesis e incluso se convierten en elementos "parásitos" de las hojas activas, mermando sensiblemente el rendimiento potencial de maduración del viñedo. El nivel óptimo de iluminación para la vid es de 35.000 a 50.000 lux a una temperatura de 25º a 30º C, que equivale a unos 700 Einstein por metro cuadrado y segundo, siendo de 2.500 para un día soleado y de 300 a 1.000 en los días nublados.

Según estudios realizados por J. Bergqvist y colaboradores, en viñedos del Valle de San Joaquín en California, la temperatura de los racimos en un día soleado, puede variar en 3º a 4º C dependiendo de si los frutos están insolados o sombreados. Del mismo modo comprobaron que la acidez del mosto se eleva de manera apreciable en situaciones de vegetación sombreada. Los sólidos solubles del mosto se incrementan en situaciones sombreadas hasta valores de "radiación fotosintética activa (PAR)" de 300 a 500 µmol por m^2 y segundo, mientras que en situaciones soleadas lo mismo sucede hasta los 500 a 1.000 µmol por m^2 y segundo. Por último, los polifenoles acumulados en el racimo se incrementan de forma lineal ascendente con la iluminación en viñedos sombreados, mientras que en viñedos soleados, ocurre lo mismos hasta un límite de 1.500 µmol por m^2 y segundo, donde la fotosíntesis se paraliza por un proceso de fotoinhibición.

En un viñedo en vaso o espaldera tradicional, la capa de 2 a 3 hojas situadas hacia el exterior, son las únicas que "trabajan" casi al 100 por 100 de rendimiento fotosintético, siendo responsables del 70 por 100 de su fisiología y maduración. Mientras que las situadas inmediatamente por debajo de estas, su rendimiento decrece del 7 a 15 por 100 y las situadas más hacia el interior, ya muy sombreadas, pueden llegar a ser "parásitas", vegetando a costa de las anteriores e incluso mermando a la maduración de la uva. Las hojas sombreadas reciben además una menor proporción de luz roja (660 nm) e infrarroja (730 nm), lo que reduce todavía más la actividad fotosintética de las mismas. La falta de iluminación provoca además un aumento del riesgo de las enfermedades criptogámicas y también disminuye la fertilidad de las yemas, por lo que la cosecha del año siguiente será seguramente menor. Existe la ley de Beer que describe este fenómeno de atenuación de la energía en el interior de las cubiertas vegetales, la cual resulta fuertemente dependiente de la absorbancia.

Además de desearse una buena superficie foliar, estando además bien expuesta, es importante que exista un fuerte desarrollo de la vegetación en primavera, alcanzando los pámpanos el tamaño suficiente y definitivo antes del envero. De este modo, durante el período de maduración de la uva, no se producirá un crecimiento de los órganos verdes del viñedo y entonces la maduración de los racimos será mayor, al destinarse todas las sustancias sintetizadas por la fotosíntesis, hacia los racimos o bien a reservas.

Existen unos índices foliares que determinan las características de un viñedo establecido con un determinado sistema de conducción:

- **Índice de área foliar (IAF o LAI):** superficie total de hojas en una hectárea de viñedo. Este valor puede ser fácilmente calculado, utilizando un instrumento óptico específico (LAI-2.000, SunScan

Canopy SS1, etc.), donde además de medir este índice, es capaz de evaluar la "estructura foliar del cultivo", es decir cantidad de follaje y el ángulo medio de inclinación del mismo, también de gran utilidad para conocer la exposición de la hojas a la radiaciones luminosas, o incluso también la "radiación activa fotosintética (PAR)" que reciben las vides. También este índice se puede calcular directamente, con mayor o menor dificultad, mediante medidas físicas de las hojas del viñedo.

- **Índice de superficie foliar externa (ISF):** superficie de las 2 o 3 primeras capas de hojas en una hectárea de viñedo. Generalmente este índice se calcula fácilmente midiendo la superficie externa de la figura geométrica que forma la vegetación del viñedo.
- **Índice de densidad vegetal (IDF) o índice de porosidad: ISF / IAF:** es la relación entre las hojas exteriores "productivas" respecto del total de hojas del viñedo.

Desde un punto de vista teórico, lo ideal es conseguir un valor de IDF de la unidad, donde todas las hojas fueran externas, lo cual es prácticamente imposible; pero lo normal es disponer de valores por debajo de esta cifra y comprendidos entre 0,4 y 0,8, siendo deseable los valores más elevados desde el punto de vista heliotérmico. Un viñedo en espaldera puede disponer de 6.000 a 10.000 m^2 de superficie de hojas por hectárea, alcanzándose valores óptimos para la maduración de la uva de 7 a 17 cm^2 de hojas por cada gramo de uva, que equivale a una cantidad de 14 a 16 hojas por cada brote y un racimo normal o dos pequeños por cada uno de estos. Dicho de otra manera, una hoja de Tempranillo puede tener entre 200 a 250 cm^2, lo que suponen unas 40 a 50 hojas/m^2, precisándose por lo tanto unas 5 hojas por 100 gramos de uva o 15 a 20 hojas por racimo de esta variedad. Las hojas de las vides pueden elaborar por metro cuadrado en la fotosíntesis, hasta 17 a 20 gramos de almidón a partir de un mínimo aproximado de 25 miligramos de anhídrido carbónico tomado de la atmósfera.

Abriendo la vegetación del viñedo hacia la luz solar, mediante la utilización de espalderas como veremos más adelante, se puede conseguir una mejor calidad de uva, pero lleva implícito unas elevadas evapotranspiraciones y pérdidas de agua, pudiendo las vides sufrir sequía e incluso llegar a marchitarse y morir. En algunas situaciones, la disponibilidad de agua de riego, no solo es conveniente, sino más bien necesaria; aplicándola con un criterio tecnológico para la obtención de uvas de calidad, y no con el más frecuente de elevar los rendimientos por hectárea. Siguiendo el criterio definido por Feedman, las vides que producen menos de 1 kg de madera por metro lineal, su cultivo debe hacerse en formas pequeñas, mientras que si está por encima de este valor, se puede hacer en formas más elevadas y abiertas.

Los sistemas de **conducción en vaso,** con formas libres, bajas y sin apoyos, se han destinado tradicionalmente a comarcas de clima seco, caluroso y de alta luminosidad, sin posibilidad de riego, donde su IDF es relativamente bajo, pero suficiente para la maduración de la carga de uva de estos viñedos y mejorando sensiblemente la calidad cuando el año produce una cosecha escasa, pero depreciándose notablemente en las campañas de mayor producción. Las podas suelen ser cortas, con poca "carga" o número de yemas, creándose una gran concentración de hojas alrededor de la planta, defendiéndose de este modo de la temperatura exterior y de las importantes pérdidas de agua por transpiración, pero por otra parte, cediendo posibilidades de maduración por el abundante sombreado de las hojas. Cuando los vasos son más altos, se eleva el IDF, mejorando las posibilidades de captación luminosa, pero siendo el viñedo más sensible a las sequías. En los viñedos viejos de largos brazos, este problema no suele suceder, por contar con un potente sistema radicular capaz de captar el agua con mayor facilidad.

Los sistemas de **conducción en espaldera y parrales,** con formas altas apoyadas, de podas más largas con mayor carga, son tradicionalmente propias de comarcas de clima más frío, de mayor humedad y menores condiciones heliotérmicas; empleándose variedades más vigorosas y con mayores producciones. En este caso la vid se defiende del exceso de humedad, de las enfermedades que ésta pudiera provocar y de la falta de iluminación, haciendo todo lo contrario a las cepas en vaso, es decir "abriendo" su vegetación y lográndose un IDF más elevado. Pero no por estas razones necesariamente se obtienen de las formas altas vendimias de calidad, pues las elevadas producciones y las condiciones climáticas del año o de la comarca, condicionan también los resultados.

La aplicación de la tecnología vitícola de las formas altas, en zonas de climas secos y soleados, cuando

se hace de forma correcta, puede desembocar en la obtención de uvas y vinos de gran calidad, como está demostrado en muchas zonas productoras de mundo, donde con viñedos relativamente jóvenes, se obtienen excelentes resultados y en muchas ocasiones muy lejos de las prácticas tradicionales de cultivo.

El cultivo de la vid en espaldera, presenta respecto del vaso, una notable mejora en la cantidad de superficie foliar, pero en muchas ocasiones se produce una cortina de vegetación de gran espesor, que hace que su IDF sea relativamente bajo, por la gran cantidad de hojas que quedan sombreadas dentro de esta masa de vegetación. Para solventar este problema, primeramente se pensó dividir la cortina de hojas en dos, mostrando cada una de ellas un menor espesor, por lo que casi no existen hojas sombreadas y prácticamente duplicando la superficie foliar expuesta al sol, desarrollándose los **sistemas de conducción en "lira", U o V.** La complicación de las instalaciones fijas y de cultivo que estos tipos de sistemas de conducción requieren, fueron posteriormente solucionados con las **espalderas de desarrollo ascendente y descendente,** existiendo una gran cantidad de modelos y variaciones. El sistema consiste simplemente en abrir hasta un ángulo de 180º, las dos cortinas de hojas que en los otros sistemas estaban en forma de U o V, situando el cordón de las vides a una respetable altura y dirigiendo la vegetación en sentido ascendente y otra en sentido descendente, concentrándose la producción a la altura del cordón y dejando arriba y debajo de ésta, las cortinas de hojas en el mismo plano. El inconveniente de la vegetación descendente es que se reduce en un 30 a 40 por 100 la superficie foliar respecto de la vegetación ascendente.

Estas medidas de disposición o geometría del sistema foliar, se combinan con densidades de plantación adecuadas, relativamente altas por los razonamientos de producción y calidad antes expuestos, pero que armonizándolas con la necesidad de disponer de calles con suficiente amplitud para permitir la mecanización, se hace necesario no aumentar la densidad de cepas por hectárea, recurriéndose entonces a cultivar con un mayor número de yemas por hectárea, situándose estas en un menor número de plantas. Para evitar sombreados de las hileras de vides vecinas, un buen equilibrio se consigue con valores situados entre 1,0 y 1,6 de relación entre la altura de la cortina foliar y la anchura de la calle.

Otra modalidad de cultivo se está imponiendo y ésta es de la **conducción "no poda",** que consiste en cultivar el viñedo en formas altas apoyadas, donde una vez establecida la plantación a una gran altura entre 1,5 y 2,0 metros o más, las vides se dejan sin podar, creándose con los años un seto de sarmientos en forma de túnel con una multitud de yemas, donde brotan las exteriores con poco vigor y consiguiéndose una gran cantidad de racimos de pequeño tamaño y gran calidad. Esta técnica se aplica con éxito en zonas secas, donde los posibles excesos de producción se controlan con ligeras aportaciones de agua de riego y algún recorte de sarmientos sobrantes por medios mecánicos. Con el paso de los años, las vides así conducidas se autorregulan fisiológicamente y se logran buenas producciones acompañadas de una excelente calidad de la vendimia.

La **orientación del viñedo** también tiene una gran importancia, sobre todo en cultivos conducidos en formas apoyadas y siempre que la situación topográfica lo permita. La orientación Norte-Sur permite una mejor interceptación de la energía luminosa por la mañana y por la tarde, siendo favorable para aquellas situaciones donde el curso del sol es amplio y la temperatura de la mañana elevada, siendo una ventaja para zonas cálidas y secas, donde las condiciones de estrés pueden reducirse en la horas de mediodía donde la insolación es máxima y la vegetación ofrece la menor exposición posible. La orientación Este-Oeste ofrece una menor recepción de luz por la mañana y por la tarde, siendo más adecuada en zonas septentrionales, donde las condiciones térmicas y de iluminación de la mañana y de la tarde están por debajo del óptimo, siendo máximas hacia el mediodía, cuando la vegetación presenta la mejor exposición posible.

6. EL NUEVO CONCEPTO DE TERROIR

Existe una nueva tendencia liderada por Claude Bourgignon, que va todavía mucho más lejos que el tradicional concepto del "terroir" antes expuesto, y donde se trata de restar la acción de la mano del hombre a lo indispensable en el cultivo del viñedo, para así poder expresarse el medio de cultivo de una manera más nítida en los vinos obtenidos, y donde la clave se encuentra en la fertilidad biológica natural del suelo de cultivo, y sobre todo en conseguir un

abundante y profundo sistema radicular del viñedo, que colonice de manera natural el mayor volumen de suelo posible, para que las raíces extraigan los elementos orgánicos y sobre todo minerales del mismo, singularizando de este modo los vinos elaborados en su medio de cultivo como algo único e irrepetible.

La filosofía de este autor, para este nuevo aspecto de la Viticultura, se resume textualmente en lo siguiente: "hay que obligar a la vid a hacer sus raíces. Este es su verdadero capital". Y añade que, "los grandes vinos nacen de las raíces del suelo, que es el que produce carácter y complejidad. Hay que lograr un enraizamiento profundo y una menor producción, con una capa vegetal adecuada. Y aquí tendremos un gran suelo".

Las plantaciones realizadas en "suelos vírgenes o naturales", convenientemente elegidos para el cultivo de la vid, en la búsqueda de obtener vinos únicos de gran calidad, puede hoy día ser la máxima expresión del "terroir". Donde la mano del hombre no ha intervenido en absoluto, pues cuando los terrenos de cultivo son suficientemente profundos, y se encuentran totalmente vivos, es decir colonizado por los sistemas radiculares de otras especies vegetales espontáneas, que en ocasiones llegan a desarrollar más de diez mil millones de kilómetros de raíces por hectárea, contando además con un contenido en materia orgánica natural, elaborada en el mismo lugar durante muchos años, y estando también dotado de fauna y microorganismos autóctonos que vitalizan el suelo en profundidad, puede hacer que la vid plantada se integre en este ecosistema y permite producir vinos de singulares caracteres irrepetibles. En este sentido no se aconseja realizar en el terreno, ninguna de las labores preparatorias tradicionales, como son los desfondes, subsolados o abonados de fondo tradicionales entre otras, si no que simplemente, la plantación se realiza abriendo los agujeros necesarios en el terreno para recibir los plantones de vid, según sea el marco de plantación elegido, y manteniendo siempre el cultivo bajo su cubierta natural espontánea y sin modificación alguna.

En los terrenos donde ya existió viñedo, y por lo tanto se encuentran más o menos alterados o deformados por el ser humano, una posible solución es dejarlos un determinado número de años sin cultivar, como si se tratase de un largo barbecho natural, para que en ese tiempo se consiga un desarrollo de la vegetación espontánea del entorno, que traerá como consecuencia una revitalización natural del terreno, para terminar plantando el viñedo en los términos anteriormente expuestos. O bien, acortar este plazo de tiempo, cultivando una rotación de determinadas especies vegetales, que reestructuran más rápidamente el suelo, combinando plantas de desarrollo invernal y estival, para nunca dejar el suelo desnudo a merced de la erosión, a la vez que se produce una colonización radicular del terreno, que produce un esponjamiento del mismo y una fácil vía de penetración para las futuras raíces de la vid, todo ello acompañado de su correspondiente fauna y flora espontánea, e incluso trabajando con plantas de propiedades nematocidas durante uno o dos años, como son los Tagetes o la Mostaza Blanca, aspecto muy interesantes para asegurar la sanidad de la posterior plantación del viñedo. Todo esto se controla periódicamente mediante la apertura de calicatas en el terreno, para observar la recuperación de la estructura del mismo en toda su profundidad, así como la reaparición de la fauna y flora espontáneas.

También se vuelve a pensar volver al cultivo del viñedo "franco de pie", es decir sin la utilización de los portainjertos de origen americano, que constituyó una solución a la plaga de la filoxera, que a finales del siglo XIX asoló los viñedos europeos, pero que por desgracia supuso una pérdida de la identidad de la vid cultivada directamente sobre el terreno, además de una irreparable pérdida de variedades poco productivas, y que sin duda por esta razón, producían vinos de gran calidad y tipicidad.

Los portainjertos utilizados pueden ser más o menos resistentes al contenido en caliza del suelo, pero ninguno de ellos es afín a este elemento, por lo que en este tipo de terrenos, su sistema radicular tiende a quedarse en la superficie, donde el nivel de caliza es inferior y éste no penetra suficientemente hasta niveles inferiores del suelo. Por el contrario, la *Vitis vinifera* originaria de la cuenca mediterránea, presenta un sistema radicular de tipo calcícola, es decir con una gran afinidad a la caliza, pudiendo en consecuencia bajar a una gran profundidad en suelos de estas características, y así poder explorar un gran volumen de suelo, generalmente muy rico en elementos minerales, los cuales pueden contribuir a caracterizar los vinos elaborados. Simplemente se trata de que la viña pueda convivir con la filoxera, lo que se puede conseguir si sus raíces llegan a penetrar en una gran profundidad, donde la filoxera no puede

vivir, pues esta plaga se localiza en los primeros 20 a 30 cm de suelo, y teniendo en cuenta además que, sobre todo los daños que ésta produce se localizan en las raíces más pequeñas en desarrollo y actividad, normalmente situadas en el extremo inferior del sistema radicular.

También existe la alternativa de luchar contra la filoxera por medios biológicos naturales, fenómeno observado en las vides salvajes espontáneas no injertadas, que se desarrollan en terrenos vírgenes con fuerte actividad biológica, y en los que también existe la filoxera en buena convivencia. El investigador alemán Lans Huber, ha encontrado unos hongos parásitos que atacan a los insectos del suelo, destacando entre ellos los géneros *Metarhizium* y *Beauveria* que actúan específicamente sobre la esta plaga.

La plantación de vides sin portainjertos, también presenta la ventaja de evitar los frecuentes problemas de afinidad entre el patrón y el portainjerto, que en muchas ocasiones conducen a obtener un desequilibrio de vigor en los viñedos, con las negativas consecuencias sobre la calidad de los vinos.

La idea está en recuperar las formas de cultivo prefiloxéricas en Europa, donde el ciclo de cultivo de los viñedos llegaba hasta tres a cuatro generaciones, situación que hoy día es impensable, pues ahora las expectativas de producción de los viñedos injertados pueden llegar hasta 30 a 40 años como mucho, y que por desgracia se tienen que descepar justo en el momento cuando están ofreciendo la mejor calidad. También se trata de recuperar los excelentes y únicos suelos calizos europeos, que pueden diferenciar y aportar una importante calidad a nuestros vinos, pues no debemos olvidar que las rocas calizas tan sólo representan un 7 por 100 de las rocas del mundo, estando todas ellas prácticamente concentradas en la cuenca mediterránea, y precisamente donde históricamente se ha desarrollado la cultura del vino. Muy raros son los "terroir" calizos de elevada calidad que se pueden encontrar en la actualidad en el mundo, mientras que los suelos con diferente composición, donde los niveles de caliza son bajos o nulos y las raíces pueden explorarlos en profundidad, entonces aparecen con mucha más frecuencia, citando como ejemplo, los profundos suelos aluviales, o los terrenos derivados de las rocas pizarrosas, entre muchos otros de distinta naturaleza.

La técnica del "amugronamiento", antiguamente utilizada para aumentar la vida productiva de los viejos viñedos, también vuelve a la actualidad. La cual consiste en bajar un sarmiento de suficiente longitud o "mugrón" hasta el suelo, enterrando la punta del mismo para que emita raíces, y así este elemento contribuya a captar más recursos en un medio vitícola cada vez más agotado, pero por el contrario, productor de excelentes calidades de uva. En esta situación, también se produce un equilibrio entre las nuevas raíces que pueden ser atacadas por la filoxera en la superficie del terreno, y las antiguas raíces más profundas y en muchas ocasiones procedentes de portainjertos resistentes a esta plaga.

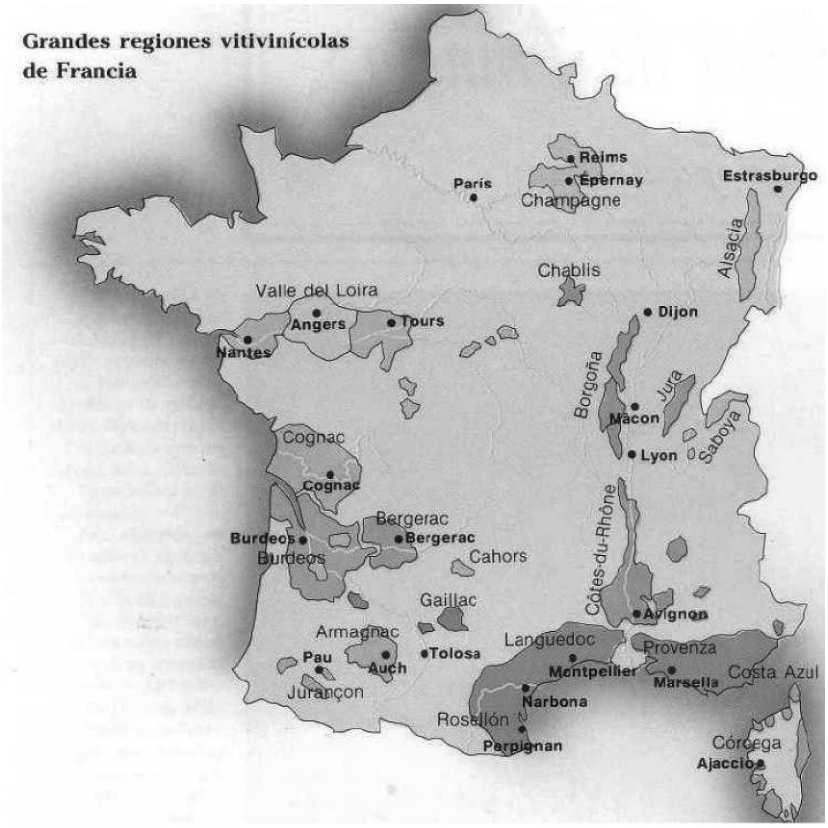
7. EDAD DEL VIÑEDO

Anteriormente se ha citado en algunos aspectos la calidad de los viñedos viejos, pudiendo ser considerado un factor variable, pero no impredecible como las cambiantes condiciones meteorológicas del año, pues a medida que la viña alcanza edades más avanzadas, la calidad de las vendimias se sabe que aumenta en paralelo.

La razón de este fenómeno se explica por la conjunción de los siguientes factores:

- Se produce un equilibrio a lo largo de los años, entre los medios de producción de la vid y su cosecha, haciendo que la maduración se optimice.
- El potente y profundo sistema radicular, explora un mayor volumen de terreno, asegurando su nutrición mineral, así como también una mayor disponibilidad de agua. Siendo menos sensibles a las variaciones climáticas de cada año y asegurando una elevada y constante maduración a lo largo del tiempo. Además, el extenso sistema radicular del viñedo viejo, permite en la etapa de maduración, que las raíces profundas dispongan de agua, mientras que las superficiales permanecen en sequía, produciéndose un fenómeno denominado "desecación parcial de raíces (PRD)" utilizado en riegos localizados, pero en sentido vertical, que induce a la formación de compuestos de bondad.
- El mayor volumen de madera vieja, acumula una mayor cantidad de reservas, que movilizadas hacia los racimos, contribuyen a mantener la calidad en las sucesivas vendimias.

– Normalmente las cepas viejas contienen una gran cantidad de cicatrices producidas por las heridas de poda, que dificultan la circulación de la savia por los vasos conductores, haciendo que se produzca un menor número de racimos y siendo estos de menor tamaño. Además estas dificultades circulatorias, tienden a producir una mayor acumulación de azúcares en la uva y otros "compuestos de bondad".



8. ALGUNOS EJEMPLOS DEL TERROIR

Viñedos de Mèdoc-Pauillac (Burdeos. Francia)

Situado en el estuario del río Garona en su margen izquierda, se encuentra la comarca vitícola del Pauillac, donde la suave influencia de la corriente del Golfo, con veranos cálidos e inviernos largos, fríos y húmedos. Los pinares de las Landas actúan de escudo natural contra el viento protegiendo los viñedos. Las lluvias de otoño a veces suponen un problema durante la vendimia. El terreno es llano y de escasa altura, existiendo algunos cerros y mestas de gravas, estando situados los mejores viñedos en suaves elevaciones orientadas hacia el este y sudeste orientados hacia el río Garona. El perfil del suelo presenta los siguientes horizontes:

1. Capa formada por cantos rodados sin valor nutritivo, que mantienen la planta cálida.
2. Horizonte compuesto por margas y arcillas calizas, muy fértil y de elevado poder de retención de humedad, pero de espesor muy fino.
3. Capa de arena compacta, siendo solamente atravesada por las raíces más gruesas y potentes.
4. Grueso horizonte de arena gravosa con materia orgánica, que contiene agua y nutrientes fácilmente absorbibles por las raíces.
5. Capa fina de arena compacta, difícil de atravesar por las raíces finas.
6. Capa de arenas rojas y amarillas con bajo poder de retención de humedad, con zonas de arenas grises húmedas.

La variedad tinta principal es la *Cabernet Sauvignon*, cultivada en los cálidos suelos de gravas, encontrándose también *Cabernet Franc* y *Merlot* en los suelos más fríos y peor drenados, así como *Merlot* en el Bajo Médoc y también *Petit Verdot*. El contenido en hierro de las gravas es el más elevado del Médoc, lo que hace opinar a algunos entendidos una mayor calidad polifenólica en los vinos.

Viñedos de Corton (Côte de Beaune. Borgoña. Francia)

En la zona más meridional de Borgoña se encuentra la Côte de Beaune, donde paradójicamente se producen los mejores vinos blancos de esta afamada comarca vitivinícola. Las laderas son más suaves que en la Côte de Nuits, lo que protege menos los viñedos de los vientos dominantes del Oeste, de manera que el nivel de precipitaciones es mayor que en las zonas de Borgoña situadas más al norte, y donde se producen mejores condiciones para el cultivo de uvas tintas. También las temperaturas son más benignas.

Los suelos son mayoritariamente de naturaleza caliza, encontrándose una superficie pedregosa, caliza y arcillosa, especialmente en las laderas medias que ofrecen un mejor drenaje para las vides. El afamado Grand Cru

blanco de Corton-Charlemagne se localiza en las laderas superiores de la colina de Corton, donde los suelos calcáreos ofrecen un entorno ideal para la *Chardonnay* amante de la piedra caliza. Los ricos suelos margosos de las laderas inferiores son mejores para las cepas de *Pinot Noir*, de los que se elaboran vinos tintos de gran cuerpo. Más abajo en la ladera y en el valle, el suelo pierde su riqueza de calcio, y los viñedos pasan del grado del Primer Crual de los vinos de población, y después a los genéricos Borgoña blancos y tintos.

Viñedos de Condrieu (Norte del Ródano. Francia)

Los viñedos se sitúan en escarpadas terrazas bien drenadas y de orientación Sur a Suroeste, en difíciles condiciones para su cultivo. El clima es continental con influencia mediterránea, que trae un sol brillante y violentos vientos del mistral, que produce una sensación de frío en primavera, pero útil para secar las cosechas húmedas.

Las laderas son de roca granítica, con una superficie muy fina de roca descompuesta, que puede ser arrastrada por las lluvias, y donde algunos viticultores vuelven a subir hacia las terrazas de cultivo. La principal variedad tinta es la *Syrah*, pero también se cultivan las excelentes blancas *Viognier, Marsanne* y *Roussane*. La uva *Viognier* es muy difícil de cultivar, pues necesita de viñas viejas para producir uvas de elevada calidad, de producción muy irregular, pero produce vinos muy untuosos, con aromas a flores, crema fresca y albaricoque, y de sabor fresco y especiado. Las recientes plantaciones en tierras de la meseta producen vinos de calidad muy inferior. El máximo exponente de los vinos de Condrieu se producen en el Château Grillet, que es la más pequeña Denominación de Origen de Francia con tan solo 3,8 ha de viñedo.

Viñedos de Alsacia (Francia)

A pesar de su latitud norte, la región disfruta de una buena insolación y de unas bajas precipitaciones, debido a su localización en una zona libre de lluvias creada por las montañas de los Vosgos. Los siempre presentes vientos del Oeste traen aire cargado de humedad del atlántico, encontrándose con el obstáculo de los Vosgos, donde al elevarse el aire se enfría, condesándose en forma de lluvia, y dejando a las laderas del Este secas y soleadas.

La región se divide en tres zonas principales: montaña, laderas centrales donde se encuentran los viñedos entre los 220 a 350 metros de nivel, sobre una

Viñedos de Condrieu (Valle del Ródano, Francia).

base de piedra caliza, con una superficie de arcilla margosa y piedra arenosa, y las estribaciones y llanuras más bajas. Los mejores viñedos se encuentran al este de la localidad de Colmar. Se cultivan las variedades blancas *Riesling, Pinot Blanc, Gewürztraminer* y *Sylvaner*, encontrándose en menor proporción: *Pinot Gris, Moscatel, Chasselas,* etc.

Viñedos de Rheingau (Alemania)

Los viñedos se encuentran orientados hacia el Sur, estando protegidos por los montes Taunus. El clima es más o menos fresco, beneficiándose de la proximidad del Rhin, que refleja el calor de los viñedos. Esta comarca cuenta con una gran variedad de suelos, que en parte dependen de su altitud. Los más elevados están formados por cuarcitas y pizarras erosionadas, en el centro las laderas incluyen fragmentos de margas, mientras que en las partes bajas son de limo, loes, margas y gravas.

La uva blanca que domina es la *Riesling,* encontrándose además pequeñas cantidades de *Müller-Thurgau.* El Rhin favorece la formación de nieblas, que en los días otoñales fomenta el desarrollo de Botrytis cinerea, y en consecuencia los vinos de podredumbre noble (Beerenauslese y Trockenbeerenauslese) en las partes medias y más bajas de las laderas. Por el contrario, la parte más elevada de las laderas, produce uvas más sanas y muy aptas para la producción de los vinos de hielo (Eiswein). La parte baja produce vinos más fuertes y ricos, mientras que la más elevada los hace con vinos más delicados y elegantes.

Viñedos de Bernkastel (Mosela. Alemania)

El clima en la zona del Mosela es húmedo y fresco, aunque en las laderas orientadas hacia mediodía per-

miten el cultivo del viñedo y la producción de uva de excelente calidad y tipicidad. Los viñedos del Doctor ocupan 3,62 ha de la variedad *Riesling*, situados en una colina de un meandro del río Mosela, con orientación Sur a Sureste en una pendiente de hasta el 65% y con una altitud entre los 120 a 200 m.

El suelo está formado a partir de pizarras devonianas, muy oscuras que conservan el calor y evitan el exceso de humedad por su excelente drenaje. La descomposición de las pizarras forman en su superficie un suelo de cultivo de relativo poco espesor, produciendo vinos más elegantes, mientras que si son de más profundos, los vinos resultan más potentes. La pizarra proporciona a estos vinos un inconfundible aroma ahumado. Se produce una paradoja, donde en un lugar de apariencia tan formidable se produzcan vinos tan delicados, pero con un corazón de acero.

Viñedos de Barolo (Piamonte. Italia)

La mayoría de los viñedos están orientados hacia el Suroeste o Suroeste en colinas muy escarpadas, cuya altura se encuentra entre los 250 a 450 m. El clima es continental, moderado por las corrientes de aire que soplan a lo largo del valle del río Tanaro, lo que lleva a unas temperaturas estivales más bajas y a la formación de nieblas otoñales, que hacen madurar más lentamente a la variedad *Nebbiolo*.

Los suelos suelen ser fértiles, con margas grises azuladas calcáreas hacia el Oeste, y arenas ferruginosas y piedras calizas hacia el Este. La famosa "terra bianca" de Barolo es una marga calcárea lechosa de cualidades reflectoras y alcalinas. Hacia el Oeste de la ciudad de Barolo y cerca del Castillo Della Volta, el suelo de Tortona más joven es de color azulado debido a su contenido en magnesio y manganeso, que produce vinos elegantes más efímeros. Mientras que los suelos situados hacia el Este tienen tierra helvética más antigua, de color beige que produce vinos tintos más potentes y duraderos. Entre ambos suelos se encuentran los montes Cannubi (connubio: matrimonio) cuyos vinos participan de los dos anteriores: fuerza y duración unido a finura y delicadeza.

Además de la variedad tinta *Nebbiolo*, se cultivan las *Dolcetto* y *Barbera*, así como la blanca *Chardonnay.*

Viñedos volcánicos de Lanzarote(Islas Canarias. España)

Donde mejor se expresa el concepto de "terroir", uniéndose las condiciones naturales, con la mano de hombre, para permitir el cultivo de la vid en situaciones extremas. En esta zona la pluviometría anual es casi nula, menor de 150 mm y acompañada de un constante y fuerte viento seco, que imposibilitarían el cultivo de la vid a no ser por el tesón del viticultor. Entre otras variedades se cultivan las variedades *Malvasía, Moscatel* y *Monastrell*, con una densidad exigua de 400 a 500 cepas por hectárea y en unas hondonadas de unos 2,0 metros de profundidad, protegidas en semicírculo en la parte superior por un murete cortaviento de unos 70 cm de altura y cultivándose en el fondo del embudo dos o tres vides. Las paredes del embudo se recubren de una capa de 15 a 20 cm de espesor de ceniza volcánica de color negro llamada picón, que no solo impide la evaporación del agua del suelo, si no que también al ser muy higroscópica, retiene muy bien el agua de lluvia y la humedad ambiente. De esta forma la vid se protege de la desecación del viento, aprovechándose hasta el límite las disponibilidades de agua, y al profundizar hasta los dos metros, se busca la tierra vegetal situada por debajo de la lava.

Viñedos de la D.O.Ca. Priorato (Tarragona. España)

Esta Denominación de Origen cuenta en la actualidad con 1.662 hectáreas de viñedo, situados en alturas comprendidas entre los 100 metros hasta los 700 metros sobre el nivel del mar. Sus suelos son mayoritariamente litosuelos de pizarras denominados "licorellas", además de cuarcitas, todos ellos muy pobres y con un pH cercano al valor de 6, siendo el 110 R el portainjerto más utilizado. La temperatura máxima en verano es de 35º C y la mínima en invierno de -4º C, con una pluviometría anual entre 400 a 600 mm, y 2.600 horas anuales de sol. Cuenta con una producción máxima de 6.000 kg/ha (42 hl/ha), donde se cultivan las variedades blancas: *Garnacha Blanca, Macabeo, Pedro Ximénez* y *Chenin Blanc*, así como las tintas: *Garnacha Tinta, Garnacha Peluda, Cariñena, Cabernet Sauvignon* y *Syrah.*

Las raíces de la vid, especialmente las raicillas terminales dotadas de pelos absorbentes, penetran entre las láminas de las pizarras más meteorizadas, en busca del agua retenida en estos espacios, absorbiendo los nutrientes de estos litosuelos, y aportando una nota-

Viñedo sobre licorella (D.O. Priorato).

ble mineralidad a los vinos elaborados, especialmente si los viñedos son antiguos y su sistema radicular se extiende de manera importante por este tipo de suelos.

Viñedos de las tierras rojas de Coonawarra (Australia)

Conocida como "terra rossa" se trata de uno de los mejores suelos de Australia para el cultivo de la vid, abarcando una franja elevada de 15 km de longitud y 2 km de anchura orientada en sentido Norte-Sur, estando en su extremo meridional la localidad de Penola. Los alrededores de esta cresta están formados por terrenos pantanosos. Aunque tanto la piedra caliza, como la tierra roja ofrecen un excelente drenaje, no se sabe bien porqué este suelo ofrece uvas de gran calidad. En un perfil del suelo se observan los siguientes horizontes de arriba hacia abajo:

1. Suelo marrón rojizo en la superficie, con un espesor de hasta 20 cm.
2. Horizonte pedocálcico o costra de 15 cm de naturaleza caliza cementada y dura, formado por lixiviación del carbonato cálcico del suelo superficial. Esta costra debe romperse antes de realizar la plantación, para que las raíces tengan acceso al agua de horizontes inferiores.
3. Capa gruesa caliza de buen drenaje, donde en su parte inferior se encuentra el nivel freático a una profundidad entre 2 a 4 metros, disponiendo de este modo de agua en todas las épocas del año.

Son los viñedos más meridionales de Australia y por lo tanto los más fríos, encontrándose a unos 400 km al sur de Adelaida. Fundamentalmente se cultivan las variedades tintas *Cabernet Sauvignon* y *Shiraz*, así como también las blancas *Riesling* y *Chardonnay*.

Viñedos de creta de la Champagne (Francia)

La Champagne presenta un clima frío y húmedo, aunque ofrece un mayor número de horas de sol durante el período vegetativo que en la Provenza. Las lluvias y heladas de primavera son los principales problemas de esta comarca vitivinícola.

Los suelos proceden de un potente banco de creta de más de 200 metros de espesor, que recorre el Norte de Francia hasta Calais y que incluso llega hasta el Sur de Inglaterra. Consta de dos tipos principales de creta: micraster situada en las partes más bajas y en las llanuras, y la belemnita en las laderas superiores donde se asientan los mejores viñedos. La creta presenta un buen equilibrio entre la porosidad y la capacidad de retención de agua, por lo que puede nutrir a los viñedos en años secos y húmedos. Su color blanco refleja la luz solar hacia las vides, reteniendo además bien el calor, lo que son factores muy importantes en una región tan septentrional.

Los mejores viñedos se encuentran en las laderas de creta, cubiertas de materiales deslizados desde colinas superiores, en una capa de tierra vegetal de tan solo unos 15 cm de espesor. La variedad blanca *Chardonnay* representa la cuarta parte del viñedo, mientras que las tintas *Pinot Noir* y *Pinot Meunier* suponen las tres cuartas partes restantes.

Viñedos de Chablis (Francia)

La zona de Chablis se sitúa en el Norte de Borgoña, donde la orientación y exposición de las laderas de viñedos son de capital importancia, encontrándose las mejores cuando se orientan al Sudeste y Sudoeste en las colinas que siguen el curso del río Serein. Los suelos son una mezcla de piedra caliza margosa y arcilla, existiendo dos tipos: Kimmeridgiense y Pórtland, siendo la primera ideal para el cultivo de la variedad *Chardonnay*, donde el clima frío produce vinos de ataque centelleante, verdes ácidos y minerales.

Viñedos de Coulée de Serrant
(Savennières. Anjou. Valle del Loira. Francia)

Es una zona de colinas bajas, donde la exposición solar hacia mediodía es de vital importancia para la maduración de la uva. Los mejores lugares se encuentran en las laderas más escarpadas y orientadas hacia el Suroeste, Sur, y Sureste. Savennières se encuentra sobre el río Loira y cerca de la localidad de Angers.

El clima es marítimo suave, moderado por la influencia de la Corriente del Golfo, con veranos cálidos y otoños e inviernos suaves. En Savennières los suelos son de pizarra y arcilla, donde la viña ocupa una superficie de algo más de 60 hectáreas

Las variedades que se cultivan son las blancas *Chenin Blanc*, y algo menos de *Sauvignon Blanc* y *Chardonnay*. El vino de Savennières tiene un aroma a miel y flores, sorprendiendo su sequedad inicial, siendo su momento óptimo de consumo tras tres o cuatro años en botella. El vino de la Coulée de Serrant es el más afamado de Savennieères, siendo su propietario Nicolas Joly, el afamado viticultor biodinámico.

VARIEDADES TRADICIONALES ESPAÑOLAS DE VID

Jesús Yuste Bombín
Doctor Ingeniero Agrónomo. Especialista en Viticultura

1. INTRODUCCIÓN

El panorama varietal que presenta actualmente el viñedo español es digno de observación y análisis, pues del conjunto de variedades viníferas importantes que son realmente cultivadas en España, destacan de forma importante dos variedades, Airén y Tempranillo, que copan más del 44% de la superficie del viñedo nacional.

En España hay muchas variedades de vid, pero resulta notorio que entre Tempranillo y Airén, que a pesar de su recesión aún sigue estando en cabeza entre las variedades con más hectáreas de cultivo en España, y en las siguientes variedades hay una gran diferencia en superficie (La Semana Vitivinícola 2011). Así, aún tratándose de variedades importantes, la variedad Bobal no llega al 8% de la superficie nacional, Garnacha Tinta no llega al 7% y Monastrell apenas sobrepasa el 5% de dicha superficie. Aunque en estos casos se trata de superficies de cultivo por encima de 50.000 hectáreas, estas superficies no se pueden comparar con las de las dos primeras variedades, cada una de las cuales sobrepasa las 200.000 ha. Esta situación debe enmarcarse, además, en una época muy reciente en la que, con el arranque de viñedo de los últimos años, el conjunto de la superficie de cultivo puede estar ya por debajo del millón de hectáreas, ya que últimamente las cifras han variado constantemente de forma decreciente.

De forma particularizada hacia las variedades tintas de mayor interés actual, aparte del predominio de Tempranillo, (como en la D.O. Ribera del Duero), con 212.000 ha, de las 76.000 de Bobal, de las 67.000 de Garnacha Tinta o de las 53.000 de Monastrell, hay que destacar que en quinto lugar se encuentra ya una variedad "foránea" como es *Cabernet Sauvignon* con 21.600 ha (2,1% del total). Otras variedades extranjeras también están en puestos destacados, como *Syrah* en séptimo lugar, con 19.600 ha, y *Merlot* en octava posición, con 13.300 ha. Entre las 22 variedades tintas más cultivadas en España también se encuentran las variedades "foráneas" *Petit Verdot* y *Pinot Noir* (La Semana Vitivinícola 2011).

Un ejemplo de evolución varietal del cultivo es el de Garnacha Tinta, una variedad muy reconocida y con prestigio durante la historia de la viticultura contemporánea española, que alcanzó en torno a 170.000 hectáreas y que ahora está en 67.000 ha de cultivo (Lissarrague 2011). La distribución de dicha variedad se centra en Castilla La Mancha, donde se cultivan 21.000 ha, y en Aragón, donde hay 18.000 ha, que es la zona de referencia actual para esta variedad. También hay 6.000 ha en Madrid, 5.500 en Castilla y León y entre 4.000 y 5.000 en La Rioja, Navarra y Cataluña.

Esta evolución refleja la tendencia varietal y, a la vez, las alternativas existentes. Se puede observar como Tempranillo, en variedades tintas, y Verdejo, en blancas, han ido incrementando su presencia, en detrimento de variedades como Garnacha Tinta. Asimismo, las variedades francesas han aumentado su presencia (*Cabernet Sauvignon*, *Chardonnay* o *Syrah*), aunque últimamente su evolución no es tan clara como hace unos años.

La viabilidad o la adecuación del cultivo de cualquier variedad pasa por conocer las características principales que tienen las variedades y su comportamiento, al menos en las zonas productoras más importantes de España. De esta manera se podrá entender que cada una de ellas tiene unas cualidades que pueden ser más o menos aprovechables, en función del lugar de cultivo, es decir, del potencial del medio. Lógicamente, las referencias tendrán mayor utilidad en la medida en que el ámbito de referencia sea más cercano, en este caso aludiendo al cultivo en Castilla y León. Desde el punto de vista agronómico, no se trata de extenderse en aspectos morfológicos, sino de hacer mención de las cualidades y de algunas características destacadas que sirvan para interpretar las posibilidades de cultivo que pueden tener las variedades españolas en ámbitos distintos de los habituales en sus zonas más tradicionales.

2. VARIEDADES ESPAÑOLAS PRINCIPALES

En todas las regiones españolas se cultiva la vid, aunque su presencia en Asturias, Cantabria o la parte

costera del País Vasco es claramente más reducida. En el resto de regiones, con mayor o menor superficie de viñedo, hay ciertas variedades más o menos predominantes.

2.1. Variedades mayoritarias principales en España

Se pueden considerar variedades mayoritarias principales aquellas con más de 30.000 hectáreas de superficie en el conjunto del viñedo de España . Son seis las variedades españolas más importantes en cuanto a superficie: Airén, Tempranillo, Bobal, Garnacha Tinta, Monastrell y Viura. Según datos históricos de superficie, en los últimos años, salvo Tempranillo, ninguna variedad ha tenido una evolución creciente, en parte debido a la irrupción parcial de variedades foráneas, principalmente francesas, lo que ha ido en detrimento de estas y otras variedades que pueden tener mayor cercanía y adaptación a las diversas regiones de España (Yuste 2007, Lissarrague 2011).

Airén

Con cerca de 240.000 hectáreas, aún es la primera variedad en cuanto a superficie, si bien ha visto reducida su extensión desde las más de 400.000 hectáreas que llegó a tener en su momento álgido. Es una variedad blanca mayoritariamente presente en Castilla La Mancha, que tiene un racimo grande con bayas de tamaño medio. Cuando está madura, en las condiciones de cultivo habituales en La Mancha, presenta niveles de contenido alcohólico medio-altos, pero tiene muy baja acidez. Asimismo, tiene un extracto seco bajo y un contenido aromático más bien escaso, que se puede calificar como neutro, aunque, dependiendo de la forma de elaboración, puede mostrar cierto carácter afrutado.

La planta tiene un porte caído o rastrero, aunque su cultivo ha continuado hasta hoy porque tiene una fertilidad alta, es decir, es muy productiva incluso aplicándole una poda corta. De hecho, la poda más habitual es la poda "en cabeza" o poda basal, en la que se utilizan las yemas de la parte basal del sarmiento, incluso exclusivamente de la corona.

Esta variedad presenta alta resistencia a sequía, a la escasa fertilidad de los suelos y a muchas plagas y enfermedades. En la época en la que nos encontramos, con tendencias de cultivo hacia lo ecológico y al cultivo integrado, es una variedad bastante propicia para este tipo de cultivo.

Tempranillo

Es la variedad tinta más cultivada en España y la segunda en el conjunto de todas las variedades. Se cultiva en muchas regiones de España y en muchas denominaciones de origen, siendo la variedad con mayor presencia en los reglamentos de las D.O. españolas y considerándose muy importante en casi todas. Se cultivan casi 215.000 hectáreas de Tempranillo y su nombre tiene muchos sinónimos, como "Tinta del País", "Tinta de Toro", "Tinto Fino" en Castilla y León, "Cencibel" en La Mancha, "Ull de llebre" en Cataluña y numerosos nombres de ámbito más local.

Es una variedad con racimo mediano-grande, con bayas de tamaño mediano o grande, con respecto a otras variedades tintas de calidad. Tiene la ventaja de que la maduración es buena, es decir, es una variedad capaz de completar cómodamente el ciclo. Puede alcanzar un grado alcohólico medio-alto y una acidez moderada, que evidentemente se expresa en un mayor nivel cuando las características climáticas tienen un adecuado contraste térmico entre el día y la noche, con temperaturas nocturnas frescas en maduración.

Se caracteriza por presentar un aroma intenso y afrutado y por un color de alta expresión, aunque hay que tener en cuenta que la gran calidad que puede alcanzar es bastante dependiente del lugar, del clima y del nivel de rendimiento que alcance el viñedo. Es una variedad que se puede calificar de muy buena para crianza, fundamentalmente debido a que su extracto es poco herbáceo, lo cual permite maceraciones más largas, es decir, no tiene una tanicidad agresiva, con lo cual el envejecimiento en barrica puede ser muy adecuado. Además, el Tempranillo es muy bueno para mezcla con otras variedades que, sobre todo, presenten una acidez más elevada.

El Tempranillo, como se deduce de su nombre, es una variedad temprana, aunque en relación al espectro de variedades que se cultivan en Castilla y León, tanto el desborre como la madurez pueden considerarse de época media. Es de porte erguido, vigorosa, muy adaptable a sistemas de conducción vertical (VSP) y a poda corta, pero no es una variedad fácil de cultivar si se quiere obtener un producto de alta calidad. Tiene fertilidad alta y, por lo tanto, puede presentar un rendimiento elevado, pero con gran variabilidad. Es muy sensible a oídio y también a situaciones de sequía muy severa. Desde el punto de vista de la calidad de la uva, tiene un problema par-

ticular, ya que puede resultar demasiado vigorosa en suelos muy fértiles, lo que se puede "agravar" con la ayuda de ciertos portainjertos más propensos al aumento de vigor.

En cuanto a material vegetal disponible en el mercado, se puede decir que los clones más caracterizados y reconocibles son los procedentes de la selección clonal en Castilla y León, precedidos por las siglas CL (16, 32, 98, 117, 179, 242, 261, 271, 280, 292, 306, 311 y 326), pero existen otras selecciones importantes en el mercado como la realizada en Rioja, que fue la primera disponible en los viveros, con las siglas RJ (43, 51, ...), o la realizada en Francia, aunque derivada de material procedente de Rioja, con clones como el 770, precedidos de las siglas ENTAV. En cuanto a las expectativas de la variedad, que es un apartado que debe servir para ver lo que se puede esperar de la misma, el Tempranillo puede considerarse de una excelente calidad cuando su cultivo se lleva a cabo de forma óptima.

Bobal

Ha sido una variedad muy importante en la zona mediterránea, principalmente en la Comunidad Valenciana, pero también se cultiva en una superficie importante en La Mancha. Con un total de aproximadamente 75.000 hectáreas, es la segunda variedad tinta y la tercera en general en cuanto a superficie de cultivo en España. El nombre no tiene sinónimos muy reconocidos, aunque en algunos casos, derivado del nombre de la zona de cultivo mayoritaria, también es denominada "valenciana".

Tanto el racimo como la baya de Bobal son de tamaño mediano-grande. Es una variedad vigorosa, con porte semierguido, con fertilidad y rendimiento medio-altos. Con respecto a otras variedades, es muy tolerante a sequía, pero notablemente sensible a oídio y botrytis. Su maduración es más bien tardía, alcanzando un grado alcohólico moderado y una acidez media. Es capaz de alcanzar buen color y es tánica y astringente. En términos de cultivo, si se riega, debe hacerse de forma muy cuidadosa porque, como le pasa también al Tempranillo, tiende al exceso de rendimiento, lo cual hay que evitar para que no se produzca una dilución de los componentes de la baya.

Las expectativas de Bobal han cambiado en los últimos años, porque con esta variedad siempre se han elaborado buenos vinos rosados pero, últimamente, también vinos tintos que pueden considerarse de alta calidad.

Garnacha Tinta

Después de Tempranillo, es la variedad tinta que mayor difusión geográfica tiene en España, aunque su superficie de cultivo, unas 67.000 ha, no sea tan amplia ni su tendencia a la expansión tan creciente. También es denominada con otros nombres como "Alicante" o "Grenache" en Francia.

El racimo es mediano-grande, aunque la baya tiene un tamaño medio. Se caracteriza por una maduración lenta, pero puede alcanzar un alto grado alcohólico, como muy bien se conoce en algunas zonas de Aragón y Cataluña, donde, con rendimientos bajos, se llega a graduaciones bastante elevadas. Una de las grandes ventajas o virtudes de esta variedad es su capacidad para mantener en dichas situaciones de madurez una acidez moderada o incluso, a veces, alta.

Tiene un potencial aromático muy interesante y, aunque no presenta mucho cuerpo en comparación con otras variedades tintas, es muy propicia para la mezcla cuando el vino se destina a crianza. Tiene el problema de ser muy sensible a la oxidación, ya que evoluciona demasiado rápidamente, pero produce vinos rosados de mucha calidad y también buenos vinos tintos monovarietales o en mezcla con Tempranillo u otras variedades propicias.

Muestra el desborre en época temprana o media, aunque alcanza la madurez de una forma más tardía. Presenta un porte muy erguido, muy apropiado para sistemas de espaldera vertical y con poda corta, entre otras razones porque tiene un rendimiento alto, aunque variable. Es bastante resistente al oídio y a climas y suelos secos, es decir, con poca disponibilidad hídrica. Por el contrario, esta variedad no va muy bien en suelos fértiles o con portainjertos que sean excesivamente vigorosos.

En cuanto al material vegetal disponible de Garnacha Tinta, hay muchos clones en Francia, donde esta variedad ocupa mucha superficie de cultivo. En España hay varios clones en Navarra, zona a la que tradicionalmente se ha asociado esta variedad, mientras que en Castilla y León se dispone de los clones CL-52, 53, 55, 288 y 294. Las expectativas hablan de una gran calidad y, además, de una alta polivalencia, es decir, de una amplia capacidad para producir casi el tipo de vino que se desee.

Monastrell

Esta variedad tinta es cultivada fundamentalmente en las zonas de Murcia (Jumilla), Valencia y, también, en parte de La Mancha, con una superficie total de unas 53.000 hectáreas. Tiene varios sinónimos, siendo los más extendidos "Murviedro" o "Mataró", de hecho, en algunos países donde se ha expandido esta variedad, como en Estados Unidos, particularmente en California, es conocida por esta última denominación, aunque pronunciada como "Mataro".

Tiene un racimo mediano-grande y una baya de tamaño medio. Presenta maduración tardía y alto potencial alcohólico, pues es capaz de conseguir una elevada concentración de azúcares. Es capaz de alcanzar una alta intensidad de color así como elevados niveles de acidez, estructura y taninos. Es muy interesante por su potencial de envejecimiento largo que, por otro lado, es necesario para que alcance un equilibrio y una redondez adecuados y no incurra en un exceso de astringencia y tanicidad. Es bastante resistente a la oxidación y, por tanto, es apropiada para crianza y para mezcla con otras variedades que proporcionan vinos de menos cuerpo y menos estructura.

Es una variedad de desborre y maduración tardíos. Presenta un porte erguido y es vigorosa y, por lo tanto, es apropiada para conducir en espaldera vertical con poda corta, gracias a que la fertilidad es de tipo medio, aunque el rendimiento es susceptible de variaciones anuales importantes. Presenta bastante tolerancia a botrytis, lo que normalmente está asociado con el notable grosor del hollejo, pero tiene una resistencia media a oídio y más bien baja a mildiu. Exige, por su zona de origen, un clima cálido, pero es muy sensible a sequía y, en particular, a la falta de magnesio y potasio en el suelo.

En cuanto al material clonal disponible, existen varios clones en Francia y algunos en el Centro de Investigación de la región de Murcia (IMIDRA). Las expectativas indican un reciente prestigio en España en cuanto al potencial de calidad para vino tinto, sobre todo sometido a crianza.

Viura

Esta variedad ocupa unas 35.000 hectáreas de cultivo, siendo también llamada "Macabeo". Es una variedad blanca con racimo grande y baya de tamaño medio. Es vigorosa, de porte más bien erguido, con fertilidad y rendimiento altos, es decir, muy productiva. En particular, cuando los suelos son frescos y fértiles puede resultar demasiado productiva para obtener vinos de alta calidad. Resulta sensible a oídio y botrytis y a suelos demasiado áridos, es decir, donde hay poca disponibilidad hídrica a lo largo del ciclo.

Su maduración se caracteriza porque llega a alcanzar un grado alcohólico moderado y un buen nivel de acidez sin grandes dificultades, lo que redunda en un producto equilibrado. No puede decirse que sea una variedad muy aromática, aunque presenta tonos florales interesantes. Es poco astringente, con lo cual resulta adecuada para vinos jóvenes, pero también incluso para vino blanco de crianza. Las expectativas, aunque la realidad es que se destina en su mayoría a vino espumoso, en particular a cava, resaltan su gran versatilidad para elaborar tipos de vino muy diferentes.

2.2. Variedades mayoritarias en Castilla y León

Castilla y León tiene cerca de 100.000 Km^2 de extensión, una superficie similar a la del conjunto de Portugal, y cuenta con una superficie de viñedo de unas 75.000 ha (63.000 en secano y 12.000 en regadío), y una producción orientativa media de unas 250.000 toneladas de uva (rendimiento medio de 3.500 kg/ha). Aproximadamente, la producción de vino blanco es el 25% de la producción de rosado y tinto.

Castilla y León cuenta con denominaciones de origen, variedades y marcas de reconocido prestigio en el mundo del vino. Así, tiene 11 Denominaciones de Origen, zonas de Vinos de Calidad y zonas de vinos reconocidas aunque sin indicación geográfica protegida, como Cebreros (Yuste 2007). En todas las zonas hay una variedad dominante, como Tempranillo (tinta) en Arlanza, Cigales, Ribera del Duero, Tierra del Vino de Zamora, Toro o Valtiendas; Juan García (tinta) en Arribes; Mencía (tinta) y Godello (blanca) en El Bierzo; Albillo Real (blanca) y Garnacha Tinta en Cebreros; Verdejo (blanca) en Rueda; Rufete (tinta) en Sierra de Salamanca, y Prieto Picudo (tinta) en Tierra de León y Valles de Benavente. De entre todas ellas, las variedades con más superficie se numeran y describen a continuación.

Verdejo

Esta variedad blanca tiene una tradición antigua en Castilla y León, en particular en la D.O. Rueda, aunque también se ha extendido a otras regiones, como La Mancha, ocupando en torno a 17.000 hectáreas

en España. También se la conoce como "Verdeja" en la Tierra del Vino de Zamora, donde se le llama "Verdejo" al Godello. El Verdejo no tiene nada que ver con el "Verdelho" portugués.

Es una variedad de racimo pequeño-mediano y baya media, con buena maduración temprana-media, es decir, capaz de completar el ciclo sin problemas. Alcanza un nivel moderado de concentración de azúcares y, por tanto, de alcohol y una buena acidez. Aunque en el pasado no se le reconocía, produce un vino de alto potencial aromático, muy definido y particular, que puede ser de alta intensidad, pues hay que tener en cuenta que no solo es aromático aquello que huele a flores, ya que hay otros tipos de aromas. Dicho vino tiene un color amarillo verdoso y presenta un cierto sabor a almendra amarga en el final de boca, así como ciertos tonos florales.

Presenta unas características excelentes para vino joven de alta calidad, que se distingue por ser más glicérico que otros vinos blancos jóvenes, siendo persistente en boca, pero también sirve para vino espumoso, para vinos dulces y generosos, y también da la talla para el envejecimiento del vino.

El Verdejo tiene un desborre temprano-medio, con maduración media y un porte semierguido, destacando la fortaleza y la resistencia de sus zarcillos. Es una variedad que puede conducirse en espaldera vertical, pero exige poda mixta o larga porque, conforme se va haciendo viejo el viñedo, su fertilidad y su producción se pueden resentir, de manera que se puede considerar que es de fertilidad baja-media y rendimiento moderado-bajo. Es sensible al oídio y presenta cierta falta de sintonía con algunos portainjertos, como 1.103P, aunque es tolerante a clima y suelos secos y a suelos no especialmente fértiles.

El único material vegetal certificado disponible actualmente son los clones del programa de selección de Castilla y León (CL-4, 6, 21, 34, 47, 77 y 101), distribuidos por el sector viverístico nacional y a disposición de cualquier productor, algunos de ellos, desde 1999.

Las expectativas de Verdejo son muy buenas, ya que actualmente es la variedad blanca española más prestigiada y la que proporcionalmente más se ha extendido en los últimos años, más incluso que variedades que han adquirido notable prestigio y demanda en el mercado, como Albariño.

Mencía

Es una variedad tinta con 9.000 hectáreas de cultivo, principalmente en la D.O. Bierzo y en la parte de Galicia más cercana a la comarca del Bierzo, o sea Valdeorras y Ribeira Sacra. En Portugal es llamada "Jaen", aunque lógicamente no tiene nada que ver con la variedad española Jaén.

Tiene racimo de tamaño medio y baya media-grande. La maduración es buena, con moderado grado alcohólico y una acidez media variable, dependiente de las condiciones de cultivo. El vino es muy aromático, afrutado y con buena intensidad de color, pero es necesario controlar la pérdida de acidez y el exceso de rendimiento para alcanzar un nivel de calidad aceptable. Es una variedad muy apta para la maceración carbónica, por lo que resulta muy interesante para vino tinto joven, así como para rosado, aunque el potencial para vino tinto de crianza es limitado, salvo que se trate de viñedos antiguos que normalmente acarrean bajo rendimiento.

Su maduración se produce en época media. Presenta un porte erguido, no siendo una variedad muy vigorosa, que sin embargo resulta apropiada para la conducción en espaldera y apta para poda corta. Tiene un rendimiento medio-alto y es bastante sensible a botrytis en el Bierzo (algo normalmente frecuente en las condiciones de la zona típica de cultivo) y a oídio y mildiu.

Aparte de los clones certificados CL-51, 79 y 94 de Castilla y León, hay otros clones, procedentes de Galicia, disponibles, pero que han llegado poco al mercado hasta ahora. Ha habido una renovación en el tipo y la calidad del vino de Mencía que apunta hacia unas expectativas de calidad alta.

Prieto Picudo

Es una variedad tinta que se cultiva en 5.000 hectáreas en el sur de León y el norte de Valladolid, mayoritariamente en la zona de D.O. Tierra de León. Presenta racimo y baya de tamaño pequeño y muestra una maduración muy buena, moderado-alto grado alcohólico y una acidez media. Aporta un intenso y agradable aroma a fruta negra y pimienta, con interesantes colores violeta y cereza, evocando sensación de frescura. Es muy buena variedad para vino rosado, vinos de aguja o espumosos y vinos tintos jóvenes o de media crianza.

Su porte es semierguido, tendente a rastrero o bajo, con reducido vigor, y genera muchos chupones. Es una variedad adaptable a conducción vertical pero exige exquisito cuidado en la poda, porque al cabo de los años necesita poda mixta o larga, dado su bajo rendimiento. Es bastante sensible a oídio y a botrytis, así como a suelos excesivamente secos.

Los únicos clones certificados disponibles son los procedentes de Castilla y León: CL-9, 31, 58, 110, y 116. Las expectativas de esta variedad se centran en la diferenciación por sus características, ya que es capaz de proporcionar un vino de alta calidad pero diferente a otras variedades.

En Castilla y León existen también algunas otras variedades, menos extendidas, pero con notable presencia en cada una de sus zonas específicas de cultivo, como son: **Malvasía Castellana** o Doña Blanca (blanca) en Zamora, **Juan García** (tinta) en Arribes, **Albillo Mayor** (blanca) en Cigales y Ribera del Duero, **Albillo Real** (blanca) en Cebreros, y **Rufete** (tinta) en Sierra de Salamanca.

2.3. Variedades no mayoritarias, de calidad, en España

Existen diversas variedades en España que, sin ser minoritarias, no ocupan una gran extensión de cultivo ni se extienden por muchas zonas geográficas. De entre todas ellas, por su interés, potencial cualitativo y evolución, algunas se enumeran y describen a continuación.

Albariño

Es una variedad blanca muy reputada, que ocupa unas 5.500 hectáreas en Galicia. Presenta tanto racimo pequeño como baya pequeña, con buena maduración, moderado grado alcohólico y notable acidez. Tiene un potencial aromático afrutado muy elevado e interesante, con ciertas características florales muy apreciadas. Da lugar a excelentes vinos jóvenes, pero también a interesantes vinos envejecidos.

Hay material vegetal derivado de una selección clonal en Galicia, pero cuya distribución aún no ha proliferado mucho entre los viveros. Podría cultivarse en otras zonas aparte de Rías Baixas, que es donde mayoritariamente se cultiva, pero asumiendo que, a buen seguro, las características de la uva y del vino diferirían de las generadas en las condiciones de su cultivo gallego habitual.

Godello

Es una gran variedad blanca, con apenas 1.200 hectáreas de superficie de cultivo entre Valdeorras (Galicia) y el Bierzo (Castilla y León). También es llamada "Verdejo blanco" en otras zonas y "Gouveio" en Portugal. Presenta porte semierguido y vigor alto, siendo moderadamente productiva y adecuada para ser conducida en espaldera con poda corta. Es una variedad muy interesante por el potencial cualitativo que tiene, con una acidez notable y un intenso aroma a fruta madura, por lo que sería susceptible de expandirse a otras zonas. Existe material vegetal derivado de selección clonal en Galicia, pero que apenas se ha trasladado al sector viverístico.

Graciano

Es una variedad tinta con unas escasas 1.200 hectáreas entre Navarra, Rioja y La Mancha. Parece ser que en Francia esta variedad es conocida con el nombre de "Morrastrel". Es una variedad de vigor medio, que puede ir bien con el portainjerto 110R, pero que exige evitar el exceso de vigor y tener cuidado de no exponer las bayas directamente al sol. Es de fertilidad media-alta y adecuada en clima cálido pero sin exceso de sequía. Presenta un nivel alto de polifenoles y acidez, así como aroma intenso con notable astringencia, por lo que necesita envejecer para reducir dicha astringencia. El único material clonal existente de esta variedad procede de la selección del CIDA en La Rioja. La variedad Graciano ha ganado cierto prestigio últimamente en amplios sectores del mundo del vino.

3. LAS VARIEDADES Y LOS CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES

Cada variedad presenta una serie de características que le confieren un potencial determinado que debe ser tenido en cuenta cuando se trata de valorar sus posibilidades de expansión. Por esta razón, cuando se conoce fehacientemente el comportamiento de una variedad en una zona determinada, como puede ser el Tempranillo en la Ribera del Duero, no ha lugar el planteamiento de comprobar su viabilidad ni adaptabilidad en dicha zona. De otro modo, se trataría de valorar el potencial que alguna variedad podría tener en esta zona y deducir cómo se expresaría a partir de sus características intrínsecas. En definitiva, sería

oportuno analizar y evaluar previamente las posibilidades de una variedad para su posible cultivo en un lugar diferente al de su cultivo habitual.

En relación con este planteamiento, hay que destacar la interacción que se produce entre la variedad y el medio ambiente. La conjunción de una variedad vinífera con un lugar concreto, el suelo y el clima de dicho lugar, es el primer factor a considerar en la producción de uva y, posteriormente, de vino. A partir de dicha consideración, se deberá contemplar la posible adaptación de la variedad al lugar o a la zona concreta, teniendo en cuenta las diferentes técnicas de cultivo a aplicar: diseño de la plantación, elección del portainjerto, formación de la cepa, poda, conducción, manejo de la vegetación y técnicas de vendimia. En el final del proceso, el producto también es una respuesta a la aplicación de determinadas técnicas de vinificación: prensado, fermentación y envejecimiento. Por tanto, el conjunto integrado de todos estos factores derivará al final en las características del producto acabado.

3.1. La producción de uva y vino y su relación con el lugar

Si se plantea la posibilidad de introducir una variedad en una zona determinada, procedente de otro lugar, más o menos alejado, hay que contemplar diversas ataduras, como por ejemplo la reglamentación sobre variedades autorizadas en dicha zona. Así, por ejemplo, el nivel de acidez de la variedad Monastrell podría ser interesante para su mezcla con Tempranillo, en particular atendiendo al incipiente cambio climático, pero si la reglamentación no permite el cultivo de dicha variedad, ésta no podría ser incluida actualmente para aprovechar la mencionada ventaja cualitativa. Además, hay que considerar la tradición de cultivo y de elaboración de cada zona, así como las restricciones legales específicas. También hay que considerar aspectos relacionados con la imagen comercial de cada zona, es decir, la identificación de ésta con un producto y una variedad, como ocurre, por ejemplo en la Ribera del Duero, principalmente con Tempranillo, lo cual condiciona otras posibilidades, que podrían ser viables. Por otro lado, aquí hay que introducir el concepto de *terroir*, como el conjunto continuo de factores, tanto físicos como culturales, que interaccionan para definir el estilo y la calidad del vino en un lugar determinado o en una región determinada, que hacen que el vino se asocie a unas características específicas. Es evidente que el *terroir* condiciona la respuesta de la variedad, pues una variedad no responde igual en un *terroir* que en otro, en una región que en otra o, incluso, en un lugar que en otro de la misma, debido a las condiciones medioambientales.

3.2. La producción de uva y vino y su relación con el clima

La producción de uva y de vino es muy dependiente del clima. El clima es probablemente el factor más decisivo del proceso productivo porque ejerce la mayor influencia en la capacidad de una región o un lugar para producir uva y vino de una calidad determinada. El clima de una región, entendida con rasgos geográficos asumibles como comunes, influye en gran medida en las posibilidades de las variedades que pueden ser cultivadas en la misma. Así, se puede deducir que cultivar una variedad de ciclo muy largo en el norte de Alemania sería inviable, pues dicha región tiene un clima con bajo potencial heliotérmico de maduración. El tipo de vino a producir depende, por tanto, del clima de la región. En contraste, las variaciones interanuales de producción y calidad de la uva dependen más de factores del lugar que del clima regional como tal, pues se ven más afectadas por las decisiones de cultivo y la variabilidad climática a corto plazo, como se hace patente al encontrarse unos años con buena maduración de la uva y otros con una maduración escasa en una misma parcela de viñedo. No hay que confundir el clima con el tiempo. El tiempo es la variación meteorológica diaria (sol, lluvia, viento, ...) que como tal afecta de forma inmediata al viñedo, mientras que el clima es el patrón medio del tiempo, con el que se definen las características más o menos generales en una determinada zona o región.

3.3. Índices climáticos para variedades de vid

La valoración de las posibilidades o el potencial de un lugar para el cultivo de una variedad exige la utilización de ciertos índices medioambientales, preferentemente los índices climáticos. Estos índices permiten analizar a priori si el lugar es adecuado para el cultivo y la maduración de una nueva variedad. A la vez, estos índices permiten conocer la variación fenológica del viñedo (estado del ciclo vegetativo y de maduración, nivel de azúcares y acidez, ...) en la campaña actual, en un lugar determinado, en comparación

con la media histórica. Por ejemplo, en el año 2012 la floración sufrió un pequeño retraso en el valle del Duero, debido a la brotación tardía, pero a finales de junio el ciclo prácticamente se había normalizado, habiéndose situado en torno a los valores típicos de la zona. Hay diversos factores que afectan al ciclo fenológico y a la maduración, como son la temperatura, la lluvia, la lejanía de las grandes masas de agua, la altitud o la latitud. Dado que todos ellos influyen en el viñedo, todos podrían ser susceptibles de ser incluidos en algún índice. No obstante, se plantea el problema de la elección de un índice climático que pueda permitir una evaluación sencilla de las posibilidades de cultivo adecuado para una variedad en un nuevo lugar. Las alternativas pueden ser el índice de calor acumulado, el índice de relación entre la temperatura del mes más cálido y la del mes de maduración, el índice de relación entre la latitud y la temperatura del mes más cálido, el índice térmico de duración del ciclo vegetativo, etc.

Índice de grados-día

El índice de calor acumulado (medido como sumatorio de grados-día acumulados), parte de la temperatura mínima de crecimiento, que en el viñedo es de 10 ºC, ya que la vid no vegeta hasta que no se supera dicha temperatura media, que es denominada "cero vegetativo". Este índice, en su forma más simple, se calcula mediante el sumatorio de temperaturas medias mensuales, a cada una de las cuales se le resta 10, y multiplicando por el número de días del mes; dando como resultado los "grados-día acumulados". También se puede calcular con base diaria, sumando directamente las temperaturas de los días que han superado la media de 10 ºC, a cada una de las cuales se le resta, lógicamente, los 10 ºC. Aunque se trata de un índice de mediados del siglo XX, el índice más utilizado basado en la acumulación de calor es el de Amerine y Winkler, quienes clasificaron las regiones de I a V en función de dicho índice térmico. La región alemana de Geisenheim es una zona fría que estaría en el nivel I con menos de 1.390 grados-día acumulados; la Ribera del Duero estaría en la región II alta (1.390 a 1.667) o III baja (entre 1.667 y 1.945 grados-día); mientras que en el extremo más caluroso estaría la región V, como en el caso de la zona de Palermo, en Sicilia, que acumula más de 2.200 grados-día.

3.4. Exigencias térmicas y respuesta de las variedades

Cada variedad tiene unas exigencias determinadas y presenta unas características de maduración. Así, las variedades *Pinot Gris*, *Gewurztraminer*, *Riesling* o *Pinot Noir* son de ciclo muy corto, por lo que se cultivan en zonas donde pueden aprovechar los escasos recursos térmicos. Sin embargo, la Garnacha Tinta es de ciclo largo y tiene que ubicarse en una zona con temperatura media de 17 a 19 ºC durante su ciclo, de abril a octubre, por lo que esta variedad no podría madurar en las zonas típicas de producción de *Pinot Noir* o *Riesling*, ya que no sumaría los suficientes grados-día acumulados para completar la maduración. La clasificación térmica de las variedades según su exigencia de grados-día permite saber al viticultor, teniendo en cuenta las características de su zona de cultivo y la temperatura acumulada media de su región, qué variedades pueden ser apropiadas para cultivar adecuadamente.

Está comprobado que en regiones frías difícilmente se pueden cultivar variedades de mayor exigencia térmica o de ciclo más largo. En zonas cálidas se pueden cultivar, desde el punto de vista productivo, todas las variedades, de ciclo más corto o más largo, aunque otro aspecto a considerar sería el tipo de uva que se obtenga y la calidad del vino. Las variedades de clima frío cultivadas en clima cálido tienden a perder la finura y la elegancia que pueden presentar en sus lugares habituales de cultivo. En la Ribera del Duero, por ejemplo, se enfatiza en la frescura de las noches del final del verano como factor que ayuda a que la maduración sea adecuada para obtener vinos más finos.

Cada variedad responde de forma distinta en las diferentes zonas de cultivo, dependiendo de su plasticidad. Por ejemplo, *Chardonnay* se cultiva en un abánico amplio de áreas climáticas en la región I, con buenos aunque diferentes vinos, pero también produce vinos muy apreciados en la región II. En esta misma línea, cabría considerar, según las características de la variedad Tempranillo, la idoneidad de su cultivo en zonas como Valdepeñas o La Mancha, claramente diferentes de la Ribera del Duero o de la Rioja. Asimismo, *Riesling* y *Cabernet Sauvignon* presentan un ritmo de maduración (azúcares, ácidos) similar, pero *Riesling* produce los vinos más finos en áreas con otoño fresco, mientras que *Cabernet* Sauvignon puede madurar en la

región I pero produce los vinos más finos y con más cuerpo en la región II. Se deduce que los índices térmicos pueden ser muy útiles para valorar si un lugar es propicio para ciertas variedades, pero también hay que considerar otros factores: lluvia, cubierta vegetal, carga de cosecha, etc.

3.5. Expansión geográfica potencial de una variedad

Las posibilidades de expansión geográfica de una variedad dependen básicamente de sus características y exigencias medioambientales, como se ha puesto en evidencia. Un ejemplo cercano de la posible adaptación a zonas distintas a su lugar de origen o a su zona más tradicional de cultivo es la variedad blanca Verdejo, unida estrechamente a la D.O. Rueda, pues muchos productores están interesados en las posibilidades de su cultivo en diversas regiones, incluso en la Ribera del Duero. La posible expansión de dicha variedad debe pasar al menos por la valoración tanto de un índice climático de referencia como de las características que tienen los lugares donde el Verdejo se cultiva de forma óptima (suelo, fertilidad, orografía, etc.).

Nunca se podrán conocer de antemano las posibilidades de adaptación real de una variedad en una zona hasta que su respuesta no se compruebe "in situ". De hecho, el Verdejo se extendió bastante en los últimos tiempos en La Mancha, pero, aunque el clima de dicha región es viable para la producción y la maduración de dicha variedad, no se ha tenido certeza de que en dichas condiciones se pueda explotar todo el potencial de la misma. Las

Tabla 1. Superficie nacional y porcentaje de las principales variedades viníferas blancas y tintas.

VINÍFERA	SUPERFICIE TOTAL (HA)	DISTRIBUCIÓN (%)
AIRÉN	239.400	**23,50**
TEMPRANILLO	212.443	**20,86**
BOBAL	76.138	7,47
GARNACHA TINTA	66.963	6,57
MONASTRELL	53.427	5,24
MACABEO, VIURA	35.002	3,44
PARDINA, BALADÍ VERDEJO	27.566	2,71
CABERNET SAUVIGNON	21.646	2,12
GARNACHA TINTORERA	20.010	1,96
SYRAH	19.615	1,93
VERDEJO	16.985	1,67
PALOMINO FINO	14.833	1,46
MERLOT	13.362	1,31
CAYETANA BLANCA	11.705	1,15
OTRAS	144.675	14,20
RESTO (MENORES)	33.650	3,30
MEZCLA	11.235	1,10
TOTAL (NACIONAL)	**1.018.655**	**100,00**

Tabla 2. Superficie nacional y porcentaje de las principales variedades viníferas tintas.

VINÍFERA TINTA	SUPERFICIE TOTAL (HA)	DISTRIBUCIÓN (%)
TEMPRANILLO	212.443	**20,86**
BOBAL	76.138	7,47
GARNACHA TINTA	66.963	6,57
MONASTRELL	53.427	5,24
CABERNET SAUVIGNON	21.646	2,12
GARNACHA TINTORERA	20.010	1,96
SYRAH	19.615	1,93
MERLOT	13.362	1,31
MENCÍA	8.789	0,86
MAZUELA, CARIÑENA	6.284	0,62
LISTÁN NEGRO	4.645	0,46
PRIETO PICUDO	4.583	0,45
TINTO DE PÁMPANA BLANCA	4.365	0,43
TINTO VELASCO	2.042	0,19
PETIT VERDOT	1.949	0,19
MORAVIA DULCE, CRUJIDERA	1.799	0,18
NEGRAMOLL	1.225	0,12
GRACIANO	1.221	0,12
JUAN GARCÍA, MOURATÓN	1.184	0,12
ROJAL TINTA	1.084	0,11
TREPAT	1.016	0,10
PINOT NOIR	954	0,09
TOTAL TINTAS (NACIONAL)	471.317	46,27

Tabla 3. Superficie de Garnacha Tinta en las distintas Comunidades Autónomas de España.

COMUNIDAD	SUPERFICIE (ha)
CASTILLA-LA MANCHA	21.000
ARAGÓN	18.000
MADRID	6.000
CASTILLA-LEÓN	5.500
LA RIOJA	5.000
NAVARRA	4.500
CATALUÑA	4.000
VALENCIA	1.500
EXTREMADURA	900
ANDALUCÍA	400
PAÍS VASCO	100
RESTO	100
TOTAL (Nacional)	67.000

expectativas de desarrollo de la variedad pasan por diversas hipótesis. Así, por ejemplo, podría encontrarse una respuesta que genere un menor rendimiento del esperado, mientras que el tipo de vino producido, por ejemplo, podría ser, "a priori", menos ácido, más "cálido", de lo pretendido. Estas hipótesis indican que no se puede asegurar de antemano que el resultado vaya a resultar satisfactorio para los productores, ni por tanto que vaya a aumentar la expansión de Verdejo en La Mancha. Ante estas hipótesis de carácter empírico, las alternativas podrían ser varias, desde la decisión de renuncia al cultivo de la variedad hasta el intento de adaptación técnica y cultural de la misma, dependiendo de los objetivos y los condicionantes del viticultor o la bodega.

En todo caso, de forma global, en un clima más cálido de lo ideal para una variedad, su desarrollo fenológico tiende a ser excesivamente rápido y da lugar a una maduración rica en azúcares, de forma que mientras se produce el desarrollo fenólico y aromático deseado, se produce una pérdida de acidez por respiración, lo que suele dar lugar a vinos desequilibrados difícilmente corregibles o ajustables en bodega, que finalmente resultarían, además, poco aptos para el envejecimiento por exceso de alcohol y escasa acidez.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La Semana Vitivinícola S.L. 2011. Extraordinario Estadísticas. *La Semana Vitivinícola* nº 3.355: 1.190-1.191.
2. Lissarrague, J.R. 2011. La viticultura de la Garnacha. *Jornadas de la Garnacha*, de Vitis Navarra S.L. Larraga (Navarra), 4 noviembre 2011.
3. Yuste, J. 2007. Situación actual de la viticultura en Castilla y León. Agrónomos (Revista Profesional de los Ingenieros Agrónomos) nº 35: 51-63.

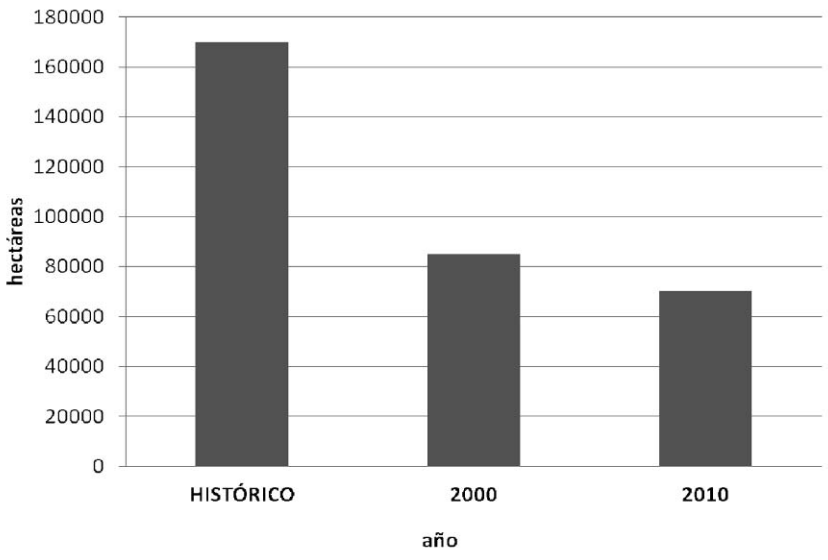


Figura 1. Evolución histórica de la superficie de Garnacha Tinta en España.

RETOS VITÍCOLAS ACTUALES APLICADOS A LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LA UVA Y DEL VINO

Montserrat Nadal Roquet-Jalmar

Doctora en Biología. Grupo Vitivinicultura, Facultad de Enología de Tarragona, Dep. Bioquímica y biotecnología, Universidad Rovira i Virgili (URV)

SITUACIÓN DE LA VITICULTURA FRENTE AL CAMBIO GLOBAL ACTUAL

En las últimas décadas se han introducido diversas y nuevas técnicas vitícolas enfocadas a la mejora de la calidad, prácticas agronómicas basadas en el conocimiento ecofisiológico y genético de las variedades y especies cultivadas. Algunos modelos están generando escenarios de cambio climático que muestran cómo las regiones meridionales se verán afectadas por un aumento de la duración y la frecuencia de los períodos secos (Bindi et al. 1996; Jones et al. 2005). En consecuencia, la variabilidad climática puede afectar en mayor o menor grado el crecimiento de plantas de uso agrícola, su rendimiento y la calidad de la cosecha. En esta situación de cambio climático, el sector vitícola tiende a buscar la biodiversidad, la gestión de la erosión del suelo, la mejora de las prácticas vitícolas, el manejo de la vegetación (canopia) y las estrategias de riego adecuadas a cada zona vitícola y según la variedad, para adaptar la planta al estrés hídrico. Todas estas acciones estarían encaminadas a la consecución de rendimientos y calidades óptimas de la uva frente a la vulnerabilidad ocasionada por el actual calentamiento global.

Los factores del medio y las prácticas vitícolas aplicadas al manejo de la vid alteran el crecimiento de la planta, así como la fisiología de la maduración, de manera que directa o indirectamente afectan la composición del fruto (Jackson and Lombard, 1993). La variabilidad climática en maduración puede causar efectos negativos en la síntesis de compuestos del metabolismo secundario, como es el caso de los compuestos fenólicos y en consecuencia, repercutir gravemente en la calidad de la uva en variedades tintas. Entrando en la etapa de globalización mundial el mercado se ha vuelto más exigente, los consumidores más conocedores del producto y por ello, la trazabilidad para la obtención de una uva de calidad (en campo) y en la producción del vino (en bodega), son imprescindibles en las empresas vitivinícolas para la obtención de buenos resultados económicos. Teniendo en cuenta estas premisas, determinar el momento óptimo de maduración y la fecha de vendimia de cada variedad es fundamental para la producción de vinos de calidad.

Para conocer el momento en que se alcanza la óptima maduración de la uva, viticultores y enólogos han utilizado a lo largo de décadas la relación entre azúcares y ácidos como indicador del grado de madurez para determinar la fecha de la vendimia. Además, hasta hace pocos años, el contenido de azúcar de las uvas era el único parámetro utilizado para decidir el pago de la cosecha a los viticultores. Sin embargo, en la última década, el análisis de la maduración fenólica de las bayas ha despertado un enorme interés cara a la producción de vinos tintos de calidad. Por lo tanto, además del grado probable de la uva, considerar la concentración y naturaleza de los compuestos fenólicos se revela como herramienta indispensable para determinar la madurez óptima de la uva y la fecha de vendimia.

En lo que se refiere a estudios sobre síntesis, acumulación y contenido de polifenoles en la uva, numerosos trabajos muestran la estrecha relación del estrés con la síntesis de compuestos fenólicos, a pesar de que la mayoría apuntan efectos positivos, destacan algunos trabajos que constatan efectos negativos en casos extremos de intensidades de radiación y temperatura elevadas (Bergqvist et al. 2001; Spayd et al, 2002; Holt et al. 2008). Actualmente, bajo la influencia del cambio global resulta interesante conocer las respuestas de las plantas que crecen en estas situaciones extremas, respuestas tanto a nivel de planta como de la composición y calidad del fruto y del vino (Jones and Davis, 2000). Se ha constatado que la temperatura de las zonas vitivinícolas mundiales sufrió un aumento de 1,26ºC entre los años 1950 al 1999; estimándose un incremento de 2,04ºC en los próximos 50 años. En un estudio reciente (de Herralde et al. 2012) sobre la evolución del grado alcohólico del vino tinto en la comarca del Priorato en relación al clima (precipitación y temperatura desde 1984 a 2008), no se encontró correlación entre el aumento de tempera-

tura y el grado de los vinos (figura 1). Un ligero incremento del grado del vino se registra solo en los últimos 10 años. La temperatura en sí sola no explica este aumento; los cambios de gusto del consumidor, la mejora en las técnicas de cultivo y el manejo de la vid junto a la tecnología e innovaciones en bodega, pueden justificar el resto (Smart y Robinson, 1991; Hunter, 2000; Esteban et al. 2001; Keller et al. 2008). Otro factor importante atribuible al aumento del grado alcohólico del vino es el cambio en la distribución porcentual de variedades. Este es el caso de la DOCa Priorato (figura 2), la recuperación de la garnacha tinta junto a otras variedades de elevado potencial alcohólico podrían en parte, explicar el aumento del grado de los vinos en la última década (Nadal y Sánchez-Ortiz, 2011).

Con el objetivo de mitigar los efectos de la variabilidad climática se apunta, entre otras, la modificación de la canopia mediante prácticas culturales, la utilización de portainjertos resistentes a la sequía y la expansión de variedades viniferas más plásticas (en el sentido de presentar una mayor uniformidad en la maduración y composición de la uva bajo las mencionadas condiciones desfavorables). Además, cabe señalar la menos conocida repercusión de la variabilidad estacional en la polimerización de fenoles y su extractabilidad en el vino (Pérez-Magriño y González-San José 2004; Nadal et al. 2004; Adams 2006; Downey 2006).

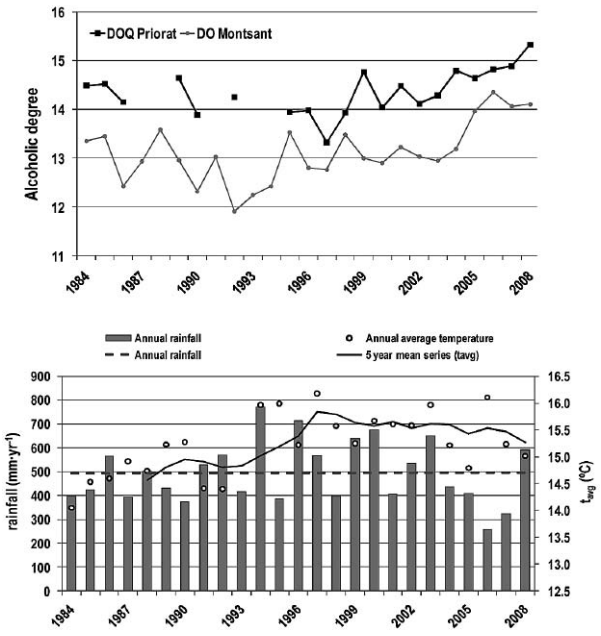


Figura 1. Evolución del grado alchólico del vino y el clima. Vinos de DOCA Priorato y DO Montsant (arriba). Precipitación anual (mm) y temperatura media anual (ºC) en Cabacés (abajo) en los últimos 25 años.

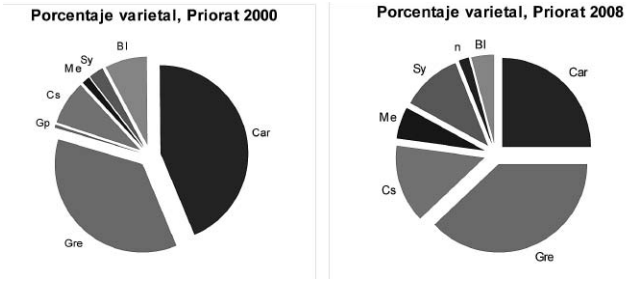


Figura 2. Evolución varietal en la última década en la DOCa Priorato. Gre=garnacha; Gp= garnacha peluda. CS= Cabernet sauvignon; Me= merlot; Sy= syrah; Bl= blancas.

EFECTOS DE LAS ELEVADAS TEMPERATURAS Y SEQUÍA EN ECOSISTEMAS VULNERABLES

I. Respuesta hídrica de la planta y repercusiones en la madurez fenólica de la uva. Ensayo en DO Montsant

Para investigar y profundizar en los efectos que causan el incremento de temperaturas y la escasez de agua en el cultivo de la vid (planta, uva y vino), se escogió el ecosistema vitícola del Priorato (figura 3) como una buena herramienta de trabajo para comprobar cuál es la afectación en la producción y la calidad de la uva. El viñedo sufre un fuerte estrés hídrico, promovido por la ausencia de lluvias en verano y la escasa disponibilidad de agua debido a la existencia de suelos con elevado drenaje (Nadal y Sánchez-Ortiz, 2011). A pesar de los exiguos recursos hídricos de la región, el riego de soporte evita la fuerte disminución de la producción y la defoliación prematura que acontece normalmente en los viñedos en secano. El riego debe usarse como práctica de disminución del estrés siempre y cuando suponga una mejora de la fisiología de la planta que no vaya en detrimento de la síntesis y acumulación de compuestos fenólicos en las bayas.

Se presentan a continuación los resultados de la aplicación de riego deficitario en cepas de tempranillo/R110 cultivadas en un entisol granítico, en la DO Montsant (comarca del Priorato). Las cepas de 17 años están formadas en cordón bilateral, conducidas en emparrado con una altura total de vegetación de 0,70 m y orientación noroeste-sudeste. El diseño experimental está constituido por tres bloques por tratamiento con 80 cepas cada uno, donde el tratamiento regadío (AI) se compara con el secano (AnI). Las menguadas reservas de agua de manantial que

Figura 3. Mapa de Denominaciones de Origen en Cataluña. 1= comarca del Priorato que incluye DO Montsant y DOCa Priorato.

dispone la parcela permiten un riego deficitario suplementario que se lleva a cabo durante 6 semanas (desde la última semana de Junio hasta una después del envero) y que representó entre 70-80 litros por cepa en total.

Se tomaron medidas de potencial hídrico foliar, de fotosíntesis y se realizó un seguimiento de maduración de la uva durante las campañas 2003 y 2004. Además se llevaron a cabo microvinificaciones en depósitos de acero inoxidable de 100 litros. Una muestra de 100 bayas se destinó al control clásico: análisis del grado alcohólico probable, acidez total (ATT) y pH, con la finalidad de determinar el estado de madurez tecnológica de la uva. En otra muestra de 300 bayas se determinó la madurez fenólica de baya entera, para el cual se utilizó el método Glories modificado (anejo 1); en los extractos obtenidos se midieron los polifenoles totales (280nm), antocianos fácilmente extraíbles (520nm) en la muestra en solución a pH 3,5, y los antocianos totales (520nm) en la muestra de solución a pH 1 (Nadal, 2010). En los vinos se analizó grado alcohólico, acidez total, índice de fenoles totales, antocianos y taninos (Ribéreau-Gayon et al. 2000). Todos los análisis se realizaron por triplicado y se aplicó ANOVA y el test de Fisher para conocer la existencia de similitudes o diferencias entre las variables estudiadas.

Los años en que se realizó el experimento se distinguen claramente por las diferencias en la temperatura y evapotranspiración (figura 4).

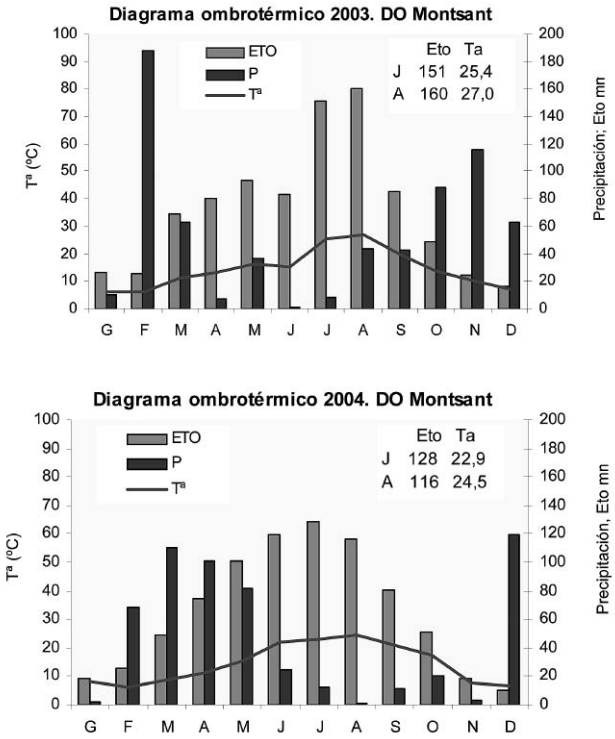


Figura 4. Diagramas climáticos años 2003 y 2004. ETo= evapotranspiración; P= precipitación; Tª= temperatura.

El año 2003 se caracterizó por una gran sequedad ambiental durante todo el período estival, práctica ausencia de lluvias durante este período y elevadísimas temperaturas en julio y agosto que provocaron un notable aumento de la evapotranspiración. En 2004 la precipitación fue un 30% más elevada que en 2003, y las temperaturas más suaves, condiciones ideales para la maduración progresiva y la acumulación de los compuestos de calidad en la uva.

En la añada excepcionalmente tórrida y de extrema sequía (2003), se produjo una fuerte disminución de los potenciales hídricos foliares, alcanzando valores similares en secano y regadío (-1,6 MPa). Los ciclos diarios en envero revelan pocas diferencias entre secano y regadío, mayores al final del período de maduración (figura 5). En 2004 se observa un efecto del riego positivo, puesto que las diferencias entre secano y regadío son mayores que en el año de sequía severa. La eficacia fotosintética de la hoja fue tres veces menor en 2003 si se compara con el año 2004. El elevado déficit de presión de vapor en 2003 y la escasa agua disponible por riego ejercen un impacto similar en secano y regadío, en consecuencia, la fotosíntesis disminuye de manera notable y por igual en los dos tratamientos.

Figura 5. Ciclos diarios de medida del potencial hídrico foliar. p= tamaño guisante, V=envero, r = maduración. Al= cepas irrigadas; Anl= cepas secano.

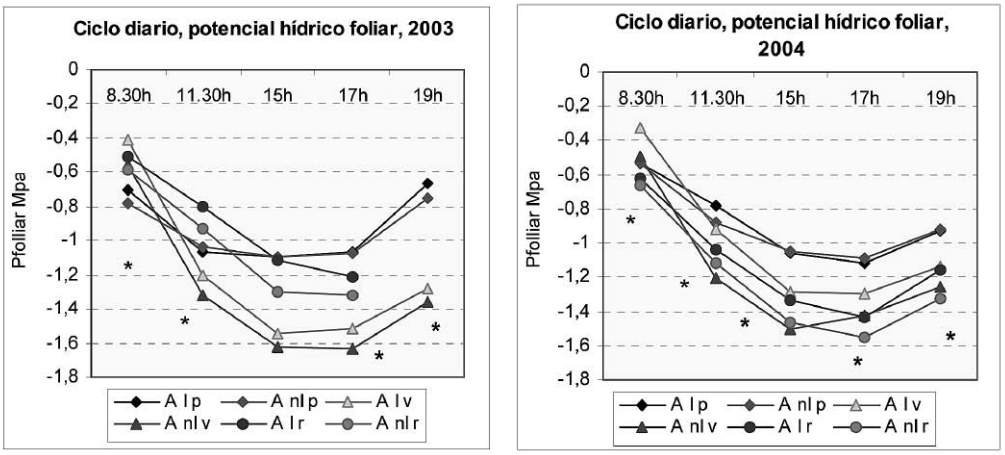


Tabla 1. Características de la baya en vendimia. Añadas 2003 y 2004.

2003	Grado p	ATT	Ant Hollejo	pH	Peso baya
A l	12,77	4,73	0,92 *	2,97	2,18 *
A nl	12,10	4,80	1,56	3,05	1,53
2004					
A l	11,80	4,50	1,12 *	3,38	2,69 *
A nl	12,23	3,80	1,45	3,44	2,12

Al= cepas irrigadas; Anl= cepas secano. Grado p= grado probable en baya; ATT= acidez total expresada en g/L de ácido tartárico; Ant = antocianos (mg/g de baya); Peso de la baya (g). ANOVA y Test de Fisher, (*) Diferencias significativas entre tratamientos (p<0,5).

Tabla 2. Componentes de la cosecha.

	Añada	kg/cepa *	kg/m^2	P poda/cepa *	P poda/m^2	I. Ravaz
A l	2003	3,84	0,96	0,78	0,20	6,22
A nl		2,07 *	0,52	0,61	0,15	5,19
A l	2004	5,40	1,32	0,62	0,16	8,71
A nl		3,6 *	0,90	0,47 *	0,12	7,66
ANOVA. Test Fisher		(p≤0,5)		(p≤0,5)		

Al= cepas irrigadas; Anl= cepas secano. P= peso; I Ravaz= por cepa kg uva / kg madera poda.

Los azúcares y grado alcohólico del vino de secano en el año extremadamente cálido disminuyen respecto a regadío por la fuerte depresión general sufrida por las cepas (2003). En relación al tamaño de la baya, la reducción en secano respecto a regadío fue del 43% en 2003, mientras que en 2004 resultó del 27% (tabla 1). Las evidentes diferencias en producción se reflejan tanto en el peso de la uva como en los sarmientos de poda. El riego aumenta la biomasa y según el efecto añada, la depresión de la cepa provoca una disminución de rendimientos (tabla 2).

La acumulación de antocianos totales en la uva descendió bajo el efecto de las elevadas temperaturas en envero, no obstante, su concentración en el vino resultó fuertemente reducida a menos de la mitad de su valor si se compara con el año más temperado. La extractabilidad de los antocianos en el vino parece afectada por las temperaturas elevadas, puesto que se reduce de manera drástica en años extremos, calurosos y secos.

Al analizar el vino comprobamos que en algunos casos los datos obtenidos en uva difieren del vino. El grado alcohólico resultó más elevado en secano en 2004 (tabla 3). En cambio, las temperaturas excesivas de 2003 causan una depresión de la planta que conduce a una menor graduación en secano. El riego

Tabla 3. Análisis de los vinos. Añadas 2003 y 2004.

2003	Grado A	ATT	IPT	Antocianos	IC	T
A I	13,30	4,63	41,1	261	8,0	2,28
A nI	12,65 *	4,15 *	46,9 *	356 *	9,9	2,38
2004	'04	ATT '04	IPT '04	Ant '04	IC '04	T '04
A I	12,00	5,60	41,7	594	8,8	2,28
A nI	12,50 *	5,50	46,8 *	792 *	14,9 *	2,08

Grado A= grado alcohólico en % vo.l; ATT= acidez total en g/L ácido tartárico; IPT= índice de polifenoles totales; Ant= antocianos totales; IC= intensidad colorante (A420+A520+A620); T= taninos.
ANOVA y Test de Fisher, (*) Diferencias significativas entre tratamientos (p<0,5).

facilita la migración de azucares por lo que los vinos procedentes de cepas regadas alcanzan mayor grado. La acidez, disminuye en secano. En relación a los compuestos fenólicos, se encuentran pocas diferencias entre tratamientos en (IPT) y Taninos. Los antocianos, presentaron concentraciones más elevadas en secano, siendo las diferencias entre tratamientos menores en añada de extrema sequía 2003. La Intensidad Colorante sólo en 2004 fue significativamente mayor en secano.

En conclusión, los azúcares y grado alcohólico del vino de secano en el año extremadamente cálido disminuyen respecto a regadío por la fuerte depresión general sufrida por las cepas que conlleva fuerte disminución de la fotosíntesis y defoliación prematura. El tamaño de la baya llega a reducirse cerca del 50% en secano y suelo pobre.

La acumulación de antocianos totales en la uva disminuye bajo el efecto de las elevadas temperaturas en envero, no obstante, su concentración en el vino disminuye drásticamente a menos de la mitad si se compara con el año más temperado. Además, la extractabilidad de los antocianos en el vino parece afectada por las temperaturas elevadas, puesto que se reduce en años extremos, calurosos y secos (2003). La aplicación de riego podría paliar los efectos, manteniendo y evitando la pérdida de vegetación y mejorando la composición final de la uva.

Las características específicas de la añada, pueden provocar cambios en la fenología y repercutir considerablemente en la calidad del vino en regiones cálidas y con escasez de lluvias. Debe tenerse en cuenta no solamente la precipitación anual, sino también su distribución a lo largo del ciclo anual y la cantidad registrada según la etapa fenológica. Las características climatológicas propias de la añada conjuntamente al incremento de la variabilidad climática intranual, pueden afectar negativamente el crecimiento de la cepa y su maduración en estos ecosistemas más vulnerables.

II. Efecto de la variabilidad climática en la fenología, producción y calidad fenólica. Ensayo en DOCa Priorato

En suelos de pizarra y cepas cultivadas en terrazas de la DOCa Priorato, la influencia de la añada se manifiesta en cambios a nivel fenológico, de crecimiento y en la composición de la uva. Un ensayo llevado a cabo durante los años 2009 y 2010 en cinco parcelas repartidas en dos regiones del Priorato y ubicadas en dos poblaciones mostraron diferencias causadas por el efecto añada y el mesoclima. En El Molar (perteneciente a la región precoz) se sitúan dos parcelas, y tres en Porrera (en región tardía), las cuales se caracterizan por distinta altitud y exposición: **A** Precoz: EMDA a 160m, orientación y exposición O-NO; EMBA, a 130m y exposición S-SO; **B** Tardía: POMO a 425m y exposición S-SO; POME, a 425m y exposición S-SE; y PODA a 495m y exposición S-SO. Las cepas del ensayo de Cariñena son pequeños vasos con 3 brazos podados a 2 yemas de más de 60 años de edad, que crecen en laderas y terrazas con una densidad de entre 5.000 a 6.000 plantas/ha. Las estaciones agroclimáticas (DECAGONmodel) que se instalaron en cada parcela de estudio permitieron recoger los datos de: temperatura máxima y mínima (ºC), humedad relativa (%), radiación ($W \cdot m^{-2}$) y precipitación (mm) en base horaria, a partir de los cuales se obtuvieron el déficit de presión de vapor (DPV), la integral de grados día (GDD10) y la evapotranspiración potencial (ET0 mm). La precipitación fue más elevada en región tardía (alrededor de 100mm), también más templada, con temperaturas, DPV y GDD inferiores que en la región precoz (figura 6).

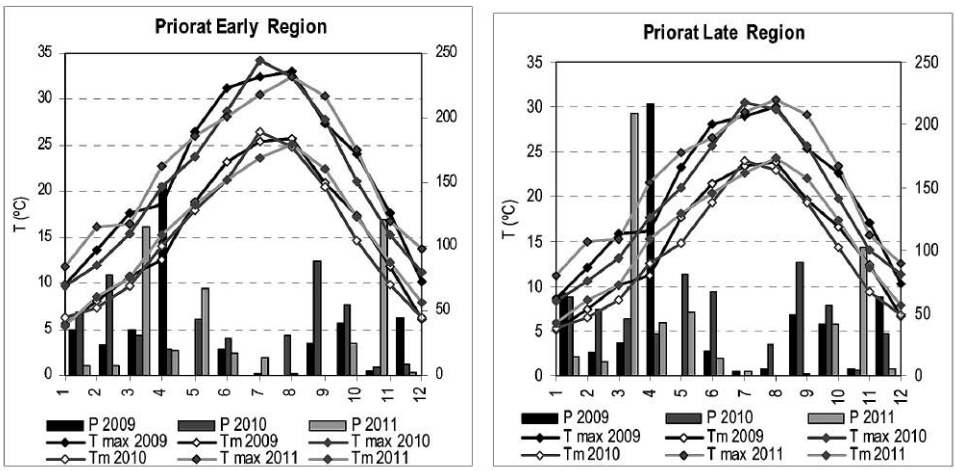


Figura 6. Diagramas climáticos en 2009 y 2010. Región precoz (izquierda); región tardía (derecha). P= precipitación; Tm= temperatura media; Tmax = temperaturas máxima.

La producción de uva fue cercana al kilo por cepa, observándose diferencias significativas entre parcelas, aunque los resultados no siguieron el mismo patrón en año cálido y templado. Las cepas viejas son irregulares en la producción debido al diferente número de pulgares y sarmientos a menudo variable según el año y la poda. El crecimiento de las cepas en envero fue superior en el mesoclima tardío de Porrera donde las precipitaciones fueron más abundantes que en el viñedo de El Molar (región precoz).

Si consideramos el estrés hídrico de las cepas, las elevadas temperaturas y déficit de presión de vapor registrado en la región precoz, provocan un descenso más acusado del potencial hídrico foliar en El Molar (EMDA y EMBA de la figura 7). Cabe señalar que las parcelas ubicadas en lo alto de la pendiente muestran potenciales más negativos (EMDA y PODA). La parcela ubicada en la zona superior en región precoz (EMDA) se distinguió por una mayor intensidad del viento que la parcela inferior (registros que se sucedieron con más frecuencia durante la maduración), influyendo negativamente en la calidad de la uva. Las cepas de esta parcela sufrieron una fuerte defoliación tres semanas antes de la cosecha, causando una deshidratación de la baya que supuso una concentración de azúcares y un desequilibrio de la composición de la uva (tabla 6).

En cuanto al efecto de la variabilidad climática en la fenología, se constató que las fechas de inicio de cada etapa fenológica en años cálidos (2009) eran notablemente diferentes entre regiones precoces y tardías, de una semana en las fechas de brotación y

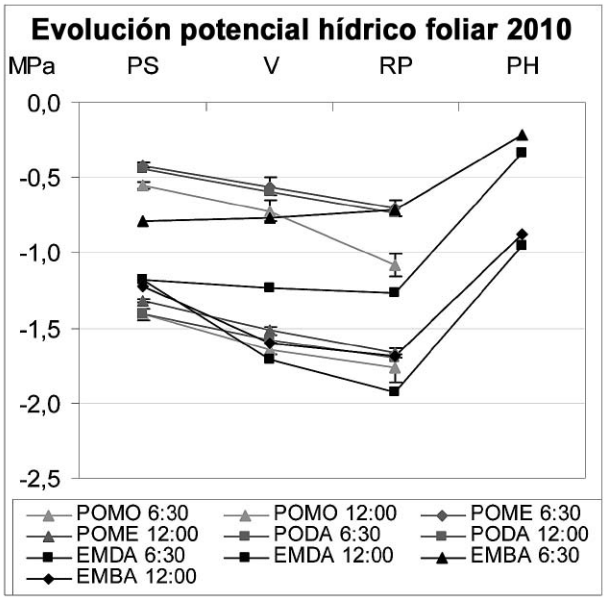


Figura 7. Potencial hídrico foliar en tamaño guisante (PS), envero (V), maduración (RP) y postvendimia (PH). EM= región precoz en El Molar; PO= región tardía en Porrera. Mediciones realizadas en hora solar.

de envero (tabla 4). Igualmente, la fecha de vendimia se prolonga en 15 días en año cálido en región tardía (respecto a la zona precoz de El Molar), mientras que la diferencia entre estos mesoclimas fue alrededor de una semana en el año templado.

El retraso en la brotación no implica directamente un retraso en vendimia, en cambio, se observa una influencia notable del aumento de temperatura a mitad de la maduración en el avance de la fecha de vendimia. La prolongación del calor estival conlleva una aceleración de la maduración de la uva y por lo

Tabla 4. Datos inicio etapas fenológicas. Región precoz (EM) y tardía (PO). Añadas 2009, 2010 y 2011.

2009	Bud break	Bloom	Fruit set	Pea size	Veraison	Harvest	Leaf fall
EM	28-Mar	20-May	1-Jun	18-Jun	25-Jul	18-Sep	2-Nov
PO	3-Apr	26-May	10-Jun	25-Jun	4-Aug	4-Oct	31-Oct
2010							
EM	8-Apr	30-May	6-Jun	29-Jun	5-Aug	20-Sep	29-Oct
PO	11-Apr	5-Jun	13-Jun	6-Jul	11-Aug	30-Sep	2-Nov
2011							
EM	31-Mar	2-Jun	9-Jun	21-Jun	27-Jul	10-Sep	20-Nov
PO	3-Apr	3-Jun	9-Jun	27-Jun	5-Aug	16-Sep	5-Nov

Bud break=Brotación, Bloom=Floración, Fruit set=cuajado, Pea size=grano tamaño guisante, Veraison=envero, Harvest=vendimia, Leaf fall= caída de hoja.

Tabla 5. Duración del ciclo vegetativo y sus etapas fenológicas (2009, 2010 y 2011).

2009	Brot- Flor	Brot-C	Brot- Tguis	Brot- Env	Brot- V	Brot- cHoja
EM	53	65	82	119	174	219
PO	53	68	83	123	184	211
2010						
EM	52	59	82	119	165	204
PO	54	62	85	121	171	204
2011						
EM	64	71	83	89	134	234
PO	61	67	85	93	134	216

Número de días de duración de cada período fenológico calculados a partir de la brotación.

tanto, un avance de la cosecha (tabla 5). Tanto en regiones precoces como en tardías, el fuerte incremento de temperaturas que se registran en Priorato a finales de Agosto (2011) además de avanzar la vendimia, aumenta la concentración de azúcar debido a la deshidratación de las bayas (tabla 5).

Los resultados del análisis de composición de la uva en azúcares y acidez procedente de las 5 parcelas muestran independencia de las variables topografía y añada, con cierta tendencia al aumento de la acidez en regiones tardías (tabla 6). Las repercusiones en la calidad de la uva se agravan especialmente en años con temperaturas elevadas a finales de la maduración, que afectan la concentración y naturaleza de los polifenoles acumulados. La síntesis de antocianos totales en uva es mayor en zonas tardías, aunque su extracción resulta afectada por la temperatura elevada de los años extremos, hecho que causa una disminución de su concentración en el vino y en consecuencia anula las diferencias previamente observadas en la uva.

Se constató una diferencia del grado alcohólico entre parcelas de entre 1,1 a 1,5. El rango de IPT estaría alrededor de 45-50 en años más templados y de 45-70 en años de sequía. Independientemente del año y de las parcelas, los antocianos se hallan en el rango entre 400-525 mg/l. Los taninos alcanzan hasta 3 g/l en la zona precoz, concentración que duplica la que presenta el vino en región tardía (tabla 7).

Resumiendo, la variabilidad climática dentro de la misma añada en la DOCa Priorato, específicamente la prolongación de temperaturas elevadas en período de maduración, aunque afecta ligeramente el contenido alcohólico de los vinos, los antocianos disminuyen marcadamente tanto en zonas precoces como en tardías. Independiente del año, la concentración en taninos totales es más elevada en el mesoclima precoz.

Los años más cálidos con menor precipitación se presentan más vulnerables al cambio, tanto las regiones precoces como las tardías, aumentando las necesidades hídricas de la cepa y haciendo necesaria la implantación de un riego de soporte. El manejo de la poda en verde, evitando el deshoje temprano en racimos, puede preservar en parte la deshidratación de las bayas en zonas cálidas.

El futuro de la investigación apunta a mejorar la gestión de la canopia conjuntamente con el riego y a profundizar en el conocimiento de la naturaleza y extractabilidad de los compuestos fenólicos en el proceso de vinificación.

Tabla 6. Composición del mosto en vendimia. Añadas 2009, 2010 y 2011.

2009	Soluble Solids (Brix)	Total Acidity (g/L)	Total Anthocyanin mg/L	Extractable Anthocyanin mg/L
EMDA	24,2 ± 0,1 **b**	5,08 ± 0,01 **a**	1116 ± 34 **c**	531 ± 82 **c**
EMBA	23,7 ± 0,1 **d**	4,79 ± 0,04 **b**	992 ± 46 **d**	544 ± 40 **c**
POMO	24,3 ± 0,1 **b**	3,89 ± 0,07 **d**	1728 ± 153 **a**	1000 ± 27 **a**
POME	24,7 ± 0,1 **a**	3,42 ± 0,05 **e**	1292 ± 32 **b**	756 ± 66 **b**
PODA	24,0 ± 0,1 **c**	4,03 ± 0,05 **c**	1570 ± 106 **a**	997 ± 17 **a**
2010				
EMDA	24,4 ± 0,3 **b**	4,64 ± 0,44 **a**	1278 ± 119 **a**	699 ± 55 **b**
EMBA	23,5 ± 0,3 **c**	4,28 ± 0,00 **a**	918 ± 59 **b**	559 ± 34 **c**
POMO	26,2 ± 1,0 **a**	3,82 ± 0,15 **b**	995 ± 56 **b**	713 ± 25 **b**
POME	25,2 ± 0,4 **a**	4,48 ± 0,08 **a**	1185 ± 106 **a**	760 ± 25 **b**
PODA	23,8 ± 0,1 **c**	4,53 ± 0,09 **a**	1286 ± 50 **a**	867 ± 28 **a**
2011				
EMDA	25,0 ± 0,1 **b**	6,50 ± 0,04 **a**	1047 ± 90 **c**	669 ± 69 **b**
EMBA	24,8 ± 0,4 **c**	5,05 ± 0,18 **c**	1263 ± 47 **a**	885 ± 17 **a**
POMO	26,6 ± 0,3 **a**	5,97 ± 0,18 **b**	1172 ± 9 **b**	852 ± 39 **a**
POME	26,9 ± 0,2 **a**	6,81 ± 0,22 **a**	918 ± 108 **d**	692 ± 86 **b**
PODA	24,8 ± 0,2 **c**	5,66 ± 0,18 **b**	1334 ± 66 **a**	893 ± 63 **a**

DA = parcelas inferiores; BA, MO ME = diferente ubicación de parcelas inferiores.

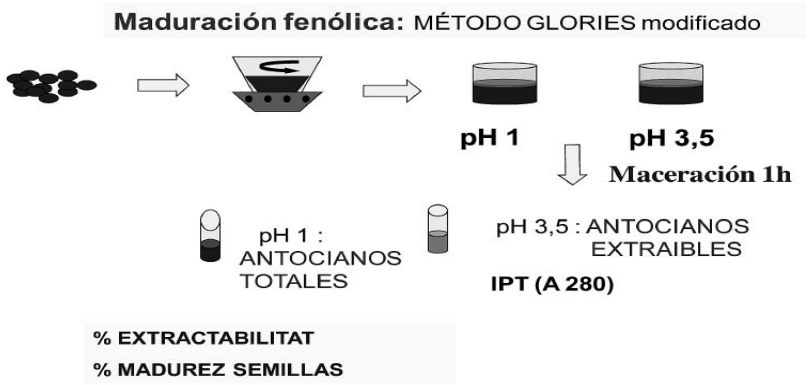
Tabla 7. Análisis del vino. Añadas 2009 y 2010. Región precoz (EM) y tardía (PO).

	Alc. % vol.	ATT (g/L)	pH	ANT T(mg/L)	Tanins (g/L)	IPT
2009						
EMDA	16,0 ± 0,4 **a**	6,63 ± 0,17 **c**	3,17 ± 0,09 **bc**	398 ± 9 **c**	2,9 ± 0,2 **a**	72 ± 3 **a**
EMBA	15,2 ± 0,6 **abd**	6,40 ± 0,15 **c**	3,27 ± 0,03 **b**	466 ± 4 **a**	2,4 ± 0,2 **b**	67 ± 6 **a**
POMO	14,8 ± 0,1 **bc**	6,39 ± 0,03 **c**	3,28 ± 0,01 **b**	471 ± 22 **ab**	2,2 ± 0,3 **b**	49 ± 2 **b**
POME	14,5 ± 0,2 **cb**	6,85 ± 0,06 **b**	3,35 ± 0,01 **a**	433 ± 22 **b**	1,7 ± 0,1 **c**	45 ± 1 **c**
PODA	15,4 ± 0,1 **d**	7,62 ± 0,07 **a**	3,21 ± 0,02 **c**	452 ± 6 **b**	1,4 ± 0,1 **d**	46 ± 1 **c**
2010						
EMDA	14,5 ± 0,1 **b**	6,98 ± 0,08 **c**	3,22 ± 0,02 **c**	493 ± 17 **b**	1,9 ± 0,1 **b**	48 ± 2 **bcd**
EMBA	14,4 ± 0,1 **bc**	6,13 ± 0,10 **d**	3,52 ± 0,01 **a**	526 ± 14 **a**	2,2 ± 0,1 **a**	50 ± 1 **ab**
POMO	15,2 ± 0,2 **a**	6,97 ± 0,05 **c**	3,54 ± 0,00 **a**	441 ± 19 **c**	1,1 ± 0,3 **d**	51 ± 0 **a**
POME	15,3 ± 0,1 **a**	7,45 ± 0,07 **a**	3,43 ± 0,04 **b**	456 ± 18 **c**	1,6 ± 0,0 **c**	48 ± 0 **c**
PODA	14,2 ± 0,1 **c**	7,19 ± 0,08 **b**	3,44 ± 0,00 **b**	447 ± 10 **c**	1,1 ± 0,2 **d**	46 ± 2 **d**

Alc= grado alcohólico; ATT= acidez total en g/l ácido tartàrico ; ANT T= antocianos totales; IPT= Indice de polifenoles totales.

Parcelas de cepas viejas de cariñena, DOCa Priorato.

Anejo 1. Metodología de extracción de antocianos.



Agradecimientos: Al proyecto Nacional AGL2011-30408-C04-02.

BIBLIOGRAFÍA

Adams D.O., 2006. Phenolics and ripening in grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, **57**, 249-256.

Bergqvist J., Dokoozlian N. and Ebisuda N., 2001. Sunlighht exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.*, **52**, 1-7.

Bindi M., Fibbi L., Gozzini B., Orlandini S. and Miglietta F., 1996. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research*, **7**, 213-224.

De Herralde F, Savé, R, Nadal . M., Pla E., Lopez-Bustins J.A., 2012. Global change influence on wine quality in priorat and Montsant (NE Spain). Proceedings of the XXVIII International Horticultura congress on science and horticulture for people, Lisbon 2010, ACTA Horticulturae, 931: 39-46.

Esteban M.A., Villanueva, M.J. and Lissarrague J.R., 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo *(Vitis vinifera* L.) grape berries during ripening. *J. Sci. Food Agric.*, **81**, 409-420.

Holt H.E., Francis I.L., Field J., Herderich M.J. and Iland P.G., 2008. Relationships between berry size, berry phenolic composition and wine quality scores for Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) from different pruning treatments and different vintages. *Aust. J. Grape Wine Res.*, **14**, 191-202.

Hunter J.J., 2000. Implications of seasonal canopy management and growth compensation in grapevine. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **21**, 81-91.

Jackson J.I. and Lombard P.B., 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, **44**, 409-429.

Jones G.V. and Davis R.E., 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.*, **51**, 249-261.

Jones G.V., White M.A., Cooper O.R. and Storchmann K., 2005. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, **73**, 319-343.

Keller M., Smithyman R. P. and Mills L. J., 2008. Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. *Am. J. Enol. Vitic.*, **59**, 221-234.

Nadal M., Volschenk N. and Hunter J.J., 2004. Phenolic extraction during fermentation as affected by ripeness level of Syrah/R99 grapes. *In: Proc. Joint Intl Conference on Viticultural Zoning*. Cape Town, South Africa, 469-487.

Nadal M., 2010. Phenolic maturity in red grapes. *In: Methodologies and results in grapevine research*. Serge Delrot, Hipólito Medrano, Etti Or, Luigi Bavaresco and Stella Grando (ed.), 389-411. Ed. Springer Science, Heidelberg, Germany.

Nadal M. et Sánchez-Ortiz A. (2011) Territoires du vin: Priorat, Los territorios del vino en España, 28 février 2011, Chaire Unesco Culture et Traditions du Vin, U. Borgogne, *http://revuesshs.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/* .

Pérez-Magariño S. and González-San José M.L., 2004. Evolution of flavanols, anthocyanins, and their derivatives during the aging of red wines elaborated from grapes harvested at different stages of ripening. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 1181-1189.

Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. and Dubourdieu D., 2000. *Handbook of Enology, Volume 2: The chemistry of wine and stabilization and treatments*. John Wiley & Sons Ltd.

Smart R. and Robinson M., 1991. *Sunlight into Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management*. Winetitles, Adelaide.

Spayd S.E., Tarara J.M., Mee D.L. and Ferguson J.C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, **53**, 171-182.

PAISAJES DEL VIÑEDO

V. Gómez-Miguel. *Universidad Politécnica de Madrid (UPM). ETSIA Ingenieros Agrónomos*
M.L. González-San José. *Universidad de Burgos (UBU). Facultad de Ciencias*

1. INTRODUCCIÓN: DEFINICIONES Y CONCEPTOS

La palabra paisaje es un término ciertamente ambiguo o más bien complejo con connotaciones armoniosas y bellas propias del significado artístico a la vez que encierra aspectos técnicos y científicos multidisciplinares que se han ido adicionando esencialmente desde el siglo pasado. La evolución de la concepción del paisaje está muy relacionada con el interés despertado en los últimos decenios por el medio natural y su estudio integral para la ordenación y explotación del territorio.

Tal y como se desprende de la complejidad del paisaje este puede considerarse desde distintas perspectivas. Así puede tratarse desde un punto de vista puramente estético, teniendo en cuenta su aspecto fisiográfico, ecológico o geográfico, o como un término cultural que incluye elementos emocionales, sentimentales, educacionales o recreativos. Por todo ello y dándole la vuelta a las anteriores consideraciones, el paisaje aparece como un recurso que posee valores estéticos, culturales, educativos y económicos, y es reconocido como patrimonio natural y cultural que influye en el bienestar de los seres humanos.

Existen múltiples definiciones de paisaje, cada una de ellas elaborada desde la perspectiva personal y profesional de cada uno de los autores que las definieron. Algunas de ellas, anteriores a la Convención Europea del Paisaje (CEP) de 2001, en orden cronológico son:

- *Manifestación sintética de las condiciones y circunstancias geológicas y fisiográficas que concurren en un territorio* (Hernández Pacheco, 1934).
- *La percepción multisensorial de un conjunto de relaciones ecológicas* (González Bernáldez, 1960).
- *El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables, de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que engarzados dialécticamente, hacen de él un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución* (Bertrand, 1968).
- *Percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas* (Díaz Pineda, 1973).
- *La imagen (percibida, impresa, etc.) de un territorio y el conjunto de elementos de un territorio relacionados entre sí, fácilmente delimitables y visibles* (González Bernáldez, 1981).
- *El paisaje es la resultante de la agregación de los caracteres físicos del medio físico, de los rasgos físicos del medio biótico, mas la huella física de la lenta (hasta hace pocos años) transformación humana* (Gómez Orea, 1985).
- *Parte de terreno que se presenta ante un observador* (Seco et al., 1999). Manuel
- *Extensión de terreno que se ve desde un sitio* y *porción de terreno considerada en su aspecto artístico* (DRAE, 2001).

El Consejo de Europa en la Convención Europea del Paisaje (CEP, 2001) se refiere al paisaje como "*Parte de un territorio tal como se percibe por la población y que resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y de sus interrelaciones*". Desde esta convención esta definición es la más utilizada y se ha convertido en la referencia para todos los estudiosos del paisaje. Esta definición, como prácticamente todas las demás, suelen hacer referencia a tres aspectos principales:

- La dimensión física, espacial y temporal: el paisaje es el territorio como realidad objetiva, aquí y ahora.
- La dimensión subjetiva y cultural: el paisaje es parte del territorio, incluyendo los valores subjetivos que la población (el observador) le atribuye.
- La dimensión temporal/causal: el paisaje es el resultado de la interacción entre el hombre y la naturaleza.

Estos aspectos se relacionan con otros tantos elementos que conforman el estudio del paisaje como el terreno (paisaje y la composición de formas), la percepción (zona de visión y visibilidad) y la interpretación (observador y su entorno). Por todo ello, el pai-

saje puede estudiarse como un elemento más, en paralelo con otros aspectos ambientales, y debe entenderse como un elemento complejo, síntesis y expresión del conjunto del medio o de una parte de él. El estudio del paisaje va unido al de la caracterización, evolución y transformación de las áreas naturales como consecuencia de procesos naturales y antrópicos, y su consideración y valorización actual como un recurso natural están muy relacionadas con la progresiva importancia que se da a la gestión y conservación de los espacios naturales. El estudio del paisaje vitícola sólo es un caso particular de los diferentes tipos de paisajes en los que la influencia antrópica viene determinada por las peculiaridades del cultivo de la vid.

El objetivo de este texto es presentar, aunque de modo resumido, un análisis del paisaje y del territorio considerando los diferentes tipos de paisajes y los distintos puntos de vista para su clasificación, los componentes y las características del paisaje visual, y los distintos enfoques del análisis y del estudio del paisaje, sin olvidar las tres estrategias propugnadas por la CEP con la perspectiva de su sostenibilidad:

- Protección del Paisaje: para proteger los paisajes vitícolas más singulares.
- Gestión del Paisaje: para gestionar los paisajes vitícolas ordinarios en un contexto de desarrollo sostenido.
- Ordenación del Paisaje a fin de actuar con previsión en los nuevos paisajes vitícolas que exigen atención especial o en aquellos que han sufrido fuertes transformaciones.

2. PAISAJE Y TERRITORIO: DINÁMICA Y ELEMENTOS DEL PAISAJE

Atendiendo a la dimensión física, espacial y temporal indicada previamente "el paisaje es el territorio como realidad objetiva, aquí y ahora". Esta afirmación implica una consideración global e interrelacionada de todos los elementos visibles (fenosistema) o no visibles (criptosistema), tanto naturales como antrópicos, que constituyen el paisaje, esto se correlaciona con el concepto de *Paisaje integrado*.

El paisaje es un elemento dinámico, en continua evolución y transformación. La dinámica del paisaje depende de las relaciones entre las sociedades y su ambiente, que dan origen a estructuras cambiantes en el espacio y en el tiempo, todo ello directamente relacionado con la *Ecología del Paisaje,* que podría definirse como el estudio del medio y la sociedad, así como de sus efectos sobre los procesos ecológicos que se integran en la modelación del paisaje (figura 1).

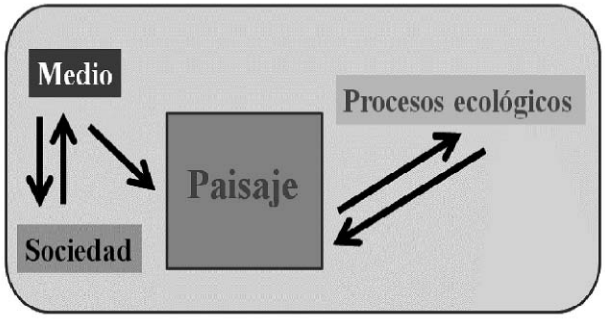


Figura 1. Dinámica del paisaje (Burel y Baudry, 2002).

Bajo esta concepción, el paisaje es el resultado de las combinaciones dinámicas de un conjunto de elementos de origen natural y/o antrópico (figura 2). Los elementos de origen natural (abióticos y bióticos) son:

- El relieve (morfología, altitud, orientación y exposición, inclinación y longitud de la pendiente).
- La litología (naturaleza, composición, dureza permeabilidad, ...).
- Las condiciones atmosféricas y climáticas (radiación, temperatura, precipitación, humedad, evaporación, viento, insolación, ...).
- Las condiciones hídricas (distribución del agua, estado físico, cantidad, localización, calidad, movimiento, ruido, ...).
- El suelo (clasificación, distribución, propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas).
- La vegetación (composición florística, estructura, especies dominantes, recubrimiento de los estratos, parámetros de especies del estrato arbóreo, endemismos, fitopatología, ...).
- La fauna (especies más significativas, distribución y vías, densidad de población, endemismos, ...).

Los elementos antrópicos están relacionados con la estructura socioeconómica de la región y destacan:

- La demografía (distribución, densidad de población, desarrollo, ...).
- Los aspectos socioeconómicos (renta, actividades económicas principales, ...).
- Las infraestructuras (distribución y tipificación).

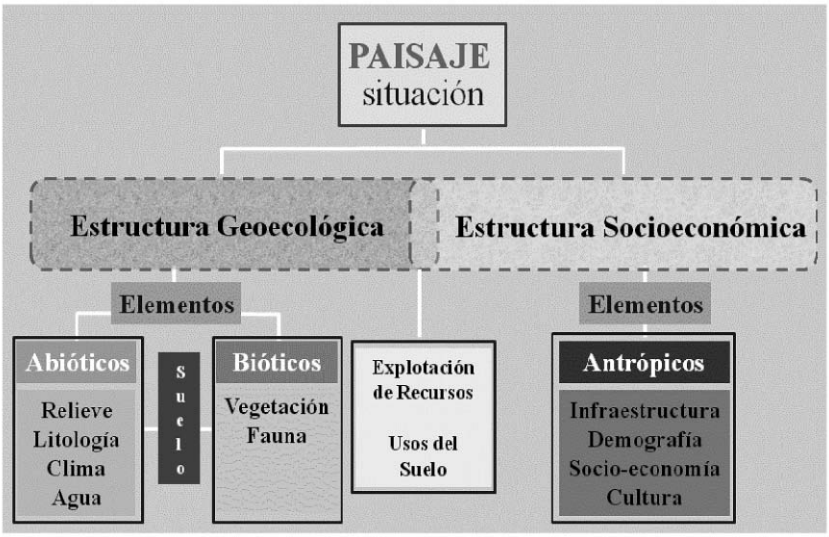


Figura 2. Elementos del paisaje (según Bolós, 1992).

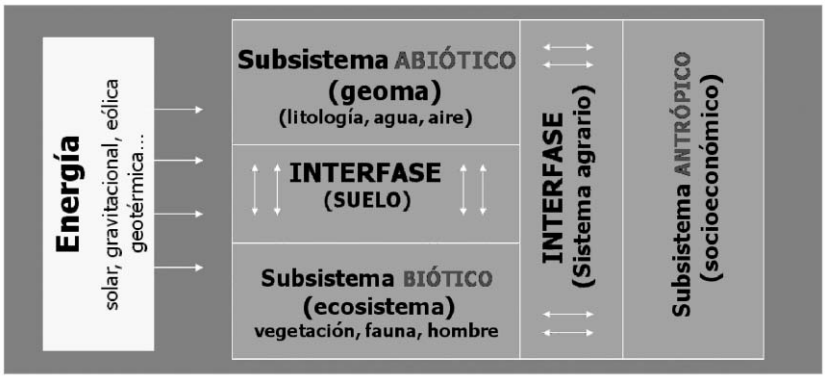


Figura 3. El Paisaje como Geosistema: subsistemas abiótioco, biótico y antrópico (Bolós,1992).

- Los usos y aprovechamientos del suelo (funcionalidad, tecnología, ...).
- La explotación de recursos naturales (modalidades, frecuencia, intensidad, emisión, tipos de contaminantes, ...).
- Los bienes culturales (vestigios, formas de explotación tradicionales, preferencias culturales).
- Los bienes de recreo (actividades lúdicas y deportivas, ...).

Así, el paisaje es la realidad concreta del territorio que se adapta al concepto de *geosistema*. El planeta tierra (geosistema), considerado como una unidad, es el conjunto de entidades bióticas (biósfera), abióticas (litósfera, atmósfera e hidrósfera) y antrópicas (sociedad), cuyas interrelaciones originan cambios cualitativos y cuantitativos que caracterizan finalmente el paisaje. La dominancia de un elemento u otro determina el subsistema abiótico, biótico y antrópico (figura 3).

No se debe olvidar que el paisaje no sería tal si no pudiera ser percibido, por tanto al hablar y estudiar los paisajes siempre hay que tener en cuenta al observador. La costumbre lleva a referir lo que se ve destacando especialmente las formas y los colores, olvidando frecuentemente el movimiento (un río, las nubes, las aves, ...), los sonidos (el oleaje, una cascada, el canto de los pájaros, el ruido de la selva, el eco, ...) que sólo se refieren en casos extremos, los olores (de antes y después de una lluvia, del heno recién cortado, las flores, el sotobosque, ...) y sobre todo el tacto de los elementos (la nieve, la arena de una playa, las hojas, la corteza de los árboles, y porque no la piel o las plumas de los animales, ...). El observador desarrolla experiencias personales subjetivas ante el paisaje, sin embargo la descripción del mismo, salvo desde la concepción artística, debe ser "objetiva", en el sentido de que debe permitir la reproducción del mismo a otro individuo distinto del observador sin que éste vea el paisaje descrito.

3. CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE

Existen diferentes criterios y métodos para clasificar los paisajes. Algunos modos concretos de hacerlo pueden ser: la clasificación según la dominancia de los elementos del paisaje; la clasificación por sus características espaciales o temporales; y la clasificación por su función.

3.1. Clasificación de los paisajes por la dominancia de sus elementos

La clasificación de los paisajes por **la dominancia de sus elementos** implica que primero se debe seleccionar la escala espacial a emplear para limitar la zona del paisaje a clasificar. Después, se determinan el grupo dominante de elementos y los elementos indicadores. Finalmente, y considerando los aspectos

anteriores, se deduce y determina el funcionamiento, en el momento concreto, del paisaje. Esta clasificación incluye las siguientes tipologías de paisajes:

- *Paisaje antrópico*: creado o transformado por el ser humano. Es el caso de todos los paisajes vitícolas siendo por ejemplo muy notable en los viñedos abancalados.
- *Paisaje abiótico*: en el que predomina el subsistema abiótico. Los paisajes con grandes lagos, un delta en formación, y de grandes pendientes superiores a los 35º, son algunos ejemplos.
- *Paisaje biótico*: en los que el ecosistema es el subsistema fundamental en el funcionamiento del paisaje. Paisajes marcados por bosques como hayedos, robledales de la Europa atlántica, entre otros.

Estos tres tipos abarcan otros subgrupos como:

- *Paisaje natural*: es un paisaje biótico en el que predomina la vegetación "natural" y la respuesta de los restantes elementos como el clima, el relieve, el suelo, etc., que condicionan la vegetación observada. Los paisajes de zonas de alta montaña son un buen ejemplo.
- *Paisajes socioeconómicos*: claramente son paisajes antrópicos, y en ello lo que predomina son los elementos construidos por el hombre. Son los paisajes de las urbanizaciones, las ciudades, los polígonos industriales, etc.
- *Paisajes de interfase:* paisajes antrópicos con elementos bióticos, son los de carácter predominantemente agropecuarios.

Dada la complejidad de los paisajes, la clasificación no es sencilla y es difícil encontrar tipos de paisaje "puros", en su mayoría los paisajes combinan elementos de diversos tipos y la clasificación final se hace generalmente en función de los elementos predominantes. A continuación se muestran algunos ejemplos de esta complejidad paisajística. Así dentro de los paisajes con predominio de elementos antrópicos se pueden diferenciar paisajes con:

- Predominio prácticamente exclusivo de elementos antrópicos: ciudades, autopistas, aeropuertos, ...
- Elementos antrópicos sobre abióticos: poblados en el desierto, estaciones de esquí de alta montaña, explotación de recursos minerales, ...
- Elementos antrópicos sobre bióticos: urbanizaciones en zonas boscosas, jardines, zonas agrícolas, ...
- Elementos antrópicos sobre abióticos con leve presencia de elementos bióticos: caminos y senderos, contrafuertes y terrazas para evitar aludes, ...
- Elementos antrópicos sobre bióticos con elementos abióticos poco significantes: frutales, viñas, huertas, campos de golf, ...

3.2. Clasificación de los paisajes por las características espaciales o temporales

Las unidades de paisaje se distribuyen en el planeta de forma heterogénea. Existen muchos ejemplos de diferenciación espacial o territorial donde la disposición regular de unidades se realiza en función de un determinado gradiente (Zonalidad). Por ejemplo, la distribución de la radiación recibida por cada región del globo, junto con la de otras propiedades que determinan el clima, es la causa de la aparición de un gradiente latitudinal y otro altimétrico que diferencia unidades con diferentes características ecológicas y biológicas.

La zonalidad latitudinal origina variaciones desde los polos al Ecuador que definen franjas subparalelas bien diferenciadas: Polares (0-30,3 Kcal/cm^2/año), Templadas (30,3-55,6 Kcal/cm^2/año), Subtropicales (55,6-65,7 Kcal/cm^2/año) y Tropicales (65,7-80,9 Kcal/cm^2/año). La zonalidad altimétrica es la causa de la diferenciación espacial debida a la altitud referida, por ejemplo, al nivel del mar: la temperatura y la humedad varían en relación inversa a la altitud.

Existen factores más o menos locales relacionados con otras manifestaciones energéticas del planeta (distribución de los océanos y los continentes, corrientes, litología y geomorfología, sismicidad y geotermia, situación y propiedades de las aguas subterráneas, ...) que modifican la regularidad de esta distribución espacial (Azonalidad). La Azonalidad explica las diferencias zonales en áreas de igual latitud y hasta altitud.

La distribución natural del viñedo, como la de otras muchas especies vegetales, se justifica con criterios de zonalidad: la latitud justifica su relación directa con las regiones de clima mediterráneo (figura 4); mientras que la altitud explica variaciones en la distribución local (figura 5).

La viticultura tropical es un caso concreto de azonalidad donde los modificadores locales son de origen antrópico, debiéndose al manejo biológico y al riego (figura 6).

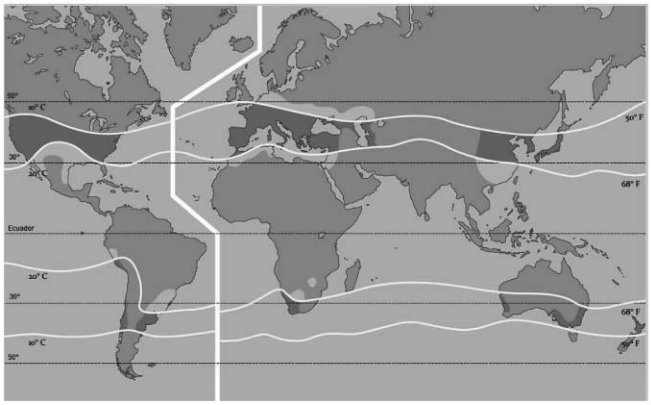


Figura 4. Zonalidad latitudinal de la distribución de la vid en el mundo: distribución de la vid entre las isotermas 10 ºC y 20 ºC según Blij (1983). La irregularidad de las isotermas en relación con las isolíneas de latitud se debe principalmente a los efectos de las corrientes marinas.

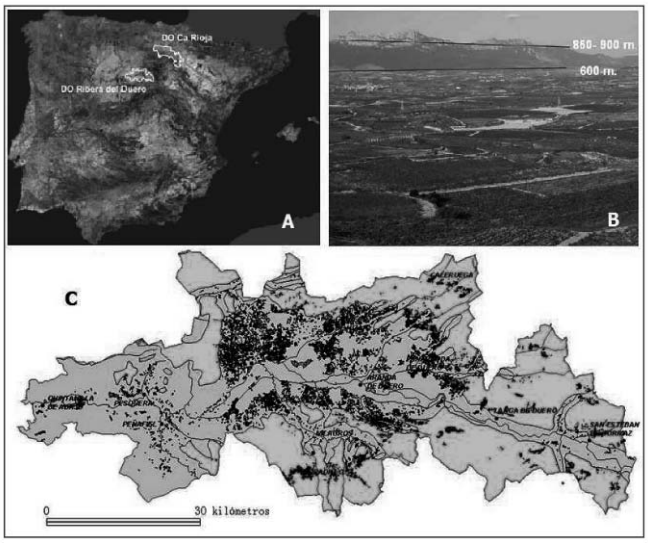


Figura 5. Zonalidad latitudinal y altitudinal en la península Ibérica (A). Variaciones locales en dos DO próximas pero separadas por la Cordillera Ibérica: mientras en la región septentrional de la DO Ca Rioja (B) el viñedo apenas pasa de los 600 m, en la DO Ribera del Duero (C) supera los 1000 m (zona verde).

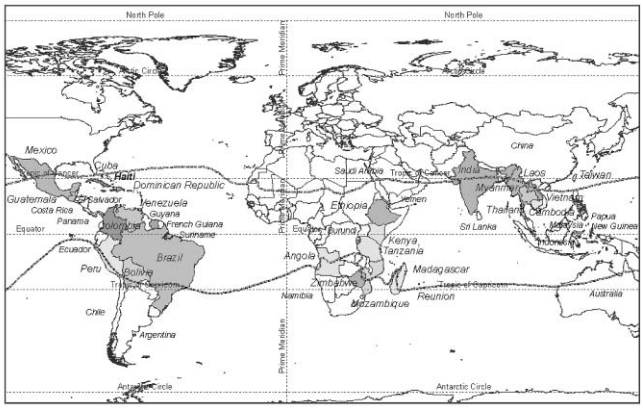


Figura 6. Azonalidad de la viticultura tropical: más de 250.000 ha de viñedos se localizan fuera de las isotermas que le son propias (isolíneas verdes) en los países coloreados debido a las técnicas de manejo introducidas recientemente, sobre todo en lo referentemente al control del ciclo vegetativo.

Respecto a la clasificación por características temporales es importante considerar que la edad de un paisaje se contabiliza a partir del momento desde el que comienza a funcionar como el geosistema que es en la actualidad. El tiempo de referencia puede ser el presente (el paisaje actual), el tiempo de formación del paisaje, o el tiempo referido a los procesos dinámicos del paisaje (naturales y antrópicos). El paisaje necesita para su formación o transformación la introducción de energía de forma lenta y paulatina o de forma rápida o catastrófica. Esta energía puede tener un origen natural (cambio climático, movimientos tectónicos, etc.) o antrópico (uso o aprovechamiento del suelo, construcción de infraestructuras, desecación de terreno, repoblaciones con especies no autóctonas, etc.).

La formación del paisaje pasa por varios estadios. En el primero, se forman los elementos estructurales (abióticos) del paisaje que desde este momento comienzan a ser modificados por las entradas y salidas de energía en el paisaje y, posteriomente, comienzan a aparecer los elementos bióticos. En el segundo, los componentes abióticos y bióticos alcanzan su máxima evolución, se llega a un equilibrio entre entradas y salidas de materia y energía y se constituye un paisaje estable.

La escala temporal es importante, sin embargo, no debemos confundir la escala temporal del paisaje con la escala geológica (figura 7). Mientras en geología la unidad es superior al millón de años, en relación con los paisajes el orden de magnitud es muy inferior, aunque su variabilidad es muy grande, por ejemplo: Megaescala (>1.000.000 años), Macroescala (100.000 años), Mesoescala (10.000 años) o Microescala (< 100 años).

En general, los paisajes jóvenes ocupan antiguas regiones agrícolas o fueron creados por acciones antrópicas o abióticas agresivas sobre un paisaje estable que produce su destrucción (elementos bióticos y suelo poco evolucionados), son paisajes muy inestables. Por el contrario, los paisajes relictos son capaces de autoregularse en un medio con condiciones contrarias a su mantenimiento y tienden a desaparecer; y los paisajes maduros son muy estables y en ellos existe poco intercambio de energía pero son muy frágiles.

3.3. Clasificación de los paisajes por su funcionalidad

El paisaje por su función puede ser natural (la actividad antrópica es nula o, aunque haya existido, actualmente dicha actividad es residual y el paisaje ha

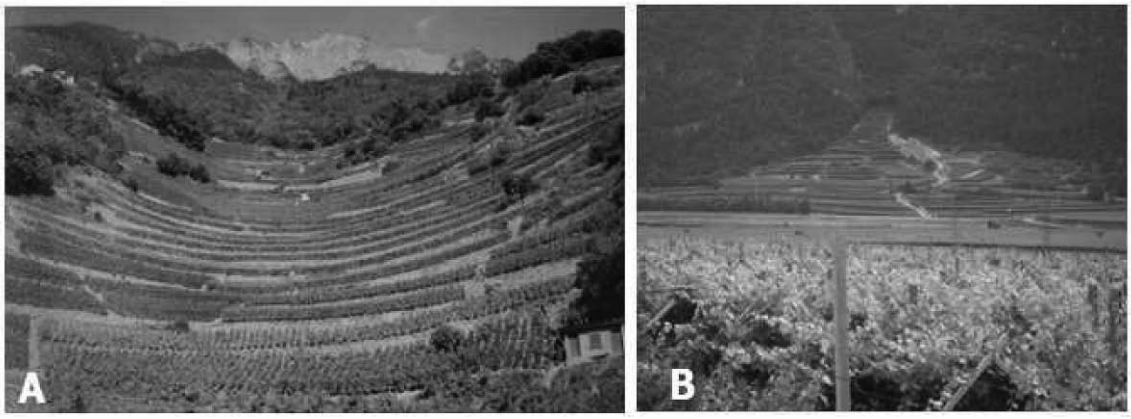


Figura 7. Características temporales del paisaje. La edad de la formación de los elementos abióticos, en concreto la geomorfología, de ambos paisajes (A: valle glaciar; B: abanico aluvial) es Holocena, sin embargo, ambos paisajes vitícolas tal y como están conformados son recientes.

recuperado su forma primitiva), o humanizado (como resultado de la acción del desarrollo de actividades humanas en un territorio concreto). Los elementos del paisaje humanizado son el sustrato natural (¿Dónde?), la acción humana (¿Qué se ha modificado o creado?) y la actividad desarrollada (¿Para qué?). Estos piasajes se subdividen en paisaje modificado (como resultado de una determinada acción antrópica, pero que actualmente ha desaparecido y va retornando a su forma primitiva), y en paisaje ordenado urbano o rural (paisaje que el hombre ha creado al desarrollar sobre el mismo actividades forestales, agrícolas y/o ganaderas).

La viticultura es una actividad agrícola compleja que desarrolla un paisaje ordenado rural constituido por sus propios elementos. En concreto, en este tipo de paisaje se distinguen:

- El ***Ager*** que es el espacio cultivado por el hombre (parcelas) que se agrupa en explotaciones y se caracteriza por su *morfología* (forma regular o irregular, tamaño, tipos de límites: campo abierto -*open field*-, cerrado –*bocage*-, bancal, invernaderos, ...); el *tipo de producción* agrícola (herbáceos, leñosos, ...), ganadera (ovino, vacuno, ...) o mixta; el *sistema de cultivo* (monocultivo o policultivo, secano o regadío, intensivo o extensivo, ...); y la *propiedad y tenencia de la tierra* (pública o privada, explotación directa o indirecta, ...).
- El ***saltus*** (permanente o temporal es el espacio no cultivado).
- El ***espacio organizado*** (conjunto de elementos humanos que organizan el paisaje rural).
- El ***hábitat*** que es el espacio habitado y que puede ser *urbano o rural*: *concentrado* (toda la población vive en un único núcleo lineal o centralizado), *disperso* (la población vive cerca de zonas de trabajo) o *mixto*.

Si se hiciera una separación arbitraria entre la agricultura tradicional (por ejemplo, itinerante o de subsistencia, ...), la viticultura se podría considerar en la mayoría de los casos como agricultura moderna de mercado con características propias con gran especialización, tendencia al monocultivo, reducción de mano de obra, mayor tamaño de la explotación y tecnificación, alta productividad y elementos específicos (figura 8).

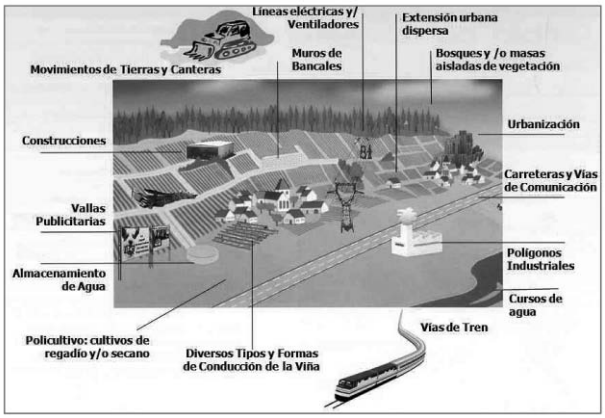


Figura 8. Elementos asociados a un paisaje vitícola (modelo de Rochard, 2010).

4. ELEMENTOS VISUALES DEL PAISAJE, EL PAISAJE VISUAL

La percepción visual del paisaje supone la percepción de los elementos y características visuales del mismo (figura 9). Los elementos visuales básicos son **el punto** como lugar donde se concentra la visual, **la línea** como continuidad de puntos más o menos cercanos (camino real o imaginario que percibe el observador caracterizado por la fuerza, la compleji-

Figura 9. Elementos visuales básicos del paisaje vitícola. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: punto, línea, plano, volumen.

plejidad y orientación de sus **líneas**, su **escala**, su **textura** definida por la agregación indiferenciada de formas o colores que se perciben como variaciones o irregularidades de una superficie continua y descrita por su grano, por su densidad o espaciamiento, por su regularidad u ordenación y por su contraste interno (tabla 1).

Las características específicas de los paisajes vitícolas vienen definidas de forma preferente por el tamaño, la forma y la textura de sus objetos. En el caso de los paisajes vitícolas todos ellos son muy diversos y, además muestran una gran variabilidad debida a los distintos estados fenológicos por los que pasa la viña en su ciclo vegetativo.

dad y la orientación), **el plano** formado por líneas que se extienden en varias direcciones, y **el volumen** como conjunto de planos abiertos o cerrados, regulares (antrópicos) o irregulares (naturales).

Las características visuales básicas son **el número** y **tamaño** de sus objetos, el **intervalo** de separación entre ellos, su **disposición** aleatoria, sistemática o agrupada, su **color** entendido como la capacidad de reflejar la luz con una específica intensidad y dominancia de longitud de onda, su **posición o configuración** en el horizonte o en el espacio, su **forma** definida como volumen o superficie de un objeto u objetos unificados por la configuración y por el emplazamiento en el paisaje y definida por su geometría, por su complejidad o por su orientación, la fuerza, com-

Tamaño y Forma. Para un posible tratamiento y codificación del tamaño de los elementos específicos del paisaje vitícola en relación con el tamaño del hombre se puede utilizar la propuesta de Carbonneau (2003) basada en que el equilibrio geométrico entre el hombre y la vid es crucial para representar la percepción del paisaje por éste. Este autor a partir de las medidas de un hombre de constitución media y de los datos de la plantación considera los cuatro índices siguientes:

- El coeficiente de dominancia relativa del hombre en relación a la viña. Este coeficiente se define matemáticamente por la ecuación Dom= h/(H+Td). El autor indica que el hombre domina sobre la viña cuando este coeficiente toma valores superiores a uno.

- El coeficiente de paisaje relativo a la posición de hombre en la viña. Este coeficiente se define matemáticamente por la ecuación Pas= v/(E-W). El autor indica que el hombre se encuentra incómodo si este coeficiente toma valores inferiores a uno.

- El coeficiente de accesibilidad a los racimos y a la altura de poda. Este coeficiente se define matemáticamente por la ecuación Acc= t/G. El autor indica que el hombre se ha de inclinar o arrodillar si este coeficiente toma valores superiores a uno.

- h, es la altura del hombre en m (1,75 m).
- v, es la envergadura del hombre en m (1,75 m).
- t, es la altura hasta el brazo plegado en m (1,00 m).
- Td, es la altura del tronco en m.
- E, es el espaciamiento entre filas en m.
- W, es el espesor del follaje en la parte superior en m.
- G, es la altura media de la zona de racimos en m.

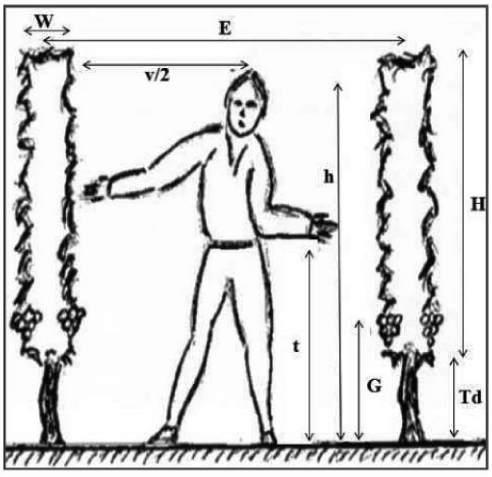


Tabla 1. Características visuales básicas del paisaje.

- El coeficiente de equilibrio global entre el hombre y la viña. Este coeficiente se define matemáticamente por la ecuación Eqh (%) = 100 · [1/3(Dom+Pas+Acc)-1]. El autor indica que si este coeficiente es negativo el hombre aparece globalmente muy distante con relación a la viña.

Las variables citadas en los os distintos índices se indican en la figura 10 y corresponde a:

ELEMENTO (Definición)	DESCRIPTORES	OBSERVACIONES
NÚMERO (de objetos)	Se utiliza una amplia variedad de adjetivos descriptivos como muchos o pocos, grande o pequeño, frecuentes o escasos, etc. Es preferible utilizar una codificación	Muy variable
TAMAÑO (de los objetos)		
INTERVALO (entre los objetos)		(ver densidad o espaciamiento)
DISPOSICIÓN (relativa)	Aleatoria; Sistemática; Agrupada	(ver regularidad u ordenación)
COLOR (capacidad de reflejar la luz con una específica intensidad y dominancia de la longitud de onda)	Matiz (longitud de onda)	Dominan los colores cálidos sobre los fríos, los claros sobre los oscuros y los brillantes sobre los mates. El contraste interno lo producen colores opuestos.
	Brillo (relación de grises)	
	Croma (saturación cromática)	
CONFIGURACIÓN ESPACIAL	Paisajes panorámicos, cerrados, focalizados	
FORMA (volumen o superficie de un objeto u objetos unificados por la configuración y por el emplazamiento en el paisaje)	Geometría	Dominan las formas cambiantes, regulares y compactas, los grandes volúmenes y la orientación vertical
	Complejidad	
	Orientación	
LÍNEA	Fuerza	Mayor fuerza en las nítidas, largas y continuas. Mayor contraste con líneas en diferentes direcciones. Dominan las verticales sobre las horizontales.
	Complejidad	
	Orientación	
ESCALA	Los objetos grandes dominan sobre los pequeños	
TEXTURA (agregación indiferenciada de formas o colores que se perciben como variaciones o irregularidades de una superficie continua)	Grano (fino, medio, grueso)	Dominancia de texturas de grano grueso sobre las finas. Las texturas de grano grueso producen mayor contraste interno
	Densidad o espaciamiento (dispersa, media, densa)	
	Regularidad u ordenación (grupos, hileras, etc)	
	Contraste interno (diversidad de color, ...): mucho, poco...	

Figura 10. Referencia de las variables usadas en los coeficientes de Carbonneau (2003).

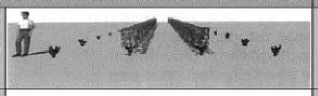
TIPOS MAYORES				H (m)	Td (m)	E (m)	W (m)	G (m)	Índices Geométricos			
ILUSTRACIÓN DE LOS EQUILIBROS GEOMÉTRICOS		NOMBRE							Dom	Pas	Acc	Eqh (%)
1		Vaso estrecho		0,7	0,2	1,5	0,5	0,4	1,94	1,75	2,50	+106
2		Espaldera	baja y estrecha	0,7	0,3	1,0	0,3	0,5	1,75	2,50	2,00	+108
3		Espaldera	Alta y anchura media	1,4	0,6	2,0	0,4	0,8	0,88	1,09	1,25	+7
4		Espaldera	Alta y ancha	1,4	0,7	3,0	0,6	0,9	0,83	0,73	1,11	-11
5		Cordón alto y ancho		1,9	0,3	3,0	0,8	1,6	0,80	0,80	0,63	-26
6		Lira	truncada y ancha	1,4	0,6	3,0	0,3 + 0,5	0,8	0,88	0,80	1,25	-2
7		Lira	abierta y ancha	1,6	0,6	3,0	0,3 + 0,5	0,8	0,80	0,80	1,25	-5

Figura 11. Equilibrios geométricos de los tipos mayores de arquitecturas (Carbonneau, 2003).

Figura 12. Algunos tipos mayores de arquitecturas: a) Vaso (Francia); b) Espaldera baja, transformación del vaso (Suiza); c) Espaldera (Chile); d) Cordón vertical (Croacia); e) Lira de Carbonneau (Francia); f) Emparrado (Brasil).

Uno de los descriptores de la forma es la geometría. En la figura 11 se ilustran los equilibrios geométricos de los siete tipos de arquitectura propuestos por Carbonneau (2003). El vaso y la espaldera baja son arquitecturas tradicionales en las que el hombre aparece muy distante en relación a la viña, creando una impresión de dominación y problemas de accesibilidad en la poda y vendimia. La espaldera alta y de anchura media expresa un equilibrio evidente entre el hombre y la viña que se acentúa en las formas en lira. En las formaciones anchas y altas, tanto la espaldera como el cordón, causan la impresión de que es la viña la que aparece distante, tanto en anchura como en altura, del hombre, sin embargo la espaldera ofrece mejor accesibilidad (figura 12A-E).

Es importante destacar que en estos tipos parece excluirse el emparrado (figura 12F) y que en iguales

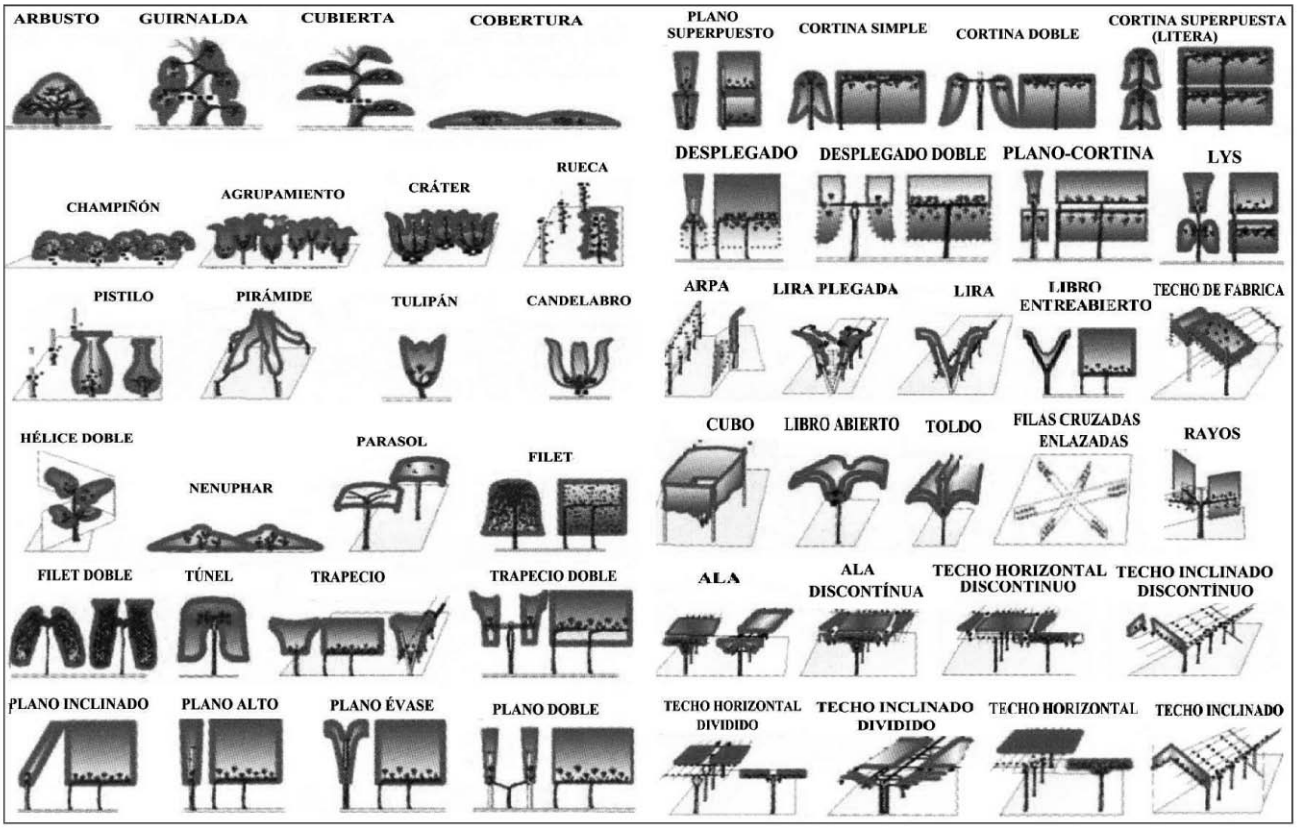


Figura 13. Arquitecturas de base de la viña, modificado de Carbonneau y Cargnello, (2003).

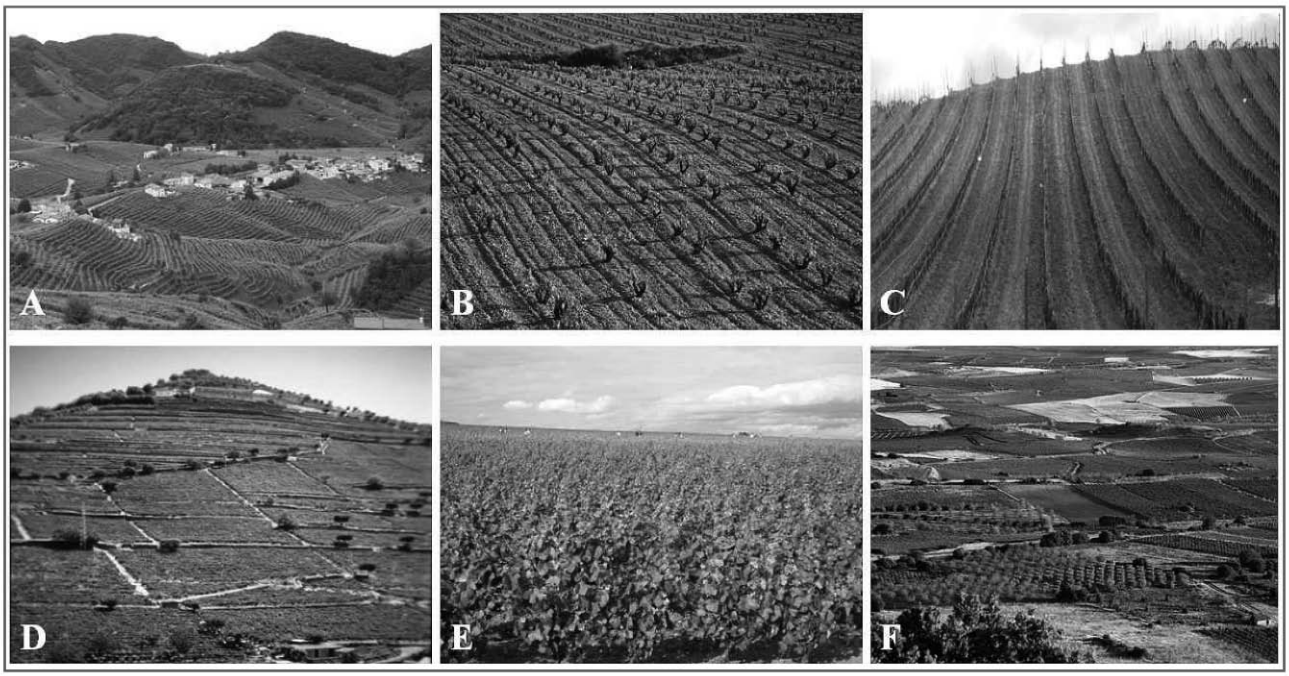


Figura 14. Ejemplos de paisajes vitícolas: a) Terrazas vitícolas en Conegliano (Italia); b y c) Ola de viña en la DO Bierzo (B) y de la DO Rueda (C); d) Marquetería de viña en la Región de Douro (Portugal); e) Mar de viña en la DO Campo de Borja; f) Viña en sello de correos en la DO Ca Rioja.

circunstancias la impresión del observador será distinta cuando cambia el momento fenológico de la viña y su perspectiva más o menos elevada.

La viña atrae por su arquitectura estival o invernal, por su cambio de escala querido o impuesto, por su efecto zoom más o menos acentuado, etc. La arquitectura del viñedo es compleja, pero es notable y destaca por sí. La diversidad de arquitecturas de la viña en el mundo es muy variable. Según Carbonneau y Cargnello (2003) existen 50 formas o arquitecturas de base (figura 13) que están relacionadas con 250 sistemas de conducción, todo ello junto con el efecto de las condiciones medioambientales de cada región configuran la amplia variedad de paisajes vitícolas que pueden observarse a lo largo de todo el mundo.

Textura y posición espacial: La viña por su masa crítica construye ella misma el paisaje. En los paisajes vitícolas el grafismo tiene geometría variable (Fabianne, 2003) y podemos describirlo mediante el cultivo, el relieve y la densidad con los que se pueden distinguir cinco tipos de paisajes: terrazas vitícolas (*terrasses de vignes*), ola de viña (*vagues de vignes*), marquetería de viña (*marqueterie de vignes*) , mar de viña (*mer de vignes*) y viña en sello de correos (*vigne en timbre poste*) (figuras 14 y 15).

Los demás descriptores del paisaje, es decir, el grano, la densidad o espaciamiento, la regularidad u ordenación y el contraste interno de formas y colores, originan una gran variabilidad y efectos verdaderamente destacables (figura 16).

5. ESTUDIO DEL PAISAJE

Son varios los enfoques para llevar a cabo el estudio del paisaje. Se puede dar más importancia a lo estético y a la belleza percibida del paisaje, es el enfoque más general, o se puede considerar el paisaje como un sistema ecológico o como un recurso objeto de planificación y ordenación, lo que constituye las bases de los enfoques técnicos. Ambos enfoques realizan una valoración del paisaje, pero lo hacen desde diferentes perspectivas y con fines distintos, así el enfoque técnico encierra un fin principal que es la gestión del territorio, y el estudio del paisaje se entiende como una herramienta que facilita la toma de decisiones relativas a esa gestión.

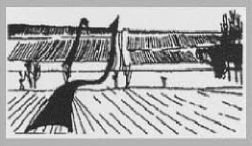
CULTIVO	RELIEVE	PAISAJES VITÍCOLAS		DEFINICIONES
Monocultivo	CUESTAS Y LADERAS		Terrazas vitícolas	Plantación paralela a la pendiente: horizontalidad de las filas, paralelas a las curvas de nivel. Desde una gama del primer al tercer plano. La alternancia de colores y de texturas del talud y/o las filas destacan la horizontalidad y aportan una nota de diversidad en el ritmo.
			Ola de viña	Plantación en el sentido de la pendiente. En el paisaje domina una línea de fuerza vertical, ascendente.
			Marquetería de viña	Resulta de la combinación de líneas oblicuas, plantación heterogénea de parcelas que se yuxtaponen. La oposición de direcciones diferentes genera un movimiento muy dinámico. La mirada rebota según las líneas con dificultad de posarse.
	LLANURAS		Mar de viña	La ausencia de pendiente comprime el 1º, 2º y 3º plano y comprime el campo de visión. Según la posición de observador la orientación perpendicular o frontal de la líneas anula el efecto del ritmo. La dimensión horizontal se reduce a la masa y la viña aparece como una textura vegetal muy densa a veces sin línea horizontal aparente.
Policultivo	LLANURAS Y LADERAS		Viña en sello de correos	El policultivo genera un cambio de escala en la percepción del paisaje de la viña: de la escala panorámica del gran cultivo a la escala más íntima de la parcela. Esta estructuración de la viña genera un movimiento de ojo muy dinámico que rebota de parcela de viña en parcela de viña asociando elementos similares. La alternancia de texturas y de colores crea un fondo que pone la viña en positivo, en evidencia.

Figura 15. Dibujos y definiciones de los cinco principales tipos de paisajes vitícolas.

Figura 16. Texturas de los paisajes vitícolas: diversidad de granos, densidades o espaciamientos, regularidad u ordenación y contrastes de formas y colores en: la DO Ribera del Duero (A) y (L); en la DO Toro (B); en la DO Jerez (C); en Burdeos (D); en la DO Rueda (E); en la DO Jumilla (F); en Chile (G); en México (H); en Australia (I); en Nueva Zelanda (J) y (R); en Austria (K); en Brasil (M); en Argentina (N); en la DO Ribera Sacra (O); en Lanzarote (P) y en la DO Utiel-Requena (Q).

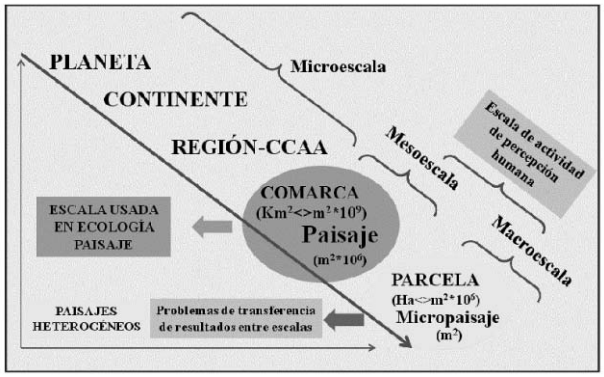


Figura 17. Escala utilizada en los estudios de paisaje.

La escala a la que se llevan a cabo los estudios del territorio siempre es determinante de la calidad y utilidad de los mismos, y el caso de los estudios de paisaje no son una excepción, así en los estudios técnicos es determinante tener en cuenta la escala utilizada (figura 17) y el objetivo del estudio.

El estudio del paisaje se sitúa, en escala, por encima del ecosistema y se enmarca por debajo de las regiones y, por supuesto de los continentes (Burel y Baudry, 2002). Los estudios a escala pequeña (lo que supone un denominador grande y por tanto menos detalle) tienen baja resolución, información menos rigurosa, dificultad de experimentación y análisis de procesos a largo plazo, aunque presentan menor error de muestreo. Opuestamente, los estudios realizados usando escalas grandes (lo que implica un denominador pequeño y por tanto más detalle) tienen alta resolución, la información es más rigurosa, permiten el análisis de procesos a corto plazo y con informaciones más fiables, aunque encierran mayor error de muestreo.

El análisis territorial global trata de dividir el territorio en unidades de paisaje en las que se estudian los atributos de los paisajes (calidad, fragilidad visual, ...) para utilizar estos resultados en una planificación posterior. Por ejemplo, si el estudio trata sobre la clasificación y caracterización del territorio (Ordenación del Territorio), se estudian las relaciones horizontales desde una *posición externa* al propio paisaje.

El análisis local describe y caracteriza el paisaje a partir de características visuales y estéticas de las *escenas* que componen las *unidades de paisaje* obtenidas en el análisis territorial, y persigue conseguir que las actividades que se vayan a realizar en el paisaje causen el menor impacto posible en el mismo. Si el análisis trata sobre un uso concreto del territorio a partir de distintas variables, se estudia *desde el interior* del propio paisaje.

El proceso de análisis de un paisaje suele seguir las siguientes pautas o contenidos:

- Inventariar (cartografiar: calificar, cuantificar, ...) los distintos elementos.
- Analizar tales elementos y describir su función en el paisaje.
- Comprender su complejidad estructural.
- Estudiar las relaciones entre los elementos.
- Estudiar la participación de cada uno de ellos en los procesos ecológicos.
- Cuantificar el paisaje y estudiar sus variaciones.

Tal y como se viene indicando el estudio del paisaje implica el estudio de las **unidades del paisaje** entendiéndose por tal la proyección del ecosistema en el espacio (Bertrand) y es el área ecológicamente homogénea a una escala determinada respecto a otra (Zonneveld, 1995). Por tanto, se puede decir que es la unidad espacial que a una escala dada tiene un funcionamiento común al de otras unidades. Este funcionamiento es el resultado de las interacciones entre los elementos que integran su espacio físico. La unidad de paisaje se utiliza para: calificar el territorio, identificar la estructura y funcionamiento del paisaje, conocer las interacciones entre los elementos y para clasificar el paisaje.

Las unidades de paisaje se describen a través de las escenas del paisaje. La **escena** es la imagen de la unidad paisaje captada con la vista desde un punto de observación determinado. La escena de un paisaje no es única, ya que una escena no suele alcanzar toda la unidad de paisaje, por lo que para definir una unidad de paisaje, habitualmente, es necesario usar varias escenas. La descripción de la escena se realiza mediante la descripción de sus elementos naturales (relieve, vegetación, fauna, agua, usos del suelo, etc.), la de sus elementos antrópicos, presencia de elementos visualmente singulares (físicos o culturales), y la de sus componentes visuales (características de la percepción, cuenca visual desde el punto de observación, teselas de la escena, características visuales: textura, color, complejidad de bordes, ...).

Análogamente a lo que ocurre con las unidades del paisaje, las escenas se definen y describen considerando las teselas. La **tesela** es la unidad de actuación menor, es la mínima unidad visual en que se divide una

escena y se corresponde con cualquier diferenciación de uno de sus elementos que la distinga, como podría ser el tipo y el uso del suelo, el tipo de vegetación, el cambio de densidad de vegetación, etc.

Si el paisaje queda definido por sus unidades, es evidente que el propósito inicial e inmediato del estudio del paisaje es definir, caracterizar y delimitar unidades de paisaje. Existen varios métodos de trabajo que tratan de conseguir este fin. Así se puede:

a) Trabajar a una determinada escala, fijada de antemano en función del objetivo del proyecto. De este modo se seleccionan zonas con una fisonomía similar (teledetección, fotointerpretación, radar, ...).

b) A partir de la bibliografía, de elementos cartografiados y de datos de campo, ordenar los resultados para cada unidad utilizando diferentes herramientas como fichas, bases de datos, etc.

c) Con los elementos descriptivos de cada unidad, establecer jerarquías en función de la dominancia y otras características particulares.

Es bastante frecuente aplicar el método de superposición cartográfica realizado con diferentes herramientas manuales o informáticas. En concreto, se utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG ó *GIS*) que facilitan el trabajo porque son sistemas capaces de manejar información espacial georreferenciada y continua y, además, son capaces de manejar y manipular información territorial tanto cuantitativa como cualitativamente. En estos casos, primero se delimitan las unidades homogéneas en función de cada elemento por separado y se cartografían; posteriormente, se superponen los mapas obtenidos y se buscan coincidencias obteniendo el mapa de unidades homogéneas; seguidamente se comparan los resultados con los de campo y se realiza una ficha de cada unidad; y por último, se elabora un mapa final corregido, y con los elementos descriptivos de cada unidad se establecen jerarquías en función de la dominancia y otras características particulares.

La ***Calidad del Paisaje*** depende de los atributos primarios (puntos de observación, cuenca visual y visibilidad) que definen las condiciones físicas en las que se van a considerar los atributos secundarios (análisis territorial: calidad visual y fragilidad visual), y el resto de atributos (análisis local: capacidad de absorción visual, susceptibilidad y vulnerabilidad).

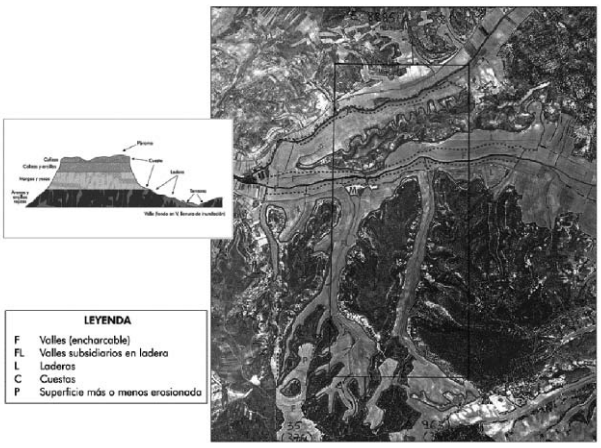


Figura 18. Fotointerpretación aérea en la DO Ribera del Duero.

El análisis visual determina la importancia (relativa) de lo que se ve y de lo que se percibe. Depende de los puntos de observación, de las distancias utilizadas, de la duración de la observación y del número y tipo de observadores y se utiliza para identificar las principales vistas del paisaje, conocer las zonas de afección visual de los recursos paisajísticos, identificar los recorridos escénicos e identificar y valorar los posibles impactos visuales de una actuación. A continuación se definen los elementos esenciales para el análisis visual del paisaje:

- **Puntos de observación.** Son aquellos puntos del territorio desde los que se percibe de una forma óptima el paisaje. Suelen soportar una gran cantidad de observadores. Su número depende del estudio.

- **Planos de Visión:** Se definen según las distancias desde el punto de observación. En genral se definen tres planos: Primer plano; plano medio; plano de fondo.

- **Cuenca visual** es la zona que es visible desde un punto de observación a una distancia determinada: Cuenca visual común (intersección del conjunto de cuencas visuales de una zona), y Cuenca visual conjunta (unión del conjunto de cuencas visuales de cada uno de ellos). Desde cada punto de observación es necesario delimitar la cuenca visual del paisaje a partir de unas distancias determinadas, identificar los recursos paisajísticos y las áreas que definen la singularidad del paisaje, y determinar el número de observadores potenciales y su tipo (residentes, turistas, en itinerario).

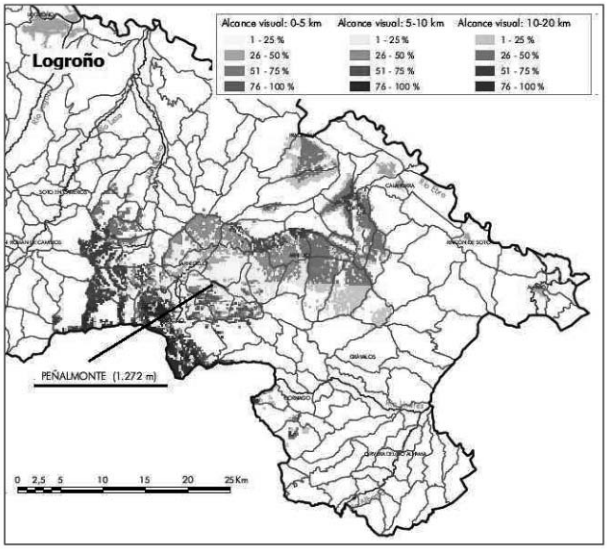


Figura 19. Visibilidad de cadenas montañosas y puntos culminantes en la DOCa Rioja: Peñalmonte (1.272 m) según (Aramburu et al., 2007).

- **Distancia** es la longitud utilizada para realizar el análisis de visibilidad desde los puntos de observación. Su elección influye en la zona que se observa. Se usan diversas clases o divisiones de las distancias que se utilizan en el análisis visual, siendo frecuentes por ejemplo, los siguientes tipos: distancias cortas (menores de 300-500 m), medias (entre 500-1.500 m) y grandes (mayores de 1.500 m). Las distancias finales usadas en el estudio pueden modificarse en función de las propiedades del terreno, después de conocer los puntos de observación, las distancias establecidas por disposición legal u otros criterios como distancias usadas por otros autores (bibliografía), características geomorfológicas, distancia desde los puntos de observación al centro de la unidad de paisaje, o tamaño de la unidad de paisaje.
- **Visibilidad del Paisaje** es la proporción del área visible desde un punto o desde varios puntos de observación del paisaje. Se habla de análisis visual desde un punto de observación del paisaje, análisis visual de una unidad de paisaje o análisis visual del paisaje. En general se distinguen las siguientes categorías: zona de visibilidad alta (cuando la zona se ve desde todos los puntos de observación), zona de visibilidad media (cuando la zona se ve desde más de la mitad de los puntos de observación), zona de visibilidad baja (cuando la zona se ve desde menos de la mitad de los puntos de observación), y zona de sombra (cuando la zona no se ve desde ningún punto de observación). Este tipo de análisis se realiza mediante SIG (figura 19).

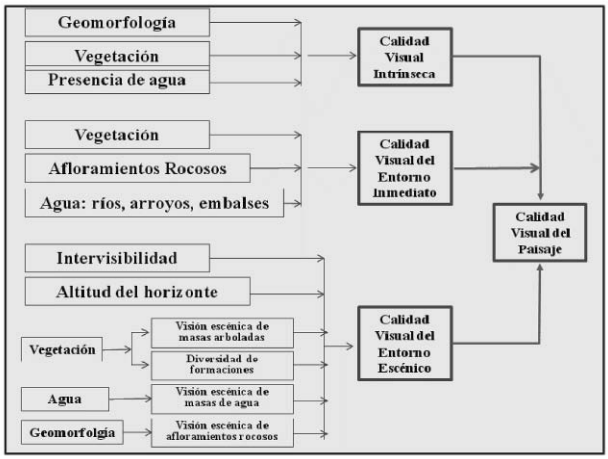


Figura 20. Método de tratamiento de la calidad visual del paisaje a partir de sus elementos de influencia (Aramburu et al., 2003).

- **Calidad Visual del Paisaje** (figura 20). Características que posee un paisaje que indican porque debe ser conservado. Es un término muy subjetivo y se suelen arbitrar índices que pretenden hacer su valoración más objetiva. Entre ellos destaca la calidad visual intrínseca (fisiografía, uso de suelo, diversidad) y la calidad visual extrínseca (calidad visual del entorno inmediato y calidad del fondo u horizonte escénico) (Aguiló, 1981).
- **Fragilidad Visual del Paisaje** (figura 21) es la capacidad del paisaje para soportar las actuaciones que se realizan sobre él, también se define como la capacidad de respuesta del territorio o la capacidad del territorio para ocultar objetos. La fragilidad es una propiedad del territorio que sirve para buscar la ubicación de una actividad con el mínimo impacto sobre el paisaje. Se habla de fragilidad visual intrínseca (fragilidad visual del punto que la presenta en función de elementos y

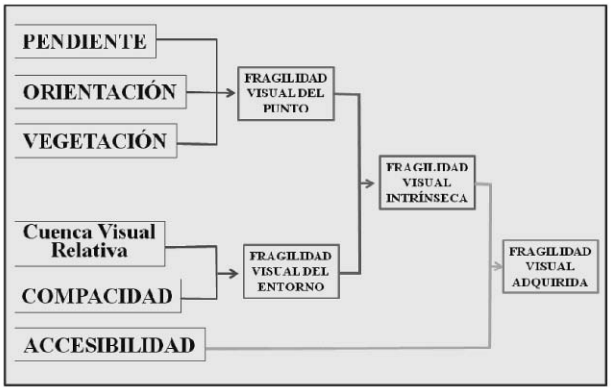


Figura 21. Método de tratamiento de la fragilidad visual del paisaje a partir de sus elementos de influencia (Aramburu et al., 2003).

Figura 22. Fragilidad visual alta y capacidad de absorción visual baja de ciertos paisajes de viñedo. Las parcelas e incluso huecos arrancados o dañados se visualizan rápidamente.

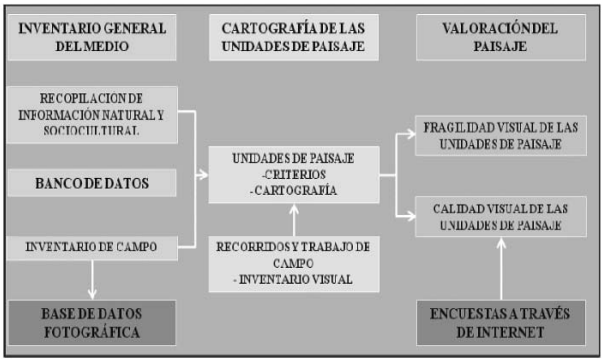


Figura 23. Proceso seguido en los estudios de paisaje por Aramburu et al. (2007) para la DO Ca Rioja.

características que lo definen), y fragilidad visual adquirida o extrínseca (fragilidad visual del entorno del punto, derivada de la historia y la cultura del paisaje). Algunos ejemplos son: paisajes con fragilidad BAJA, aquellos en los que las formas del terreno y la variedad y densidad de la componente vegetal facilitan el camuflaje de las actuaciones; mientras que son paisajes de fragilidad ALTA, aquellos en los que es difícil enmascarar las actuaciones, porque no existen elementos del paisaje con capacidad de camuflaje y ocultación (figura 22). Cuando se traslada la fragilidad a nivel de la escena se utiliza de forma similar la **Vulnerabilidad Fragilidad Visual de las Escenas**.

- **Capacidad de Absorción Visual del Paisaje** (CAV) o de las escenas de una unidad de paisaje es la capacidad física del paisaje para absorber visualmente una actividad propuesta y es opuesto a la fragilidad visual (figura 22). Los factores a considerar para el cálculo de la CAV (Escribano, 2000) son intrínsecos como la vegetación (la CAV aumenta con la diversidad de alturas y con las estructuras irregulares), la variación cromática (la CAV aumenta con la variación del suelo tanto espacial como temporal), el uso del suelo (la CAV disminuye con el monocultivo), la pendiente (la CAV aumenta con la pendiente), y la orientación (mayor CAV en la umbría que en la solana); y extrínsecos como el tipo de paisaje (la CAV es mayor en paisajes abiertos), la posición (la CAV es mayor en posiciones dominantes), y la distancia (la CAV es menor a mayor distancia).

- **Susceptibilidad Visual del Paisaje** es el valor de un área considerando su evaluación estética. La susceptibilidad visual de una escena puede considerarse como una cualidad intrínseca, mientras que la susceptibilidad social (valor del paisaje para quien lo observa) y la susceptibilidad perceptiva (cómo se percibe el paisaje) son cualidades adquiridas (Escribano, 2000). La susceptibilidad social es función del porcentaje de la unidad del área de estudio vista desde el punto, de la duración de la observación y del tipo de observador. La susceptibilidad de la escena y perceptiva son función del porcentaje de la unidad de paisaje vista desde el punto, y dependen de parámetros como la legibilidad (definición y contraste de bordes), la complejidad (diversidad y complejidad de bordes), la profundidad de la vegetación, el relieve y del agua; además dependen de la armonía, el misterio, la pervivencia y la naturalidad de la escena; y de la distancia de visualización y del ángulo de visión (perceptiva).

El tratamiento global de la información para llevar a cabo un estudio de paisaje se ilustra en la figura 23 en el que se muestra a modo de ejemplo el proceso metodológico seguido para la realización de estudios del paisaje de la DO Ca Rioja (Aramburu et al, 2007). En concreto el trabajo trata de inventariar el paisaje determinando previamente algunos de los parámetros interpretativos y aspectos descriptivos básicos que permiten delimitar y definir el territorio en unidades de paisaje.

6. EL PAISAJE COMO RECURSO SOSTENIBLE

Los significados que el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española otorga al termino recurso son, entre otros, "**medio** de cualquier clase que, en

caso de necesidad, **sirve** para **conseguir** lo que se pretende/ **bienes** y medios de **subsistencia**/ conjunto **de elementos disponibles** para **resolver** una **necesidad** o llevar a cabo una empresa".

Atendiendo a estas definiciones es fácil concebir el paisaje como un recurso, probablemente con una clara vocación de ser considerado recurso natural, aunque no puede desvincularse ni de su faceta económica, ni de su faceta cultural, lo que le hace ser, sin lugar a duda, un **recurso sostenible**.

El paisaje, su estudio, su conservación y su aplicación en el ordenamiento territorial están claramente vinculados con la protección del medio ambiente y con el desarrollo socioeconómico y cultural de las regiones y de sus gentes. Los paisajes vitícolas son un claro ejemplo de ello.

Los paisajes del viñedo han permitido y permiten la protección medioambiental de zonas que de no ser por la viña estarían deterioradas, total o parcialmente erosionadas, con poca o sin apenas vegetación, etc. Además, en tales paisajes, más allá de la sustentación económica del propio producto, la uva y/o el vino han contribuido y están contribuyendo en los últimos años, y cada vez de modo más intenso, al desarrollo socioeconómico de las regiones vitivinícolas a partir de su aprovechamiento turístico a través de la creación de rutas del vino, incentivando paseos por los viñedos a pie, a caballo, en bici, ... con vuelos en globo, en avioneta, parapente, ... fijando observatorios escogidos como los balcones y miradores del "vino", etc.

El aprovechamiento socioeconómico debe tener en cuenta que los estudios del paisaje deben aplicarse a la gestión del territorio para velar por el adecuado uso del mismo, clasificándolo para su adecuado aprovechamiento y preservación. El paisaje no es la "foto", lo que se ve, es el documento que nos explica las interacciones entre la cultura, la geografía, ... en fin, la propia naturaleza, es una muestra más de la identidad de la región y una herramienta esencial para conocer y entender las sociedades de las zonas que se visitan. Además, y por este motivo, debe considerarse que e**l paisaje es un bien social,** aunque su explotación, así como la del suelo, puede ser pública o privada, aunque sin duda, esta explotación debe ser regulada para que la región y su sociedad se beneficien de ella.

El valor social y cultural del viñedo es la causa principal de que de forma general el paisaje del viñedo deba ser mimado y preservado de generación en generación. Este hecho ha quedado claramente reconocido con figuras tan emblemáticas como el reconocimiento de ciertos paisajes de viñedo con figuras protegidas como son las de **Patrimonio Cultural y de la Humanidad.**

Un breve recorrido por la evolución de los conceptos de patrimonio y de las concepciones de los valores del paisaje puede esclarecer como se llega a las figuras protegidas del **paisaje cultural**.

Los patrimonios nacionales son la "*suma de los valores asignados, para un momento de tiempo, a los recursos disponibles de un país, que se utilizan para la vida económica*" (RAEL). Así considerado, tradicionalmente el término patrimonio ha ido unido a los **bienes tangibles.** Sin embargo en el último cuarto del siglo pasado el concepto evolucionó incluyendo los bienes inmateriales transmitidos por los antecesores, y así el patrimonio se concibe también como una construcción social, cultural, etc.

La **convención de la UNESCO de 1972 en Estocolmo, definió el Patrimonio Cultural** como el *"conjunto de monumentos, construcciones, y sitios que tengan un valor histórico, estético, arqueológico, científico, etnológico o antropológico" y el* **Patrimonio Natural** como *"las formaciones físicas, biológicas y geológicas extraordinarias; las zonas que tengan un valor excepcional desde el punto de vista de la ciencias, la conservación de la belleza natural y de los hábitats de las especies animales y vegetales amenazados".* Ambas definiciones son un claro ejemplo del cambio en el concepto de patrimonio ya comentado, y son la llave que abrió la puerta a que el paisaje llegara a ser considerado parte el patrimonio de las naciones y los pueblos.

Diez años más tarde, en **1982, la Carta de Florencia, define por primera vez el Paisaje Patrimonio,** casi siempre referido a los jardines que acompañan a los monumentos, pero se incluye oficialmente como un recurso del patrimonio y por tanto digno de protección y de especial atención. Un nuevo salto de otros 10 años, nos lleva a las primeras definiciones que reconocen el valor cultural del paisaje. En 1992, se define al **Paisaje Cultural** como *"la interacción significativa entre los pueblos y su medio ambiente*" y ese mismo año en la **Carta del Paisaje Mediterráneo, convención de Sevilla,** se indica que *"el paisaje es la manifestación formal de la relación sensible de los*

individuos y de las sociedades en el espacio y en el tiempo con un territorio más o menos modelado por los factores sociales, económicos y culturales. ***El paisaje es*** *así,* ***el resultado de la combinación de los aspectos naturales, históricos, funcionales y culturales****".* Esta definición se revisa en 1995**,** y la nueva definición de**l Paisaje Cultural** queda como *"unidad en la que se integran las actividades humanas y el medio natural estableciendo una* ***interacción dinámica que se manifiesta*** *en hechos y rasgos físicos,* ***testimonios del transcurso de una sociedad sobre un determinado territorio****".*

Se conocen Tres tipos de Paisaje Cultural:

a. Paisajes creados por el hombre (*jardines, parques, ...).*

b. Paisajes evolutivos, generados en el tiempo por transformaciones colectivas como las agrícolas, ganaderas, mineras, etc. Estos paisajes se subdividen en:

b.1. ***Paisajes evolutivos Vestigio***, ya han acabado su transformación por lo que se conocen también como "fósiles". Algunos ejemplos son los paisajes que dejan las *minas a cielo abierto, las canteras, etc.*

b.2. ***Paisajes evolutivos Activos***, mantiene la actividad y siguen en transformación. Son un ejemplo claro los paisajes vitivinícolas en los que se observa claramente el vínculo entre la actividad vitícola y el territorio. Son ejemplos de ello, los cambios que las actividades vitícolas producen en el "aspecto del territorio", como lo hacen la implantación de viñedo en zonas donde no existía (figura 24a), el paso de viñas en vaso a espaldera; los bancales (figura 24b), etc.

c. Paisaje asociado, en el que se encuentran manifestaciones religiosas, rituales o culturales asociadas al territorio, y que su población es consciente de ellas. (*Lugares de culto como Ayers Rock en Australia*)**.**

Los paisajes culturales de interés mundial por su valor extraordinario pueden ser declarados **Patrimonio Cultural de la Humanidad**. Hoy en día son varios los paisajes vitivinícolas protegidos con esta distinción (ver http://whc.unesco.org/en/culturallandscape/) y otros tantos pugnan por conseguirlo.

Figura 24. Efecto de la actividad humana vinculada al viñedo sobre el paisaje. a) La Geria (Lanzarote), b) Alto Douro (Portugal).

Resumiendo, hay que considerar que el paisaje en general, y el paisaje vitícola en particular, es Patrimonio y es un Recurso que:

- Recoge y refleja las características físicas, bióticas, abióticas y antropogénicas del territorio.
- Influye en las actividades a desarrollar en el territorio.
- Está en continua transformación debido a cambios de usos del suelo.
- Es fácilmente degradable y difícilmente renovable.
- Su pérdida daña el medio ambiente y el bienestar humano.
- Necesita protección y evitar la degradación.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilas, P., Cellier, P & Asselin, Ch. 2003. ***Un exemple de valorisation paysagère : la reconquête des Coteaux du***

Layon. Coll. Int. Paysages de vignes et de vins, 2, 3 et 4 juillet 2003, Inter Loire.

Alier, J.L., A. Cazorla & J.E. Martínez. 1996. *Optimización en la asignación espacial de los usos del suelo: metodología, casos de aplicación y programa informático*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Alman, I. & Wohwill, J. (Eds). 1983. *Behavour and the Natural Environment*. Plenum Press.

Alligood, KT., Sauer, T. & Yorke, I. 1996. *Chaos. An introduction to dynamical systems*. Springer-Verlag, New York.

Allison, R. J. (Edt). 2002. *Applied Geomorphology*. Wiley, Chichester.

Aramburu, MP, R. Escribano, L. Ramos & R. Rubio. 2003. *Cartografía del Paisaje de La Comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Madrid. Dirección General de Promoción de Disciplina Ambiental.

Aramburu, MP, R. Escribano, R. López & P. Sánchez. 2007. *Cartografía del Paisaje de La Comunidad Autónoma de La Rioja*. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial de la Comunidad Autónoma de La Rioja, Gobierno de La Rioja.

Aronoff, S. 2005. *Remote sensing for GIS Managers*. ESRI Press.

Asselin, Ch. (Dir). 2003. *Paysages de vignes et vins*. Patrimone-Enjeux-Valorisation. Colloque International Abbaye Royale de Fontevraud, 2, 3 et 4 Juillet 2003. Inter Loire.

Bailey, TC & AC Gatrell. 1998. *Interactive spatial data analysis*. Addison Wesley Longman Lda, England.

Bertrand, G. 1968. *Paysage et Géographie physique globales*. Esquisse methodologique. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud - Ouest. T. XXXIX. Toulousse.

Blanco, A. 1979. *La definición de unidades de paisaje y su clasificación en la provincia de Santander*. Tesis Doctoral. ETSI de Montes, UPM, Madrid.

BLM. 1980. *Visual resources management program*. Bureau of Land Management. U.S. Dept of Interior, Washington, DC.

Bolós, M. 1992 (Dir). *Manual de ciencia del Paisaje*. Teoría, métodos y aplicaciones. Ed. Masson. Barcelona.

Burel, F. y Baudry, J. 2002. *Ecología del Paisaje: conceptos métodos y aplicaciones*. Mundi Prensa, Madrid.

Carbonneau, A. y G. Cargnello. 2003. *Architecture de la vigne et Systemes de Conduite*. Ed Dunod.

Carbonneau, A. 2003. *Architecture de la vigne et paysage. In: Paysages de vignes et de vins: patrimonie, enjeux, valorisation*. Colloque International. Abbaye Royale de Fontevraud, 2-4 Juillet 2003, pp 203-208.

Castillo, J. M. 1993. *Análisis Geográfico Regional y Región: Entre la tradición geográfica y las tendencias interdisciplinares recientes*. I.E.A., Almería.

Centeno, J. Fraile, M., Otero, A & Privadal, A. 1994. *Geomorfología práctica: ejercicios de fotointerpretación y planificación geo-ambiental*. Ed. Rueda.

CEOTMA. 1993. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. CEOTMA- MOPU. Serie Manuales, 3. Madrid.

Cifuentes, P. 1974. *La calidad visual de las unidades territoriales: aplicación al valle del río Tiétar.* Tesis Doctoral. ETSI de Montes, UPM, Madrid.

CEP, 2000-1. *Convenio Europeo del Paisaje*. Florencia (Italia), 20 de Octubre de 2000. Secretaría General, Consejo de Europa. CE- UE.

Corbin, A.2001. *L'homme dans le paysage*. Gallimard, Paris.

Corraliza, J.A., Gilmartín, M.A. 1991. *Predictores del juicio de preferencia de paisajes naturales*. Un análisis cognitivo. In: Castro R. (ed.). Psicología ambiental: intervención y evaluación del entorno. Arquetipo. Sevilla.

Corraliza, J.A. 1993. *Reacciones psicológicas a la estimulación escénica*. Ecosistemas, 6.

Daniels, R. & R.D. Hammer .1992. *Soil Geomorphology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Díaz Pineda, F. y col. 1973. *Terrestrial Ecosystems adjacent to Larg Reservoirs*. Internat. Comm on Large Dams, XI Congress.

Díaz, j. R. Y Capel Molina, J. J. 1989. *Atlas geográfico provincial comentado de Almería*. Diputación Provincial de Almería.

Dion, D. 1990. *Le paysage et la vigne*. Payot, Paris.

DRAE 2001. *Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia de la Lengua*. Madrid.

Elia, P. & Gay, G. 1995, *Viticoltura e paesaggio*. Ann. Acc, Agric. Torino, 137:115-131.

Escribano et al., 1987. *El Paisaje*. Ministerio de Obras públicas y urbanismo. Madrid.

Escribano, R.B.; Aramburu, P.M. 2000. El paisaje: diversidad de enfoques. Boletín de la R. S. E. de la Historia Natural (Sec. Geol.), 96:1-2:89-97.

Fokes, P.G., Lee, E. & Milligan, G. (Edt). 2005. *Geomorphology for Engineers*. Whittles Publ., Caithnees, U.K.

Forcada, E. 2000. *El impacto ambiental en agricultura: metodologías y procedimientos*. Analistas Económicos de Andalucía.

Forman, R.T.T. & M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley & Sons, London-New York.

Forman, R.T.T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscape and regions*. Cambridge University Press, New York.

Gallego, FJ. 1995. *Sampling Frames of Square Segments*. Joint Research Centre. European Commission. Luxembourg

Garcia Rossell, L. Navarro Flores, A. (Ed). 1997. *Recursos naturales y Medio Ambiente en el Sureste Peninsular*. Febrero.

Gay, G., Gandini,A., Gerbi, V., Mannini, F. & Novello, V. 2000. *Agricoltura e paesaggio: Il vigneto delle Langhe*. Ann. Acc, Agric. Torino, 142:271-303.

Gerrard, J. 1992. *Soil Geomorphology*. Chapman&Hall, London.

Glade, T., Anderson, M. & Crozier, M.J. (Edt). 2005. *Landslide Hazard and Risk*. Wiley, Chichester.

Gómez-Miguel, V. 2007. *Geología, Geomorfología y Edafología*. Monografías del Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Cartográfica. Madrid. 196 pp.

Gómez Orea, D. 1985. *El espacio rural en la ordenación del territorio. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y alimentarios*. Madrid González Bernáldez, F. (1981). Ecología y Paisaje. Blume. Madrid.

Goudie, A.S. (Edt). 2004. *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, London.

Goudie, A.S. 2006. *The human impact on the natural environment*. Blackwell, Oxford.

Chuvieco, E. 2006. *Teledeteccion ambiental*. Ariel. España.

Gutierrez Elorza M. (Ed). 1994. *Geomorfología de España*. Edit. Rueda, Madrid.

Gutierrez Elorza, M. 2001. *Geomorfología climática*. Omega. Barcelona.

Gutierrez Elorza, M. 2008. *Geomorfología*. Pearson Educación SA, Madrid.

Keller, E. A. 1999. *Environmental Geology*. Prentice Hall. New Jersey.

Kenle, N. Janssen, L.L.F. & Huumeman, G.C. 2004. *Principles of Remote Sensing*. ITC Educational Textbook Series, ITC, Netherlands.

King, D., RJA Jones & AJ Thomasson (Eds). 1995. *European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring*. Joint Research Centre. European Commission. Luxembourg.

Kuehn, F., T. King, B. Hoerig & D. Peters. 2000. *Remote sensing for site characterization: methods in environmental Geology*. Spinger- Verlag, Berlín.

Legros, J-P- 2006. Mapping of the soil. Enfiekd, Science Publishers.

Lucas, O.W.R. 1991. *The design of forest landscapes*. Oxford University Press, New York.

Maderuelo, J. (Dir). 2006. *Paisaje y pensamiento*. Fundación Beulas. Abada Editores, Madrid.

Marsh, W.M. & J. Dozier. 1991. *Landscape : an introduction to Physical Geography*. John Wiley & Sons, New York.

Marti, J. & Ernst, G.J. (EDt). 2005. *Volcanoes and the Environment*. Cambridge University Press, Cambridge.

Martin, J.C. 2002. *Saisons et richesse des paysages viticoles*. Le Progress Agricole et Viticole, 119 (1) :17-22.

Martin-Serrano, A. (Edt). 2005. *Mapa Geomorfológico de España y del Margen Continental*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Martínez de Pisón, E. 1997. *Imagen de la Naturaleza de las montañas*. Resumen de la conferencia inicial del seminario de medio ambiente de la Fundación Duques de Soria.

Martínez de Pisón, E. 1983. *Cultura y ciencia del paisaje*. Rev. Agricultura v Sociedad n° 27, pp. 9 32.

Massobrio, M.J. 2002. *Comportamiento de un Paisaje Fluvial*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.

Mateo, J. 2002. *Geografía de los Paisajes (Landscapes Geography)*. Facultad de Geografía de la Universidad de la Habana (versión digital).

Migon, P. 2006. *Granite Landscapes of the World*. Oxford University Press, Oxford.

Millington, A.C. & R.W. Alexander (Eds). 2000. *Vegetation Mapping: from patch* Planet. Wiley & Sons. New York.

Molina, E. 1991. *Geomorfología y Geoquímica del paisaje*. Acta Salmanticensia. Biblioteca de las Ciencias, 72. Salamanca.

Moreno, A. 2006. *Burgos: el paisaje. Temas y Figuras de nuestra historia*. Caja Circulo.

Morisawa, M. 1984. *Geomorphology laboratory manual*. John Wiley&Sons. New York.

Mugica, M. et al. 2002. *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales, Junata de Andalucía.

Naveh, Z. & A.S. Lieberman. 1984. *Landscape Ecology: theory and application*. Springer-Verlag, Munich.

Nortonm, W. 2000. *Cultural Geography: themes, concepts, analysis*. Oxford University Press, Canada.

Orland, B. ,Weidemann, E., Larsen, L. & Radja, P. 1995. *Exploring the relationship between visual complexity and perceived beauty*. Imagings Systems Laboratory. Dep. Of Landscape Architecture. Univ of Illinois at Urbana-Champaing. (http://imlab9.landarch.uiuc.edu/projects/).

Paegelow, M. & Camacho, MT. 2008. *Modelling Environmental Dynamics*. Series Environmental Science and Engineering, Springer.

Palang, H. & Soovali, H. Printsmann, A. 2007. *Seasonal Landscapes*. Springer-Verlag. Berlín).

Panizza, M. (Edt). 2005. *Manuale de Geomorfologia applicata*. FrancoAngeli, Milano.

Panizza, M. & Piacente, S. 2003. *Geomorfología cultural*. Pitagora Editrice, Bologna.

Pedraza, J. 1996. *Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones*. Ed. Rueda. Madrid.

Pedroli, B. A. van Doon, G. de Blust, M.L. Parachini, D. Wascher & F. Bunce. 2007. *Europe´s Living Landscapes*. Essays exploring our identity in the countryside. KNNV. Publishing Zeist/LANDSCAPE EUROPE. Wageningen.

Pigeat, J.P. 2000. *Les paysages de la vigne*. Solar, Paris.

Precedo, A. 2004. *Nuevas realidades territoriales para el siglo XXI: desarrollo local, identidad territorial y ciudad difusa*. Edt. Síntesis, España.

Rochard, J. 2010. *Chalenge for a sustainable viticulture in tropical worldwide*. IIº International Symposium of Tropical Wines. Petrolina. Brasil.

Rougerie, G. & Beroutchachvili, N. 1991. *Géosystèmes et Paysages: Bilan et méthodes*. Colletion Geographie ,Edit Armand Colin, Paris.

Saldaña, J.A., Puerto, A., García, J.A., Corraliza, J.A. 1993. *Reacciones psicológicas a la estimulación escénica*. Ecosistemas.

Schowengerdt R.A. 2007. *Remote sensing models and methods for image processing*. Elsevier.

Schaetzl, R.J. & Anderson, S. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press. Cambridge & New York.

SEMARNAT. 2008. *Manual operativo para Restauración y Conservación de Suelos Forestales*. Gobierno Federal. Estados Unidos Mexicanos. Zapopan,Jalisco, México.

Smith, M.J., Goodchild, M.F. & Longley, P.A. 2007. *Geospatial Analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Troubador Publishing Ltd.

Summerfield, M. A. 1991. *Global Geomorphology*. Longman Scientific Technical, England.

TARLET, I. 1985. *Planification écologique, méthodes et techniques*. De. Economique. Paris.

Tejero, J.M. (Dir). 1988. *Análisis del Medio Físico: Valladolid*. Junta de Castilla y León.

Vila-Subirós, J. et al. 2007. *Conceptos y métodos fundamentales en Ecología del Paisaje (Landscape ecology): una interpretación desde la geografía*. Doc. Anál Geogr. 48, 6: 151-166.

Ward, A. & Trimble, A. 2003. *Environmental Hydrology*, CRC Press, Boca Ratón.

Wascher, D. & B. Pedroli. 2008. Blueprint for EUROPE 2020. *Reframing the future of the European Landscape – Policy visions and research support*. LANDSCAPE EUROPE. Wageningen.

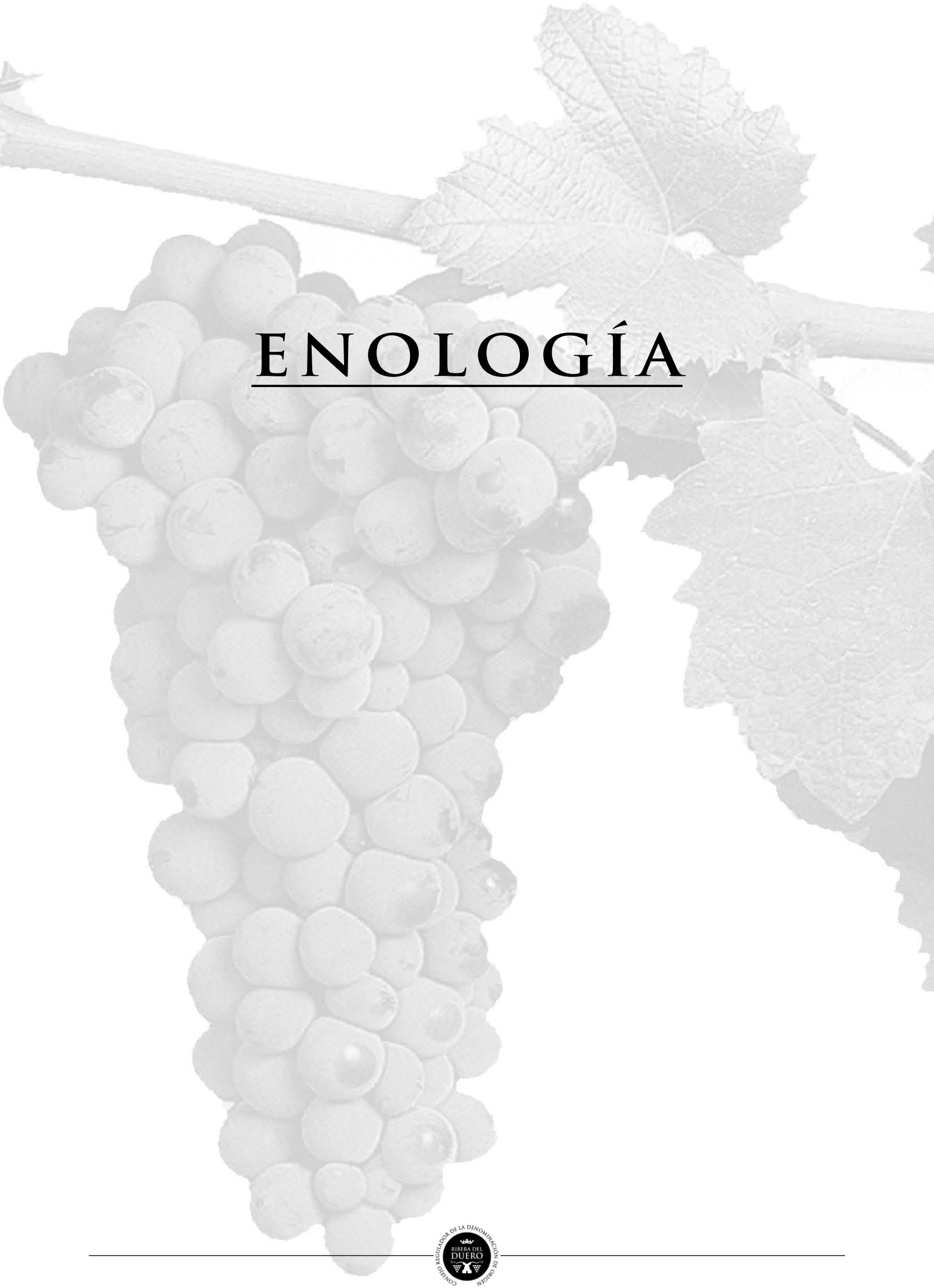
Yengue, J.L. 2003. *Le SIG pour l'etude des dynamiques paysagères : le cas de la Loire moyenne*. Conference Francophone ESRI-GIS 2003.

Zonneveld, I.S. & Forman, R.T. 1990. *Changing Landscape: an ecological perspective*. Springer Verlag, New York.

Zonneveld, I.S. 1995. *Land ecology: an introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

Zube, EH., Brush,R.O. & Fabos, JG (Eds). 1975. *Landscape Assessment: Vallues, Perceptions and Resources*. Halstead Press.

ENOLOGÍA

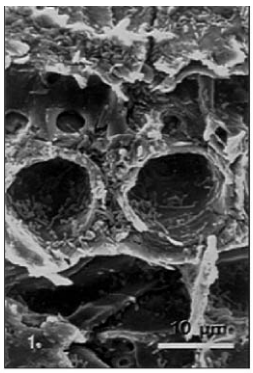


ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN DE BARRICAS DE VINO COMO ALTERNATIVAS AL EMPLEO DEL SULFUROSO

Antonio Tomás Palacios García
Doctor en Ciencias Biológicas. Laboratorios Excell Ibérica

1. INTRODUCCIÓN

El uso de barricas de roble en la elaboración y crianza de los vinos es una práctica que se considera como un elemento muy favorable en la participación y evolución organoléptica de los vinos. Durante la crianza en barricas, los intercambios vino/madera enriquecen en aromas y sensaciones gustativas el producto, además de favorecer una micro-oxigenación que provoca una estabilidad física y química en el producto y le confiere la delicadeza, equilibrio y complejidad aromática tan apreciadas por el consumidor. La barrica usada, no posee el mismo potencial que el de una nueva, pero encierra todavía un excelente valor de utilización para numerosos vinos y productos alcohólicos a un coste menor, por lo que su buen mantenimiento es imprescindible para este fin.



Los problemas que se presentan durante la crianza del vino están esencialmente asociados a las contaminaciones microbiológicas o químicas. En ocasiones, el desarrollo de una flora indeseable puede alterar el producto de manera importante, incluso volverlo inapropiado para su consumo. La utilización de barricas usadas, mal mantenidas, aumenta dicho riesgo, pudiendo dar lugar a la aparición del picado acético, el carácter fenolado o "*Brett*", el picado láctico, enfermedad de la grasa o la enfermedad del amargor.

Además, los depósitos de tartrato formados durante la crianza se acumulan adheridos en las paredes internas de la barrica y sirven de refugio a los procesos microbianos como potenciales contaminantes. Se ha establecido que una barrica usada de 225 litros contiene alrededor de 5 litros de vino retenidos en los primeros milímetros de las duelas, lo que representa un volumen de vino muy importante nada desdeñable. La estructura micro-porosa de la madera, sobre todo en el roble francés, favorece la penetración de los microorganismos en profundidad y vuelve su limpieza y desinfección particularmente, en tareas de difícil resolución, especialmente crítico en el caso de contaminación por parte de *Brettanomyces*, levadura causante del carácter fenolado del vino.

En este sentido, el carácter fenolado del vino es un problema sensorial importante, ya que ciertos compuestos fenólicos volátiles tienen umbrales de detección bajos y se hacen dominantes de los aromas del vino, escondiendo el carácter varietal, afrutado e incluso de la madera. *Brettanomyces* produce fenoles volátiles como el 4-vinilguayacol y el 4-vinilfenol a partir de ácidos hidroxicinámicos, como ferúlico y p-cumárico respectivamente. Los vinilderivados igualmente pueden acabar convirtiéndose en etilderivados.

Los fenoles volátiles tienen un aroma característico que en muchos casos se considera un defecto en los vinos. Se les denomina según la terminología inglesa "phenolic off-flavour" (POF). Se ha comprobado que el género *Saccharomyces* solo llega a producir los vinilfenoles, pero si posteriormente al proceso de elaboración aparecen levaduras contaminantes del tipo *Brettanomyces/Dekkera*, estos pueden ser transformados a etilfenoles.

La problemática sensorial de los fenoles volátiles es un tema muy tratado en la actualidad. Esta problemática afecta especialmente a vinos de crianza o que pasan cierto tiempo en barrica. De modo genérico, los vinos que contienen niveles apreciables de fenoles volátiles se les describen con carácter "Brett". Los descriptores típicos del carácter fenolado del vino son: plástico, goma quemada, tirita, medicina (farmacia), aromas animales, estiércol, boñiga, cuadra, establo, sudor de caballo, perro mojado, calcetín usado.

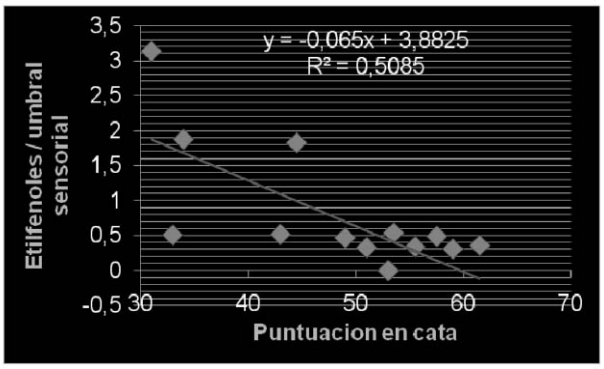


Figura 1: Recta de correlación entre etilfenoles y análisis sensorial en vinos de crianza de Rioja.

En la gráfica superior (figura 1), se representa un estudio sensorial de vinos Crianza de Rioja, tomando en consideración 13 vinos representativos de la región que fueron analizados organolépticamente por 4 expertos en el ámbito internacional a nivel de mercados. En el eje horizontal se representan las puntuaciones de preferencia hedónica, y en el eje vertical las unidades olfativas de etilfenoles de los vinos catados (concentración de etilfenoles en μg/l de los vinos/umbral sensorial). Lo que podemos deducir de este estudio es que si parece necesaria la ausencia o baja concentración por debajo del umbral sensorial de los etilfenoles para poder obtener una alta valoración por los expertos, sin embargo, la ausencia de los mismos, no garantiza el éxito en cata. Es necesario y entonces posible, construir valor sensorial mediante buenas prácticas enológicas sobre vinos, pero siempre y cuando estos estén "limpios". Como podemos observar, el coeficiente de correlación no es muy elevado, debido precisamente a que en bajas valoraciones de cata existen vinos tanto con altos contenidos en etilfenoles como bajos.

El mechado de sulfuroso ha sido una práctica tradicional muy utilizada en las bodegas para la desinfección de barricas. Es una práctica que se ha utilizado desde la época de los romanos y que ayuda a mantener el parque de barricas en buen estado frente a microorganismos alterantes. La forma tradicional consiste en la quema de una pastilla de azufre en el interior de las barricas vacías, la combustión del azufre produce el dióxido de azufre, que es el que tiene efectos biocidas sobre la madera.

La problemática actual proviene de la Directiva 98/8 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Febrero de 1998 sobre Biocidas, transpuesta en España mediante el Real Decreto 1.054/2002. El objetivo de la norma, es la protección de la salud de las personas, de los trabajadores, y del medioambiente. Se han establecido una serie de fechas y procedimientos de revisión y/o evaluación del riesgo de las nuevas sustancias activas consideradas como biocidas, y de las ya existentes para distintos usos o categorías también preestablecidos, y que están contenidas en los anexos. Se ha establecido además un Programa de Evaluación del Riesgo que tiene varios pasos: identificación de las sustancias activas existentes, notificación de la industria del interés de la inclusión de alguna de estas sustancias en alguno de los anexos, y la revisión de la permanencia o no, para alguno de los usos concretos que se establecen, y en el que entra el SO_2 como biocida. La normativa se enmarca en el proceso de revisión de la legislación comunitaria y nada tiene que ver con el contenido en esta sustancia en los vinos de forma natural, ni con la práctica enológica de adición de sulfuroso para proteger a los vinos de la oxidación o como conservante.

Si se quiere continuar utilizando el SO_2 para la limpieza de barricas; el sector, tiene que defender su registro y autorización, por razones industriales, comerciales o económicas, y demostrar que no presenta problemas de seguridad e higiene en el trabajo, ni que presenta impactos negativos en el medioambiente, que impidan continuar utilizándolo. Nos parezca absurda la norma o no, que a priori lo parece, el sector debe reaccionar en dos direcciones, ambas necesarias y muy complementarias. La primera en la realización del estudio previamente mencionado para anular y/o retrasar la aplicación de la directiva, y la segunda, en el estudio de técnicas alternativas que puedan sustituir al SO_2 en la desinfección de barricas. En el presente artículo se presentan estudios comparativos realizados en bodegas durante más de dos años de trabajo y seguimiento.

2. PASOS IMPRESCINDIBLES Y TECNOLOGÍAS POSIBLES EN EL MANTENIMIENTO DE BARRICAS DE MADERA

Para un buen mantenimiento de las barricas de madera en bodega es necesario llevar a cabo un trabajo exhaustivo, secuencial, ordenado y profesionalizado como se expone a continuación.

2.1. Enjuague

Eliminación de manchas macroscópicas poco o no adheridas a la superficie. Para ello se utilizan tubos

de enjuague, que trabajan a presión baja o media (2-15 bares) con caudales que pueden variar entre los 10 y los 45 l/min y permiten únicamente la eliminación de las manchas más burdas o de los residuos de productos de limpieza, bien por disolución o mediante su arrastre.

2.2. Limpieza

Eliminación de las manchas adheridas y de los gérmenes gracias a la acción mecánica y/o química de los detergentes. Para ello se utiliza agua caliente (65-85 °C), lo que acelera y aumenta la eficacia del proceso de limpieza; la temperatura debe ser adaptada a la eventual presencia de productos de limpieza y alta presión (100-120 bares) para facilitar la acción mecánica sobre los depósitos incrustados; existe riesgo de destrucción de la estructura de la madera, inexistente si < 120 bares; necesita la utilización de cabezales rotatorios multi-direccionales y tubos de aspersión adaptados para cubrir toda la superficie de la barrica en poco tiempo y con el mínimo consumo posible de agua, junto con una fuerte aspiración de las aguas residuales de lavado, por lo que se aconseja lavar con equipos que laven con la boca de la barrica hacia abajo, lo que facilita una limpieza más segura y eficaz.

En la madera, incluso la limpieza más eficaz es superficial. Es imposible limpiar realmente más allá de los 0,5 a los 1,5 mm de profundidad simplemente con agua, aunque sea a alta presión. La acción del detergente permite acelerar la limpieza ayudando a desincrustar los depósitos presentes en los micro poros abiertos de las duelas de los toneles. Pero estos detergentes bajo ningún concepto deben penetrar demasiado profundamente en la madera, ya que en tal caso sería imposible garantizar su eliminación total mediante el aclarado. La acción del detergente debe limitarse a la superficie de las duelas y la penetración no debe exceder los 2 ó 3 mm. Los agentes químicos empleados son alcalinos fuertes (hidróxido de sodio), alcalinos moderados (carbonato de sodio), tensioactivos y agentes quelantes, también llamados secuestradores o complejantes.

2.3. Desinfección

La desinfección no equivale a esterilización (total eliminación de gérmenes). Supone la destrucción de gérmenes viables para reducir en profundidad las poblaciones residuales mediante la acción química y/o física.

2.3.1. Desinfección por vías químicas

Se realiza mediante *agentes acidificantes* como el dióxido de azufre, empleado en forma líquida sobre el vino, en solución de metabisulfito de sodio, y en forma gaseosa sobre la madera y el vino, mediante combustión de azufre o la utilización de gas licuado.

También mediante *agentes oxidantes*, aunque su utilización puede alterar la composición de la madera. Los oxidantes halogenados (clorados y bromados) han de evitarse debido al riesgo de formación de fenoles halógenados precursores de halo-anisoles como el 2,4,6-tricloroanisol (TCA) y el 2,4,6-tribromoanisol (TBA).

Se emplean entonces peróxidos, como el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada; H_2O_2), con acción lenta y poco eficaz a menos de 60 °C; sales de peróxido (percarbonato de sodio, Na_2CO_3-$5H_2O_2$) o persulfato de potasio ($KHSO_5$); ácido peracético, con acción desinfectante en frío a partir de un 1%. El *permanganato* (permanganato de potasio $KMnO_4$) con acción desodorizante pero escasamente desinfectante. El *ozono* (O_3) es una gas muy oxidante, tóxico (límites de exposición en fase gaseosa de 120 µg/m^3/24h, 200 µg/m^3 en el lugar de trabajo, 400 µg/m^3/h suelo de toxicidad) y explosivo. Su utilización sólo es posible tras su disolución en agua fría para producir una solución de ozono activo que contenga entre 3 y 5 mg/l de O_3.

El ozono produce una desinfección rápida a pH neutro por acción directa y por sus productos de degradación en el agua, en concreto de los radicales libres O^- y HO^-. El ozono es un desinfectante, no tiene propiedades limpiadoras. Teniendo en cuenta su modo de actuación, es indispensable emplearlo sobre superficies perfectamente limpias para poder desinfectar. El uso de ozono constituye una técnica perfectamente eficaz para la desinfección en frío de las cubas de acero inoxidable, resinas epóxicas, canalizaciones y cadenas de embotellado. En el caso de recipientes de madera, reacciona parcialmente enfrentada al ozono limitando su acción, en concreto, en profundidad.

El problema suscitado en la actualidad deriva de la buena eficacia en el efecto biocida y antioxidante que la práctica del mechado tiene en el sistema tradi-

Condiciones de adición de sulfitos	Parámetro medido	t=0	t= 3 meses	t= 4,5 meses
Pastilla de 7,5 g de azufre por barrica	SO_2 libre (mg/l) *Brettanomyces*/ml Etil-fenol (µg/l)	22 6 285	16 0 285	13 1 293
Pastilla de 5 g de azufre por barrica	SO_2 libre (mg/l) *Brettanomyces*/ml Etil-fenol (µg/l)	14 6 285	11 0 285	8 0 288
Solución sulfurosa Añadida directamente al vino 2g/Hl	SO_2 libre (mg/l) *Brettanomyces*/ml Etil-fenol (µg/l)	13 6 285	10 510 296	6 1200 652

Tabla 1. Comparativa en la aplicación de sulfuroso directamente en vino y en barrica mediante mechado de cilindros de 5 y 7,5 gramos.

cional de la limpieza de barricas. Como vemos en la tabla 1, la utilización de una pastilla de 7,5 g mediante combustión, lo que permite consumir el oxígeno del interior de la barrica, facilita el mantenimiento de la fracción de sulfuroso libre al cabo de los 4 meses y medio, lo que ayuda a inhibir el crecimiento de *Brettanomyces* y tener una baja concentración de etilfenoles al final de las pruebas, comparando con el mechado tradicional y con la corrección directa en vino.

2.3.2. Desinfección por vías físicas

La vía térmica más empleada es el uso de generadores de *agua caliente* móviles mediante compresor, que pueden producir agua a 80-90 °C entre 80 y 210 bares. La utilización a temperaturas más altas es ilusoria, ya que en tal caso los caudales son muy débiles. Una presión de 100-120 bares es suficientemente respetuosa con la madera. Este dispositivo permite limpiar sin detergentes y desinfectar la superficie; la eficacia desinfectante está limitada en profundidad, ya que el aumento de la temperatura es demasiado lento. El *vapor de agua* a 105 °C debido a la baja conductividad térmica de la madera exige tratamientos prolongados para que sean eficaces; la aplicación de vapor debe, por tanto, ser efectuada inmediatamente después de la limpieza con agua caliente para aprovechar el calor absorbido por la madera; después de un lavado de 5 min a 85 °C, calentando la madera a 35 °C a 5 mm de profundidad, se ha de aplicar el vapor a 105ºC durante más de 4 min para desinfectar a 5 mm de profundidad (temperatura > 55 °C) y a más de 7,5 min para desinfectar a 15 mm, (figura 2).

El tratamiento *electro-magnético por microondas* permite el calentamiento de la madera a través de la excitación del agua contenida en el material; la selección de la longitud de onda permite calentar la madera desde el centro de las duelas con poca energía; la forma y disposición del magnetrón y la rotación de la barrica permiten un irradiación homogénea dentro de la Caja metálica de Faraday que refleja las ondas.

En la aplicación de *ultrasonidos* se introduce un sonotrón dentro de la barrica llena de agua a 60 °C reciclada; los ultrasonidos (150 kHz) producen en la superficie de la madera y en los primeros milímetros altas presiones al nivel microscópico (>2.000 bares) por cavitación del agua, eliminando los compuestos que impregnan la madera y destruyen los microorganismos al mismo tiempo que provoca su desinfección.

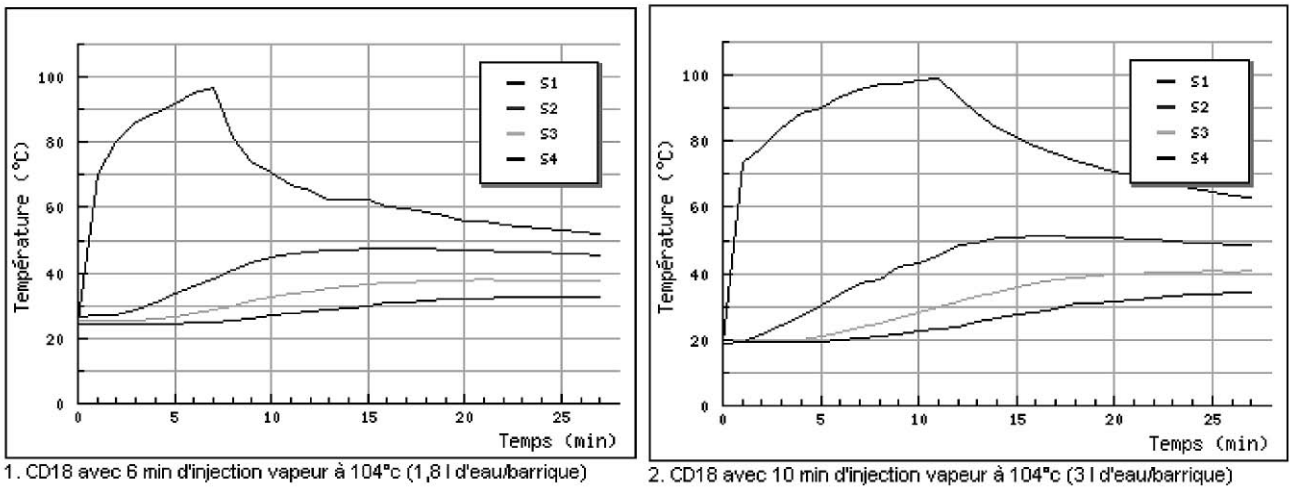


Figura 2: Temperaturas que alcanza la madera en diferentes puntos de profundidad. S1: temperatura del aire en la barrica; S2: temperatura a 5 mm dentro de la madera; S3: temperatura a 15 mm; S4: Temperatura a 25 mm.

La proyección de *hielo seco* utiliza el contraste térmico entre la madera y el hielo seco (-80 °C) con ausencia de uso de agua (tratamiento seco), permitiendo eliminar todos los compuestos precipitados en la superficie de la madera; se necesita sacar uno de los fondos para tener acceso a toda la superficie interna de la barrica y trabajar con mucha ventilación para no acumular el gas carbónico; es bastante eficiente y rápido, pero también caro y no garantiza la desinfección al nivel de profundidad de las duelas.

El empleo de *oxígeno negativo* lleva algún tiempo estudiándose en Francia. Los iones negativos de oxígeno O^- se generan de la siguiente forma: $O_2 + 2e^-$ lo transforman en $2O^-$ (iones negativos de dioxígeno O_2^-), que posteriormente continúan según el siguiente esquema: $O_2 + e^-$ a O_2^-. Se trata de un fenómeno de ionización de moléculas de oxígeno del aire, tal y como ocurre en la atmósfera durante una tormenta eléctrica. Los iones negativos de oxígeno originados contribuyen a la limpieza natural del aire, ya que el oxígeno negativo posee un efecto fungicida y bactericida (mediante destrucción por oxidación) y un efecto químico (destrucción de olores por efecto eléctrico). Sobre la barrica tiene un efecto superficial interesante, siendo inocuo sobre la calidad de la madera.

3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DESINFECCIÓN DE BARRICAS LLEVADOS A CABO EN BODEGAS

En esta sección se van a presentar los resultados de los análisis microbiológicos y de las aguas de lavado de barricas usadas obtenidos antes y después de la aplicación de vapor, ozono, microondas y ultrasonidos sobre barricas o duelas siguiendo la metodología de tomas de muestras patentado por Excell *(Brevet Français N.° 0851143)*. Los análisis microbiológicos se han realizado mediante siembra de las aguas de lavado de las barricas usadas sobre medios de cultivo selectivo con su correspondiente incubación y también mediante PCR a tiempo real. Los análisis químicos de contaminantes procedentes del metabolismo microbiano se han realizado mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas sobre las mismas aguas de lavado de barricas usadas obtenidas en el muestreo mencionado.

Tabla 2. Resultados del análisis microbiológico sobre aguas de lavado de 5 barricas homogéneas.

Tipo de lavado de barricas	Bacterias acéticas (UFC/100 mL)	Bacterias lácticas (UFC/100 mL)	Levaduras (UFC/mL)
Barrica lavado estandar sin vapor	15	4	nd
Barrica lavado estandar con vapor	nd	nd	nd

Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico sobre aguas de lavado de 10 barricas homogéneas.

Tipo de lavado de barricas	Bacterias acéticas (UFC/100 mL)	Bacterias lácticas (UFC/100 mL)	*Brettanomyces* (UFC/100 mL)
Lavado normal	40	nd	14
Lavado normal + aplicación de O_3	nd	nd	3

3.1. Aplicación de vapor

En este ensayo se ha realizado una comparación de un lavado tipo estándar con agua caliente sobre un lote de 5 barricas homogéneas con vino que presentaba problemas de desviaciones microbianas por actividad bacteriana, frente a ese mismo lavado pero incorporando una aplicación de vapor de agua sobre las barricas. Como se puede observar en la tabla 2, gracias a la aplicación de vapor se consigue erradicar el problema de contaminación microbiana por parte de bacterias lácticas y acéticas.

3.2. Aplicación de ozono

En este ensayo se ha realizado una comparación de un lavado tipo estándar (agua caliente + vapor) sobre un lote de 10 barricas homogéneas con vino que presentaba problemas de desviaciones microbianas por actividad bacteriana y de levaduras tipo *Brettanomyces*, frente a ese mismo lavado pero incorporando una aplicación de ozonización a 5 ppm en agua durante 3 minutos sobre las barricas. Como se puede observar en la tabla 3, dichos contaminantes desaparecen después de la aplicación del ozono, aunque queda una pequeña población residual de *Brettanomyces*.

Tipo de contaminante químico	Lavado normal	Lavado normal + aplicación de O_3
Acetato de etilo (mg/L)	0,5	0,1
4-EF (µg/L)	33,7	11
4-EG (µg/L)	4,3	0,4
TCA (ng/L)	nd	nd
TeCA (ng/L)	nd	nd
TBA (ng/L)	nd	nd
PCA (ng/L)	nd	nd

Tabla 4. Resultados del análisis microbiológico sobre aguas de lavado de 5 barricas homogéneas.

En este caso también se han realizado análisis químicos de los contaminantes derivados del metabolismo microbiano para ver las posibilidades de limpieza química. Como se puede observar en la tabla 4 dichos contaminantes no desaparecen, pero disminuyen de forma significativa.

En un segundo ensayo, se aplicó ozono en agua a diferentes concentraciones en 3 lotes diferentes de barricas: Barricas A con ozono al 65% aplicado durante 180 segundos (5 ppm), Barricas D con ozono al 80% aplicado durante 180 segundos (5 ppm), y Barricas M con ozono al 65% aplicado durante 90 segundos (3 ppm). Se comparó el lavado tradicional con la combinación de agua caliente y vapor en el mismo lavado, incluyendo posteriormente el ozono en agua. Se puede observar un efecto más potente sobre la muerte de *Brettanomyces* con esta última combinación (barras en azul). De forma colateral se puede observar en el mismo gráfico la desaparición de anisoles encontrados impregnando la madera (figura 3).

Aprovechando los datos de análisis de metabolitos, se realizó un estudio estadístico mediante Análisis de

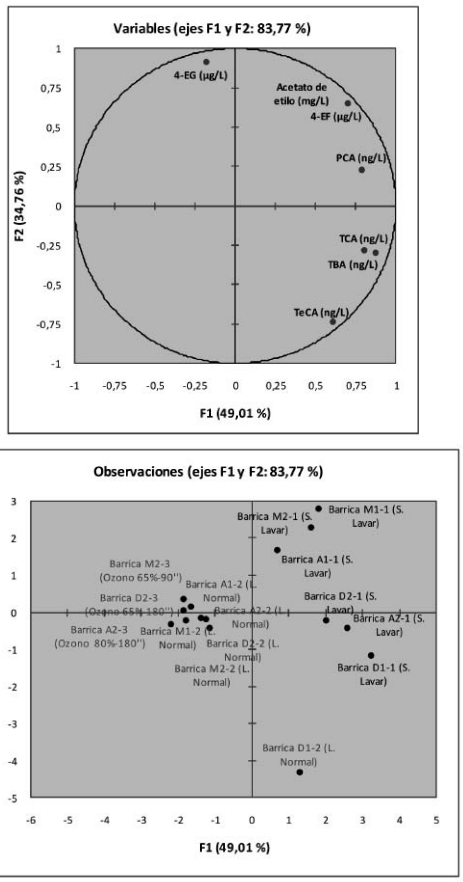


Figura 4. Resultados del análisis estadístico mediante ACP de los análisis de metabolitos en aguas de lavado de todos los lotes de barricas analizadas por CG/SM.

Componentes Principales (ACP), cuya representación se puede observar en la figura 4, donde las barricas sin lavar, en negro, de todos los lotes se encuentran muy cercanas a todas las variables que representan contaminación por etilfenoles, acetato de etilo y ani-

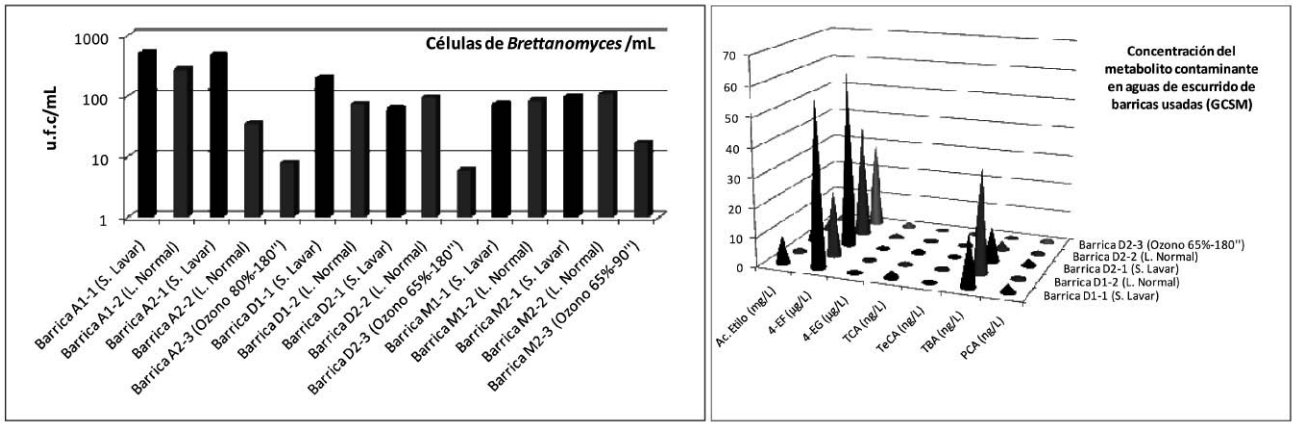


Figura 3. Resultados del análisis microbiológico mediante medios de cultivo selectivos de Brettanomyces partiendo de aguas de lavado de los 3 lotes de barricas (A, D y M), grafico de la izquierda y análisis mediante cromatografía de gases de metabolitos contaminantes, gráfico de la derecha.

soles. Las lavadas mediante la técnica tradicional en rojo ocupan una posición intermedia y las lavadas en combinación con ozono en azul se sitúan en las posiciones más lejanas de los contaminantes en el plano factorial.

Uno de los temores reincidentes en la aplicación de ozono sobre la madera es la posible incidencia sobre su composición y la actividad residual oxidante que pueda quedar sobre la barrica y que pueda afectar posteriormente al vino. En este segundo ensayo se evaluó el acetaldehído formado en el vino a la semana y a los 6 meses (en cuatro casos, figura 5). Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas, aunque las barricas con mayor tiempo de aplicación de ozono presenta una cantidad un poco mayor de acetaldehido.

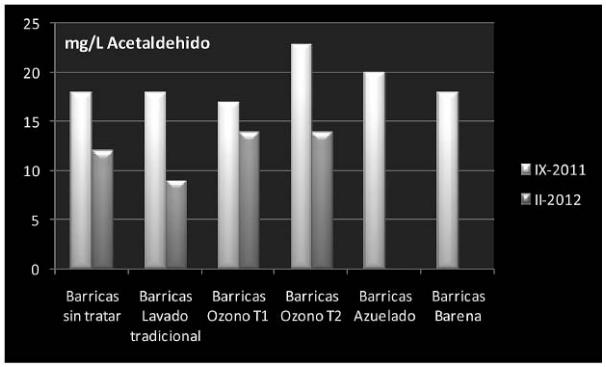


Figura 5. Resultados del análisis de acetaldehído en los vinos a la semana y a los 6 meses (en 4 casos) de crianza.

En este mismo ensayo a nivel microbiológico se obtuvo una buena eficacia frente a *Brettanomyces* en todos los casos, incluyendo azuelado y arenado realizados. La eficacia sobre bacterias lácticas fue algo menor, y casi insignificante sobre las bacterias acéticas como se observa en la figura 6.

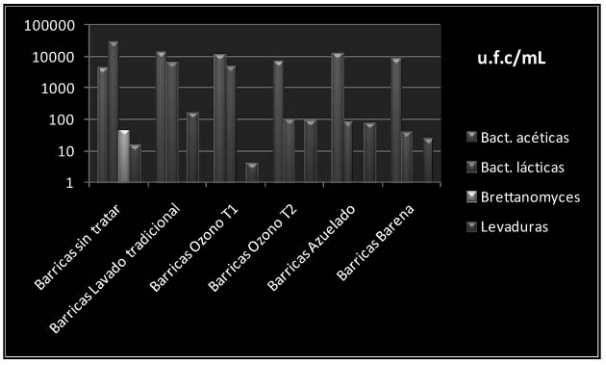


Figura 6. Resultados del análisis microbiológico en aguas de lavado de bacterias acéticas y lácticas, Brettanomyces y levaduras mediante medios de cultivo selectivos.

Para evaluar el efecto del ozono sobre los aromas que la madera puede ceder al vinos se realizaron análisis mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas (figura 7). Como se desprende de la observación de los resultados, no se produjeron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, aunque a nivel del siringol, allilsiringol e isoeugenol si aumentaron su concentración en los lotes de barricas con mayor tiempo de exposición al ozono. Análisis realizados después de 6 meses de crianza.

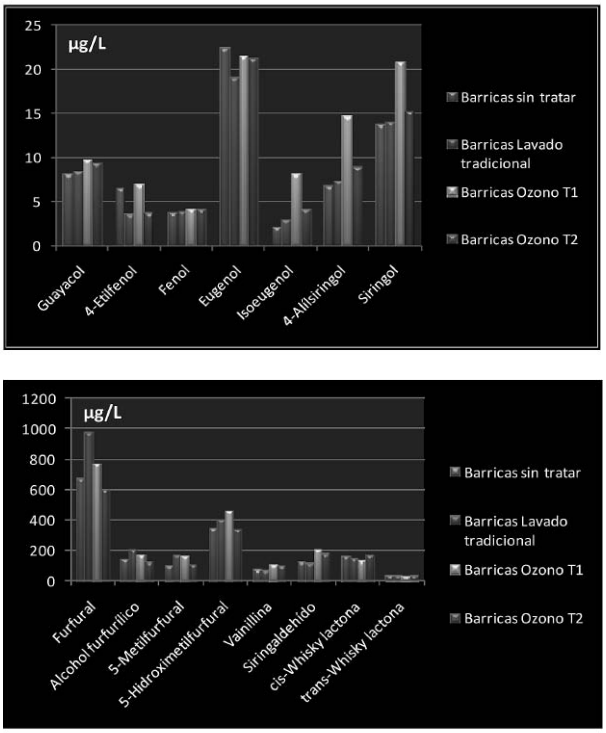


Figura 7. Resultados del análisis de volátiles de la madera cedidos al vino después de 6 meses de crianza mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas.

3.3. Aplicación de ozono en gas

También es posible aplicar ozono en forma de gas, lo que puede aumentar el grado de penetrabilidad sobre la madera a través de sus poros. Para evaluar su efecto se realizó la siguiente prueba con una máquina capaz de alcanzar 30 ppm de O_3 en el interior de la barrica. La aplicación se realizó durante un tiempo de 10 minutos. Los resultados visibles sobre la figura 8 muestran que no se consiguió el efecto esperado, a pesar de que hubo una bajada significativa de la vialidad de *Brettanomyces*. Seguramente la causa sea no alcanzar una concentración de ozono suficiente en el interior de la barrica.

Para mejorar la aplicación de ozono gaseoso se recomienda entonces alcanzar una riqueza de 100 ppm como mínimo y si es posible, trabajar a una presión positiva de 1 bar o 1,5 bares mediante bombeo en lugar de trabajar solo con exposición.

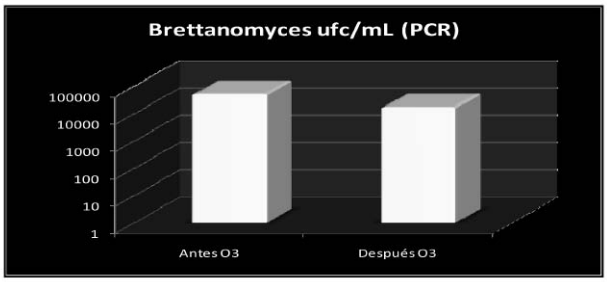
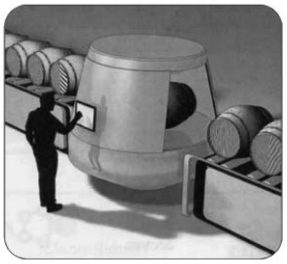


Figura 8. Resultados del análisis microbiológico de Brettanomyces en aguas de lavado mediante PCR a tiempo real.

3.4. Aplicación de microondas



Para ello se han estudiados diferentes trenes de ondas electromagnéticas de alta frecuencia sobre duelas de barricas que han contenido vino contaminado durante 36 y 72 meses y sobre duelas inoculadas de forma artificial por *Brettanomyces* y bacterias lácticas. Posteriormente, las duelas se han sometido a las pulsaciones de alta frecuencia obteniéndose los resultados de la tabla 5. En dicha tabla se puede comparar las poblaciones de microorganismos viables antes y después del tratamiento. Algunas duelas no resultaron estar contaminadas, pero en los casos donde si había contaminación, esta desaparece después de cada aplicación, siendo incluso eficaz con los tratamientos de trenes de ondas más suaves y con menores tiempos.

La gran ventaja del método es que permite inactivar microorganismos sin calentar la madera, como se puede observar en la figura 9, donde se muestra la aplicación de tres pulsos al 90% de potencia durante 50 segundos cada una. El máximo de temperatura en el exterior de las duelas no supera los 45 ºC, por lo que se trata de un tratamiento térmico muy inofensivo frente a la composición de la madera.

A nivel microbiológico se realizaron análisis por PCR a tiempo real sobre las aguas de lavado y también sobre medios de cultivos específicos. En la figura 10 a observamos los resultados antes (negro) y después

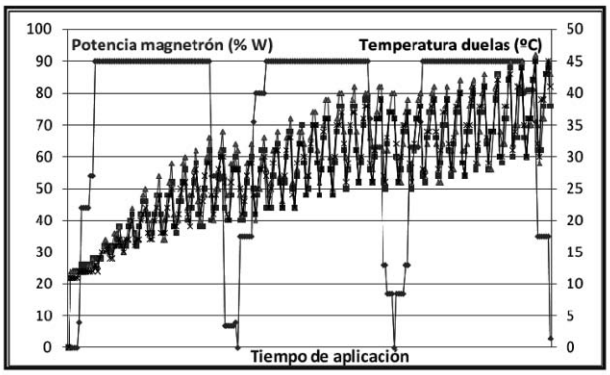


Figura 9. Representación de las ondas electromagnéticas empleadas en los tratamientos más intensos y seguimiento de la temperatura en la parte exterior de las duelas.

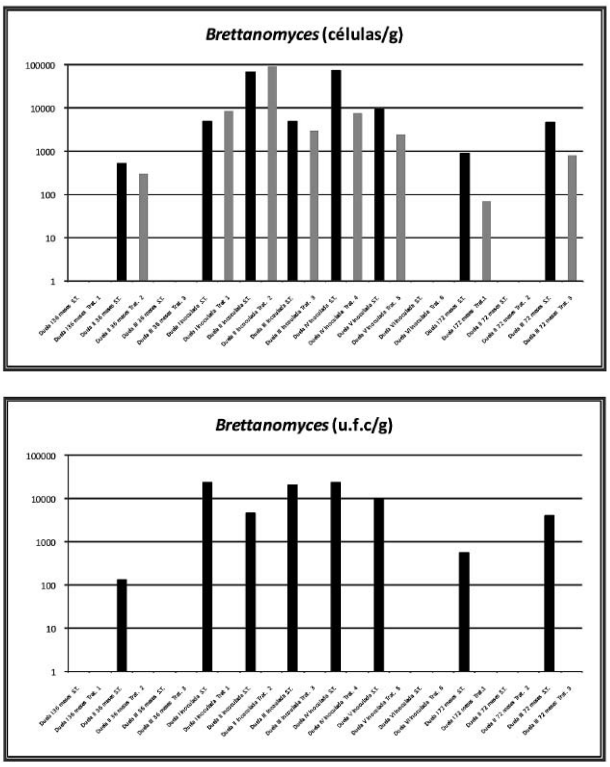


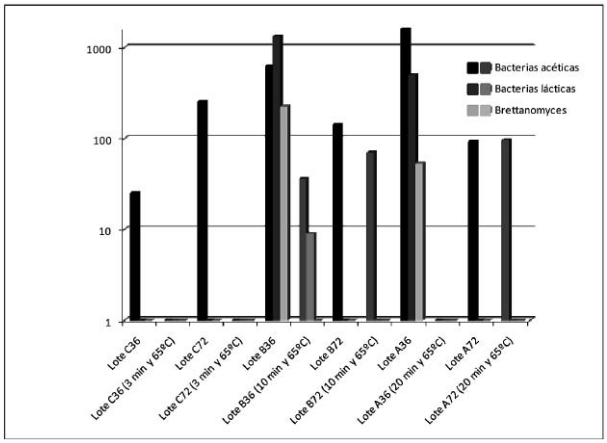
Figura 10. Resultados del análisis microbiológico sobre diferentes duelas tratadas con microondas. Arriba (a): PCR a tiempo real, y abajo (b): medios de cultivo selectivos.

(amarillo) de la aplicación de microondas. Observamos un nivel de recuperación de contaminantes muy buena. En la parte de abajo observamos los resultados de los medios de cultivo, donde vemos que *Brettanomyces* ya no es activa.

3.5. Aplicación de ultrasonidos

Este ensayo se realizo únicamente en duelas contaminadas y no sobre barricas enteras, tal y como se

hizo en el ensayo de microondas. Para ello, las duelas de 36 y 72 meses de contacto con vino contaminado por *Brettanomyces* y bacterias lácticas y acéticas se sumergieron en un baño de ultrasonidos con agua a 65 ºC y se realizó el siguiente ensayo experimental. Cada lote de duelas se sometió a ultrasonidos durante 3, 10 y 20 minutos. Posteriormente se realizaron los análisis correspondientes raspando 5 mm la madera y macerando los trozos en vino sintético para su posterior análisis microbiológico.



u.f.c./gramo	Bacterias acéticas	Bacterias lácticas	*Brettanomyces*
Lote C36	25	0	0
Lote C36 (3 min y 65°C)	0	0	0
Lote C72	254	0	0
Lote C72 (3 min y 65°C)	0	0	0
Lote B36	622	1333	225
Lote B36 (10 min y 65°C)	36	9	0
Lote B72	142	0	0
Lote B72 (10 min y 65°C)	70	0	0
Lote A36	1618	494	53
Lote A36 (20 min y 65°C)	0	0	0
Lote A72	92	0	0
Lote A72 (20 min y 65°C)	96	0	0

Figura 11 y Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico de 5 barricas homogéneas. Figura 11: en negro y gris antes del tratamiento, en verde después del tratamiento. Tabla 5: filas con fondo blanco antes del tratamiento, y filas con fondo oscuro después del tratamiento con microondas.

Según los resultados, el tratamiento resultó muy interesante para inactivar las contaminaciones microbiológicas por parte de *Brettanomyces*, que desaparecieron en todas las duelas. También hubo un efecto muy significativo sobre las bacterias lácticas, que aparecieron en población muy pequeña en una de las duelas tratadas durante 10 minutos. Sin embargo, el efecto no fue tan evidente sobre las bacterias acéticas, mostrando estas una particular resistencia en la mayoría de las duelas tratadas.

3.6. Proyección de hielo seco

Otra técnica ya experimentada en Australia y en USA es la aplicación de hielo seco sobre las paredes internas de las barricas. Este ensayo no fue realizado por Excell.

Barricas usadas					
	6/5/07	11/19/07		1/27/08	
	Control	Control	Tratado	Control	Tratado
SO_2 Libre	31	38	37	26	28
SO_2 Total	47	52	45	52	58
pH	3.43	3.4	3.4	3.41	3.4
AV	0.038	0.044	0.041	0.048	0.052
Brettanomyces	70	310	<10	460	<10
4EP	10	17	13	15	13
4EG	<4	<4	<4	5	4
Taninos	265	125	120	90	95
Fenoles volátiles	1110	1200	1160	1260	1240

Tabla 6. Resultados químicos sobre Barricas 2004 de roble francés.

3.7. Arenado de las barricas

Se trata de un tratamiento de barricas más que un proceso de desinfección. El tratamiento se realiza por decapado físico-mecánico mediante proyección de un abrasivo natural: el mineral se proyecta con una presión regulable en función del estado del tonel, siendo el objetivo a lograr la máxima conservación del tostado inicial. El decapado se efectúa sobre un grosor que oscila entre 0,2 y 0,4 milímetros. El mineral y los residuos son evacuados por proyección hidráulica y mediante agua declorada. Para lograr la asepsia del tonel y descontaminarlo al máximo, se aplica posteriormente vapor seco por encima de 100 ºC durante varios minutos. Después de esta primera fase de asepsia, se lleva a cabo un enjuague para eliminar los coloides y los colorantes (antocianos). Posteriormente se aplica azufre gaseoso.

Como ventajas, se obtiene la recuperación de la oxigenación estimulada por la liberación de los poros de la madera y regenera la superficie de contacto y la asepsia por la acción combinada de tres tratamientos: procedimiento físico eliminando los depósitos orgánicos y minerales: sarros, sulfatos, colorantes, coloides, así como la película de flora microbiana de superficie (mohos, bacterias, y levaduras diversas, como *Brettanomyces bruxellensis*), el vapor seco, que mata los microorganismos al desnaturalizar las proteínas de membrana celular, y el gas sulfuroso a presión, que penetra a través de los poros.

Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la composición volátil de la madera. Como se puede obser-

var en la figura 12, existe un aumento de ciertos compuestos volátiles cedidos al vino después de 6 meses de crianza, principalmente representado por el aumento de aldehídos fenólicos en comparación con el lavado clásico y lavado con vapor y aplicación de sulfuroso. En este caso también se quiso evaluar el efecto de la crianza en barrica nueva.

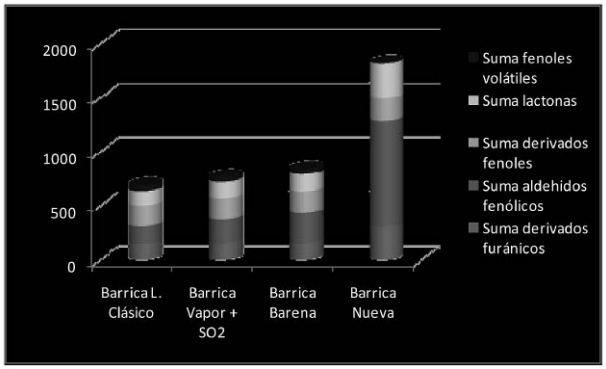


Figura 12. Resultados del análisis de la composición volátil de la madera después de 6 meses de crianza en barricas con lavado clásico, lavado con vapor, arenado y barricas nuevas.

4. CUADRO SINÓPTICO RESUMIDO DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE DESINFECCIÓN DE BARRICAS

En el presente cuadro (tabla 7) se presentan de forma resumida las ventajas y desventajas de las diferentes técnicas existente en la actualidad para la limpieza y desinfección de las barricas de vino en bodega, donde se incluye el mechado o la quema de azufre. La principal conclusión que podemos obtener, es que en la actualidad no existe una técnica que por fácil, económica y eficaz pueda suplir en su totalidad al mechado. Sin embargo sí se empieza a dilucidar que con la aplicación de técnicas existentes o en desarrollo, según el estado de las barricas y la naturaleza de los contaminantes químicos y microbiológicos, o la combinación de varias de ellas en una secuencia lógica, se puede hacer frente a una posible aplicación de la antipática y poco razonable directiva europea de prohibición del empleo de sulfuroso en la desinfección de barricas.

Por otra parte, tampoco hay razones para pensar que el mechado de barricas es la técnica que nos ha salvado sistemáticamente de todos los males y contaminantes microbianos en la crianza del vino, pues en la actualidad son problemas a los que las bodegas deben hacer frente, así que nunca estará de más seguir aumentando el conocimiento de alternativas e innovando para poder mejorar el estado del arte en la desinfección de barricas, ya que estas, más que un continente, son un elemento dinámico de mejora y enriquecimiento de la calidad organoléptica del vino, y una de las inversiones más importantes realizadas en bodega que hay que proteger.

Tipos de Tratamiento	INCONVENIENTES	VENTAJAS
Sulfuroso	Acción limitada, formación de sulfitos, tiempo largo de acción, inestable (mecha)	Buena conservación del vino. Activo frente a bacterias acéticas
Agua ozonizada	Acción superficial e intermedia. Reactividad con materia orgánica	Fácil aplicación. Es un buen desinfectante. Eliminación de anisoles
Vapor	Tiempos largos. Inercia térmica de la madera	Muy inocuo (tiempo). Buen agente desinfectante. Económico
Oxígeno negativo	Tiempos largos de aplicación. Efecto superficial	Muy económico, aplicación ambiental, inocuo en madera
Ultrasonidos	Gasto de agua y energía, tiempo de aplicación, inversión	Elimina tartratos fácilmente. Activo a nivel de superficie e intermedio. Muy inocuo con la madera
Microondas (p-electromagnéticos)	Desinfecta pero no limpia. No disponible a nivel industrial	Buena acción biocida. Ataca desde dentro a fuera. Inocuo con la madera

Tabla 7. Resumen de las principales ventajas y desventajas de las técnicas existentes y en desarrollo de desinfección de barricas.

5. CONCLUSIONES FINALES

- El mantenimiento de barricas para el vino es una tarea indispensable para desarrollar y mejorar la calidad de los vinos a corto, medio y largo plazo.
- Una conservación efectuada en recipientes limpios y desinfectados permite al vino desarrollarse de manera armoniosa a lo largo de su proceso de envejecimiento en botella sin necesidad de tratamientos previos.
- En caso contrario, será necesario y con frecuencia estabilizar de manera enérgica el vino en el momento del embotellado para evitar la alteración de su calidad.
- Es indispensable respetar reglas simples y elementales para conseguir una limpieza y una desinfección eficaces. Por otro lado, incluso si se ha realizado un trabajo perfecto, la desinfección es siempre temporal.
- No es posible esterilizar la madera y su estructura particular hace difícil una desinfección perfecta.
- Cuando se ha realizado de manera química, la desinfección no es sino superficial, ya que es imposible hacer penetrar los agentes desinfectantes profundamente en la madera sin riesgo de dejar residuos nefastos o de alterar la calidad de las interacciones madera-vino.
- Únicamente los procedimientos térmicos permiten eliminar la contaminación profunda, pero es necesario el empleo de tecnología y procesos de trabajo lentos si verdaderamente queremos hablar de desinfección.
- Las técnicas de renovación de las barricas que consisten en la eliminación, mediante procedimientos físicos de la capa superficial de las duelas en contacto con el vino, producen una limpieza más profunda pero no desinfectan.
- Los intercambios madera-vino son, sin duda, mejorados, pero no recuperan los niveles de las barricas nuevas.
- Las técnicas empleadas en el estudio han mostrado una buena eficacia frente a la eliminación de contaminantes microbianos.

BIBLIOGRAFÍA

Fernando Gabriel Colil Avila. (2005). Tesis Doctoral: Efectos del uso de ozono en barricas de roble para el control de Brettanomyces Spp.. Facultad de Ciencias Agronómicas Escuela de Agronomía Departamento de Agroindustria y Enología, Santiago de Chile.

Chatonnet P. ; Boidron J.N.; Dubourdieu D. (1993). Influence des conditions d'élevage et de sulfitage des vins rouges en barriques sur leur teneur en acide acétique et en éthyl–phénols. *J. Int. Sci. Vigne et vin*. 27, 4, pag. 277–298.

Chatonnet P.; Boidron J.N.; Dubourdieu D. (1994). Nature et évolution de la microflore du bois de chêne au cours de son séchage et de son vieillissement à l'air libre. *J. Int. Sci. Vigne et du Vin*, 28, 3, pag. 185–201.

Chatonnet P. 1995. Le séchage et la maturation des bois en tonnellerie. *Rev. Fr. OEnol.*, Nº 151, pag. 33–38.

Chatonnet, P; Fleury1, A.; Boutou, S. y Palacios, P.; (2010). Puesta en evidencia de una nueva fuente de contaminación de 2,4,6–tricloroanisol (TCA) en el vino a partir de la madera de roble *Quercus sp*. y su efecto durante la crianza en barricas. Enoviticultura Nº 6, pag. 2-11.

Giordano G. (1971). Caractteristiche fisiche et meccaniche del legno. In "Tecnologica del Legno". Vol. 1, 966–977, Utet Ed.

Swann J.S; Reid K.J.G; Howie D.; Howelet S.P. (1993). A study of the effect of air and kiln drying of cooperage oakwood. In "Elaboration et connaissance des spiritueux" Cantagrel R. (ed.), Lavoisier Tec. Doc (Pub.), Paris, pag. 557–561.

EL ENÓLOGO DEL SIGLO XXI: COMO ADECUARSE A LA MADUREZ DE LA VENDIMIA MEDIANTE LA ELECCIÓN DE ITINERARIOS ENOLÓGICOS

Víctor Puente López
Licenciado en Ciencias Biológicas y en Bioquímica. Enólogo. Director Científico Laffort España

1. RESUMEN

Este trabajo se presenta como un claro ejemplo de cómo la madurez de la uva afecta a la calidad aromática y gustativa de los vinos y como levaduras y enzimas pueden llegar o no a adaptarse a esas diferentes madureces.

Una misma parcela ha sido vendimiada en dos tiempos diferentes, dos estadios fisiológicos diferentes, vinificadas por separado, a su vez con dos protocolos diferentes, levadura y enzima dirigidas a vinos frescos y fáciles de beber, y levadura y enzimas destinados a vinos longevos y complejos.

Tras el análisis de los datos, se ha podido observar, como las vendimias tempranas son más proclives a presentar aromas frescos y cítricos, y las vendimias tardías a aromas más intensos y complejos. El empleo de agentes tecnológicos (levadura y enzima), destinados a la extracción de precursores aromáticos sólo fueron validos en vendimias tempranas. Sin embargo, el empleo de levaduras y enzimas dirigidos a una extracción fenólica y de polisacáridos, se presentó como mejor eje para las vendimias tardías, mostrando el interés de la correcta elección del itinerario tecnológico en la elaboración de vinos tinto tempranillo.

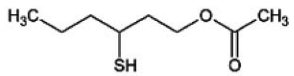
2. INTRODUCCIÓN

El primer comentario de un enólogo, es que no hay dos vendimias iguales. El objetivo de este trabajo, es vislumbrar cuales son los problemas principales a los que el enólogo se va a enfrentar a la hora de la elección del correcto comienzo de la vendimia, sobre todo a nivel de madurez fenólica y aromática de las uvas, como dirigir su vino de acuerdo a esta calidad adaptándose a la vendimia.

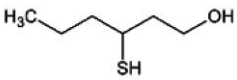
La composición de las uvas cambia drásticamente durante la maduración de las mismas. Normalmente los antocianos que se acumulan en la baya suelen estar correlacionados con el incremento de glucosa de las mismas. La temperatura, luminosidad, estado hídrico de la planta y prácticas culturales alteran esta acumulación[1].

Menos conocido es la evolución del resto de flavonoides durante la maduración de las uvas. Desde un punto de vista cuantitativo, se ha observado en variedades como la Cabernet Sauvignon, como los taninos proantociánicos tienden a aumentar durante el proceso de maduración, tanto en cantidad como en grado de polimerización, observando a nivel cualitativo, un aumento de la epicatequina (EC) y un descenso de la epicatequina 3-O galato (E3G) durante el proceso de maduración de las uvas[2]. Este hecho es importante, dado que la E3G es un monómero muy presente en las pepitas y muy reactivo frente a ciertas proteínas salivares (PRP, proline rich proteins) incrementando la astringencia y dureza de las mismas[3].

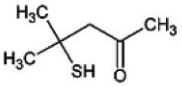
A nivel de compuestos aromáticos, además de los compuestos fermentativos, aquellos de origen secundario, normalmente frutales que provienen de la propia fermentación y que son originados por la levadura de fermentación, encontramos precursores S-cisteínicos (figura 1) que influyen en el carácter frutal de muchos vinos tintos, entre ellos el tempranillo[5], y que se ha observado como tienden a acumularse en las etapas tempranas de la madurez de las uvas, disminuyendo su concentración en su forma precursora con el avance de la maduración[6].



Acetato de 3-mercaptohexilo
(A3MH)



3-Mercaptohexan-1-ol
(3MH)



4-Metil 4-mercaptopentan-2-ona
(4MMP)

Figura 1. Moléculas aromáticas de origen S-cisteínico.

En este trabajo, se pretende visualizar como el itinerario de elaboración escogido influye en el proceso de extracción fenólica y aromática de los vinos, y como el enólogo actual debe modular los diferentes itinerarios de acuerdo a un plan previamente definido acorde al proceso de maduración de la uva.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso: Se eligieron dos estadios de maduración uva temprana y uva óptima de acuerdo a su madurez tecnológica, y dos protocolos diferentes, moderno y tradicional, con el objeto de vislumbrar diferencias organolépticas y físico-químicas, e intentar adecuarnos a la propia maduración de la uva:

Madurez temprana. Objetivo: Máxima extracción de precursores aromáticos S-cisteínicos, que proporcionen caracteres frescos y salvajes propios de sus aromas tiólicos, 4-mercapto-4 metil-pentanona (4MMP descriptor boj) , 3-mercaptohexanol (3MH descriptor pomelo), acetato de 3-mercaptohexanol (A3MH descriptor fruta de la pasión).

Madurez tardía. Objetivo: Máxima extracción de taninos redondos, untuosos, donde la extracción de taninos proantociánicos de alto peso molecular prevalezcan, y vengan asociados a la extracción de polisacáridos que reduzcan la astringencia de los vinos.

Itinerario moderno: Extracción selectiva de precursores S-cisteínicos no-aromáticos (4MMP, 3MH y A3MH), con una enzima pectolítica de extracción de estos precursores (lafase Fruit), y una *Saccharomyces cerevisae* reveladora de sus moléculas aromáticas (Zymaflore RX60) que revele las notas frescas y ácidas.

Itinerario tradicional: Extracción selectiva de taninos de alto peso molecular y polisacáridos que proporcionen longitud y estructura para ahondar en la crianza de los vinos, con una enzima pectolítica de extracción de taninos de alto peso molecular y polisacáridos (lafase HE Grand Cru), y una *Saccharomyces cerevisae* que potencie la variedad y que ceda polisacáridos y manoproteínas (Zymaflore FX10).

Todos los vinos fueron sembrados con la misma bacteria, lactoenos PreAC 450 para la realización de la fermentación maloláctica. Los vinos fueron elaborados en las instalaciones del Consejo Regulador de la D.O. Ribera del Duero.

Metodología de análisis de uvas: Se pesan 200 bayas de cada muestra que proceden de varios racimos representativos del depósito a vinificar y se procede a su trituración, hasta conseguir un pasta fluida. A continuación, se deja en maceración dicha pasta y se centrifuga hasta separar el mosto de la masa sólida. Con el mosto obtenido se realizan unas determinaciones entre las que consta el Índice de Maduración Fenólica (IMF): Índice de polifenoles totales potenciales mediante espectrofotometría UV a 280 nm, antocianos extraíbles totales mediante decoloración con bisulfito y espectrofotometría UV a 520 nm, índice de taninos (aquellos que son fácilmente extraíbles), e índice DMACH o índice de polimerización de procianidinas mediante espectrofotometría, (Metodología Excell Ibérica).

Cata organoléptica de los vinos: Análisis sensorial mediante el sistema normalizado ISO 11.035 con la utilización de descriptores consensuados y cuantificables, y con la participación de catadores cualificados y entrenados previamente al método y a la tipología de vinos a catar.

Análisis de aromas. Se ha realizado análisis de aromas, 4-metil 4-mercaptopentan-2-ona (4MMP), 3-mercaptohexan-1-ol (3MH), acetato de 3 mercaptohexilo (A3MH) a través del laboratorio Sarco (Francia), mediante cromatografía en fase gaseosa acoplado a espectrometría de masas. (CPG-SM).

4. RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis de las uvas. Los resultados fisco-químicos de las uvas se presentan a continuación. La madurez temprana, se vendimió el 06/10/09 y la madurez tardía el 09/10/09, de acuerdo a criterios de grado Beaumé (mad. Temprana 13,0º; mad. Tardía 13,5º). Los análisis de las uvas muestran un aumento del volumen de la baya, grado potencial así como una ligera pérdida de ácido málico, aunque no se observaron diferencias significativas en cuanto a la acidez total de las uvas. (figura 2).

De las mismas uvas, se llevó a cabo la cata de las mismas y se intentó visualizar el potencial enológico de las mismas, a través de parámetros ya estipulados. Se observó cómo según avanzaba la madurez de la uva, la concentración en antocianos y taninos extraíbles y su índice de madurez, aumentaban mientras que su índice DAMACH disminuía (cuanto más alto, menos tanino polimerizado) (figura 3).

Análisis de las uvas	Madurez temprana	Madurez óptima
Masa/baya (g)	1,48	1,55
Acidez total (gac.tartárico/l)	4,60	4,70
ph (20ºC)	4,03	3,97
Ac. Málico g/l)	3,09	2,87

Figura 2. Análisis físico-químicos de las uvas.

	In. Taninos potenciales	Antocianos extraibles (mg/l)	In. de madurez taninos	Potencial organoléptico	In. DAMACH
Mad. Temprana	35	677	49	2,5	73
Mad. Tardía	36	753	67	2,5	52

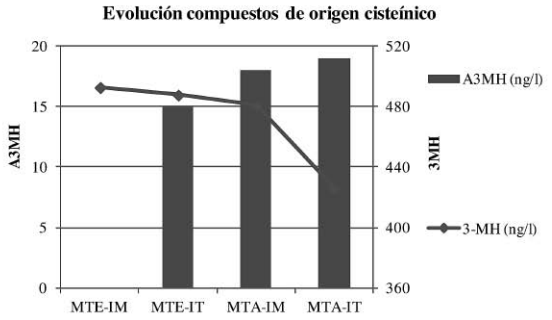
Figura 3. Potencial enológico de las bayas de uva.

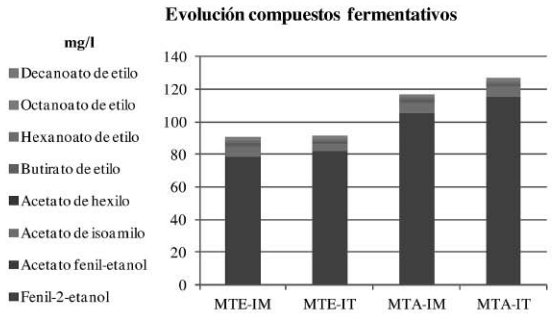
Índice de madurez	Índice de taninos potenciales	Antocianos extraibles (mg/l)	Índice de madurez de taninos (IMT)	Potencial organoléptico (0 a 5)	Índice DMACH
Insuficiente	< 45	< 350	< 40	< 2	> 200
Aceptable	45-50	350-500	45	2-3	150-200
Buena	50-60	550-650	45-50	> 3.5	130-120
Muy buena	> 60	> 700	> 55	> 4	120-100
Excelente	> 70	> 800	> 70	> 4-5	< 100

Figura 4. Índices de referencia de las bayas de uva.

La interpretación de estos índices, nos dice que estamos ante uvas de baja concentración fenólica, muy polimerizado y con mucho antociano, sobre todo en la madurez óptima, y con índices de madurez buenos-muy buenos, aunque con bajo potencial organoléptico (figura 4).

Análisis de los vinos resultantes: Los resultados aromáticos se presentan a continuación. (figura 5 y figura 6). Los vinos procedentes de vendimia temprana, presentaban mayores cantidades de 3MH, molécula primaria procedente de la uva, siendo un poco más elevado en los dos casos con el tratamiento moderno. Sin embargo, la madurez óptima mostró mayores niveles de aromas fermentativos, sobre todo 2-feniletanol así como de A3MH. En ninguno de los vinos se detectó 4MMP *(el A3MH tampoco se detecto en MTE-PM).*





Figuras 5 y 6. Concentración aromática de compuestos tiólicos y fermentativos de los vinos tras la fermentación maloláctica. MTE=Madurez Temprana; MTA= Madurez Tardía; PM=Itinerario Moderno; PT= Itinerario Tradicional.

A la vista de los resultados, se observa una cierta tendencia hacia mayor presencia de 3MH, en vendimias tempranas, y una mayor presencia de su acetato A3MH y de ésteres de fermentación en vendimias tardías. La vinificación moderna presentó una tendencia hacia la formación de 3MH, y la vinificación tradicional hacia el A3MH y ésteres de fermentación.

Resultados organolépticos: Se presentaron los vinos, tras 12 meses en barrica de roble americano de tercer uso, de tostado medio-fuerte a un panel de expertos catadores (5) en anónimo y por duplicado para su degustación y descripción según análisis sensorial mediante el sistema normalizado ISO 11.035 con la utilización de descriptores consensuados y cuantificables previamente entrenados al sistema y a los vinos en particular, con el objeto de vislumbrar cambios en el perfil gustativo de los vinos. Los resultados obtenidos en las fichas de cata se tratan mediante el programa estadístico XLSTAT por análisis de componentes principales (ACP).

Se analizaron por duplicado y en anónimo:

- Vinos 1-5 madurez temprana, itinerario moderno.
- Vinos 2-6 madurez temprana, itinerario tradicional.
- Vinos 3-7 madurez óptima, itinerario moderno.
- Vinos 4-8 madurez óptima, itinerario tradicional.

A nivel gustativo (figura 9), los ejes explican un 79,60% de la varianza, y curiosamente es posible emparejar los vinos dentro de cada par, indicando la diferenciación de la elaboración y del tratamiento, con los vinos 2-6 y 3-7, lejos del equilibrio, vinos tánicos y secos, y el 1-5 y 4-8 cercanos entre si y al equilibrio descriptores grasos, siendo estos los mejor valorados.

A nivel retronasal, ocurre lo mismo a nivel de agrupación, con 2-6 y 3-7 vinos cercanos a los herbáceos, el 1-5 separados de ellos, pero lejos de las notas persistentes y complejas, y 4-8 junto a los afrutados y cálidos. Los ejes explican un 73,30% de la varianza.

5. CONCLUSIONES

Observamos a nivel aromático, que en vendimias tempranas es posible obtener vinos Tempranillo donde el carácter aromático primario del 3-MH (pomelo), moléculas primarias con descriptores frescos, inciden en el carácter cítrico de los vinos. A medida que la madurez avanza, su acetato, el A3MH (fruta de la pasión), como los aromas de fermentación, el 2-feniletanol (rosas), toman mayor presencia, haciéndolos mucho más complejos y persistentes.

Ello conlleva que el empleo de enzimas y levaduras (protocolo moderno), que liberen los precursores del 3MH (pomelo), está recomendado hacia vendimias tempranas, donde se quiere explotar el carácter más varietal del tempranillo, con notas frescas a nivel gustativo. En vendimias tardías, estos protocolos al no incidir sobre la extracción fenólica selectiva quedan peor valorados.

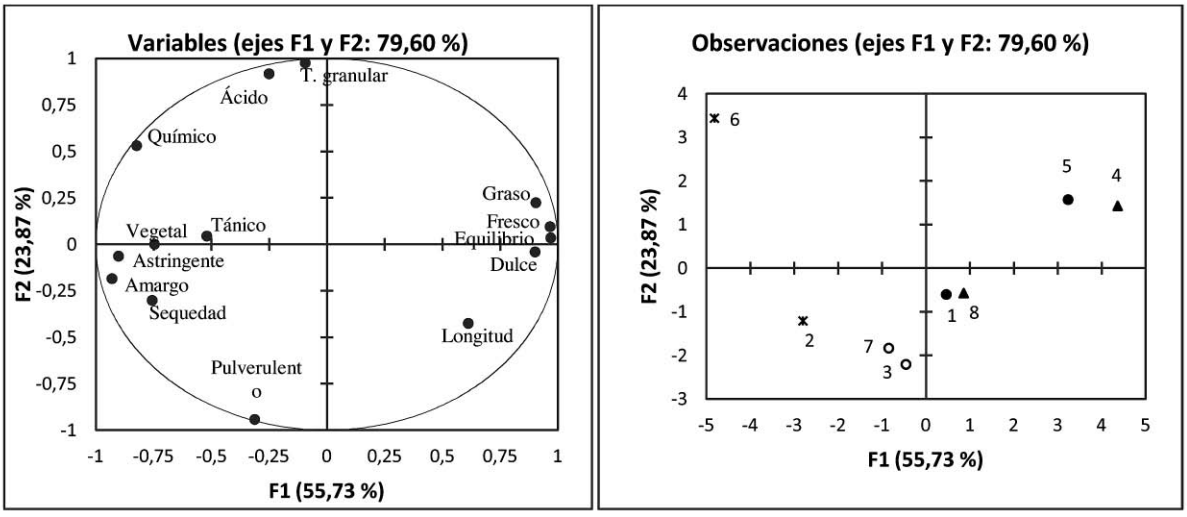


Figura 7. Interpretación y análisis de los resultados organolépticos.

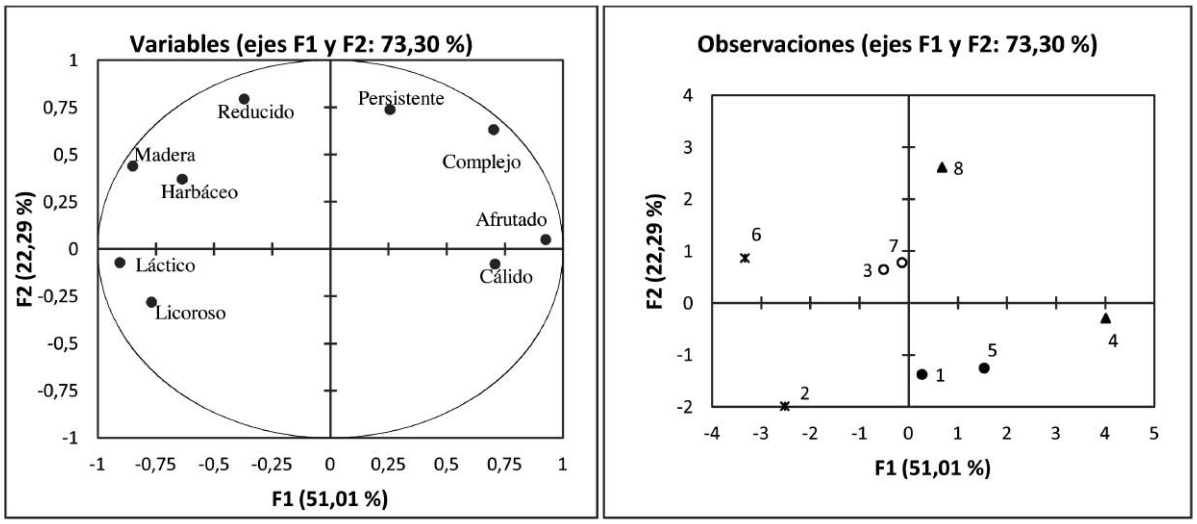


Figura 8. Interpretación y estudio de los resultados organolépticos.

Sin embargo, a medida que la madurez avanza, se pierde el carácter fresco y se incide en su naturaleza aromática más compleja, ganando en equilibrio tánico y polimerización. En este caso enzimas pectolíticos y levaduras que extraigan y engloben esos taninos incidiendo sobre la boca, (protocolo tradicional), se presentan como herramientas esenciales para los enólogos. Su empleo en vendimias tempranas, no es recomendable, dado a que posiblemente los taninos no estén polimerizados, y se fomente la extracción de taninos verdes y amargos.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Regulador de la D.O. Ribera del Duero por su colaboración en la elaboración de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. James A. Kennedy, Mark A. Matthews and Andrew L. Waterhouse. Effect of Maturity and Vine Water Status on Grape Skin and Wine Flavonoids. Am. J. Enol. Vitic 2002 vol. 53 no. 4 268-274.

2. Kennedy JA, Matthews MA, Waterhouse AL. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. Phytochemistry. 2000 Sep;55(1):77-85.

3. De Freitas V, Mateus N. Structural features of procyanidin interactions with salivary proteins. J Agric Food Chem. 2001 Feb;49(2):940-5.

4. Pellerin, P.; Doco, T.; Vidal, S.; Williams, P.; Brillouet, J.M.; O'Neill, M.A. Structural characterization of red wine rhamnogalacturonan II. Carbohydr. Res. 1996, 290, 193-197.

5. Caracterización aromática de los vinos rosados españoles. Moléculas químicas más representativas. PUENTE, V. GOURRAUD, C. La Semana vitivinícola. Septiembre 2009. N: 3281, Pg: 2486-2494.

6. Peyrot des Gachons, C.; Tominaga, T.; Dubourdieu, D. Measuring the aromatic potential of Vitis vinifera L. cv. Sauvignon Blanc grapes by assaying S-cysteine conjugates, precursors of the volatile thiols responsible for their varietal aroma.J. Agric. Food Chem. 48: 3387–3391; 2000.

APLICACIÓN DEL SO_2 EN ENOLOGÍA Y POSIBLES ALTERNATIVAS

Eva Navascués López-Cordón
Doctora en Microbiología. Agrovin, S.A.

1. EL DIFÍCIL EQUILIBRIO DEL SO_2 ACTIVO EN EL VINO

El anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre (E-220) es sin comparación el aditivo más ampliamente utilizado en vinificación y también el más indispensable. Los efectos antioxidante, antioxidásico y antimicrobiano del anhídrido sulfuroso, convierten a esta molécula en una herramienta prácticamente imprescindible en la elaboración de vinos. Es una gas a temperatura ambiente, pero en el vino, el anhídrido sulfuroso se haya presente en tres formas distintas (figura 1).

El bisulfito puede combinarse con el acetaldehído y con otros compuestos, lo que origina la formación del denominado anhídrido sulfuroso combinado. Algunas de estas combinaciones son relativamente poco estables, como es el caso de las uniones con azúcares, ácidos y antocianos, mientras que otras lo son muchísimo, como sería el caso de la combinación con el acetaldehído.

Los enólogos denominan SO_2 o sulfuroso a todas estas formas. Cuando en bodega se comenta que un vino tiene 100 ppm de sulfuroso, se refiere al contenido total de SO_2 del vino, que significa:

- **SO_2 total= SO_2 libre + SO_2 ligado**

Siendo:

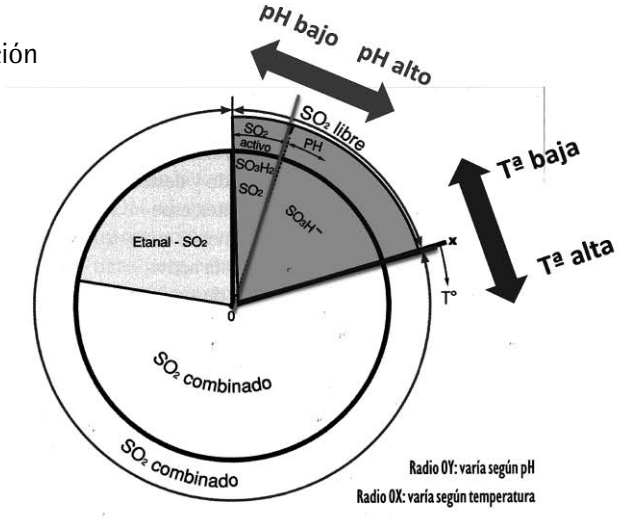
- **SO_2 libre** = SO_2 molecular + bisulfitos + sulfitos
- **SO_2 ligado:** sulfitos unidos a otras moléculas como azúcares, acetaldehído o compuestos fenólicos.

Las propiedades enológicas del SO_2 dependen de la forma química en que se encuentre:

- **Anhídrido sulfuroso molecular (SO_2):** Principal responsable de la actividad antimicrobiana. Se considera generalmente que el anhídrido sulfuro-

Figura 1. Formas del sulfuroso en el vino.

1. Sulfuroso molecular SO_2 en solución acuosa (H_2O).
2. Bisulfito en forma de ion HSO_3^-.
3. Sulfito en forma de ion SO_3^{2-}.



so molecular es unas 20 veces más efectivo que el bisulfito en la inhibición de las levaduras, y unas 500 veces más en la inhibición de las bacterias. Posee una cierta actividad antioxidante, y es responsable del desagradable olor picante que presenta el anhídrido sulfuroso. Su presencia está ligada estrechamente al pH del vino.

- **Bisulfito (HSO_3^-):** Esta es la forma predominante en el vino y es el principal responsable de la inactivación de las polifenoloxidasas. Por tanto, la actividad antioxidásica del dióxido de azufre depende de su presencia. Por el contrario sus efectos antimicrobianos y antioxidantes son de poca importancia.
- **Sulfito (SO_3^{-2}):** Al pH del vino su presencia es mínima. Aún así, el sulfito es capaz de reaccionar directamente con el oxígeno y con el peróxido de hidrógeno, y por lo tanto posee una cierta capacidad antioxidante.

El SO_2 combinado carece de actividad antioxidante y antioxidásica, y sus efectos antimicrobianos son muchísimo menores, por lo que la combinación del dióxido de azufre comporta la práctica pérdida de sus beneficiosos efectos (tabla 1).

Aunque los vinos se mueven en torno a un intervalo de pH relativamente reducido, siempre ácido y acotado entre 3 y 4, el valor de pH de cada vino va a condicionar fuertemente la relación entre sulfito y sulfuroso molecular. Como describe la figura 2, a los pHs del vino, el bisulfito siempre es mayoritario, por lo que la actividad antioxidásica está asegurada. Sin embargo, la actividad antimicrobiana, dependiente del sulfuroso molecular, es muy variable y a pH_s cercanos a 4, prácticamente inexistente.

En general se estima que para conseguir una buena estabilidad microbiológica se necesitan 0,5 mg/l de SO_2 molecular. En vinos secos, y 2 mg/l para vinos dulces. Para evitar proliferación microbiana se necesitan 0,8 mg/l de SO_2 molecular en vinos secos. La Tabla 2 muestra la concentración de SO_2 libre necesario para obtener la concentración indicada de SO_2 molecular. En los vinos de nuestra geografía procedentes de viñedos de zonas templadas o cálidas, donde los pH son elevados el mantenimiento de los valores de sulfuroso efectivo es un verdadero reto para el enólogo.

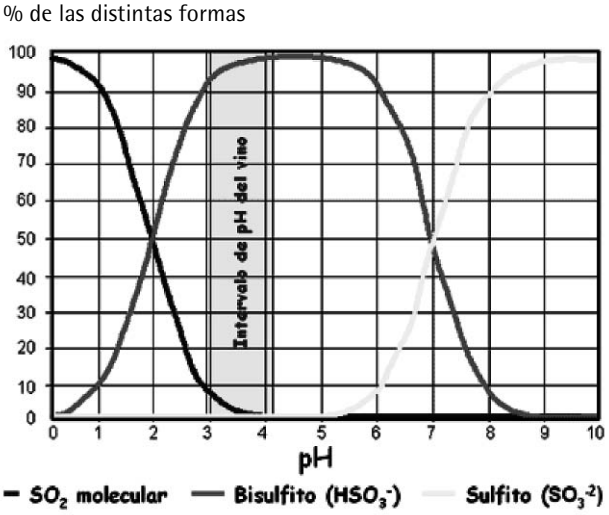


Figura 2. Equilibrio entre las diferentes formas del SO_2 en función del pH del vino. Tomado de F. Zamora.

	SO_2 molecular (activo)	Bisulfito HSO_3^-	Sulfito SO_3^{2-}	Combinado
Fungicida	++	debil	-	-
Bactericida	++	debil	-	debil
Antioxidante	++	+	debil	-
Antioxidásico	+	++	-	-
Potencial redox	+	+	debil	-
Combinación etanal	+	+	+	+
Papel gustativo	Olor picante. Gusto azufre	Sin olor. Gusto azufre	Sin olor. Gusto azufre	Sin olor. Sin sabor

Tabla 1. Las propiedades enológicas del SO_2 dependen de la forma química en que se encuentre.

pH	SO_2 molecular		
	0,5 mg/l	0,8 mg/l	2,0 mg/l
2,8	5	8	20
2,9	6	10	25
3,0	8	12	31
3,1	10	16	39
3,2	13	20	49
3,3	16	25	62
3,4	19	31	78
3,5	24	39	98
3,6	31	49	123
3,7	39	62	155
3,8	49	78	195
3,9	62	98	246
4,0	78	124	310
4,1	97	156	390

Tabla 2. Concentración de SO_2 libre necesario para obtener la concentración indicada de SO_2 molecular.

2. DESVENTAJAS DEL SULFUROSO

Por desgracia, las excelentes cualidades del sulfuroso en elaboración de vino presentan una cara oculta que conviene considerar.

a) **Alteraciones organolépticas**: Si bien la presencia de suficiente SO_2 libre activo es garantía para la estabilidad del vino, un exceso de SO_2 libre altera su percepción olfativa, con notas picantes y disminución de las cualidades aromáticas y cromáticas.

b) **Repercusiones sobre la salud del consumidor:** El SO_2también es un compuesto irritante y puede tener efectos negativos para la salud en consumidores sensibles. Se estima que cerca de un 1% de la población presenta una sensibilidad elevada a los sulfitos, otros estudios sugieren que el 5% de los asmáticos pueden tener reacciones adversas después de ingerir SO_2. Sin embargo, se puede argumentar que, teniendo en cuenta su utilización tradicional en numerosos alimentos, hay pocos datos disponibles de su efecto sobre la salud.

c) **Legislación limitante:** Teniendo en cuenta la posible sensibilidad del consumidor a este agente, la Unión Europea ha reducido aún más el límite de SO_2 total en vinos tintos y blancos hasta 150 y 200 mg/l, respectivamente, (CE 606/2009) para vinos secos (<5 g/l de glucosa y fructosa). En vinos ecológicos la normativa es mas restrictiva, siendo el límite de SO_2 total de 100 mg/l para vinos tintos y 150 mg/l para vinos blancos (UE 203/2012). Además el empleo de sulfuroso se ve afectado por la normativa relativa al etiquetado en vinos de productos potencialmente alérgenos, donde se recoge la necesidad de mención en el etiquetado cuando el contenido en sulfitos se encuentre en concentraciones superiores a 10 mg/kg o 10 mg/l, expresado como SO_2.

Debido a los efectos nocivos y a las limitaciones legales, en los últimos años, existe una tendencia a reducir progresivamente los niveles máximos autorizados en los mostos y en los vinos. Aunque en la actualidad ningún compuesto conocido puede desplazar al SO_2 en todas sus propiedades enológicas, existe un gran interés por la búsqueda de otros conservantes inocuos para la salud que puedan sustituir, o al menos complementar, la acción del SO_2 permitiendo su reducción en los vinos.

3. SUSTITUCIÓN DEL SULFUROSO EN VINOS, PARCIAL O TOTALMENTE

Las posibles alternativas al sulfuroso pueden suplir parcial o totalmente sus propiedades antimicrobianas o antioxidantes y antioxidásicas, pero no todas a la vez. En lo que se refiere a productos con actividad antimicrobiana como posibles sustitutos al SO_2, además del acido sorbico, se han ido aprobando en la OIV y posteriormente por la UE, la lisozima, el dicarbonato de dimetilo (DMDC), y más recientemente el quitosano, compuestos que ejercen su efecto sobre levaduras o bacterias, según su modo de acción.

Para sustituir o complementar el efecto antioxidante, pueden emplearse compuestos como el ácido ascórbico (vitamina C), diversos grupos de polifenoles o elementos biológicos de elevada capacidad antioxidante como el glutatión. Como ya se ha comentado, ninguno de estos compuestos tiene las propiedades pluripotenciales del sulfuroso, por lo que cualquier elección de estas alternativas debe ir acompañada de

prácticas enológicas que protejan las uvas, mostos y vinos frente a las alteraciones microbianas y la oxidación.

3.1. Alternativas al SO_2 con efecto antimicrobiano

a) **El ácido sórbico** o ácido 2,4-hexadienoico, es un compuesto orgánico natural empleado como conservante alimentario. Debe su nombre a que fue aislado por primera vez en las frutas del género *Sorbus*. Se emplea en Enología en forma de sales (sorbato potásico principalmente), como agente fungistático, es decir, limitan el desarrollo de las levaduras. El ácido sórbico, actúa inhibiendo enzimas vitales como las mediadoras del metabolismo de los hidratos de carbono, catalasa y peroxidasa, entre otras. En la práctica resulta interesante para vinos blancos con alto contenido en azúcar, aplicado en el embotellado, con el fin de evitar las refermentaciones. El ácido sórbico debe estar siempre asociado al SO_2, pues no tiene ninguna acción antioxidante ni antibacteriana. Es más, parece que en concentraciones ineficaces, algunas especies de *Lactobacillus ssp* pueden reducir el ácido sórbico al alcohol correspondiente, el sorbitol, que reacciona con el etanol formando un éter que tiene un fuerte olor a geranio. La dosis máxima legal es de 200 mg/l, pero este límite no es aceptado en todos los países, aspecto a tener en cuenta cuando el vino se destina a la exportación.

b) **La lisozima** es una enzima aislada de la clara de huevo que se emplea en vinos para controlar bacterias lácticas. Actúa sobre la pared celular de bacterias Gram-positivas, dentro de las que se encuentran *Oenococcus*, P*ediococcus* y *Lactobacillus*. La lisozima no es activa frente a bacterias Gram-negativas como las bacterias acéticas, debido a que la estructura de su pared celular es diferente y de mayor resistencia. No tiene actividad alguna sobre las levaduras. La efectividad de la lisozima no solo depende del tipo de bacteria, sino también del número de células bacterianas presentes en el medio. Al contrario que el SO_2, la lisozima es más efectiva a medida que aumenta el pH, circunstancia que favorece el crecimiento de las bacterias lácticas. Puede ayudar a reducir la cantidad de SO_2 necesario para conseguir la estabilidad microbiana del vino. Las dosis de aplicación de lisozima son elevadas (20-50 g/Hl) y su empleo presenta dos efectos enológicos colaterales a considerar. Por una lado, esta proteína se une con los taninos y polifenoles, pudiendo provocar una disminución de color. En general, la utilización de 10-20 g/Hl no tiene influencia perceptible. En ensayos con variedades tintas aplicando la dosis máxima legal (50 g/Hl) se aprecian variaciones instrumentales, aunque no visuales. Otro efecto a tener en cuenta es que su aplicación en vinos blancos, afecta a la estabilidad proteica del vino.

c) **Dimetildicarbonato (DMDC).** Se trata de un compuesto sintético de potente acción antimicrobiana, sobre todo frente a levaduras. Por su rápida degradación en medio acuoso su empleo está optimizado en el momento del embotellado. Ejerce su acción microbicida al hidrolizarse en metanol y CO_2. A 10 ºC la hidrólisis se completa en cuatro horas y 20 minutos, a 20 ºC en tan solo 80 minutos. Este compuesto actúa a nivel enzimático, concretamente provoca la metoxicarbonilación de la histidina de las alcoholes hidrogenasa y G3P-deshidrogenasa. Las dosis de empleo oscilan entre 75-200 ppm. Como inconvenientes hay que citar la rapidez de su acción que hace que el tratamiento deba realizarse sobre volúmenes pequeños (por eso se aplica en el embotellado), y el incremento de los niveles de metanol en el vino. Es un compuesto muy tóxico que debe manejarse con cuidado (ropa adecuada, zonas ventiladas, protocolos de seguridad).

d) **El quitosano** es un polisacárido natural de origen fúngico. Para su uso en Enología, se extrae y se purifica a partir de la quitina de fuentes fúngicas alimentarias como *Aspergillus niger*. El quitosano está constituido por unidades de azúcar glucosamina (unidad desacetilada), y por unidades N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada), unidas entre sí por enlaces de tipo ß1,4). Su modo de acción no es todavía muy bien conocido, parece que por una lado provoca la fijación de las células microbianas sobre las fibras que son arrastradas al fondo del depósito (acción clarificante). También hay destrucción de células por interacciones de carga entre el polisacárido y las membranas celulares. Aunque puede emplearse en clarificación e incluso flotación, dado su alto precio, se emplea principalmente para la estabilización biológica de los vinos afectados por *Brettanomyces.*

3.2. Alternativas al SO_2 con efecto antioxidante

a) **El ácido ascórbico o vitamina C** se emplea en Enología como antioxidante, aunque también se cuestiona su utilización debido a sus características protooxidante en determinadas situaciones tecnológicas. Cuando el ácido ascórbico es añadido al mosto (o vino), éste se oxida rápida y preferencialmente, dando dos productos de reacción: ácido dehidroascórbico y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). La reacción entre el ácido ascórbico y el oxígeno es mucho más rápida (tiempo medio de reacción 35 minutos) que la que ocurre entre el SO_2 y el oxígeno (la reacción entre SO_2 y el O_2es muy lenta, unos 30 días). Si en el medio no hay suficiente ácido ascórbico para reaccionar con el oxígeno disuelto, puede comenzar una serie de oxidaciones acopladas. Si, además, no hay suficiente SO_2 en el medio para reaccionar con el peróxido formado durante la oxidación del ácido ascórbico, comienza la oxidación directa de otros componentes del vino.

   El empleo del ácido ascórbico tiene sentido en el proceso en condiciones muy reductivas de mostos con, aromas y precursores de aroma muy volátiles y de muy bajos contenidos fenólicos, no se recomienda su uso en mostos tintos. Las dosis de empleo rondan entre los 50 y 80 ppm. Como regla práctica de empleo, si 100 ppm de ácido ascórbico reaccionan completamente con el O_2 disuelto, 62 ppm de SO_2 son requeridos para secuestrar los productos de oxidación del ácido ascórbico. El peróxido de hidrógeno solo reacciona con el SO_2 libre, por lo tanto se necesitaran 62 ppm de SO_2 libre. En las zonas vitivinícolas cálidas, lograr en uva madura un pH en el mosto que asegure esos tenores de SO_2 libre no es sencillo. Una dosificación de SO_2 inferior a la necesaria y empleo de ácido ascórbico pueden llevar directamente a una oxidación violenta de la fracción fenólica y aromática de los mostos.

   El ácido ascórbico también ha sido empleado durante el embotellado de ciertos vinos blancos de crianza prolongada en botella, con el objeto de mantener bajo el potencial redox, aunque su uso aún en tal situación también se cuestiona. Algunas investigaciones concluyen que el ácido ascórbico añadido en esta etapa cumple poco (o incluso nulo) efecto antioxidante, pudiendo incluso actuar como protooxidante si el contenido de SO_2 libre es bajo. Sin embargo, algunos técnicos proponen su uso en esta etapa con el objeto de disminuir las dosis de ajuste de SO_2 en el momento del embotellado, disminución que, precisamente, debería evitarse especialmente. El papel del SO_2 en este caso es el de reaccionar con los productos de oxidación como el peróxido (y otros). Por lo tanto, si el ácido ascórbico se añade en el momento del embotellado, la concentración de SO_2 debe ser lo suficientemente alta para asegurar un nivel de al menos 35 ppm de SO_2 libre. Ante la necesidad de disminuir los niveles de SO_2 en el embotellado, la opción más racional sería el empleo de glutatión, cuyas propiedades antioxidantes si han sido validadas.

b) **Compuestos fenólicos.** Son componentes intrínsecos de la uva de fuerte carácter antioxidante, precisamente a esta propiedad se atribuyen las positivas propiedades del vino para la salud, en especial las del vino tinto. Los compuestos fenólicos están relacionados con estrategias de defensa de las plantas (en este caso la vid), frente a colonizaciones microbianas (actúan como inhibidores del crecimiento de microorganismos), o frente a la ingestión por herbívoros, (debido a su astringencia). Además contribuyen al color y aroma de muchos alimentos, incluido el vino.

   Además de la dotación polifenólica propia de la vendimia, se puede incrementar o equilibrar la cantidad de polifenoles en bodega, buscando mejorar algunas de estas aptitudes entre ellas el poder antioxidante. El uso de taninos como antioxidante inhibe la acción de las principales enzimas oxidasas, responsables de procesos oxidantes degenerativos como la tirosinas de uva o la lacasa fúngica.

   Los taninos utilizados en el sector enológico son por lo tanto productos naturales, de origen vegetal determinado, entre ellos la propia uva (tanino exógeno), y se emplean para reforzar la acción natural de los taninos presentes en el vino (endógenos). Se clasifican en dos grandes familias principales: hidrolizables y condensados (figura 3).

   Los taninos hidrolizables se dividen en gálicos y elágicos. Los primeros, los galotaninos, por hidrólisis en ambiente ácido liberan glucosa y ácido gálico, se extraen de la tara (*Caesalpinia spinosa*), y de las nueces de gala (*Quercus infectoria* y *Rhus semillasalata*), y presentan una coloración blanco crema o amarillenta. Los galotaninos son poco

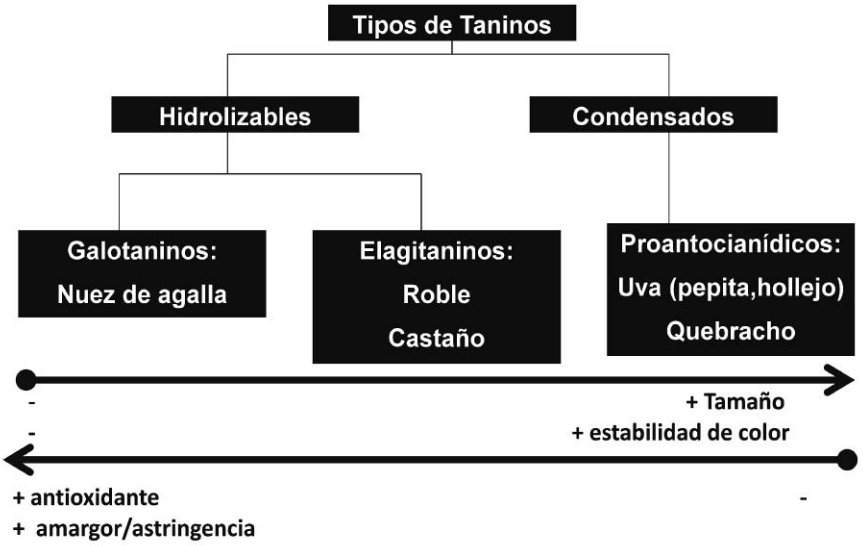


Figura 3. Clasificación de los taninos empleados en enología.

olorosos, muy astringentes y amargos al gusto. Los elagitaninos, formados por glucósidos del ácido elágico, están entre los constituyentes de la madera, tanto de roble (*Quercus robur, Quercus petraea* y *Quercus alba*) cómo de castaño (*Castanea sativa*), y presentan una coloración más oscura respecto a los galotaninos. Los elagitaninos son además menos astringentes y tienen un olor marcado a madera.

Los taninos condensados tienen menor astringencia Las proantocianidinas, presentes naturalmente en la uva (*Vitis vinifera*), están constituidas por diversas moléculas de flavonoides que bajo hidrólisis ácida liberan antocianinas y otros compuestos. Están presentes principalmente en los hollejos y semillas de la uva. También se extraen de la madera de quebracho (*Schinopsis lorentzii*) y acacia (*Acacia mollissima*).

El valor de los compuestos fenólicos como antioxidante se pone de manifiesto en la siguiente experiencia (tabla 3). Al comparar la inhibición de la oxidación en un mosto usando sulfuroso, extracto de polifenoles procedente de de semillas de uva, y ácido ascórbico, se observa que el extracto polifenólico es un tercio menos efectiva que el SO_2, pero muy superior sin embargo a la efectividad del ácido ascórbico, que no presenta diferencias significativas con el testigo. Sin embargo, la estrategia combinada de aplicación de taninos con acido ascórbico retrasa la oxidación de los antioxidante naturales, como el glutatión (figura 4).

c) **Glutatión (GSH)** es el tiol no proteico más abundante en la mayoría de los organismos vivos. Se trata de un tripéptido, siendo sus aminoácidos estructurales la cisteína, el ácido glutámico y la

	DO 420 nm [1]
Testigo	6,388 **a** [2] ± 0,011
Extracto de semilla de uva	4,875 **b** ± 0,181
Ácido ascórbico	6,263 **a** ± 0,171
Dióxido de azufre	1,712 **c** ± 0,163

[1] Cada valor representa la media de 4 repeticiones ± la desviación típica.
[2] Los valores seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes.

Tabla 3. Inhibición de la oxidación en mostos. Comparación entre el extracto de semillas de vid y otros antioxidantes. Tiempo de tratamiento: 24 horas.

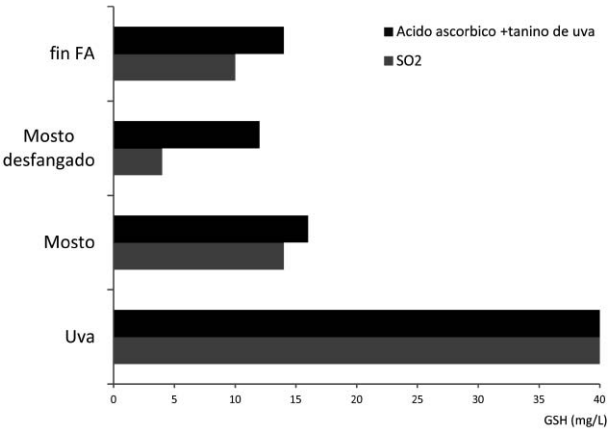


Figura 4. Concentración de glutatión (GSH) durante el proceso de elaboración de vino. Comparación entre la adición de ácido ascórbico y taninos de uva y SO_2.

glicina. Presenta un potencial de reducción y oxidación muy bajo, lo que le permite amortiguar las reacciones redox de las células. Su característica principal es la presencia de un grupo sulfhidrilo (SH), un fuerte donador de electrones, que le otorga sus propiedades antioxidantes y la capacidad de mantener en forma reducida muchas otras moléculas en la matriz del mosto/vino.

En la uva, el glutatión aumenta de manera más o menos constante durante la maduración de la baya, su concentración se encuentra positivamente correlacionada con los niveles de nitrógeno asimilable por las levaduras, y su presencia parece estar vinculada positivamente con los niveles de radiación ultravioleta (UV). El glutatión es muy fácilmente degradado en el mosto a concentraciones muy bajas de oxígeno, aún en presencia de dosis de SO_2 de 60 ppm, por lo que además es un marcador de oxidación.

El glutation forma el llamado *Grape Reaction Product* (GRP), que se refiere al producto de reacción resultante entre el glutation y las quinonas de ciertos fenoles del mosto, especialmente el ácido caftárico. El GRP es el producto final de esta cadena de oxidación, y por lo tanto limita el progreso de la misma, ya que el mismo no puede ser subsecuentemente oxidado. Pero además el GRP es un poderoso antioxidante por si mismo: mientras que un mol de un fenol simple puede consumir 3,4 moles de O_2, el mismo fenol combinado con el glutatión bajo la forma de GRP puede consumir hasta 8,5 moles de O_2 .

A nivel de la célula de *Saccharomyces cerevisiae* se ha comprobado que el glutatión tiene acción detoxificante por lo que puede actuar como activador de la fermentación alcohólica. Algunas cepas de levaduras comerciales presentan altas concentraciones celulares de glutatión intracelular y ejercen cierto efecto complementario de protección contra la oxidación en el momento de su autolisis, (a condición de que los niveles de nitrógeno asimilable iniciales sean adecuados). Adicionalmente, las lías gruesas y ciertos suplementos fermentativos a base de levadura inactiva, también pueden aportar glutatión soluble al mosto/vino. La aplicación de glutatión de manera directa no esta autorizada en Enología, aunque si se emplea en otras industrias de bebidas.

En vino embotellado y en el caso de variedades tiólicas, el glutatión parece ejercer protección sobre los tioles volátiles (4-metil-4-mercaptopentanona y 3-mercaptohexanol) y en el caso de variedades aromáticas, limita la disminución de ésteres volátiles (acetato de isoamilo), y terpenos (linalol), después del embotellado. Se estima que concentraciones de entre 10 y 20 ppm de glutatión en el momento del embotellado protegen de la degradación oxidativa de ciertos aromas. Por otro lado, algunos metabolitos derivados directamente del glutatión podrían estar implicados en la revelación de aromas de tipo mercapto hexanol y mercaptopentanona, en vinos Sauvignon Blanc. Esta es otra faceta del glutatión: la de un posible precursor de aromas varietales.

El cobre, bajo cualquiera de sus estados, es el principal enemigo del glutation, ya que se ha comprobado una relación inversa entre glutation y el cobre tanto en mostos como en vinos. El cobre en la uva, procedente de tratamientos en la planta, además de precipitar moléculas tioladas como el glutatión, es también un poderoso catalizador de la oxidación.

4. PRÁCTICAS DE ELABORACIÓN QUE REDUCEN LAS NECESIDADES DE AGENTES ANTIMICROBIANOS Y ANTIOXIDANTES

La combinación de alternativas al sulfuroso y prácticas enológicas que disminuyan su necesidad, permite la reducción significativa de las necesidades de este agente en vinos y mostos.

- **Control de la población autóctona:** La microbiota natural de la uva alberga una gran variabilidad de fenotipos que si bien contribuyen a ofrecer una mayor complejidad en los vinos, suponen un descontrol en los parámetros principales del vino. Concretamente respecto al sulfuroso, las fermentaciones con microbiota espontánea suelen tener un contenido mayor en sulfuroso combinado. Incluso en elaboraciones sin adición de SO_2, pueden superarse los 10 ppm, lo que implicaría la necesidad de indicarlo en el etiquetado del vino embotellado. Por otro lado una gran variabilidad en cepas autóctonas, supone también una mayor variabilidad en la resistencia al poder antiséptico del sulfuroso, y la necesidad de aplicar una mayor cantidad para obtener resultados satisfactorios.
- **Empleo de inóculos con baja producción de SO_2 y acetaldehído**. Tampoco las cepas comerciales tiene la misma tasa de producción de SO_2 y de compuestos carbonílicos como el acetaldehído, que contribuyen a la combinación del SO_2 libre (figura 5).
- La **coinoculación levadura bacteria**, permite enlazar fermentación alcohólica y maloláctica, evitando la desprotección de vino entre una y otra y por tanto reducir las dosis de sulfuroso en el vino terminado.
- **Nutrición adecuada**: Como se ha indicado anteriormente, el contenido en nitrógeno asimilable está relacionada con la liberación de GSH por las levaduras durante la fermentación alcohólica (figura 6). Para obtener los beneficios antioxidantes de este compuesto, es preciso evitar las situaciones carenciales de nitrógeno. En este sentido, conviene tener en cuenta que la adición de amonio (nitrógeno inorgánico) en exceso al inicio de la fermentación, limita la entrada de aminoácidos al interior de la levadura, y por consiguiente la formación de glutation en su interior. Para complementar el contenido de NFA en mostos deficientes, se debe emplear un nutriente de tipo orgánico, rico en aminoácidos al inicio de la fermentación.
- Además y muy concretamente conviene **evitar el sulfato de amonio**, ya que para algunas cepas de levaduras es origen de la génesis de SO_2 combinado (figura 7).

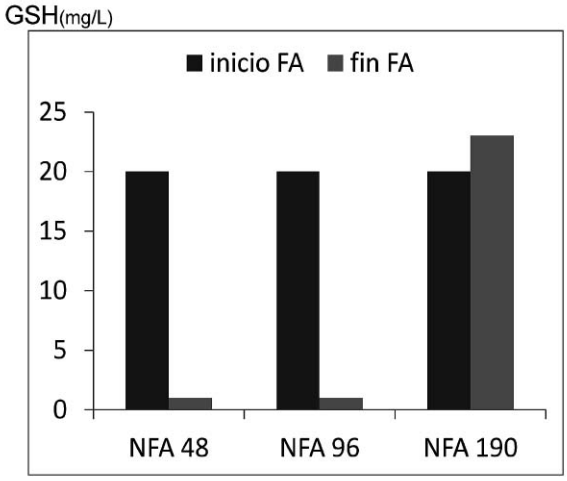


Figura 6. Evolución del contenido de glutatión (GSH) a lo largo de la fermentación en función del nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) del mosto.

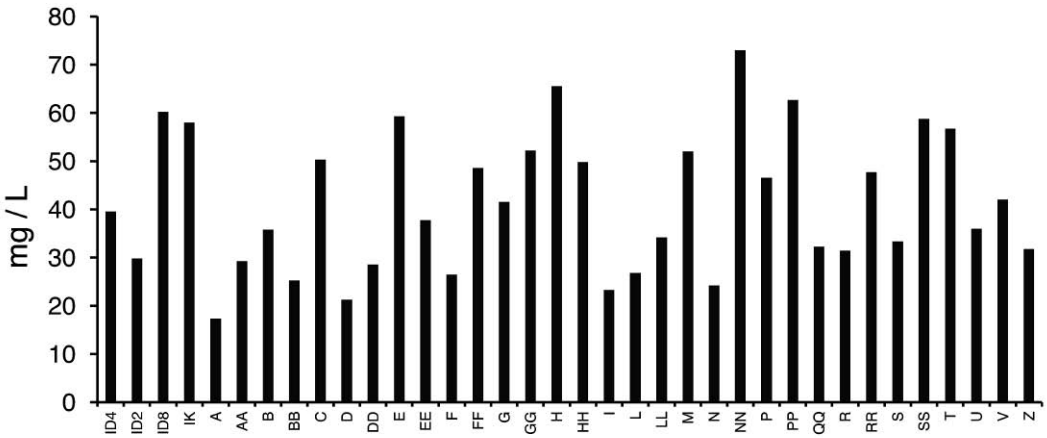


Figura 5. Producción de acetaldehído por levaduras comerciales.

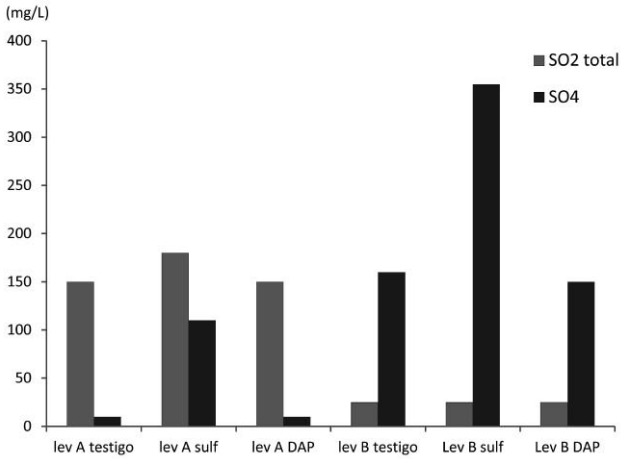


Figura 7. Producción de SO_2 en presencia de sales de amonio (mg/l). Vinificación sin adición de sulfuroso.
sulf: Sulfato de lonio; DAP: fosfato de amonio.
Levadura A: alta producción de SO_2.
Levadura B: baja producción de sulfuroso.

- La **presencia de tiamina** al inicio de la fermentación reduce la formación de compuestos carbonílicos por la levadura y por lo tanto la combinación de estos con el sulfuroso disminuyendo las necesidades de SO_2 del vino (figura 8).

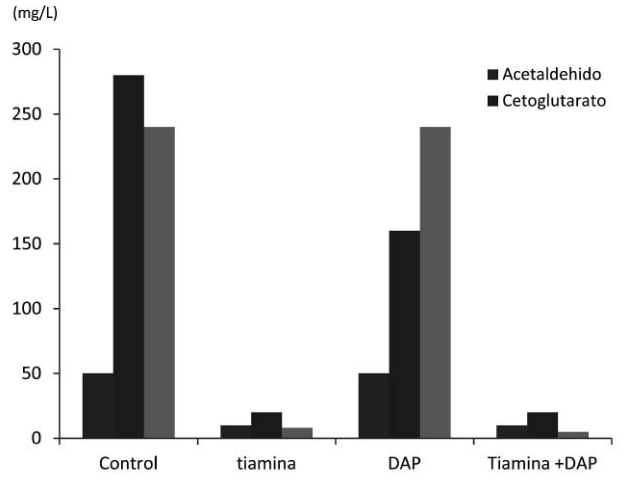


Figura 8. Formación de compuestos carbonílicos, susceptibles de combinarse con el sulfuroso en presencia de determinados nutrientes.

- **Acidificación:** En las regiones cálidas, donde el sulfuroso efectivo (molecular o activo), es difícil de alcanzar debido al elevado pH, se requiere bajar este parámetro, hasta llegar al menos al 0,5 de SO_2 molecular. Esto puede hacerse mediante el procedimiento tradicional de adición de ácido tartárico, en zonas de vitivinicultura cálida, ciertamente insuficiente. Técnicas como las resinas de intercambio resultan mucho mas eficaces para este fin, y son una fuerte apuesta de las bodegas para reducir las incidencias del cambio climático en los vinos.
- **Aplicación de elementos antioxidantes,** teniendo en cuenta sus limitaciones ya comentadas. En cualquier caso la aplicación de acido ascórbico, polifenoles y glutatión, es más efectiva asociada entre si y/o con el sulfuroso.

5. CONCLUSIONES

1. El sulfuroso es el aditivo más ampliamente utilizado en vinificación. Por sus efectos antimicrobianos, antioxidantes y antioxidásicos es una herramienta prácticamente imprescindible en la elaboración de vino.
2. Las propiedades dependen de la forma química en que se encuentra: SO_2 molecular, sulfito o bisulfito. El SO_2 molecular es el mas interesante por sus propiedades activas antimicrobianas y antioxidantes.
3. El SO_2 molecular es dependiente del pH. La corrección de SO_2 debe realizarse atendiendo a este parámetro.
4. Los efectos desfavorables del sulfuroso en la salud del consumidor y el control legislativo de su empleo por debajo de ciertos límites, hace que sea deseable reducir su empleo en vinos.
5. Las alternativas al sulfuroso no son completas, existen alternativas que pueden suplir su faceta antimicrobiana, otros la faceta antioxidante y antioxidásica.
6. En lo que se refiere a alternativas con actividad antimicrobiana como posibles sustitutos al SO_2 se ha descrito la utilidad del ácido sórbico, lisozima, dicarbonato de dimetilo (DMDC), y quitosano.
7. Para sustituir o complementar el efecto antioxidante, pueden emplearse el ácido ascórbico, diversos grupos de polifenoles y glutatión.
8. En cualquier caso estas alternativas deben ir acompañada de prácticas de elaboración que reduzcan las necesidades de agentes antimicrobianos y antioxidante: Evitar excesivas contaminaciones, selección y empleo de cepas de levadu-

ra con baja producción de SO_2, correcciones con nutrientes sin sulfato de amonio, uso razonado de la tiamina, control de pH, protección del poder antioxidante natural de la uva y las levaduras (glutatión), o vinificaciones en condiciones reductoras, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, D.O. , Liyanage, C. 1993. Glutathione increases ingrape berries at the onset of ripening. American Journal ofgrape berries at the onset of ripening. American Journal ofEnology & Viticulture, 44 (3): 333-338.

Aterhouse, A.L , Laurie, V.F. 2006. Oxidation of winephenolics: a critical evaluation and hypotheses. American Journalof Enology & Viticulture, 57 (3): 306 - 313.

Blanchard, L.; Darriet, P.; Dubourdieu, D. 2004.Reactivity of 3-Mercaptohexanol in Red Wine: Impact of Oxygen,Phenolic Fractions, and Sulfur Dioxide. American Journal ofEnology & Viticulture, 55 (2): 115 - 120.

Casassa F. (2009) Glutation, Acido áscorbico y SO2, nuevos conceptos. Revista Enologia Nov 01/19. Argentina.

Dubourdieu, D., Lavigne-Cruege, V. 2004. The Role of Glutathione on the Aromatic Evolution of Dry White Wine. Wine. Internet Technical Journal, 02, 2. http://www.infowine.com.

Du Toit, W. J., K. Lisjak, M. Stander , D. Prevo. 2007. Using LC-MSMS to assess glutathione levels in South African white grape juice and wines made with different levels of oxygen. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 55:2765-2769.

Gomez-Plaza, E., Gil-Munoz, R., Lopez-Roca, J.M. & Martinez, A.1999. Colour and phenolic compounds of a Saucier, C.T., Waterhouse & al. 1999. Synergetic activity of catechin and other antioxidant. J. Agr. Food Chem. 41: 4491- 4494.

Gómez-Rivas, L., Escudero-Abarca, B.I., Aguilar-Uscanga, , M.G., Hayward-Jones, P.M., Patricia Mendoza, Mario Ramírez Selective antimicrobial action of chitosan against spoilage yeasts in mixed culture fermentations (2004) Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology January 2004, Volume 31, Issue 1, pp 16-22.

Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J.P., Pihlaja, K.& Heinonen Kujala, T.M.1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962.

Katalinic, V., Milos, M., Modun D., Music I. & M. Boban. 2004. Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)-catechin. Food Chemistry 86 :593–600.

Ming Kong, Xi Guang Chen, Ke Xing, Hyun Jin Park Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review Review Article International Journal of Food Microbiology, Volume 144, Issue 1, 15 November 2010, Pages 51-63.

Paladino S.C., Zuritz (2011) Efecto de semillas de vid (vitis Vinifera L.) con actividad Antioxidante; eficiencia de distintos solventes en ele proceso de extracción. Rev. FCA UNCUYO ISSN 0370-4661. Tomo 43. 187-199.

Peyrot Des Gachons, C.; Tominaga, T.; Dubourdieu,D. 2002. Sulfur aroma precursor present in S-glutathione conjugateform: Identification of S-3-(hexan-1-ol)-glutathione in mustfrom Vitis Vinifera L. cv. Sauvignon Blanc. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 50, 4076-4079.

Papadopoulou, D. , Roussis, I. G. 2008. Inhibition of the decline of linalool and R-terpineol in Muscat wines by glutathione and N-acetyl-cysteine. International Journal of Food Science, 13:413-419.

Roussis, I.G.; Lambropoulos, I.; Tzimas, P. 2007. Protection of volatiles in a wine with low sulfur dioxide by caffeic acid or glutathione.American Journal of Enology & Viticulture, 58 (2): 274 -278.

Sagna, G., Pifferi, P. L., Rangoni, C., Mattivi, F., Nicolini, G. & Palmonari, R.. 1996. The stabilization of white wines by adsorption of phenolic compounds on chitin and chitosan. Food Research International, 29: 241- 248.

Siebert, K.G., Troukhanova, N.V. & Lynn, P.Y. 1996. Nature of polyphenol-protein interaction. J. Agr. Food Chem. 44: 80-85.

Sonni, F., Clark, A.Z., Prenzler, P.D., Riponi, C., Scollary, G.R. (2011), Antioxidant Action of Glutathione and the Ascorbic Acid/Glutathione Pair in a Model White Wine Journal of Agricultural and Food Chemistry 59, (8)3940-3949.

Vaimakis, V. & Roussis I.G. 1996. Must oxygenation together with glutathione addition in oxidation of white wine. J. Agr. Food Chem. 57: 419-422.

Zamora, F (2005) El anhídrido sulfuros: algunas refelxiones sobre este aditivo. Enólogos, ISSN 1695-7296, Nº. 38, , págs. 28-31.

Zoecklein, B. 2008. Copper, Glutathione, and Wine. Longevity. Enology Notes #144, October 2, 2008. http://www.fst.vt.edu/extension/enology/downloads/EnologyNotes.

VARIOS

GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS Y RESIDUOS SÓLIDOS DE BODEGAS. PROYECTO SUSTAVINO

Silvia Pérez Magariño
Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Investigadora del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

1. INTRODUCCIÓN

La actividad vinícola provoca un impacto ambiental muy importante, y entre los impactos negativos están: el consumo de agua y la generación de vertidos, la producción de residuos sólidos, las emisiones atmosféricas, el consumo energético, y el ruido. De todos ellos, el consumo de agua y la generación de vertidos y residuos sólidos son los más importantes desde el punto de vista medioambiental.

Una de las peculiaridades principales de los vertidos de aguas residuales y el consumo de agua de bodega es su irregularidad debida al marcado carácter estacional del sector. La distribución del consumo de agua a lo largo del año es extremadamente estacional, de forma que entre el 40 y el 80% del agua empleada a lo largo del año en la bodega, se consume entre el prensado y los primeros trasiegos, es decir durante los meses de septiembre a diciembre. Además, durante el proceso productivo el caudal varía a lo largo del día.

La distribución de estos consumos a lo largo del año también es diferente dependiendo del tamaño de bodega. Las grandes bodegas (>2.000 Tn/año) generan un vertido continuado a lo largo del año, con un factor punta durante la vendimia y los primeros trasiegos, mientras que las muy pequeñas (<500 Tn/año), fuera del periodo de vendimia, pueden llegar a no generar ningún vertido apreciable durante largos periodos de tiempo.

Los consumos promedio de agua también pueden variar en función del tipo de uva procesada, siendo mayores en la elaboración de vinos tintos.

Así diversos estudios estiman que el intervalo de variación en el vertido de aguas residuales de bodega se encuentra entre 0,5 y 14 litros de agua residual por litro de vino producido, considerando adecuado un consumo comprendido entre 4 y 5 l de agua/l de vino.

Los efluentes líquidos de las bodegas proceden, fundamentalmente, de las operaciones de limpieza que se realizan en las distintas fases del proceso productivo. Por otro lado, también proceden de pequeños derrames accidentales de mosto o vino durante los trasiegos, a causa de averías, y en menor medida, de los equipos de refrigeración.

Los principales parámetros que permiten caracterizar las aguas residuales son:

- pH: indica la acidez de las muestras, que será importante a la hora de realizar los tratamientos de las aguas, ya que interfiere en los procesos biológicos y en las reacciones químicas.
- Conductividad eléctrica: medida de la capacidad de conducir la electricidad, y que depende de la presencia de iones, y se usa para evaluar la concentración de minerales en las aguas residuales.
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): es una medida de la materia orgánica biodegradable aeróbicamente.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): medida de la materia orgánica oxidable mediante procesos químicos. La relación entre la DBO y DQO permite conocer la biodegradabilidad de los compuestos de las aguas residuales; así valores altos de esta relación indican que la biodegradabilidad es muy alta.
- Sólidos Volátiles y Totales en Suspensión y Sólidos Totales Disueltos.
- Nitrógeno Total Kjeldahl (nitrógeno orgánico y amoniacal).
- Fósforo total: fósforo asociado a la materia orgánica y como fosfatos. Este compuesto puede favorecer el crecimiento de plantas acuáticas y conducir a un desequilibrio en los nutrientes.

La tabla 1 recoge los rangos de valores de los parámetros que permiten caracterizar las aguas residuales de bodega encontrados por varios autores. Así, la composición de estas aguas se caracterizan por:

- Tener un marcado carácter ácido.
- Presentar concentraciones altas y muy variables de materia orgánica, y la mayor parte se encuentra en forma soluble (87%), con baja concentración de sólidos en suspensión.
- Tener un déficit importante de nitrógeno y fósforo, de cara a los tratamientos biológicos tanto aerobios como anaerobios.
- La mayor parte de compuestos presentes en estos efluentes suelen ser fácilmente biodegradables, únicamente los compuestos fenólicos presentan una degradación lenta, y pueden llegar a ser tóxicos.

Los residuos sólidos y subproductos generados por la industria vinícola suponen el 20% en peso del vino producido y de ellos el 80-85 % son orgánicos. Entre estos residuos están los raspones, orujos, lías, placas filtrantes, tierras diatomeas, sales tartáricas, envases y embalajes.

Los residuos sólidos se caracterizan en general, por su pH ácido, su bajo contenido en nutrientes (N_2) y la alta cantidad de polifenoles. La tabla 2 muestra los parámetros que caracterizan los residuos sólidos de las bodegas.

El Proyecto SUSTAVINO " *An Integrated Approach for Sustainable European Wine Production*" es un proyecto a nivel europeo financiado por la Comisión Europea a través del Séptimo Programa Marco, dentro de las ayudas para PYMES y asociaciones, y que pretende resolver una problemática común, en este caso de la industria vitivinícola. Así, el objetivo principal de este proyecto es ayudar a los productores de vino europeos para que cumplan la legislación medioambiental, cada vez más estricta, ofreciendo una Estrategia de Calidad Medioambiental para la producción sostenible de vino, que incluya enfoques integrados para el tratamiento y valorización de residuos de un modo rentable y ecológico.

Parameter	Fernández *et al.* 2008	Bustamante *et al.* 2007
pH	5,8-7,3	3,63-4,48
Conductividad Eléctrica (mS/cm)		2,04-4,99
Humedad (mg/kg)	44,4-69,0	
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/kg)	17-41	9,7-38,2
Fenoles (mg/kg)		1.071-24.672

Tabla 2. Características de los residuos sólidos de bodega.

Para lograr un desarrollo sostenible, es necesario que exista un equilibrio entre la protección del medio ambiente, el progreso económico y el desarrollo social.

Así, se debe minimizar el impacto medioambiental, reduciendo las cantidades de residuos que se obtienen, realizando los tratamientos más adecuados, adaptándolos e implementándolos en las pequeñas y medianas empresas, y buscando alternativas para revalorizar los residuos.

Parámetros	Bustamante *et al.* 2005	Kalyuzhnyi *et al.* 2000	Di Bernardino *et al.* 2001	Fumi *et al.* 1995
pH	3,6-11,8	5,4-7,2	7,7-7,9	7,0-12,9
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	80-310			
Sólidos Totales en Suspensión (mg/l)	226-30.300		190-367	200-1.200
Sólidos Volátiles en Suspensión (mg/l)	661-54.952	110-8.600	680-727	
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (mg/l)	125-130.000	100-10.300	700	1.200-6.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l)	738-296.119	200-16.800	1.900-2.070	2.000-9.000
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/l)	0,0-142,8		12,7-18,8	25-70
Fósforo total (mg/l)	3,3-188,3		5,6-10,6	5-10
Compuestos fenólicos (mg/l)	29-474	230		

Tabla 1. Características de las aguas residuales de bodega.

Desde el punto de vista económico y social, se debe mejorar la gestión de los residuos generados, lo que permitirá mejorar la eficiencia energética, reducción de las aguas residuales y por tanto de la contaminación, incentivar el reciclado, y obtener de los residuos, productos de alto valor añadido. Todo ello, permitirá crear nuevas oportunidades de trabajo, principalmente en el campo de los residuos sólidos, energía y actividades de revalorización de subproductos, así como incre-

mentar la competitividad de los vinos, recuperando viejos mercados y/o ganando otros nuevos, ya que el consumidor cada vez demanda productos más ecológicos y que respeten el medio ambiente.

Este proyecto ha tenido una duración de 3 años (2009-2012), y en él han participado 13 socios, incluyendo centros de investigación, bodegas PYMES y asociaciones de PYMES de 8 países diferentes de la Unión Europea.

2. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BODEGAS

El primer paso para una adecuada gestión de las aguas residuales es reducir su volumen en la medida de lo posible, que es, por lo general, el método más barato y eficaz de control de la contaminación. Entre las medidas que se pueden tomar para reducir el volumen de agua a tratar están:

- La separación de las aguas limpias y las aguas sucias. Así en las bodegas pueden diferenciarse cuatro tipos de efluentes: las aguas pluviales que son aguas limpias que pueden verterse directamente; las aguas de intercambio calórico, de refrigeración, que pueden recircularse, reutilizarse para limpieza o verterse directamente; las aguas fecales que pueden ir al colector general como las aguas domésticas; y las aguas de limpieza que son las que necesitan tratamiento.
- La separación de los residuos sólidos en lugares secos, que evita la transferencia de contaminantes al agua, y por tanto reduce la contaminación del agua a tratar.
- Por otro lado, se puede ahorrar agua, utilizando elementos economizadores de agua como sistemas de cierre automático, agua a presión, etc.

Las características y composición de los efluentes vinícolas como la estacionalidad de los vertidos, la gran variabilidad según la bodega (tamaño, volumen, carga contaminante, ...) y la alta biodegradabilidad de los vertidos son las más importantes a la hora de seleccionar el tratamiento más adecuado.

En muchas ocasiones, la aplicación de las aguas residuales al terreno es el procedimiento más simple y económico, en especial para pequeñas empresas. Sin embargo, el uso directo de los efluentes vinícolas en agricultura no se recomienda, debido a su pH ácido, a su alta carga orgánica y a las altas concentraciones de polifenoles. Por tanto, sería necesario un acondicionamiento previo.

Por otro lado, los vertidos de aguas residuales de bodegas pueden tratarse en las plantas de depuración municipales, siempre que se tengan los permisos de la Administración. Sin embargo, este hecho debe tenerse en cuenta a la hora de diseñarlas, ya que durante el periodo de vendimia se produce un aumento muy importante de la contaminación orgánica, que provoca problemas en los procesos biológicos de tratamiento. Por ello, se deberían tener tanques de almacenamiento para minimizar los problemas causados por los vertidos estacionales.

El saneamiento y depuración también puede ser abordado por un grupo de bodegas próximas de forma mancomunada. A diferencia del vertido a una red de saneamiento municipal, en este caso, la iniciativa de la instalación de la depuradora corresponde a un grupo de bodegas. De esta forma se pueden abaratar costes de instalación y mantenimiento.

Y por último, está la opción de la instalación de una depuradora individual.

Habitualmente los vertidos de las bodegas se someten inicialmente a tratamientos primarios que tienen como objetivo preparar las aguas residuales para su posterior tratamiento biológico, y consisten en eliminar ciertos contaminantes y reducir los volúmenes y carga contaminante de las aguas a tratar, principalmente mediante procesos físico-químicos.

Son diversos los *procesos físicos* que se pueden aplicar para la depuración de las aguas residuales derivadas de la actividad vinícola, como la evaporación natural o forzada, la ultrafiltración, la coagulación-floculación, etc.

Los principales inconvenientes de estos procesos es que requieren de una gran inversión, tienen unos costes de mantenimiento elevados y necesitan personal técnico cualificado, por lo que con frecuencia no se ajustan a los requisitos necesarios para este sector.

Además, estos procesos no depuran completamente los vertidos procedentes de bodegas en las que, dependiendo del proceso productivo, el 87% de la contaminación orgánica se encuentra en forma soluble. Por tanto con estos procesos se busca disminuir el volumen de los vertidos y la carga contaminante, y

posteriormente, estas aguas deben someterse a tratamientos biológicos más adecuados.

Los *procesos biológicos* pueden ser aerobios, anaerobios o una combinación de ambos.

Dadas las características de las aguas residuales de bodega, en muchos casos puede ser necesaria la corrección de pH, adición de nutrientes (nitrógeno, fósforo), y/o adición de oxígeno (en el caso de procesos aerobios) para el desarrollo de los microorganismos.

A continuación, se describen brevemente los tratamientos biológicos para el tratamiento de aguas residuales.

2.1. Procesos anaerobios

Los procesos anaerobios son procesos biológicos por los cuales la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y por medio de bacterias metanogénicas, se descompone en metano y dióxido de carbono.

Los procesos anaerobios se adaptan bien a efluentes con alta concentración de materia orgánica, como son los procedentes de la actividad vinícola, pudiendo conseguir reducciones del 90 al 95% de DQO. Incluso con eficacias muy altas, generalmente, tras un tratamiento anaerobio le sigue un proceso aerobio con el fin de mejorar la calidad del efluente.

El tratamiento anaerobio de aguas residuales ofrece varias ventajas, como son:

- El bajo consumo energético.
- Que soporta altas cargas orgánicas.
- Que tiene una baja producción de lodo.
- Que tiene una baja necesidad de nutrientes.
- El aprovechamiento energético del biogas generado.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes como que son:

- Necesarios altos tiempos de retención celular, es decir el crecimiento bacteriano es lento.
- Se producen malos olores, asociados a la producción de mercaptanos y SH_2.
- Se producen efluentes de peor calidad y requieren de un post-tratamiento, lo cual limita el uso de los procesos anaerobios como tratamiento único.
- La inversión que requieren es elevada.
- Factores como el pH, la temperatura y la presión afectan al proceso, por lo que se deben controlar bien.

2.2. Procesos aerobios

Los procesos aerobios se realizan por microorganismos con metabolismo respiratorio que utilizan oxígeno disuelto para oxidar la materia orgánica hasta dióxido de carbono.

La principal limitación es la falta de nutrientes (nitrógeno y fósforo), por lo que suele ser necesario la adición de urea y/o ácido fosfórico.

Los procesos aerobios pueden dividirse en:

- Fangos activados.
- Reactores biológicos de membrana (MBR).
- Reactores discontinuos secuenciales (SBR).

De forma tradicional, los sistemas más empleados para el tratamiento de aguas residuales de bodega son los *fangos activados.* Se trata de procesos continuos en los que la biomasa permanece en suspensión, provistos de un sistema de separación y recirculación de fangos (figura 1).

Con estos sistemas se pueden conseguir eficacias comprendidas entre el 95-98% de eliminación de DQO. Sin embargo, presenta una serie de inconvenientes al aplicarlo a aguas con elevada concentración de materia orgánica, destacando el elevado consumo energético asociado a la aireación y la necesidad de extracción de los fangos producidos.

Las *lagunas aireadas* son una variante de los fangos activados, que consisten en una o varias lagunas excavadas en el terreno, impermeabilizadas y con dispositivos de aireación en las que se desarrollan las bacterias aerobias que oxidan la materia orgánica durante el almacenamiento a largo plazo del agua.

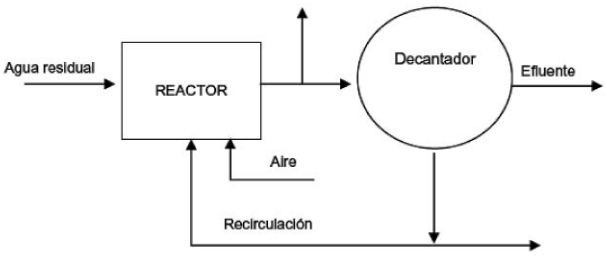


Figura 1. Esquema de un proceso de fangos activados.

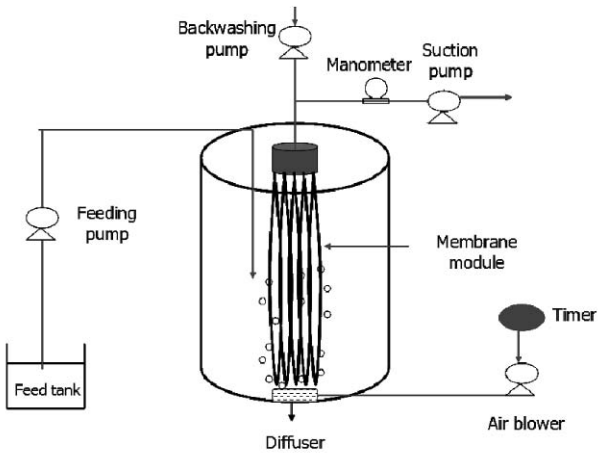


Figura 2. Esquema de un reactor biológico de membrana.

Este proceso se adapta bien a las pequeñas bodegas, permite eliminar la materia orgánica hasta en un 98%, y los efluentes tratados pueden verterse al ambiente o ser enviados a las plantas de tratamiento municipales.

Son sistemas extensivos que requieren una gran cantidad de terreno y un sistema interno o externo de separación de fangos en exceso. Aunque se pueda considerar un sistema simple, las posibilidades de control de los fenómenos biológicos que se producen en las lagunas son limitadas.

Los *reactores biológicos de membrana* (MBR) son una modificación del sistema convencional de fangos activados, en el que el decantador secundario es reemplazado por una unidad de filtración con membrana (figura 2). Su uso en la depuración de aguas residuales de bodega ha sido estudiado a escala piloto, alcanzando rendimientos de eliminación de materia orgánica superiores al 97%.

Algunas de las ventajas del MBR son su rápido arranque, una buena calidad del efluente, no necesita sedimentadores secundarios voluminosos, y su operación no se ve condicionada por las propiedades de sedimentación del fango. Sin embargo, los principales inconvenientes son los cortos tiempos de vida de los módulos de membrana y los altos costes de mantenimiento.

En el ámbito de las aguas residuales de bodega en los últimos años están adquiriendo gran importancia los *reactores aerobios secuenciales* discontinuos conocidos como SBR (*Sequencing Batch Reactor*). Se trata de un tipo de reactores por ciclos, cuyo funcionamiento se basa en unas etapas sucesivas de tratamiento (llenado, aireación, decantación y vaciado). En la figura 3 se representa un esquema simplificado de los ciclos de operación de un reactor secuencial. Los procesos que tienen lugar en un SBR y en un sistema convencional de fangos activados son idénticos. La diferencia más importante es que, aunque la aireación y la sedimentación/clarificación son llevados a cabo en ambos sistemas, en el SBR estas operaciones tienen lugar en el mismo tanque, mientras que en las plantas convencionales estos procesos se producen en tanques separados.

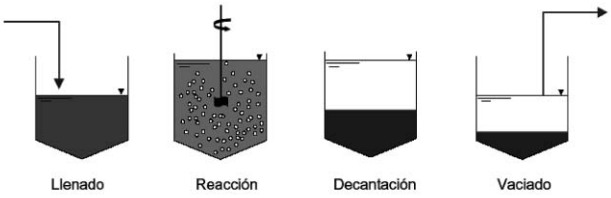


Figura 3. Esquema de un reactor discontinuo secuencial (SBR).

Se consiguen altos grados de depuración de las aguas de bodega, pudiendo alcanzar eficacias de eliminación de la materia orgánica del 97%.

Esta tecnología presenta una serie de ventajas como son:

- Un menor coste y menor requerimiento de espacio que los procesos biológicos convencionales, ya que se lleva a cabo todo el proceso en el mismo tanque.
- Es capaz de soportar rangos variables tanto de carga orgánica como de carga hidráulica.
- Una necesidad de equipamiento menor, con un menor coste.
- Una mayor flexibilidad de operación que permite ajustar la duración de cada etapa, lo que es apropiado para vertidos tan variables como los de la industria vinícola.

Las desventajas que presentan son que:

- Es posible que se pueda verter fango flotado durante las fases de vaciado o decantado en algunas configuraciones de reactores SBR.
- Dado su carácter secuencial se adaptan bien a vertidos discontinuos. Sin embargo, la variabilidad peculiar de las aguas de bodega hace que sea necesario disponer de un tanque de homogenización previo al tratamiento biológico.

2.3. Humedales artificiales

Dentro del grupo de tratamientos biológicos, también se encuentran los humedales artificiales. Son sistemas pasivos de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos con plantas propias de zonas húmedas (macrófitas acuáticas) y en los que la depuración es realizada simultáneamente por procesos físicos, químicos y biológicos. Estos sistemas han conseguido eficacias de depuración de hasta el 98% en el tratamiento de aguas residuales de bodega.

Las ventajas de estos sistemas biológicos radican en la reducción del daño ambiental y en su bajo coste operativo y de mantenimiento, ya que necesitan muy poca energía para su funcionamiento, reduciéndose al bombeo del agua a tratar.

El mayor inconveniente es que, en general, se necesitan grandes superficies, aunque depende del caudal a tratar. Además, en el caso de los efluentes vinícolas no pueden tratarse directamente en estos humedales y debe realizarse un tratamiento biológico previo debido a las altas cargas orgánicas, alta acidez y bajo contenido en nitrógeno que puede inhibir el crecimiento de las plantas. Por ello, este tratamiento es bueno como tratamiento final después de un tratamiento biológico para descargar el efluente.

En el proyecto SUSTAVINO se han estudiado algunos sistemas aerobios y anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales de bodega y los resultados alcanzados en él se resumen a continuación.

El tratamiento con *bio-reactores de almacenamiento aireado* consiguió eliminar hasta el 98% de la materia orgánica con aireaciones de 24 horas al día (figura 4a). La concentración inicial del sustrato no modificó la capacidad de eliminar la materia orgánica, llegándose a valores entre el 95 y el 98% (figura 4b).

Por otro lado, los procesos llevados a cabo con temperaturas de 37 ºC consiguieron eliminar un 2% más de materia orgánica que a 15 ºC (figura 5). Sin embargo, se producen malos olores y el proceso es más caro. Por ello, es preferible trabajar a temperatura ambiente, evitando los inconvenientes del uso de altas temperaturas comentados.

Los resultados obtenidos con sistemas a escala piloto dieron lugar a menores eficiencias de eliminación de la materia orgánica, probablemente debido a que los sistemas de aireación fueron insuficientes.

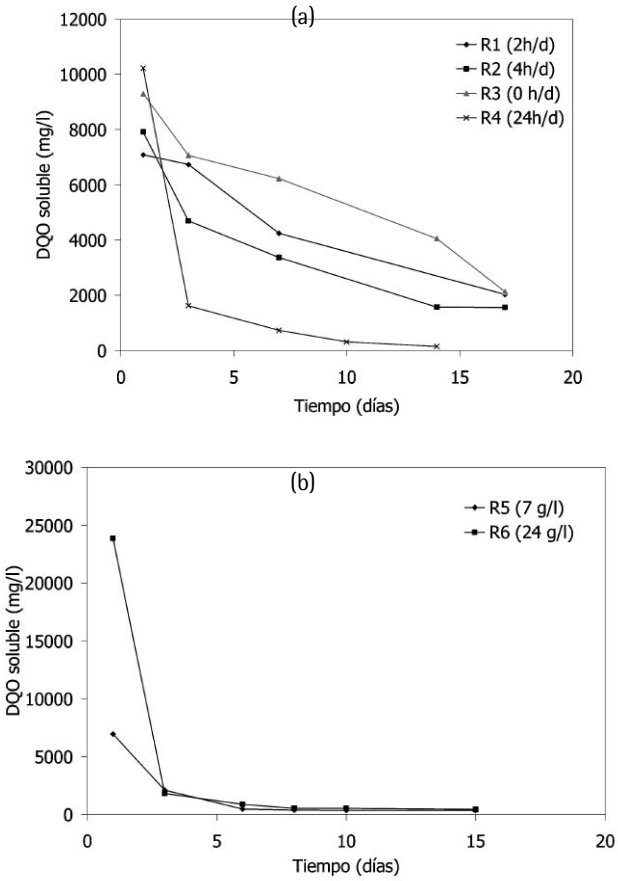


Figura 4. Evolución de la DQO soluble a escala laboratorio por (a) efecto de la aireación y (b) efecto de la concentración inicial de sustrato.

Por ello, el almacenamiento aireado (lagunas, depósitos de cemento, etc.) puede ser adecuado para pequeñas bodegas y supone bajos costes de inversión y de operación.

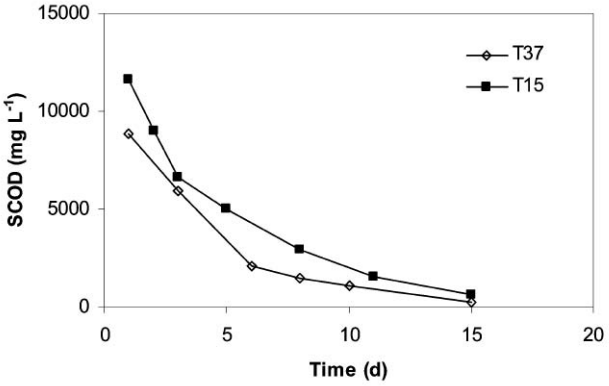


Figura 5. Evolución de la DQO soluble a escala laboratorio por efecto de la temperatura.

El uso de *bio-reactores de membrana sumergidos* para el tratamiento de aguas residuales de bodega proporcionó buenas eficacias de eliminación de materia orgánica (>94%). La figura 6a muestra la evolución de la DQO total del efluente durante el proceso, en el que pueden distinguirse 3 periodos en función de la velocidad de carga orgánica, así como una acumulación de materia orgánica en el reactor.

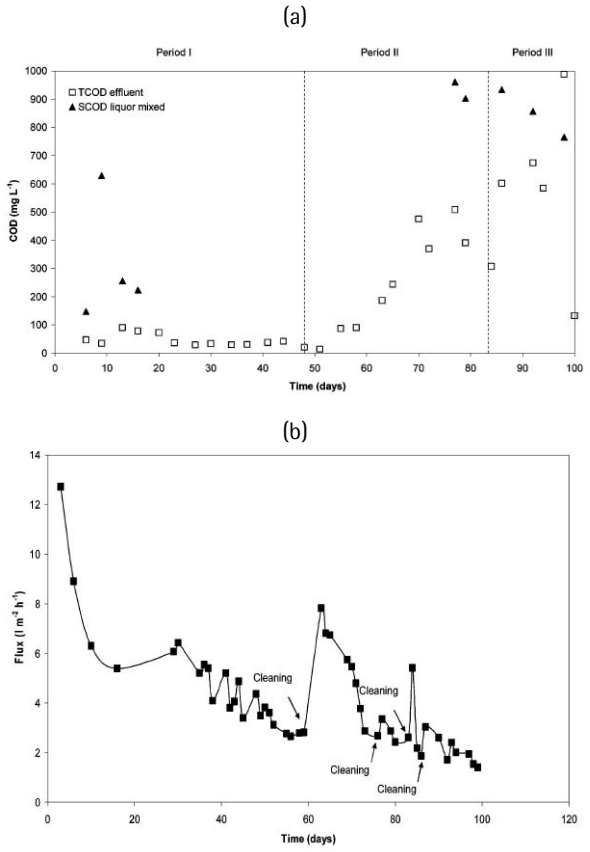


Figura 6. Resultados en el reactor de membrana (a) evolución de la DQO total del efluente y (b) evolución de la permeabilidad de la membrana.

La permeabilidad de la membrana disminuyó gradualmente durante el proceso debido al ensuciamiento (figura 6b), lo que requiere que periódicamente se deban llevar a cabo procesos de limpieza química.

Estos resultados indican que estos sistemas tienen una buena capacidad para tratar aguas residuales de bodega, aunque la eficacia se ve influenciada por las variaciones de carga orgánica. El mayor inconveniente de este sistema es el coste y mantenimiento de las membranas, lo que limita su uso por pequeñas bodegas.

El empleo de *digestores anaerobios* es eficiente para el tratamiento de aguas residuales de bodegas con una alta carga orgánica, consiguiéndose eliminar al menos un 80% de la materia orgánica, incluso con cargas orgánicas muy elevadas (24 g DQO/l reactor). Sin embargo, este proceso es bastante sofisticado y costoso, por lo que no es apropiado para bodegas pequeñas. Además esta tecnología debe combinarse siempre con un tratamiento aerobio posterior para conseguir una calidad del efluente que permita su descarga directa al cauce.

El tratamiento de aguas residuales de bodega con un *digestor aerobio secuencial discontinuo* permitió eliminar eficientemente más del 96% de la DQO soluble. Sin embargo, se ha encontrado un efecto no deseado de crecimiento de bacterias que aumentaron la concentración de sólidos totales en suspensión y de DQO en el efluente tratado. Esto puede resolverse añadiendo un coagulante o usando un sistema sencillo de filtración (filtro de arena).

3. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE BODEGAS

Como se ha comentado anteriormente, los residuos sólidos suponen entorno al 20% en peso del volumen de vino producido, siendo entre el 80 y el 85% residuos orgánicos. Las características de estos residuos son bastante contaminantes, con pH ácido, alta carga orgánica, y cantidades notables de polifenoles, macrontrientes, micronutrientes y metales pesados.

En muchos casos los residuos sólidos no se manipulan adecuadamente, y se opta por la opción más económica como es la aplicación al terreno directamente, para su uso como composta o fertilizante. Sin embargo, esta práctica no es aconsejable, ya que no es compatible con los requerimientos agrícolas (inhibe el crecimiento de las plantas), produce malos olores y se contaminan las aguas freáticas. Además, se incumplen los requisitos de las normativas medioambientales y la legislación sobre residuos.

El destino habitual de los residuos de bodega depende del tipo de residuo. Así:

- Los raspones se dejan secar para posteriormente ser quemados o incorporados a los terrenos de cultivo.

- Los orujos u hollejos, dulces o agotados se envían a las alcoholeras para la extracción de alcohol por destilación.
- Las lías o heces también son entregadas a las alcoholeras, junto con los orujos para la extracción del alcohol.
- Las tierras diatomeas son muy contaminantes y suelen mandarse al vertedero.
- Las sales tartáricas pueden entregarse a las empresas productoras de ácido tartárico (parte se eliminan en el agua de lavado).

Teniendo en cuenta que la Directiva de la Comunidad Europea (2006/12/EC) sobre residuos que establece que todos los Estados Miembros deben dictar las medidas oportunas para que estos residuos sean recuperados o vertidos al medio sin dañar la salud humana ni el medio ambiente; y que se producen millones de toneladas de residuos, es necesario buscar alternativas que permitan la valorización de estos residuos. Por ello, a continuación se indican algunas posibilidades de tratamiento y valorización de estos residuos sólidos procedentes de la industria vinícola y su aplicación en otras industrias.

Además, suele desaprovecharse o desconocerse el potencial de las sustancias de desecho de alto valor y biológicamente activas, así como las posibles actividades de valorización.

3.1. Compostaje

Una alternativa es el compostaje que consiste en una descomposición aeróbica con aireación forzada o por volteo frecuente y estabilización de la materia orgánica a altas temperaturas con el fin de obtener productos estables, libres de patógenos y que puede aplicarse al terreno de forma adecuada.

Este proceso reduce el volumen inicial de residuos entre un 60 y un 80%, y permite el reaprovechamiento eficiente de los residuos con bajos costes de inversión y operación. Además este compost puede usarse como fertilizante. El inconveniente que presenta es que requiere un área especialmente dedicada al proceso.

3.2. Incineración

Los residuos de poda y raspones principalmente pueden incinerarse en caldera, lo que permite el reaprovechamiento energético de estos residuos. Este proceso requiere una humedad inferior al 30%, y los gases de combustión deben tratarse mediante sistemas de control de emisiones antes de descargarlos a la atmósfera.

Los principales inconvenientes son la alta inversión inicial, y que el residuo debe recibir un tratamiento previo de reducción de tamaño y secado antes de su incineración.

3.3. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia de los residuos es otra técnica de valorización, ya que los residuos orgánicos producen biogás y un lodo estabilizado que puede ser secado y utilizado como abono agrícola.

Las ventajas son que se permite el reaprovechamiento energético de los residuos, y que el biogás obtenido puede usarse directamente como combustible en calderas especialmente acondicionadas.

Las desventajas son las mismas que en la incineración, que el residuo debe recibir un tratamiento previo de reducción de tamaño y secado, y que la inversión inicial es elevada. Además, este tratamiento individual no es apropiado para bodegas pequeñas debido a las pequeñas cantidades de residuos que producen.

3.4. Obtención de productos con alto valor añadido

Además de la obtención de alcohol y ácido tartárico, también se pueden obtener otros productos con alto valor añadido. Sin embargo, en general se requieren grandes volúmenes para hacer rentable el proceso, y debe acudirse a una empresa externa. Entre estos productos de alto valor añadido destacan los polifenoles y el aceite de semilla.

Los polifenoles se encuentran tanto en los hollejos, pepitas y raspones. Estos compuestos tienen propiedades antioxidantes y capacidad para captar radicales libres y pueden destinarse a la elaboración de alimentos funcionales. Los polifenoles también tienen propiedades antimicrobianas por lo que pueden tener uso en alimentación, y los antocianos son pigmentos que pueden usarse como colorantes alimentarios. Además, debido fundamentalmente a sus propiedades como antioxidantes, se están utilizando en la industria cosmética y farmacéutica.

El aceite de semilla de uva tiene un elevado contenido en ácidos grasos esenciales, y en ácidos grasos

poliinsaturados, y es rico en tocoferoles (vitamina E). Además de esto, debido a que este aceite tiene un aroma ligeramente afrutado, con alta digestibilidad, ligero aumento de la viscosidad cuando se usa para fritura y alto punto de humo (características similares al aceite de oliva), puede ser utilizado en alimentación. Por otro lado, debido a su poder regenerador y re-estructurante de los tejidos puede ser usado en cosmética.

Por otro lado, los hollejos-orujos tienen un 15% de materia grasa, un 10% de proteínas, y un 65% de fibra. Por ello, podrían obtenerse otros productos como fibra (celulosa, pectinas, hemicelulosa, lignina), lípidos, proteínas y oligosacáridos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Unión Europea FP7-SME-2007-2 a través del proyecto "*An Integrated Approach for Sustainable European Wine Production*" (SUSTAVINO, Grant Agreement Number 218472), y se ha realizado también con la colaboración de las Doctoras Mª Cruz García, Berta Riaño y Miriam Ortega.

BIBLIOGRAFÍA

Artiga P., Carballa M., Garrido J.M., Méndez R. (2007). Treatment of winery wastewater in a membrane submerged bioreactor. *Water Science and Technology*, 56, (2), 63-69.

Arvanitoyannis I., Ladas D., Mavromatis A. (2006). Review: Wine waste treatment methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 1117-1151.

Bustamante M.A., Paredes C., Moral R., Moreno-Caselles J., Pérez-Espinosa A., Pérez-Murcia M.D. (2005). Uses of winery and distillery effluents in agriculture: characterization of nutrient and hazardous components. *Water Science and Technology*, 51, (1), 145-151.

Bustamante M.A., Paredes C., Moral R., Moreno-Caselles J., Pérez-Espinosa A., Pérez-Murcia M.D. (2007). Short-term carbon and nitrogen mineralisation in soil amended with winery and distillery organic wastes. *Bioresource Technology*, 98, 3269-3277.

Di Bernardino S., Caetano L., Converti A. (2001). Characterization and anaerobic pre-treatment of the effluent from a wine cooperative. *Engineering Life Science*, 1, 3, 127-131.

Fernández F.J., Sánchez-Arias V., Villaseñor J., Rodríguez L. (2008). Evaluation of carbon degradation during co-composting of exhausted grape marc with different biowastes. *Chemosphere*, 73, 670-677.

Fumi M.D., Parodi G., Parodi E., Silva A., Marchetii R. (1995). Optimisation of long-term activated-sludge treatment of winery wastewater. *Bioresource Technology*, 52, 45-51.

Hidalgo Togores J. (2002). *Tratado de enología*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Kalyuzhnyi S.V., Gladchenko M.A., Skylar V.I., Kurakova O.V., Shcherbakov S.S. (2000). The UASB treatment of winery wastewater under submesophilic and psychrophilic conditions. *Environmental Technology*, 21, 8, 919-925.

Lucas M.S., Mouta M., Pirra A., Peres J.A. (2009). Winery wastewater treatment by a combined process. *Water Science and Technology*, 60, 1089-1095.

Nóvoa-Muñoz J., Simal-Gándara J., Fernández-Calviño D., López-Periago E., Arias-Estévez M. (2008). Changes in soil properties and in the growth of Lolium multiflorum in an acid soil amended with a solid waste from wineries. *Bioresource Technology* 99, 6771-6779.

Pinelo, M., Arnous, A., Meyer, A. (2006). Upgrading of grape skins: significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Food Science and Technology* 17, 579-590.

Riaño B. (2008). *Depuración de efluentes vinícolas mediante reactores anaerobios*. Tesis Doctoral, Universidad de Burgos.

Ruggieri L., Cadena E., Martínez-Blanco J., Gasol C., Rieradevall C., Gabarrell X., Gea T., Sort X., Sánchez A. (2009). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production*, 17, 830-838.

Torrijos M., Moletta R. (2000). Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. En: *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*, C. Flanzy (ed.). AMV Ediciones-Mundi Prensa, Madrid, España, pp. 769-783.

Van der Roest H.F., Lawrence D.P., Van Bentem A. (2002). Membrane bioreactors for municipal wastewater treatment, STOWA, IWA Publishing, London, UK.

PRESENTACIÓN DE LAS VARIEDADES Y VINOS DE LA REGIÓN DE DÃO

António M. Jordão. *Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior Agrária*
Traducido por M.ª Luisa González San José. *Universidad de Burgos*

RESUMEN

La actividad vitivinícola portuguesa tiene un papel importante dentro del sector agrícola y agroindustrial. La variedad de climas y suelos, además de las más de 300 variedades existentes autorizadas para la producción de vinos, origina una gran variabilidad de vinos tanto en Portugal continental, así como en las islas de Azores y Madeira. En la campaña 2010/2011, Portugal, alcanzó dentro de los países de la Unión Europea, la quinta posición en la producción de vinos. La región demarcada de los vinos de Dão es una de las varias regiones con Denominación de Origen existentes en Portugal, fue constituida en 1908 con un reglamento propio.

Este capítulo presenta una visión general del sector vitivinícola Portugués para centrarse mas extensamente en la región de Dão. Se comentarán las principales variedades de uva tinta y blanca utilizadas en la producción de vinos con denominación de origen y se comentarán las principales características fisicoquímicas y sensoriales de los vinos producidos en la región del Dão.

1. GENERALIDADES SOBRE EL DESARROLLO VITIVINÍCOLA DE PORTUGAL Y SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR

La historia de la viña y el vino en Portugal, va más allá de lo que hoy es el territorio de la nación portuguesa. Varios estudios indicaron que la vid apareció inicialmente en los valles del río Tajo y Sado, unos 2000 años A.C. Por otra parte, se ha reconocido que los tartesos fueron los primeros habitantes de la Península Ibérica que cultivaron la vid, haciéndolo seguramente antes de la llegada de los fenicios, aproximadamente 10 siglos A.C. Estos introdujeron nuevas variedades de uvas y rápidamente expandieron el comercio de los vinos ibéricos. En el siglo VII A.C. los griegos desempeñaron un papel importante favoreciendo el desarrollo de nuevos procesos de vinificación. Hacia el siglo II A.C., los romanos impulsaron la modernización del cultivo de la vid y dinamizaron aún más el comercio del vino en todo el territorio europeo.

En 1143, nace el Reino de Portugal, y durante siglos el vino fue uno de los productos más exportados. El gran impulso en la promoción de las exportaciones de vino portugués viene en la segunda mitad del siglo XIV y perduró hasta el siglo XVI, debido fundamentalmente a los descubrimientos portugueses, ya que las carabelas que cruzaron los océanos llevaban siempre, entre sus viandas, vinos producidos en el territorio nacional. En 1703, se estableció un tratado entre Portugal e Inglaterra (Tratado de Methew), que favoreció el mercadeo, en condiciones especiales, de los vinos portugueses en el territorio inglés, lo que aumentó las exportaciones de vino portugués.

Un hito importante en la historia del sector vitivinícola portugués fue la creación de la primera Denominación de origen del mundo, la región del Duero, en 1756. Obviamente la aparición de la filoxera en el siglo XIX fue también esencial para la evolución del sector, ya que devastó amplias extensiones de viñedo causando graves problemas económicos y sociales.

A principios del siglo XX, se crean y reconocen varias DO portuguesas entre ellas, en 1908, la región del Dão. En 2010, había en Portugal 32 denominación de origen (figura 1).

En los últimos 100 años, es posible verificar de forma sucinta la dinamización del sector del vino portugués, hecho que puede observarse analizando la evolución de la producción de vino desde 1899 hasta 1999 (figura 2). Así, podemos identificar 3 períodos distintos: la institucionalización del sector y el consiguiente inicio de su reglamentación, con un ligero incremento de la actividad de producción de vinos (a finales de los años 30); seguida por un período de entre 30 y 60 años, caracterizado por una gran producción de vinos a granel (no sorprendente debido a las colonias portuguesas africanas que constituían un buen mercado) y, finalmente un período caracterizado por una reducción en la producción de vino que

Figura 1. Denominaciones de Origen de vino en Portugal (año 2010).

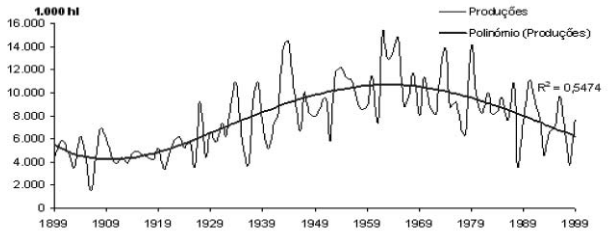


Figura 2. Evolución de la producción de vino en Portugal continental durante el período 1899 y 1999.
Tomado de Fernão-Pires (2011).

comienza en los años 80 y termina en el momento actual. Este último período comienza con la adhesión de Portugal a la Unión Europea y se basa en la necesidad de una diferenciación cualitativa de los vinos producidos a expensas de la reducción de grandes volúmenes de producción de vinos comunes. Por otra parte, existe también el fuerte impacto que se produjo con el abandono de superficies de viñedos y con la transformación hacia variedades de mayor calidad pero menor capacidad productiva.

La superficie de viña en el Portugal continental, en 31 de julio de 2010, era de 234.663 hectáreas, la Comunidad autónoma de las Azores tenía una superficie de 1.700 hectáreas y la región autónoma de Madeira unas 1.423 hectáreas. Los datos relativos al posicionamiento del sector vitivinícola portugués, en términos de producción de vino en la UE y en el mundo, se muestran en la tabla 1, donde se observa la quinta posición, en la campaña 2010/2011, dentro de la UE, detrás de los principales productores europeos, Italia, Francia, España y Alemania, con un valor de la producción total de 6.906 millones de hectolitros. EL posicionamiento en términos globales, a nivel mundial, por supuesto es mucho menos, así Portugal desciende en el *ranking* al entrar en consideración otros importantes países productores de vino como Estados Unidos de América, Australia, Sudáfrica y Chile, entre otros. Así, por ejemplo en la campaña 2007/2008, Portugal ocupó el puesto undécimo mundial en términos de producción total.

Producción de vino*			
Países	**Unión Europea** 2010/2011	**Países**	**En todo el mundo** 2007/2008
Italia	49.575	Italia	45.981
Francia	46.169	Francia	45.672
España	34.864	España	34.755
Alemania	7.133	Estados Unidos de América	19.870
Portugal	**6.906**	Argentina	15.046
Rumania	3.287	China	12.000
Grecia	2.950	Alemania	10.261
Hungría	1.966	Sudáfrica	9.783
Austria	1.760	Australia	9.620
Bulgaria	1.030	Chile	8.227
Eslovenia	763	**Portugal**	**6.073**
República Checa	366	Otros	48.706
Otros	431	Total mundial	265.994
Total UE (27)	157.200		

Fuente: Fernão-Pires (2011); * 1.000 hectolitros.

Tabla 1. Países productores.

2. LA REGIÓN O DENOMINACIÓN DE ORIGEN DE DÃO

2.1. Datos generales y características principales

La región de Dão, es una de las las 32 denominaciones de origen portuguesas. Está situada en el centro-norte de Portugal (figura 1), siendo una denominación de origen que se inserta en una región vinícola mayor conocida como Das Beiras. La demarcación de la región de Dão como denominación de origen vinícola se estableció a principios del siglo XX, concretamente en 1908. Actualmente existen cerca de 20.000 hectáreas de viñedo, y la extensión global de la DO son unas 388.000 Ha. En esta región, los viñedos se explotan principalmente bajo un sistema de minifundios. Por supuesto, la forma de cultivo, las características de las uvas y por lo tanto de los vinos producidos, están fuertemente influenciadas por el suelo y las condiciones meteorológicas de la región (el denominado efecto *terroir*).

Los viñedos en la región de Dão, se despliegan en suelos de baja fertilidad, predominantemente de naturaleza granítica, y algunas áreas, particularmente en la parte sur de la región, se alzan sobre esquistos. Respecto al relieve, la región de Dão queda circundada por varios macizos destacando al Oeste la Serra do Caramulo (altura máxima de 1.076 metros) y al Este la Serra da Estella (altura máxima de 1.993 metros), que es el macizo más alto del territorio continental portugués. La existencia de estas formaciones montañosas hace que la región esté protegida de las masas de aire húmedas de la costa y los fuertes vientos de naturaleza continental. Los viñedos de Dão se despliegan a una altitud que varía entre 400 y 500 metros sobre el nivel del mar, pero se pueden encontrar algunos viñedos situados en altitudes hasta los 800 metros.

En cuanto a datos sobre el clima, la región se encuentra en una zona de transición entre el Atlántico templado y el mediterráneo templado (continental). Así, el clima es frío y lluvioso en invierno y cálido y seco en verano, no obstante existen microclimas que aportan heterogeneidad a los vinos producidos en la región, por lo que se diferencian varias sub-regiones dentro de la propia denominación de origen.

En el tabla 2, se presentan algunas cifras relativas a la producción de vino en algunas de las principales regiones de vino Portugués en las campañas de 2009/2010 y 2010/2011.

Dentro de la región vinícola Das Beiras, la denominación de origen Dão, es la que tiene mayor representatividad al ser la de mayor volumen de producción de vino. En el año de 2010/2011, la producción de vino fue tan elevada debido principalmente a las condiciones meteorológicas favorables. Esta producción es bastante menor que la de las regiones portuguesas más productivas como las regiones de Douro (1.646.683 Hl), Lisboa (1.206.382 Hl) y Alentejo (1.190.187 Hl) (datos de la campaña 2010/11).

Región vinícola	Producción de vino (hL)	
	2009/2010	2010/2011
Minho	866.985	910.711
Douro	1.351.949	1.656.683
Beiras	784.144	932.253
Dão	**295.894**	**352.261**
Bairrada	238.343	288.165
Beira Interior	189.386	220.982
Otras Beiras	60.522	70.844
Tejo	544.540	626.592
Lisboa	962.718	1.206.382
Alentejo	810.338	1.190.187

Fuente: Fernão-Pires (2011)

Tabla 2. Producción de vino en algunas regiones portuguesas.

2.2. Características principales de las variedades

Las variedades admitidas para producir vinos con denominación de origen Dão son tanto variedades tintas como blancas. En el caso de variedades de tintas se autorizan las siguientes: Alfrocheiro, Aragonez, Alvarelhão (Tinta Roriz), Bastardo, Jaen, Rufete, Tinto Cão, Touriga Nacional y Trincadeira (Tinta Amarela), (figura 3).

Entre las 9 variedades de uva tinta autorizadas, las variedades de Jaen, Alfrocheiro, Aragonez (Tinta Roriz) y Touriga Nacional son las más comúnmente utilizadas, y con ellas se elaboran tanto vinos monovarietales (en particular de la variedad Touriga Nacional), como mezclas en porcentajes variados según productores.

La variedad autóctona Alfrocheiro, se cultiva en varias regiones de Portugal, pero ad-

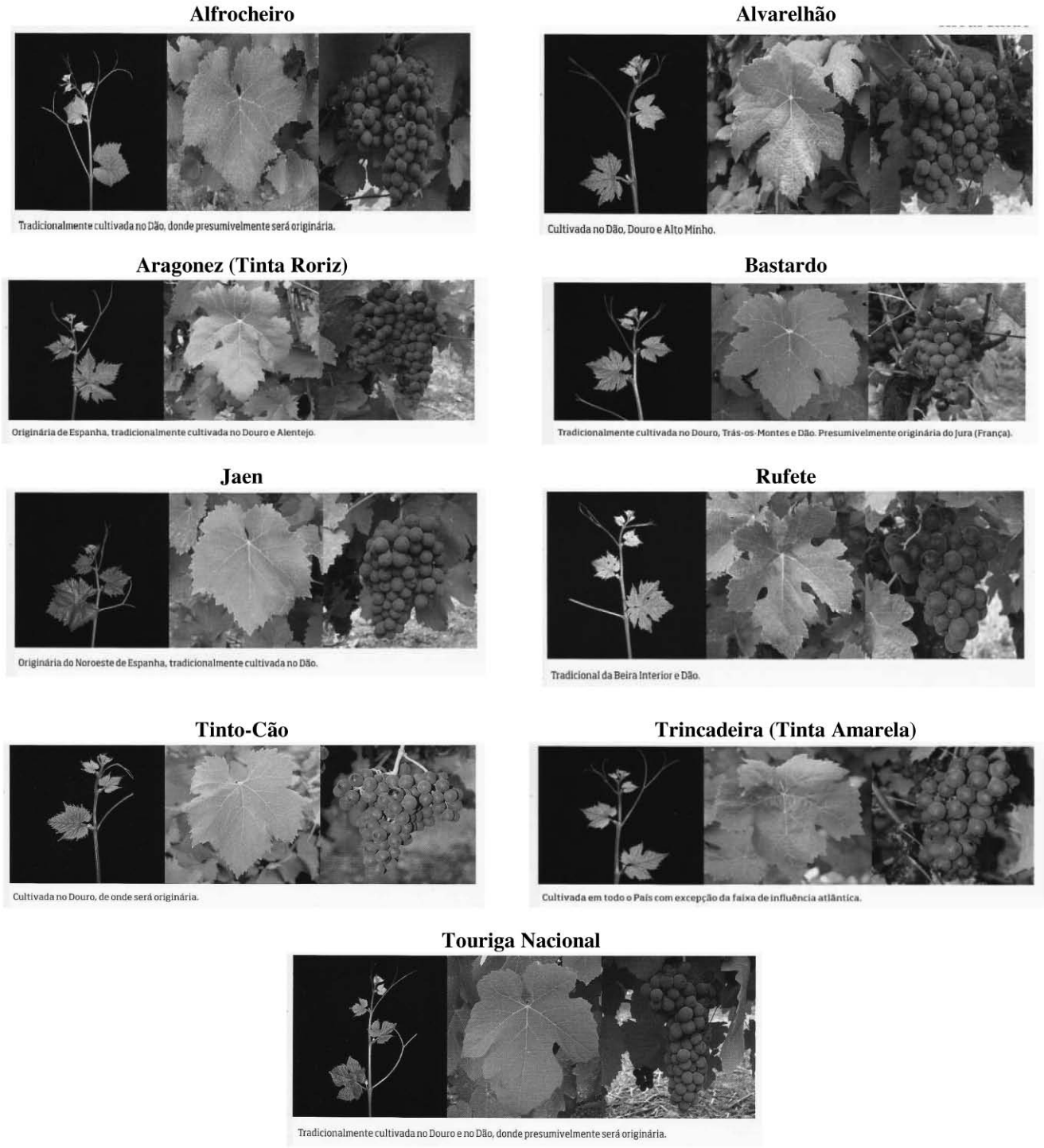


Figura 3. Variedades de uvas tintas autorizadas para la producción de vinos tintos con denominación de origen Dão.

quiere características peculiares en la región de Dão, donde se comporta como una variedad de mediana productividad, maduración temprana y con sensibilidad al estrés hídrico. Por otra parte, es una variedad que se adapta a cualquier tipo de poda. Es una variedad que muestra una reducida variabilidad genética lo que sugiere que es una variedad de origen reciente.

Por el contrario, Jaen es una variedad de alta productividad, y Dão es la región portuguesa en la que se concentran la mayoría de los viñedos de esta varie-

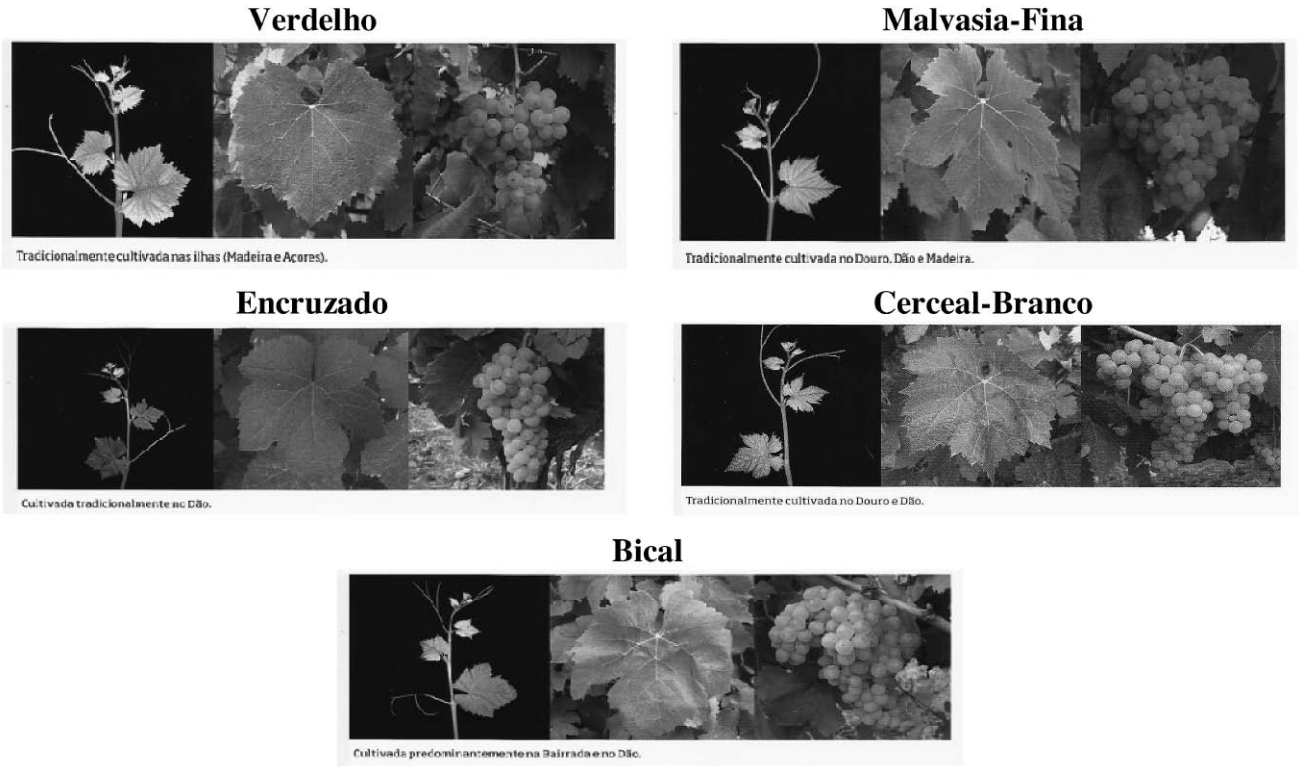


Figura 4. Las principales variedades de uvas blancas autorizadas en la denominación de origen Dão.

dad, y en ella madura rápidamente siendo la primera variedad en hacerlo. Tiene buena resistencia al estrés hídrico, pero expresa alta sensibilidad a algunas enfermedades (mildiu y oidio). Por otra parte, es una variedad con una alta versatilidad de adaptación a diferentes tipos de suelo.

La variedad Aragonez o Tinta Roriz (sinonímias de Tempranillo), es una variedad con una presencia importante en varias regiones de la península ibérica. En Portugal, se cultiva en varias regiones destacando especialmente su presencia en la región del Douro (incluido también en la producción de vino de Oporto), y en de Trás-os-Montes. Muestra vigor medio y alta uniformidad de producción. No se han descrito incompatibilidades con los portainjertos tradicionales poco vigorosos, prefiere suelos profundos bien drenados con una disponibilidad de agua reducida, así como un clima seco y cálido.

Finalmente, la variedad Touriga Nacional, es una variedad de uva autóctona y hoy se considera una de las principales variedades tintas portuguesas. Se adapta a todo tipo de suelos, aunque es una variedad que da mejores resultados cuando se implanta en áreas con alta insolación y calor. Se comporta bien con la mayoría de los portainjertos, siempre que estos se adapten bien a la disponibilidad de agua y la fertilidad del suelo.

Las principales variedades blancas autorizadas para la producción de vinos blancos con denominación de origen Dão son Verdelho, Malvasia Fina, Encruzado, Cerceal Branco y Bical (figura 4). Además de ellas existen otras cuatro variedades recomendadas, aunque actualmente están en desuso, son Barcelo, Rabo-de-Ovelha, Terratez y Uva-Cão.

Verdelho, variedad tradicionalmente cultivada en las islas portuguesas de Madeira y Azores, es una de las variedades blancas de la región de Dão, aunque en general las uvas blancas no son muy importantes en esta región. Esta variedad se considera como una muestra de una variedad de productividad media y regular, pero con alta sensibilidad a diversas enfermedades como mildiu, oidio, y a la podredumbre. Cuenta con una maduración temprana, adaptándose bien a las regiones con clima templado y mediterráneo.

Malvasía-Fina, es una variedad con alta sensibilidad al estrés, además presenta grandes problemas debido a su alta sensibilidad a la podredumbre en las condiciones climáticas de la región de Dão (debe tenerse en cuenta que es frecuente que se produzcan altos niveles de humedad entorno al momento de la vendimia).

Encruzado es otra variedad de uva autóctona, cultivada principalmente en la región de Dão y también puede encontrarse en la región de la península de Setúbal y la región del Alentejo. Es una variedad con características específicas (desarrolla zarcillos entre nudos), y muestra buena afinidad con todas las variedades de portainjertos.

Cerceal-branco es una variedad con presencia, prácticamente restringida a la región del Douro y Dão. Tiene alta productividad y alta sensibilidad a las enfermedades. Sin embargo presenta resistencia al estrés hídrico. Es de maduración tardía y prefiere suelos ricos y fértiles.

Finalmente, **Bical** es otra varidad autóctona principalmente cultivada en la región vinícola de Beiras, incluyendo por tanto la región de Dão. Se trata de una variedad temprana que se adapta bien a los portainjertos de bajo vigor; muestra cierta susceptibilidad al corrimiento pero tiene buena aptitud para la cosecha mecánica. Cuenta con altos requerimientos climáticos, prefiriendo suelos de fertilidad media.

Como ya se ha dicho, Dão no es una región donde los vinos blancos se elaboren tradicionalmente en gran cantidad, sin embargo en los últimos años ha habido un aumento en las variedades blancas, como resultado del aumento de la calidad de los vinos blancos producidos en la región y que, en consecuencia, están siendo mejor aceptados en el mercado.

2.3. Características principales de los vinos

Las distintas variedades que se utilizan en la región de Dão y sus adaptaciones a las diferentes subregiones y microclimas, originan gran variabilidad de características en las uvas y por tanto en los vinos producidos, lo que permite una gran oferta. Además, los vinos producidos en esta región, como ya se ha comentado previamente, pueden ser el resultado de mezclas varietales a diferentes porcentajes, lo que ocurre en la mayoría de los casos, o pueden ser vinos monovarietales, especialmente vinos tintos, y sobre todo vinos producidos a partir de Touriga Nacional (tinta), o bien blancos de la variedad Encruzado, ambos vinos de alta calidad.

Por supuesto, además del factor de las variedades, se deben considerar las opciones tecnológicas involucradas en el diseño, estabilización y conservación del vino y que de manera directa o indirecta van a condicionar las características finales de los vinos. En este sentido es muy importante considerar el efecto de las barricas.

En resumen, la tabla 3, muestra las características más relevantes, desde el punto de vista enológico, de mostos y vinos de las principales variedades de uva utilizadas en la región de Dão. Estos datos deben considerarse como datos genéricos, una referencia orientativa, ya que la realidad, como ya se ha comentado, es la existencia de una gran variabilidad, originada por los múltiples factores que afectan las características de los vinos, además de la variedad, como el suelo, el clima, la tecnología enológica aplicada, el envejecimiento, el almacenamiento, etc.

3. COMENTARIOS FINALES

Se ha pretendido poner de manifiesto que los vinos de Portugal en general, y de la región de Dão en particular, se elaboran desde un amplio abanico de variedades, y por lo tanto los vinos presentan una gran variabilidad de características fisicoquímicas y sensoriales. Por otra parte, las condiciones de suelo y clima son también un factor determinante de cómo las distintas variedades desarrollan sus potenciales y por lo tanto influyen notablemente en las características finales de los vinos producidos en las diferentes regiones vitivinícolas, incluyendo por supuesto la región de Dão.

Por último, se quiere poner de manifiesto que la región de Dão es una región conocida por su producción de vinos tintos y especialmente conocida por la producción de vinos tintos monovarietales de la variedad Touriga Nacional, o de vinos multivarietales en los que predominan las variedades Touriga Nacional, Tinta Roriz, Jaen y Alfrocheiro. No obstante, en los últimos años la producción de vinos blancos es una apuesta clara especialmente en la elaboración de vinos monovarietales de Encruzado, Malvasia Fina, Cerceal branco.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, G.; Austin, C.; Baudains, R.; Besonen, J.; Buckley, K.; Brook, S.; Fallowfield, G.; Gilby, C.M.W.; Jones, R.; Keevil, S.; Lawther J.; Lazarakis, K.; Lloyd, A.; MacDonogh, G.; Mayson, R.; Palij, M.; Peskett, S.; Port, J.; Radford, J.; Voss, R.; Werner, G.; White, P.; Williams, D. (2009). *Wines of the world*. Dorling Kindersley Ed., 688 pp.

Eiras-Dias, J.; Faustino, R.; Clímaco, P.; Fernandes, P.; Cruz, A.; Veloso, M.; De Castro, R. (2011). Catálogo das cas-

Variedad	Características fisicoquímicas y sensoriales		
	Mostos		Vinos
	Grado Alc. probable (%)	Acidez total (g/L ácido tartárico)	
Alfrocheiro	12-14	3-5	Capa alta, aroma intenso y complejo, buen potencial de envejecimiento
Alvarelhão	10-12	7-9	Vinos de color y estructura baja, aroma floral, se utilizan para mezclar o para rosados
Aragonez (Tinta Roriz)	12-14	3-5	Capa alta y complejidad aromática, buen potencial de envejecimiento
Bastardo	12-14	3-5	Bajo color y estructura, alta susceptibilidad a oxidaciones, utilizados para la mezcla de vinos
Jaen	12-14	3-5	Aroma intenso y delicado a flores, frambuesa y arándanos, baja acidez, bajo potencial de envejecimiento
Rufete	10-12	3-5	Color y estructura bajos, potencial de envejecimiento débil, utilizada para mezclar
Tinto-Cão	10-12	5-7	Color intenso, elegante y afrutado aroma, en boca es corpulento y alcohólico, buen potencial de envejecimiento
Trincadeira (Tinta Amarela)	12-14	5-7	Color intenso, aroma con notas de ciruela, pimienta, especias, buen envejecimiento
Touriga Nacional	10-12	5-7	Amplio y complejo, con muy alta calidad, aromas de fruta roja y de flores silvestres, alta capacidad de envejecimiento
Verdelho	12-14	5-7	Aroma de frutas exóticas, en boca tiene buena estructura, equilibrio y persistencia
Malvasia Fina	12-14	3-5	Baja intensidad y complejidad en el aroma y sabor, buen potencial de envejecimiento
Encruzado	12-14	7-9	Color cetrino, aroma intenso y elegante, alta complejidad y equilibrio entre alcohol y acidez, alta longevidad y capacidad de envejecimiento
Cerceal-branco	10-12	5-7	Color cetrino, aroma intenso y delicada fruta, gran vivacidad de acidez
Bical	12-14	5-7	Color cetrino, afrutado, suave y equilibrado, buena aptitud para barricas nuevas de roble

Adaptado de: Eiras-Dias et al (2011)

Tabla 3. Algunas características fisicoquímicas y sensoriales de mostos y vinos que se obtienen de variedades recomendadas para la región de Dão.

tas para vinho cultivadas em Portugal. *Instituto da Vinha e do Vinho*, Chaves Fereira Ed., vol. 1.

Fernão-Pires, M.J. (2011). Vinhos e aguardentes de Portugal: Anuário 2010/2011. *Instituto da Vinha e do Vinho* Ed., 266 pp.

Veloso, M.M.; Almandanim, M.C.; Baleiras-Couto, M.; Prereira, H.S.; Carneiro, L.C.; Fevereiro, P.; Eiras-Dias, J. (2010). Microsatellite database of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars used for wine production in Portugal. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 25, 53-61.