

**REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS,  
QUÍMICAS Y NATURALES DE ZARAGOZA**

**EL VINO, SU COMPOSICIÓN Y NUESTROS SENTIDOS**

*DISCURSO DE INGRESO LEÍDO POR EL ACADÉMICO ELECTO*

**Ilmo. Sr. D. JUAN F. CACHO PALOMAR**

*EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN SOLEMNE  
CELEBRADO EL DÍA 2 DE DICIEMBRE DEL AÑO 2003*

Y

*DISCURSO DE CONTESTACIÓN POR EL*

**Ilmo. Sr. D. JOSÉ URIETA NAVARRO**

*ACADÉMICO NUMERARIO*



ZARAGOZA

2003

**EL VINO, SU COMPOSICIÓN Y NUESTROS SENTIDOS**

**POR EL**

**Ilmo. Sr. D. JUAN F. CACHO PALOMAR**

*A mi familia*

Excelentísimo Sr. Presidente  
Excelentísimos e Ilustrísimos Sres. Académicos  
Señoras y Señores.

Comenzar el discurso de ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza agradeciendo a la misma el honor que me ha concedido al elegirme para formar parte de su Corporación no es nada original, la mayoría de los discursos comienzan así, y por consiguiente estas palabras pueden parecer de obligado cumplimiento en lugar del sincero agradecimiento que siento ante mi elección.

Cuando mi gran amigo y compañero el Profesor José Urieta me solicitó mi currículum vitae para que la Sección de Químicas presentará mi candidatura, me sentí emocionado y halagado, y mucho más cuando me comunicaron oficialmente mi elección. Inmediatamente pasaron por mi mente las imágenes de los Profesores académicos que tuve durante la carrera y en mi época pre y post-doctoral, y recordé con nostalgia las conversaciones sobre lo que significaba la Docencia, la Universidad y la Academia. El Profesor Bernal Nievas, mi maestro, me imbuyó un gran respeto hacia esta Institución, de ahí mi sentimiento hacia la misma, por ello me produce una enorme satisfacción poder participar de ahora en adelante en las tareas de la Academia y poder contribuir a sus nobles fines.

En un momento como éste también recuerdo y agradezco la formación química que me dieron los Profesores D. Juan Martín Sauras, en Química Inorgánica; D. Vicente Gómez Aranda, en Química Orgánica; D. Mariano Tomeo Lacrue, en la entonces llamada Química Técnica y D. Celso Gutiérrez Losa en Química-Física, citados en el orden en el que fueron profesores míos. Asimismo quiero recordar las enseñanzas de Biología de los Profesores D. Cruz Rodríguez Muñoz y D. Horacio Marco Moll, actual Presidente de la Academia. Un apartado especial quiero dedicar al Profesor D. Julián Bernal Nievas, Catedrático de

Química Analítica. El me enseñó como afrontar la resolución de un problema analítico, la importancia del resultado y como la práctica de operaciones de laboratorio aparentemente intrascendentes condicionaban los resultados y la necesidad, por tanto del trabajo escrupuloso, pero sobre todo me enseñó, en la investigación analítica, a distinguir lo útil de los fútil. Sin todos ellos hoy no estaría yo en esta Tribuna.

Aun cuando la comunicación intercátedras en los años 60 era muy fluida, mi relación con el Profesor D. Celso Gutiérrez Losa fue especialmente significativa como consecuencia del tema de mi Tesis Doctoral. Esta relación se mantuvo al compartir Tribunales cuando accedí al puesto de Profesor Adjunto de Química Analítica. Ello me permitió conocer sus cualidades humanas, y pude gozar de su conversación amena, inteligente y sobre todo de su gran sentido del humor, faceta posiblemente desconocida para quien no tuvo el privilegio de tratarle. Para mí es hoy una satisfacción y un orgullo, y por supuesto una gran responsabilidad, ocupar el sitio en la Academia de Ciencias de Zaragoza que correspondió a D. Celso.

El Dr. Celso Gutiérrez Losa, nació en Puente Almuhey, provincia de León, el día 1 de agosto de 1921. Terminados sus estudios primarios y secundarios pasó a la Universidad de Santiago de Compostela, en cuya Facultad de Ciencias realizó brillantemente su licenciatura, alcanzando seguidamente el grado de Doctor, en octubre de 1949, ante la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. En este año 1949 comenzó su carrera profesional y ganó por oposición, la plaza de Profesor Adjunto de Química-Física en la Facultad de Ciencias de Santiago de Compostela, quedando ya marcada su orientación y especialización al trabajar bajo la dirección del Profesor Dr. D. Tomás Batuecas, eminente figura científica, de prestigio internacional, en el campo de la Química-Física.

Las inquietudes investigadores del Dr. Gutiérrez Losa le llevaron a trasladarse pensionado al Instituto de Química-Física de Zurich, donde trabajó a las órdenes del eminente Profesor K. Clusius.

En el año 1954 ganó, por oposición, plaza de Colaborador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, posteriormente el 14 de noviembre de 1955 y nuevamente en reñidas oposiciones, ganó la Cátedra de Química-Física y Electroquímica de esta Facultad de Ciencias de Zaragoza, donde, desde esa fecha e ininterrumpidamente, hasta su jubilación, el Profesor Gutiérrez Losa formó parte del Claustro como uno de sus más destacados profesores.

Fue Director del Colegio Mayor Universitario “Pedro Cerbuna” y Decano de esta Facultad en los años 1979 y 1980. Su labor docente se prolongó como Profesor Emérito durante tres años, continuando su labor docente con un ánimo encomiable.

Su labor investigadora, centrada especialmente en estudios de Termodinámica, fructificó en una serie de trabajos que han dado lugar a una muy interesante y nutrida serie de publicaciones, entre las que cabe destacar su obra póstuma, una monografía sobre “Termodinámica de mezclas moleculares”. Dirigió un número considerable de Tesis Doctorales y de proyectos de investigación y su grupo de investigación, de elevado reconocimiento internacional, ha dado origen a los que actualmente dirigen los Doctores Urieta, Gracia y Otín.

D. Celso ingresó en la Academia de Ciencias el 2 de febrero de 1964 con un discurso de título “Reservas de nuestro Planeta en materias primas y energía”, tema que 40 años más tarde sigue siendo de plena actualidad, lo que nos da idea de la visión de futuro de mi predecesor. Fue Tesorero de la Academia desde 1966 hasta 1974 y publicó en su revista numerosos e importantes artículos científicos.

Mi emoción por el ingreso en la Academia se tornó en preocupación por la responsabilidad de escribir el discurso de ingreso. Debía escribir sobre una materia no solamente actual y de contenido científico acorde a un académico, sino también interesante para el colectivo de miembros de la Academia. Por esta razón, y por las conversaciones con nuestro querido Presidente, decidí hablar sobre el vino, tema al que he dedicado mi mayor esfuerzo de investigación analítica durante los últimos años. A lo largo de los mismos esta línea de investigación se ha ido centrando en la identificación, cuantificación y asignación de su importancia sensorial, de los compuestos responsables del aroma-sabor del vino, así como de la relación entre análisis químico y análisis sensorial. Los conocimientos científicos generados se deben a una labor de equipo. Entre ellos quiero destacar la labor realizada por el Dr. D. Vicente Ferreira González, así como por la de los Doctores Ana Escudero Carra, Purificación Hernández Orte y Ricardo López Gómez. Todos han seguido su carrera universitaria, y darán continuidad al trabajo del Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología de esta Facultad de Ciencias. Sin su trabajo parte de este discurso no se hubiera podido escribir. Creo que también es justo citar al colectivo de profesionales de la Viticultura y la Enología con quienes he trabajado, y al resto de químicos que han realizado, o están realizando su tesina de licenciatura y tesis doctoral en nuestro grupo.

La investigación sobre el vino en la Facultad de Ciencias no es nueva, tiene sus antecedentes en los trabajos del Profesor Bruno Solano y sus sucesores Profesores Rocasolano y Tomeo Lacrue. Ellos abordaron la problemática de la mejora del viñedo y de la vinificación. Sin embargo no trataron el tema de identificar las moléculas de importancia sensorial y de averiguar las rutas por las que tales moléculas se generan.

Al ser el vino un alimento conocido por todos es fácil, y muy difícil, hablar del mismo. Para este discurso he creído conveniente explicar qué componentes químicos del vino

interaccionan con nuestros sentidos y qué sensaciones nos producen, siguiendo con ese objetivo las operaciones que se realizan en una cata. También he considerado determinadas particularidades de los sentidos y del vino, que influyen y explican el por qué de una apreciación.

Al haber tantos tipos de vino, he optado por centrar la exposición en el vino tinto, por ser el más representativo de los vinos de Aragón.

## EL VINO, SU COMPOSICIÓN Y NUESTROS SENTIDOS

En la degustación de un vino intervienen los cinco sentidos, y lo hacen por este orden: oído, vista, olfato, gusto y tacto. Puede sorprender que se citen los cinco y más aún que el primero de ellos sea el oído, aunque como veremos a continuación, éste tiene su razón de ser.

### 1. EL SENTIDO DEL OÍDO

Si consideramos los vinos embotellados, lo primero que se hace para degustarlos es descorcharlos. En esta operación, y en los vinos tranquilos, conforme el corcho va saliendo de la botella va generando un vacío, una disminución de presión en el interior de la botella en relación con la presión externa. La diferencia de presión de ambos ambientes se iguala súbitamente cuando el corcho termina de salir, originando un ruido característico que identificamos inequívocamente con el vino. Cuando el corcho tapona incorrectamente la botella, por defecto o por envejecimiento, la diferencia de presión que se origina es mínima, lo que provoca que no se origine ruido. Esto alerta al degustador y lo pone en guardia ante la muy probable degeneración del vino.

La falta de ruido en el descorche y sus consecuencias son mucho más acusadas en los vinos espumosos como el champán y cava. Aunque en este caso el origen del ruido sea debido a la sobrepresión del  $\text{CO}_2$ , su falta indica que ha perdido sus cualidades.

El vino de la botella, la jarra o la bodega, se vierte en la copa y al caer origina un sonido líquido especial. Sonido muy diferente al que hacen el agua o el aceite por su distinta viscosidad. Aún sin observar esta operación, la ausencia de ese sonido cantarín, tan característico, indica al degustador la falta de fluidez y la mala elaboración o defectos del vino. Ese aumento de viscosidad normalmente se debe a la presencia de polisacáridos generados por bacterias lácticas, y a estos vinos se les denomina ahilados, por el aspecto de hilo que forma una gota cuando cae hasta la copa.

### 2. EL SENTIDO DE LA VISTA

Al verter el vino en la copa, y solapándose con las sensaciones del oído, el sentido de la vista entra en acción, despertando en el cerebro una serie de sensaciones que lo van a marcar y predisponer para cualquier juicio posterior. Con este sentido se establece y califica el aspecto del vino, englobando en esta palabra sus características físicas y cromáticas. Hemos visto en restaurantes, películas y reportajes de TV, y por supuesto en bodegas, cómo los buenos aficionados y catadores observan el comportamiento del vino

en la copa, bien en reposo, bien tras un movimiento de rotación, o inclinando la copa, haciendo que la luz incida en su superficie o a través de su masa. Con estas operaciones se predicen una buena parte de las características del vino ya que, además, la vista tiene incidencia en el resto de los sentidos.

Hay un paralelismo entre las operaciones de cata y las de laboratorio. El arte de catar es el arte de observar, y en esta Facultad de Ciencias enseñamos que la observación es una necesidad para un científico. El ojo, por tanto, es un arma fundamental para el catador. Dirige la mirada a la copa, la aproxima, la aleja, juega con la luz. La vista, a pesar de que puede engañarse, funciona normalmente como un sentido instantáneo, real, cuya impresión no se modifica con el tiempo. Esto la diferencia de los sentidos del olfato y del gusto, cuyas impresiones son evolutivas, fugaces y con frecuencia inciertas y confusas. La observación debe ser rigurosa y crítica para descubrir la mínima impresión visual. El catador es influenciado y la apariencia condicionará una buena parte de sus juicios posteriores; de ahí que sea fundamental apreciar los pequeños detalles que ayuden a confirmar la apariencia, que sabemos que es engañosa.

La inversión que hacen las bodegas en la presentación de los vinos es una buena prueba de la influencia que tiene en el consumidor esa primera impresión. La forma de las botellas, su peso, color y tamaño, y sobre todo cómo está vestida, es decir cómo son sus etiquetas, contraetiquetas y cápsulas, predisponen a ser indulgentes o no con el contenido. Lo mismo puede decirse en relación a las copas y a la iluminación. En la presentación de un vino nunca se sirve en vasos de cristal grueso, sino en copas de cristal fino y en lugares bien iluminados.

El vino se mira y se observa como se mira a una persona que van a presentarnos. Se le mira el rostro, y antes de que empiece a hablar ya nos hemos imaginado su voz, y hemos analizado y deducido datos sobre su edad, actividad, etc.

Cuando el vino cae en la copa arrastra aire y forma una emulsión, apreciándose la formación de burbujas de aire relativamente gruesas que flotarán en su superficie, por lo general en la proximidad de la pared de vidrio. Esto es debido al porcentaje de etanol del vino, que modifica la tensión superficial del agua y aumenta la viscosidad. Estas burbujas son incoloras en los vinos viejos y coloreadas en los jóvenes y su aspecto es muy distinto a las que forma el agua.

Estas cualidades dan lugar a un fenómeno curioso que diferencia claramente el agua del vino. Cuando en una copa con agua se realiza un movimiento giratorio, en la pared de cristal se forma una película delgada, homogénea, que por gravedad caerá haciendo su espesor cada vez más delgado. Si se realiza la misma operación en una copa con vino, se

observa que la película líquida no es homogénea y da lugar a gotas que descienden por la superficie del vidrio formando columnas irregulares. Como por capilaridad nueva película líquida asciende varios centímetros por encima de la superficie del vino, este goteo es continuo y de una forma poética a estas gotas se les denomina las “lágrimas del vino”.

La explicación de este fenómeno estriba en la volatilidad del etanol. Al ser más volátil que el agua se evapora antes en la superficie mojada, por lo que la tensión superficial aumenta y da lugar a la formación de gotas. Cuanto más alto es el contenido en etanol más rápidamente y en mayor cantidad asciende el vino por la pared y mayor número de gotas se originan al evaporarse.

Con suma frecuencia se escuchan explicaciones de “expertos” en las que relacionan la formación de las lágrimas con el contenido en glicerina y con la calidad del vino, explicaciones evidentemente falsas.

Al observar el vino se tiene en cuenta la limpidez, transparencia y brillantez. El vino para ser de calidad debe ser muy límpido y su limpidez debe conservarse en el tiempo. Instintivamente, y por educación, rechazamos las bebidas turbias; únicamente admitimos las turbias elaboradas con zumos de pulpa de fruta. Así como la transparencia y brillantez incitan a beber, la turbidez disminuye este deseo.

Cuando termina la fermentación alcohólica el vino presenta un aspecto muy turbio. Esta turbidez es debida a restos de material vegetal de la uva, a precipitados originados por sales que han rebasado su producto de solubilidad por la generación de etanol, a sustancias como proteínas y polifenoles que han floculado, y sobre todo a los restos de las levaduras (levaduras muertas) que han transformado el azúcar en etanol y a las bacterias que han proliferado en el caldo de cultivo del mosto. Estos residuos de elaboración se denominan lías y deben eliminarse antes de comercializar el vino.

Al dejar reposar el vino en el depósito todas estas partículas en suspensión comienzan a depositarse en el fondo, por lo que el vino gana en limpidez. Sin embargo por si solo no llega a una clasificación total, al menos en un tiempo razonable, por lo que para comercializarlo es preciso recurrir a operaciones de clarificación y filtrado.

Las partículas más pequeñas son, como en cualquier suspensión, las más difíciles de sedimentar. Con frecuencia forman una opalescencia, una turbidez homogénea que no sedimenta. En el vino, existen además multitud de coloides que pueden flocular con el tiempo originando sedimentos que a veces provocan su rechazo.

Las operaciones tecnológicas que tienen por objeto eliminar estas partículas y dar brillantez y limpidez al vino se denominan encolado.

Para eliminar los coloides cargados positivamente y los cationes hierro y cobre, responsables de las quebras férricas y cúpicas, se adicionan sustancias que presentan carga negativa, como bentonitas. Al contrario, para eliminar las partículas cargadas negativamente (compuestos polifenólicos, levaduras, bacterias), se adicionan colas que presentan cargas eléctricas positivas, como gelatina, albúmina, cola de pescado y proteínas naturales. La albúmina con frecuencia se adiciona directamente con claras de huevo. Aquí está la explicación del por qué de la existencia de buena repostería en áreas de tradición vinícola de calidad. Las yemas eran un subproducto al que había que darle alguna salida. A veces este encolado no da buenos resultados, debido a la existencia de sustancias coloidales como pectinas y glucanos presentes en uvas Botrytizadas. La adición de gel de sílice desnaturaliza estos coloides y permite la clarificación.

El ojo humano tiene capacidad para percibir y comparar enturbiamientos con cierta precisión. Por esa razón al observar el vino sobre un fondo blanco bien iluminado puede medirse su limpidez y decidir sobre su estado y evolución. Con frecuencia un enturbiamiento generalizado se identifica como una anomalía, y va a influir negativamente en el sentido del gusto, ya que las partículas en suspensión falsean el sabor.

La aparición de precipitados es un fenómeno natural en los vinos viejos, del que hablaremos posteriormente, y no debe confundirse con la turbidez de vinos más jóvenes. Ahora bien, una cosa es que sea un proceso natural y otra que no se tomen las precauciones necesarias para decantarlo y evitar servirlo con los posos.

Esta apreciación visual de la turbidez no es suficiente para el profesional de la bodega que debe velar por la estabilidad del vino en el tiempo. Es necesario recurrir al análisis instrumental para cuantificar correctamente su turbidez. Los instrumentos que se emplean para este fin son los nefelómetros y los contadores de partículas.

### *2.1 El color del vino.*

La transparencia y brillantez son dos cualidades del vino imprescindibles para apreciar su COLOR. Si, color con mayúsculas, sobre todo si hablamos de vino tinto, ya que el color es la carta de presentación de un vino, algo así como la cara en relación a las personas. Observándolo deducimos su edad, su estado de conservación y el tipo de vinificación llevado a cabo.

La intensidad de la coloración, aun no siendo un criterio absoluto de calidad, nos da una información importante sobre la estructura, el cuerpo del vino y el sabor en boca. El color va unido a sensaciones gustativas y táctiles. Un color oscuro, profundo, que no permite pasar los rayos de luz a su través, es con toda probabilidad lo que se denomina

un vino recio, fuerte, que al beberlo nos producirá sensaciones de astringencia y amargor, las que se denominan sensaciones tánicas, y que permanecerán durante cierto tiempo en la boca después de haberlo tragado. Es decir, tendrá un post-gusto largo. Lo contrario se podrá decir de un vino tinto de poco color. Su estructura será ligera y lo mismo su post-gusto, que será corto, lo cual no significa que no sea muy agradable. Por eso el catador, instintivamente, y antes de degustarlo, clasifica un vino con mucho color en la categoría de los de mucho cuerpo y un vino mucho más pálido en la de los ligeros o suaves. El color de un vino tinto depende, en buena medida, de su composición fenólica, de su composición antociánica. Su matiz o tono es indicativo de su evolución, por tanto no es indicativo de su calidad, sino de su edad o evolución. La inestabilidad y reactividad de los antocianos son factores intrínsecos que afectan al color, que cambia en los vinos desde el rojo-azulado hasta el naranja pardo. El vino joven debido a la presencia de antocianos libres presenta el rojo-azulado, vivo, púrpura o rubí en términos enológicos, mientras que el envejecido, el criado, por descomposición y combinación de los antocianos, presenta los tonos naranjas, los que habitualmente se denominan ladrillo o teja.

El catador relaciona inmediatamente esos colores con el sabor del vino. Debe existir un paralelismo entre ambos. Un color rojo recuerda a los aromas y sabores de las frutas de ese color como las cerezas, fresas o frambuesas y un color ocre a las especias y a las frutas desecadas. Por esa razón en la descripción de los vinos figuran expresiones como frutas rojas del bosque o ciruelas pasas. Pero no es solamente la educación de los sentidos lo que hace que el catador establezca el paralelismo entre color y sabor. Cualquiera de nosotros al presentarnos una bebida con un color determinado la asociaremos a un olor o sabor conocido y de no encontrarlo la rechazaremos. Así, un color verde lo asociamos a la menta y un color amarillo al limón, y si al beberlo el amarillo recuerda a la fresa, y el verde a las pasas, pensaremos que están contaminados y no los beberemos.

Desde siempre las bodegas han sido conscientes de la importancia del color del vino pero en los últimos años, y debido fundamentalmente al cambio en los gustos del consumidor y al redescubrimiento de la dieta mediterránea, esa importancia se ha convertido en vital. El precio del vino se asigna actualmente no únicamente por el grado alcohólico como antaño, sino por la intensidad de su coloración. La preocupación por conocer y dominar los factores que condicionan el color del vino tinto es máxima para los enólogos, que demandan información sobre tales factores para asegurar, además, una evolución del color acorde con el tipo de vino que elaboran.

Esto ha propiciado un aumento espectacular de la investigación en este campo y del número de publicaciones, lo que se ha traducido en un desarrollo tecnológico muy significativo. Sin embargo a día de hoy no se ha demostrado todavía que alguna de las teorías

propuestas para explicar el color responde enteramente a la realidad.

A pesar de esta limitación se han identificado en el vino tinto una serie de pigmentos que pueden ser los responsables de colores del vino. De cualquier forma no hay que olvidar que el color final es siempre el resultado de la interacción de diversos pigmentos y fundamentalmente los de color rojo-púrpura y los de color pardo-amarillento.

Vamos a considerar el origen y características de los mismos.

## *2.2 Color rojo.*

Los compuestos primarios responsables del color rojo son los antocianos, metabolitos secundarios de las plantas que se almacenan en el hollejo de las uvas tintas durante su maduración en forma de glicosidos. Estos antocianos son Malvidina (M3g), Petunidina, Delfinidina, Peonidina, Cianidina. De ellos la Malvidina es la que se encuentra en mayor proporción en las uvas, por lo que es la principal responsable del color del vino tinto. En una disolución hidroalcohólica como el vino los antocianos se encuentran en diversas formas y su equilibrio depende del pH. A pH muy ácido sólo los cationes flavilio poseen color rojo (1) por lo que al pH del vino (3,2-4,0) la mayoría de los antocianos se encuentran en formas incoloras o débilmente coloreadas.

El vino tinto tiene un pH comprendido entre 3 y 4 por lo que, según lo anterior, habrá un equilibrio entre las sustancias rojas, las incoloras y las azules. Cuanto más ácido sea el vino tanto más intenso y predominante será el color rojo y cuanto menos, tanto más predominará el color azul. Según esto la mayoría de los vinos tintos deberían ser azules, cosa que, evidentemente no sucede.

Por otra parte, cuando en una disolución hidro-alcohólica al 13% y de pH 3,5 (lleuada con disolución tampón de ácido tartárico-tartrato sódico, lo que se denomina vino sintético), se disuelven antocianos puros su color rojo decae rápidamente y este decaimiento es tanto más acusado cuanto mayor es el contacto con el aire. En el vino esta decoloración tampoco es apreciable. El vino tinto en una copa mantiene su color durante mucho tiempo. La explicación de estos hechos estriba en que el vino tinto no es únicamente una disolución de antocianos puros, sino que es un medio mucho más complejo. Entre otros muchos compuestos contiene los ácidos fenólicos, los flavanoles y los taninos. Los antocianos, junto con los taninos, forman una serie de combinaciones de color rojo, que son las responsables de la estabilización del color del vino tinto.

El término tanino engloba una gran cantidad de compuestos polifenólicos, pero fundamentalmente pertenecen a dos familias: la de las proantocianidinas, que proceden directamente de la uva y la de los taninos hidrolizables, que provienen de la madera de

roble.

La estructura química de las proantocianidinas es compleja y consta de polímeros de catequina y/o epicatequina y de sus formas isoméricas. Su configuración espacial es similar a la de una espiral a la que están anclados y dirigidas hacia el exterior, grupos OH. Cuantas más unidades monoméricas de flavanol contenga el polímero tanto más larga será la espiral. Las procianidinas polimerizan a lo largo del tiempo, y esta polimerización puede ser lineal o cruzada. Para que tenga lugar la polimerización cruzada es necesaria la presencia de oxígeno, por lo que viene favorecida por una aireación moderada del vino.

En la condensación de los flavanoles aumenta la aromaticidad y las especies condensadas van teniendo coeficientes de absorptividad molar mayores y a longitudes de onda más altas, lo que hace que su color vire al amarillo cada vez más intenso. Por otra parte, y a través de los grupos OH, las procianidinas son capaces de formar complejos con sales inorgánicas, polisacáridos y péptidos, lo cual modifica sus propiedades organolépticas.

Durante muchos años se ha trabajado en identificar los pigmentos responsables del color estable del vino tinto y en establecer los mecanismos de formación. La disponibilidad de moderna instrumentación analítica, fundamentalmente Espectrometría de Masas y Resonancia Magnética Nuclear ha permitido identificar con certeza muchos de estos componentes y dar paso a nuevas teorías para explicar el color. Una de estas explicaciones es la de copigmentación.

El concepto de copigmentación es el aumento de color de los pigmentos debido a la presencia de componentes incoloros. Dicho cambio puede producirse a través de una hiperchromia, un incremento en el color o un cambio en la apariencia.

La copigmentación es un equilibrio que implica la asociación preferencial y no covalente, de las formas coloreadas de los antocianos con un grupo de componentes, fenólicos o no, que se denominan copigmentos, para formar pilas o complejos de apilamiento vertical. Su unión se mantiene por enlaces de baja energía, de tipo Van der Waals, y su estabilidad se debe a la presencia de la glucosa del antociano y a su disposición espacial hacia el exterior, que hace que forme una barrera capaz de formar enlaces de puente de hidrógeno que impiden que las moléculas de agua del medio alcancen al antociano, lo hidraten y lo decoloren. De esta forma se explica la estabilidad del color en los vinos tintos jóvenes y su coloración púrpura.

Como copigmentos pueden actuar sustancias muy distintas, como polisacáridos, ácidos orgánicos, amino-ácidos y sobre todo flavanoides. Su único requisito es que deben poseer o adoptar una configuración plana para poder asociarse con los antocianos (2). Los copigmentos que están en el mosto tienen poco efecto en la formación de las pilas mientras

que los que se encuentran en los hollejos de las uvas determinan el impacto de la copigmentación.

Un aspecto muy importante del complejo de apilamiento vertical es que tiene carga positiva. Por tanto esta asociación molecular, para ser estable, necesita un contraión y este normalmente es el ión hidrógeno-tartrato (bitartrato), el más abundante en el vino. Desde siempre llamaba la atención que la cantidad de tartratos disueltos en el vino fuese superior a la que correspondería según el producto de solubilidad de sus sales. La explicación de este hecho puede estar en que la pila de copigmentación ayuda a mantener estos aniones en disolución y explicaría también el por que una estabilización tartárica excesiva acarrea una disminución del color del vino. La eficacia como copigmentos de los flavanoles monómeros es distinta. La (-) epicatequina (epi) es mejor copigmento que su estereoisómero la (+) catequina (cat). Lo mismo ocurre con sus prociamidinas dímeras, la B2 (epi 4-8 epi) y B3 (cat-4,8-cat). Curiosamente la B-2 es todavía mejor copigmento que la (+)catequina.

Los estudios de copigmentación en disoluciones modelo han puesto de manifiesto que el color de las disoluciones de antocianas copigmentadas con distintos polifenoles muestran colores diferentes, siendo la procianidina B-2 la que muestra mayor variación, ya que su color vira al naranja.

En la actualidad se está estudiando la posibilidad de que los antocianos copigmentados se unan directamente, mediante enlaces covalentes, a sus copigmentos (3). Recientemente se ha descrito la presencia de un pigmento rojo (4) cuya masa molecular coincide con la de una posible combinación cat-Malvidina 3-glucósido en el que el antociano está en la forma flavilio. Hace años que estaba formulado este tipo de compuestos, pero hasta el momento no se había detectado, posiblemente porque quedaba enmascarado por las altas concentraciones de antocianos.

Desde hace muchos años se conoce que la presencia de acetaldehído contribuye a estabilizar el color del vino tinto pero hasta el desarrollo de la técnica analítica combinada LC-MS no se han podido aislar e identificar los productos de condensación de antocianos y flavanoles mediados por acetaldehído (5).

El etanal es un producto que se genera tanto en la fermentación del vino como en etapas posteriores de oxidación no enzimática del etanol, por lo que, aunque su disponibilidad no sea muy grande por la presencia de SO<sub>2</sub>, existe en cantidad suficiente como para participar en tales reacciones.

El pH y la temperatura influyen en la reacción de condensación. Cuanto más ácido es el vino tanto más rápida es la condensación, lo que se explica por la mayor facilidad

de protonización del acetaldehído, catión necesario para que tenga lugar la reacción. Al descender la temperatura disminuye la velocidad de degradación de los antocianos por lo que existe una concentración más alta que favorece la reacción. Por otra parte los compuestos que se forman son más estables, ya que disminuye su velocidad de polimerización (6).

El etanal a través de puentes etilo, sirve de puente para la condensación de muchos polifenoles, bien entre compuestos de la misma familia bien entre compuestos de familias distintas. Las reacciones más importantes tienen lugar entre flavanoles y antocianos.

Los pigmentos resultantes de la condensación de M3g y catequina a través de sus carbonos C-8, son especialmente relevantes. Presentan un color violáceo más intenso que el de la M3g y más estable frente a los cambios de pH (7).

Los antocianos también pueden condensarse con procianidinas dimeras y trimeras (8) obteniéndose pigmentos semejantes a los de catequina. Todos estos pigmentos en presencia de acetaldehído, son capaces de incorporar nuevas unidades de etil-flavanol con lo que aumentan su masa molecular, disminuye su solubilidad y llega un momento en que precipitan. Esto origina una pérdida de color en el vino.

La condensación entre unidades de flavanoles tiene lugar fácilmente pero los productos formados son incoloros. Las procianidinas también condensan y más fácilmente que las catequinas monómeras. Sus productos de condensación se despolimerizan fácilmente originando las unidades reactivas de etil-fenol que pueden volver a condensar con procianidinas o con los antocianos citados anteriormente.

La condensación entre unidades de antocianos no tiene lugar con la misma facilidad que con las catequinas. Sin embargo su existencia se ha puesto de manifiesto últimamente (9). También recientemente (10) se han encontrado en vinos de Oporto pigmentos azules, en lo que la unidad cromófera es un piranoantocianos, es decir una molécula heterocíclica oxigenada originada por la reacción entre ácido piruvico y M3g.

### *2.3 Color rojo-anaranjado.*

Este color es importante en los vinos y siempre se creyó que se originaba por la disminución del color rojo y el aumento del color amarillo como consecuencia del envejecimiento y oxidación. Sin embargo en 1996 se lograron aislar, de las membranas de filtración de vinos tintos, dos pigmentos de color más anaranjado que el de los antocianos (11). Se identificaron respectivamente como productos de la cicloadición de doble enlace de un resto 4-vinilfenol a las posiciones C-4 y OH en 4 de M3g y de su ester cumárico. A estos productos y a otros pigmentos de color similar se denominaron genéricamente vitisinas

(12). Una propiedad interesante de las mismas es su resistencia a la decoloración por el  $\text{SO}_2$ .

#### 2.4 Color Pardo amarillento.

La aparición de colores pardo-amarillentos en disoluciones de antocianos y flavanoles ha sido explicada por la formación de sales de xantilo, amarillas, originadas a través de una reorganización de tipo oxidativo de un dímero antociano-flavanol. Sin embargo en el vino la mayor fuente de pigmentos de color amarillo provienen de los O-difenoles, los cuales se oxidan para dar un radical super óxido y un radical semi-quinona. Las quinonas originadas se condensan con los O-difenoles, fundamentalmente con el ácido caftarico, pero también pueden hacerlo con otros compuestos fenólicos como los flavanoides dando lugar a especies coloreadas amarillas (13).

Las especies poliméricas originadas son cada vez más complejas y con un índice de aromaticidad mucho mayor y presentan un potencial redox inferior, por lo que son más fácilmente oxidables que el o-difenol precursor. Esto explica el por qué un vino que ha empezado a oxidarse tiene mucha más facilidad para seguir haciéndolo (14).

Estas reacciones de polimerización progresan hasta que los productos originados precipitan.

Tras esta explicación es conveniente remarcar algunas características de los compuestos citados por su significado en el vino. En primer lugar que los compuestos antociano-flavanol o procianidina tienen unos equilibrios en función del pH distintos al de los antocianos libres, de tal forma que al mismo valor de pH el color de los primeros es más intenso y de una tonalidad menos azul. También que estos compuestos coloreados poliméricos no se transforman en calconas y por tanto el antociano ligado no puede oxidarse y decolorarse. Este hecho es de importancia capital para que el vino pueda resistir la crianza oxidativa en barricas. Por otra parte las procianidinas o flavanoles ligadas a los antocianos tienen menos tendencia a combinarse que las libres, lo que significa que tendrán menos tendencia a dar disoluciones amarillas y a formar precipitados, lo cual también es de gran importancia para el vino.

El que en un vino predominen un tipo u otro de las reacciones descritas depende de su composición original. Si el vino de partida contiene una concentración molar de antocianos mucho mayor que la de flavanoles y proantocianidinas, la reacción que predominará será la de degradación de antocianos por oxidación, lo que se manifestará por una pérdida de color. Por el contrario si la concentración molar de antocianos es mucho menor que la de flavanoles, la reacción que predominará será la de su polimerización, lo que se traducirá

en un aumento de la coloración amarilla a lo largo de la crianza.

Evidentemente si el vino contiene concentraciones molares de antocianos y flavanoles equivalentes todas las reacciones serán igualmente probables. En consecuencia una crianza correcta conducirá a un vino de coloración estable y de características organolépticas muy equilibradas.

Todos los equilibrios y productos de reacción descritos en estos apartados juegan un papel importantísimo cuando entran en acción los sentidos del gusto y tacto. A ellos volveremos a referirnos al tratar de estos sentidos.

Excepto para el apartado del color pardo-amarillento, todo lo comentado hace referencia al vino tinto. En el vino blanco las reacciones que tienen lugar son las mismas, excepto que no hay antocianos. Profundizar en el tema de la aparición de los colores amarillos y pardos se sale fuera de este discurso, por lo que no voy a tratarlo (15-17).

### *2.5 Medida del color y del contenido fenólico.*

La importancia del contenido polifenólico en general, y antocianico en particular, ha hecho que se hayan desarrollado diversas metodologías analíticas para determinarlo. Ahora bien, al no disponer las bodegas de elaboración de laboratorios bien equipados donde determinar y expresar la concentración de la forma habitual, es decir, en peso volumen, o peso + peso, la química analítica enológica ha desarrollado una metodología sencilla para hacer su seguimiento. Esta se basa en índices, que son números sin dimensiones y que se obtienen casi siempre por medidas espectrofotométricas sencillas.

Las más empleadas son (18):

- Índice del color, de compuestos fenólicos totales (índice de Folin-Ciocaltean e índice a 280 mm)
- Índice de antocianos (fundamentalmente por decoloración del vino con ácido sulfurosos) de taninos totales (Índice LA) de estructura de los taninos (índice de la vainilla, del ácido clorhídrico, de diálisis y de gelatina) y por último de estabilidad de los antocianos (índice de calentamiento). El desarrollo del Análisis Instrumental sobre todo de la cromatografía, la espectroscopía UV-VIS y la Espectrometría de Masas ha permitido identificar, cuantificar y diferenciar los componentes polifenólicos individuales del vino.

### *2.6 Vino y calidad de vida.*

Independientemente de sus cualidades cromáticas, los componentes del vino tinto, polifenólicos o no, han despertado el interés del mundo sanitario y de los consumidores ante

la evidencia de sus posibles efectos beneficiosos para la salud. (19).

En 1991 el gran público americano se enteró, en el transcurso del programa de televisión 60 Minutos, de que el pueblo francés tenía un riesgo de sufrir CHD mucho menor que el americano, a pesar de ingerir una dieta alta en grasas, tener niveles elevados de fumadores y otras causas de riesgo también elevadas, como el peso corporal, es decir factores de riesgo también elevadas, como el peso corporal, es decir factores de riesgo tan malos como los de USA o de los países del Norte de Europa. La confirmación de este hecho, que se conoce con el nombre de la “Paradoja francesa” quedó plenamente establecida en trabajos publicados en 1992. (20).

La comparación de dos trabajos epidemiológicos americano y francés que relacionaban la mortalidad y la trombosis coronarias en función de la tasa de colesterol, puso de manifiesto que había un paralelismo perfecto. Esto es a mayor contenido en colesterol mayor mortalidad y trombosis. Sin embargo entre un trabajo y otro existía una diferencia esencial. Para cada nivel de colesterol en Francia había de un 35% a un 55% de menos de accidentes o muertes que en USA. La explicación de este hecho se dio en que en la dieta francesa figuraba el vino, fundamentalmente el vino tinto, y no en la americana y por la ingesta del alcohol y resto de componentes le prevenía la enfermedad.

Los resultados de los estudios epidemiológicos se han confirmado en el proyecto MONICA (monitoring trends of cardiovascular disease), un Proyecto de la Oficina Mundial de la Salud realizado en 20 países con la misma metodología y en otros muchos llevados a cabo posteriormente.

Así, en Dinamarca, Gronbaek *y col.*, en dos estudios uno con 14.000 personas y otro con 33.000 han demostrado que el vino origina una reducción de cerca del 50% de la mortalidad coronaria o cardiovascular con un consumo de tres a cinco vasos por día. También han encontrado una disminución del riesgo de cáncer.

En el estudio francés que todavía está en curso en la ciudad de Nancy, sobre una población de 35.000 hombres los resultados son similares. Además de la protección contra las enfermedades cardiovasculares se ha encontrado un descenso en la mortalidad por cáncer. Descenso de entre un 10 y un 22% de los consumidores de 2 a 3 vasos de vino por día en relación a la población abstemia.

Los resultados de estos estudios se refieren a individuos que regularmente, diariamente, beben las cantidades de vino indicadas. No a la media de un consumo semanal o mensual.

Otros estudios que se han llevado a cabo en los últimos años abren perspectivas muy interesantes en relación al consumo moderado de vino. Ya no se habla únicamente de las enfermedades cardiovasculares sino que se habla de patologías degenerativas, demencia

senil tipo Alzheimer, degeneración senil de la retina de los ancianos y por supuesto de cáncer. Enfermedades todas ellas de una gran incidencia y con tendencia a aumentar en un futuro, sobre todo las primeras a la vista del aumento de la longevidad en la población.

Los polifenoles, en relación a su actividad fisiológica tienen, entre otros, los siguientes efectos:

**Efecto actividad antiviral y antibacteriana.** Se ha encontrado que ciertos flavanoides presentan actividad frente a virus del grupo gripe, poliomeilitis o herpes a través de la acción inhibidora de la lipoxigenasa.

Por otro lado poseen efecto antibacteriano frente a Salmonella Shigella y Escherichia Coli. Es decir el histórico papel del vino como auxiliar digestivo está demostrado y los polifenoles erradican bacterias que normalmente provocan envenenamiento alimentario, disentería y diarrea.

**Efecto a nivel del tracto gastrointestinal.** Los polifenoles actúan en el último tramo del intestino. Los taninos condensados, tienen una gran capacidad de retener agua por sus muchos grupos OH, producen un aumento de la masa fecal ya que no son digeridos y facilitan la eliminación de las heces por su acción humectante. En esta acción se asemejan a los componentes de las fibras dietéticas.

**Actividad antiinflamatoria y antialérgica.** Los compuestos polifenólicos inhiben la liberación de ácido araquidónico por parte de las células inflamadas. Por esta razón las enzimas lipoxigenasa y ciclooxigenasa disponen de menor cantidad de sustrato para la síntesis de los compuestos responsables de la respuesta inflamatoria: Endoperoxidos, prostaglandinas, tromboxanos, etc.

Otros compuestos como la quercitina inhiben la liberación de histamina y por tanto son capaces de bloquear la repuesta alérgica del organismo. El resveratrol inhibe la agregación plaquetaria e interfiere en el metabolismo del ácido araquidónico por lo que también tiene actividad antiinflamatoria.

**Actividad antimutagénica y anticarcinogénica.** En estudios con animales de laboratorio se ha comprobado que los flavanoides inhiben la aparición de tumores inducidos químicamente y parecen proteger al organismo de compuestos mutagénicos. Sin embargo en humanos los resultados son contradictorios y es necesario profundizar en nuevos estudios.

Otras actividades de los polifenoles son la anticolesterolemica y sus efectos hipolipemiente, antioxidante y antiagregante plaquetar.

Estudios realizados “in vivo” en humanos con vino tinto han puesto de manifiesto que

el vino ejerce sus supuestas actividades cardioprotectoras mediante múltiples mecanismos tales como:

- Mejorando el nivel de los lípidos contenidos en la sangre, aumentando la concentración de colesterol en las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reduciendo la concentración de colesterol en las lipoproteínas de baja densidad (LDL).
- Disminuyendo la trombosis, al reducirse la agregación de las plaquetas o trombocitos, reduciendo la concentración en fibrinógeno y aumentando la fibrinólisis.
- Reduciendo el espasmo de la arteria coronaria en respuesta al estrés correspondiente.
- Aumentando el flujo sanguíneo coronario mediante la vasodilatación correspondiente.
- Reduciendo la presión sanguínea.
- Reduciendo la concentración de insulina en el plasma, la insulina es una hormona proteica, que aumenta la síntesis de los triglicéridos derivados de la glucosa, impidiendo la degradación de los triglicéridos a glicerol y haciendo que los ácidos grasos sean los precursores del colesterol.
- Incrementando la concentración de estrógenos en el plasma. Los estrógenos son hormonas que reducen de forma muy importante la concentración de colesterol en el plasma de mujeres premenopáusicas, observándose en éstas una arterioesclerosis significativamente menor que en los hombres.

La lectura de estas propiedades del vino no deben llevar al error de considerarlo como un medicamento, como un producto farmacéutico que nos haga olvidar las nociones de gusto y placer. Tampoco debemos caer en el error de considerar el vino como una bebida sin riesgo. El vino es una bebidas alcohólica que contiene etanol. Su consumo debe ser moderado, lo mismo que el de café, azúcar, mantequilla y resto de la mayoría de los alimentos. En definitiva, debemos beber poco, pero beber bien, para beber mucho tiempo.

### **3. EL SENTIDO DEL OLFATO**

La operación siguiente que se realiza con la copa de vino es la de olerla y esto se hace tanto sin agitar el vino, lo que se denomina a “copa parada” como después de someterla a un movimiento de rotación relativamente enérgico. Así pues, el sentido del olfato es el que se pone en juego en este momento. Pero antes de llevar la copa a la nariz ya se han hecho inevitables predicciones sobre su olor y al sentirlo parte de las predicciones se

confirmarán, pero otras fallarán en mayor o menor medida, y entonces surge la sorpresa, una sorpresa esencial que desencadena nuevas predicciones sobre lo que sucederá en la degustación.

Se ha dicho que esta aproximación al vino es semejante a la disposición para escuchar música (21). Es esencial un ligero desequilibrio entre lo predecible y lo imprevisible. Ante una melodía demasiado tonal y redundante el cerebro se aburre y al quedarse sin función relevante que cumplir se ofende, se desinteresa. Por el contrario si la predicción es imposible el cerebro se frustra, se pone en guardia como le puede pasar a un melómano con la música dodecafónica. En el primer caso el catador acometerá las siguientes operaciones de degustación simplemente como una obligación y en el segundo con cierta prevención hacia lo que pueda sentir.

El aroma, posiblemente sea la cualidad del vino que más contribuya a su disfrute. Este hecho, hace que considere oportuno describir aquí diversos aspectos fisiológicos del sentido del olfato y comentar ciertas características y cualidades del olor.

### *3.1 Aspectos fisiológicos del olfato humano.*

El sentido del olfato, lo mismo que el del gusto, son sentidos quimiorreceptores del medio externo que nos suministran información muy valiosa sobre la naturaleza química de numerosas sustancias presentes en el medio ambiente (22).

El sistema olfatorio se puede considerar constituido por un órgano sensorial, la pituitaria, donde se traduce la presencia de moléculas olorosas en impulsos nerviosos, y una serie de estaciones cerebrales donde se procesan y finalmente se interpretan dichos impulsos nerviosos. La pituitaria se localiza en la parte superior y posterior de las fosas nasales.

La parte más externa de la pituitaria está recubierta por la mucosa olfatoria, la cual presenta un color pardo-amarillento en contraste con el resto de la mucosa respiratoria que es de color rosado. Está constituida por el epitelio olfatorio que se fija sobre un tejido conjuntivo vascular con glándulas, que se apoyan sobre el esqueleto nasal. Estas glándulas de la mucosa olfatoria generan una secreción mucosa que, junto con la producida por las células sustentaculares, suministran el medio en el que se disolverán los odorantes antes de alcanzar los receptores sensoriales. Al parecer también se segregan proteínas que al unirse a los odorantes facilitan o dificultan su interacción con los receptores. El hecho de que los odorantes tengan que disolverse en esta secreción es determinante para que una molécula volátil pueda ser un odorante. Para serlo tiene que tener una polaridad adecuada que permita su disolución.

En el epitelio olfatorio hay tres tipos de células, las sustentaculares o de apoyo, las basales y las olfativas. Las primeras tienen por misión dar apoyo mecánico a las demás. Las basales tienen un comportamiento extraordinario, ya que al dividirse originan tanto células sustentaculares como olfatorias y éstas últimas son neuronas y se considera que las neuronas no se regeneran cuando mueren. Por lo tanto el comportamiento del epitelio olfativo es una excepción en el organismo humano. Cuando se lesiona, por ejemplo, por infecciones respiratorias, no sólo se regeneran las células olfatorias, sino también sus conexiones cerebrales, lo cual es todavía más sorprendente. Se considera que las neuronas olfatorias tienen una vida media corta, de 30 a 60 días y que su regeneración es continua.

Las células olfatorias tienen forma alargada, es decir son neuronas bipolares. De sus extremos parten dos prolongaciones, una denominada axónica, que se dirige hacia el cerebro atravesando el hueso etmoides y que realizará la primera conexión sináptica de la vía olfatoria y otra apical, dendrítica, que se dirige hacia la superficie del epitelio olfativo. De esta terminación parten de 5 a 10 cilios que se disponen paralelos a la superficie de todo el epitelio olfatorio, es decir que no están localizados en una zona concreta.

Estos cilios son prolongaciones celulares recubiertas por la membrana celular, y es en esta membrana donde se hallan las moléculas receptoras capaces de interactuar con los olores y transformar el estímulo generado en señales bioeléctricas. Estas señales las conducirá el axon citado anteriormente hasta la estación siguiente de la vía olfativa, el bulbo olfativo, situado ya en el encéfalo, y de allí a la corteza cerebral olfatoria tras sinapsis sucesivas con glomérulos olfativos y células mitrales, periglomerulares y glanulares.

Como el número de neuronas olfatorias es de varios millones el número de sensores de odorantes es enorme.

Cuando respiramos las moléculas del aroma no llegan directamente hasta la pituitaria, pues no está situada en el conducto principal de la respiración sino en una derivación, en una especie de callejón sin salida que delimitan los cornetes y al que se accede a través de una estrecha hendidura. Los cornetes, que son unas laminillas cartilaginosas, además de dividir la cavidad nasal, humidifican, filtran y calientan el aire. Es decir que a la pituitaria sólo pueden acceder, después de acondicionados, una pequeña parte de los gases inspirados, durante la respiración normal. Esto es, sin duda, una ventaja, pues protege de muchas agresiones olorosas.

La pérdida de olfato que sentimos cuando nos acatarramos se debe al cierre de la hendidura olfativa por inflamación u obturación por mucosidades.

La mucosa de la pituitaria es muy sensible a los gases irritantes como el cloro, el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y muchos más. La sensación que producen se transporta

por el nervio trigémino y por tanto no es un olor, aunque normalmente la confundimos y denominamos olores picantes o sofocantes. Con frecuencia la irritación que produce provoca el acto reflejo de estornudar, con el que el organismo intenta expulsar los gases perturbadores.

La naturaleza de los receptores olfativos y su interacción con las moléculas aromáticas ha sido objeto de estudio desde hace muchos años. El que se pudiesen sentir tantos olores diferentes y el que hubiese tantas neuronas hizo sospechar la existencia de miles de receptores específicos, y los neurofisiólogos explicaron la interacción receptor odorante con ejemplos como los del guante y la mano o la llave y la cerradura (23).

Sin embargo, a pesar de la cantidad de estudios realizados (la organización de los circuitos neuronales la describió Ramón y Cajal en 1911), la naturaleza de los receptores olfatorios no se conoció hasta el año 1991, merced al trabajo de Linda Buck y Richard Axel (24); desde entonces numerosos grupos de investigación han confirmado sus hallazgos y progresado en el conocimiento de los mismos. De forma resumida podemos decir que a día de hoy conocemos que los receptores del olor pertenecen a una super-familia muy grande de proteínas, caracterizadas por su dominio de siete transmembranas, y su acoplamiento funcional con proteínas que están implicadas en la transducción, las Proteínas G (25).

Esta situación plantea la pregunta de cuantos tipos de receptores existen en cada célula receptora. La contestación es simple: Solamente uno. Únicamente un tipo de receptores se expresa en cada célula; consecuencia de esto es que la selectividad de estos receptores debe ser bastante amplia. Sin embargo, y a la luz del estado actual de lo que sabemos, no se puede excluir la posibilidad de que receptores de baja selectividad puedan coexistir con receptores de selectividad alta.

La mayoría de los estudios más recientes sobre la estructura de la mucosa olfatoria intentan explorar la representación espacial de los olores (26). Vamos a fijarnos en unos hallazgos muy interesantes.

En 1994 dos grupos de investigación señalaron que las moléculas receptoras no solo están presentes en los cilios del apex de las células receptoras, sino que también podrían detectarse a nivel de los axones, y particularmente en los glomérulos en donde los axones son muy densos.

El hallazgo sorprendente fue que la convergencia de los axones y glomérulos es extremadamente selectiva. Los axones que salen de células receptoras que detectan el mismo olor se agrupaban en un número muy pequeño de glomérulos; típicamente dos. Por tanto, cada tipo de receptores de olores queda representado en el bulbo por una pareja de glomérulos.

Hay que señalar que esto no implica que un estímulo odorífero induzca actividad únicamente en uno o dos glomérulos. Debido a que un odorante puede reconocerse por diversos tipos de receptores, uno puede esperar que diversos glomérulos, posiblemente varios cientos de glomérulos, serán activados por cualquier odorante puro. Un único receptor reconoce multitud de odorantes y a un único odorante lo reconocen multitud de receptores.

Los glomérulos del bulbo olfativo reciben las señales eléctricas generadas en los grupos receptores y parece ser que actúan como los puntos de una pantalla de televisión. Pueden estar encendidos o apagados y si están encendidos pueden brillar con distinta intensidad y también mostrar colores distintos, con lo que generan en el cerebro una imagen bidimensional semejante a las imágenes visuales generadas en la retina. Cada aroma genera una imagen diferente.

A menudo se considera al olfato un sentido peculiar cuya función principal todavía no se ha aclarado, y esto no es solamente porque es un sentido químico, que genera su mensaje al interactuar con moléculas (a diferencia de la vista que capta radiaciones), sino porque este mensaje se integra directamente en el interior de las regiones corticales sin un procesamiento previo en el tálamo. Además, la transmisión olfatoria es la más lenta del sistema nervioso (alrededor de 400 ms), unas 10 veces inferior a la detección visual, y la que tiene una definición de imágenes más pobre (aproximadamente 50.000 células mitrales) sobre todo comparada con el millón de píxeles por imagen visual formadas por las células de la retina.

La percepción olfatoria modifica de forma no consciente el comportamiento, genera emociones y evoca situaciones pasadas. Ejemplos bien conocidos de estos hechos son la activación de nuestras glándulas salivares y la producción de jugos gástricos al percibir el olor de comida, o el recuerdo de situaciones de nuestra niñez al sentir un particular olor. Además, de forma inconsciente, aceptamos una serie de aromas que son beneficiosos para nuestra salud, como los de las hierbas aromáticas por sus propiedades antifúngicas, antiinflamatorias e insecticidas y que consideramos agradables, y huimos de otros perjudiciales como los generados en procesos de putrefacción y que podrían ocasionarnos infecciones.

El olfato es probablemente el sentido más difícil de verbalizar. Si nos fijamos, cuando describimos un olor no le asignamos un término específico, sino que le damos el nombre de los objetos que posee ese olor (27). Así decimos olor a cebolla, aroma de fresa, etc. mientras que, por ejemplo, cuando con el sentido del oído identificamos una vibración, la designamos por los términos do, ó re, ó mi, etc., que no tienen referencia con ningún cuerpo tangible. El que no existan términos específicos parece indicar una asociación defectuosa entre olor y lenguaje. La explicación a este hecho se basa en la hipótesis de la

lateralización de las áreas del cerebro implicadas en el procesado del lenguaje y del olfato. Para la mayoría de las personas el procesado lingüístico tiene lugar fundamentalmente en el hemisferio cerebral izquierdo, mientras que la percepción del olor esta más localizada en el hemisferio derecho.

En la mayoría de los casos el olfato es un sentido que no genera la información suficiente como para tomar decisiones conscientes, a diferencia del resto de los sentidos. A pesar de que los humanos poseemos una gran capacidad para detectar y discriminar olores, tenemos grandes dificultades para identificar odorantes específicos, y esa dificultad a veces se torna insalvable si la fuente de olor es muy compleja. Un ejemplo es la de los catadores expertos, o los perfumistas, que son incapaces de identificar más de 3 ó 4 olores de una mezcla de muchos aromas de moléculas de características físico-químicas similares. Esto se debe a que el olor percibido de la mezcla casi nunca es una combinación de los aromas integrantes, sino un aroma diferente. Esto ocurre incluso con la mezcla de dos moléculas, que conduce a un tercer aroma que no es predecible a partir de los dos iniciales (28).

Por otra parte el color influye notablemente en la determinación de olores, tanto cualitativa como cuantitativamente (29). En el caso del vino, el oscurecimiento del color por utilización de copas de vino opaco modifica claramente los descriptores de su aroma. Lo mismo ocurre por modificación del color por adición de colorantes inodoros. Un vino blanco adicionado de un colorante rojo conduce a una descripción de olores que corresponde a un vino rosado o tinto, en contraposición a su ficha de cata previa en la únicamente figuran aromas de flores o frutas blancas.

Es interesante el estudio de la estructura del lenguaje de los catadores. Lo lógico sería pensar que estuviera estructurada según dimensiones sensoriales y sin embargo se encuentra que responde a prototipos ¿Qué quiere decir esto? Pues que el catador analiza el vino más en términos de “se parece a tal o cual” que en términos de “posee tal o cual cualidad”. Este hecho parece confirmar lo anteriormente dicho en relación a que el proceso cognitivo olfatorio tiene lugar en el hemisferio derecho. Por otra parte los prototipos dependen de las preferencias del catador, sean expertos o iniciados noveles, lo que implica itinerarios hipotalámicos. Consecuencia de esto es que la enseñanza de la cata obliga a aprender términos descriptivos apropiados para cualquier propiedad sensorial del vino.

Un aspecto que no debe olvidarse es que en la descripción sensorial siempre se mezclan percepciones verdaderas con datos imaginarios. Como la información quemosensorial a veces no es fiable en reproducibilidad ni en cantidad, la información intangible adquiere con frecuencia muchísima importancia.

Las sensaciones olfativas no son fijas ni duraderas. Al inspirar un aroma, durante un tiempo de 4 ó 5 segundos, la sensación que se experimenta crece en intensidad pero después de alcanzar un máximo decae lentamente llegando a desaparecer. Es un fenómeno bien conocido que las personas que utilizan diariamente una determinada colonia no son conscientes de cual es su aroma e intensidad, y también, el que al entrar en un determinado recinto se note un cierto olor y que al cabo de poco tiempo deje de percibirse. Este fenómeno ha sido muy estudiado y la ley que mejor lo expresa es la de Stevens.

Para que una sustancia produzca olor debe llegar a la pituitaria en concentración suficiente, esto es, debe superar un umbral. Ese número de moléculas depende de muchos factores y es distinto de una sustancia a otra y a día de hoy no se puede predecir, a la vista de una fórmula, cual será el olor de ese compuesto ni su intensidad.

La concentración umbral no coincide con la concentración analítica. Para que se perciba un olor es necesario que la segunda sea igual o superior a la primera. Precisamente la relación entre la concentración analítica y la umbral, que se denomina valor de aroma, es una medida de la potencia-intensidad aromática de una sustancia y nos permite, además, comparar intensidades aromáticas de una misma sustancia en diferentes productos o una mezcla de odorantes en un mismo producto. Esto es, nos permite jerarquizar la importancia de los aromas (30).

La concentración de un aroma influye no solamente en su detección e intensidad sino también en el olor percibido. Ejemplos notorios son los de aldehídos como trans-2-nonenal cuyo olor puede variar desde plástico hasta calabaza al aumentar la concentración, o el del ferfuriltiol que pasa de café a cebolla (31).

Los isómeros químicos, incluidos los ópticos, también presentan singularidades en cuanto a olor y concentración umbral. La posición del grupo responsable del olor, el osmóforo, influye decisivamente. Así la  $\beta$ -iónona huele a violeta y la  $\beta$ -damascenona entre compota de manzana y ciruelas secas. De los aldehídos, el trans-2-heptenal a almendras amargas y el cis-6-heptenal a melón. Los isómeros ópticos también huelen distinto, aunque por lo general el contraste del olor no es tan acusado. La diferencia de la percepción de los isómeros ópticos, uno la imagen en el espejo del otro, es una prueba de la existencia de receptores muy específicos en la pituitaria.

¿Significa todo esto que el análisis instrumental es más fiable que el sensorial y puede sustituirlo? La contestación es que no, a día de hoy. Aunque se han hecho muchos progresos para caracterizar el aroma de un vino por Cromatografía de Gases y otras técnicas instrumentales, la cata continua siendo el único test universal fiable para establecer las características sensoriales del vino. Esto se debe a que las características particulares

sensoriales de una molécula, o de una mezcla, se crean en el cerebro del catador. Es un reconocimiento complejo en el que intervienen diferentes propiedades y que integran muchos matices de las facultades sensoriales del catador. Esta información no puede obtenerse únicamente por el análisis instrumental a partir de las características físico químicas de la estructura molecular de un sabor de vino.

### 3.2 *Olor y sabor.*

Para explicar las características del aroma y de su percepción que he desarrollado hasta ahora, me he basado en que las moléculas odorantes alcanzaban la pituitaria al respirar por la nariz, por lo que se denomina la vía ortonasal. Es decir, implícitamente estaba diciendo que las moléculas de ese aroma eran volátiles y que al describir el aroma de un vino lo que se hacía era decir a que olían los vapores que se desprendían de su copa y que se respiraban. Pero en la vida ordinaria el vino no lo empleamos únicamente para el disfrute del olfato, como si fuera una colonia, sino que lo ingerimos, lo degustamos, pues su misión fundamental es mitigar la sed agradando. Cuando nos llevamos el vino a la boca, lo ingerimos y respiramos, las percepciones que sentimos completan y amplifican las que previamente habíamos sentido por el olfato y nos crean en el cerebro una imagen mucho más rica, mucho más nítida, que la preferente. Vamos a explicar el por qué (32).

En primer lugar, porque la pituitaria está comunicada con la boca por lo que denominamos la vía retronasal, y en segundo, porque lo que acontece en la boca es algo muy distinto a lo que puede suceder en el conducto ortonasal.

En la boca la temperatura media es de 37°C, mucho más alta que la del vino, y las glándulas salivares continuamente segregan saliva para lubricar, la cual también contiene enzimas capaces de hidrolizar precursores de aromas. Además está la lengua con capacidad de movimiento y con otra serie de receptores.

Al ingerir el vino, lo mismo que cualquier otro alimento, se calienta, se ensaliva y con el movimiento de la lengua se reparte y presiona por toda la boca, especialmente contra el paladar. Al tragar, se generan unas ondas de presión que facilitan que los gases de la boca puedan expulsarse por la nariz. Consecuencia de todo esto es que las moléculas del vino menos volátiles pasan a fase gas por el aumento de temperatura, el movimiento de la lengua y el gran aumento de superficie de evaporación. El vino en contacto con la saliva modifica su tensión superficial y forma una capa muy fina que puede llegar a ser monomolecular. Según las últimas teorías, esta capa puede ascender por la vía retronasal y alcanzar la pituitaria, lo que abriría el camino a las moléculas no volátiles para alcanzar los receptores olfativos y dar la correspondiente señal. Por otra parte se ha puesto de manifiesto que determinadas moléculas de aromas se encuentran asociadas con fenoles y

otras sustancias en el seno del vino, y esa asociación se rompe en contacto con la saliva, lo que origina un aumento considerable de moléculas odorantes en la fase gas (33). El aumento de moléculas que llegan a la pituitaria por todos estos factores es, en parte, el responsable del cambio en la imagen del vino. La polaridad de las moléculas juega un papel importante en el aumento de la percepción.

El vino en contacto con nuestras papilas gustativas produce sensaciones de dulzor, salinidad, acidez y amargor y además, al activar los terminales del sentido del tacto, las de astringencia y untuosidad. Por otra parte se sienten las sensaciones de calor o frío. Es decir, que simultáneamente el cerebro recibe información de cuatro sentidos diferentes y las integra en una única imagen, por lo que, instintivamente, se tiende a no diferenciar el olor de todo el conjunto, que se denomina sabor. Coloquialmente empleamos instintivamente las palabras gusto a chocolate, a naranja, etc., cuando en realidad deberíamos decir sabor. Pues bien, para que el vino sea vino debe tener sabor, no solamente olor. Esta es una premisa que no debe olvidarse nunca, aunque con frecuencia quienes trabajan con el aroma tienden a minusvalorarla por ser el olfato el que más contribuye al sabor.

### *3.3 La descripción de la percepción*

Todo lo expuesto hasta ahora nos lleva a la conclusión que describir apropiadamente el aroma de un vino es una tarea difícil o cuanto menos que precisa de un aprendizaje, de una enseñanza. Se han descrito numerosas formas de afrontar esta tarea, pero la que ha tenido más aceptación es la que propuso la Dra Ana Noble con su rueda de los aromas (34-35). Noble indicó que la descripción de los aromas debía hacerse desde lo general a lo particular, en un orden preciso, y para estandarizar el trabajo colocó los descriptores en círculos concéntricos según el orden indicado, comenzando por el centro. Así por ejemplo un aroma podría describirse como afrutado, fruta de árbol, melocotón.

La mayoría de las veces la información que se obtiene no es cuantitativa, pues los cataadores por lo general no cuantifican la intensidad de cada descriptor, sino que ponen toda su atención en establecer la calidad del aroma. En el aspecto cuantitativo únicamente los términos “muy” o “poco” (muy intenso, poco intenso) son los habitualmente usados. Por el contrario, se emplean con frecuencia términos hedonistas, como agradable, bueno, fino, etc. que no tienen nada que ver con el análisis cuantitativo descriptivo. Esto podría hacernos creer que el olfato no es capaz de cuantificar. Nada menos cierto. Bajo condiciones estandarizadas somos capaces de reproducir la sensación cuantitativa de un aroma y por consiguiente hacer el análisis cuantitativo de un odorante utilizando nuestro olfato. Esto es muy importante, pues permite cuantificar odorantes para los que no existe todavía metodología analítica instrumental o no se dispone de la misma (36).

### 3.4 *El aroma del vino.*

La importancia del aroma en la calidad del vino ha hecho que numerosos grupos de investigación hayan dedicado su esfuerzo a conocer la composición cualitativa del vino (37). Como se ha partido de la base de que las moléculas del aroma son volátiles, la investigación se ha centrado durante muchísimo tiempo en tratar de identificar todos los compuestos volátiles. Esto ha sido un error grave, pues ser volátil no significa que tenga propiedades aromáticas. A día de hoy hay descritos en la bibliografía unos 900 compuestos volátiles en los vinos. Si todos estos compuestos contribuyesen al aroma de un vino sería prácticamente imposible el intentar comprender su aroma, y no merecería la pena el trabajar en este tema. Pero, afortunadamente, de esa multitud de compuestos solo unos pocos, alrededor de 60, son contribuyentes natos del aroma. Los demás prácticamente no intervienen. Esto simplifica enormemente el trabajo de identificación, aunque quede todavía la tarea de estudiar sus sinergismos y antagonismos.

El análisis de los compuestos del aroma se lleva a cabo, obviamente, por cromatografía de gases con detección por espectrometría de masas y por olfatometría. Precisamente el empleo de esta modalidad de detección fue la que revolucionó el estudio del aroma del vino (38).

### 3.5 *Clasificación de los aromas.*

Tradicionalmente los aromas se han clasificado en tres grupos: Primarios, secundarios y terciarios. Los primeros son los que provienen directamente de la uva y también se denominan varietales, los segundos los que se generan en el transcurso de la fermentación y los últimos los que aparecen durante la crianza.

Con los conocimientos actuales sobre el aroma del vino esta clasificación resulta demasiado rígida y no responde a la importancia de los odorantes individuales en el aroma del vino. Veamos el por qué. Cuando se huele el zumo de uva recién obtenido, su aroma no recuerda en absoluto al vino en la mayoría de los casos. Únicamente en variedades de uva como Moscatel, su aroma coincide con el del vino, lo que prueba que los componentes químicos responsables del olor han pasado inalterados de la uva al vino. Sin embargo vinos procedentes de uvas diferentes originan vinos de aromas distintos y aquí surge la pregunta ¿Esos aromas diferenciados aparecidos en la fermentación son secundarios o se deben clasificar como primarios por provenir de compuestos de las uvas? Creo que la pregunta no tiene contestación con esa clasificación. Al menos debería ampliarse y subdividirse en varietal neto o directo, y fermentativo, y explicar algo sobre su genesis. Cada variedad de uva posee una composición química cuantitativa diferente, por lo que pro-

porciona a la levadura un medio de fermentación distinto. La levadura, dependiendo del medio, generará mayor o menor cantidad de ciertos compuestos aromáticos propios de su metabolismo, y por acción de sus enzimas y otras causas, romperá enlaces de moléculas complejas transformándolas en otras más sencillas de potencia odorífera importante. Es decir, que revelará unos aromas propios de la variedad creando un perfil aromático propio. Este perfil aromático puede modificarse, en ciertas notas, por adición de determinados nutrientes al mosto y por empleo de levaduras diferentes.

Por otra parte, durante el proceso de crianza aparecen en muchos vinos notas aromáticas que provienen de componentes inodoros de las uvas y que, posiblemente por hidrólisis química lenta, son fraccionados y revelados. En ciertos casos estos aromas son singulares. Aquí también cabe preguntarse ¿Son aromas terciarios o primarios?

A pesar de que este muy establecida esa clasificación, pensamos que es más real e interesante clasificar los aromas en relación a su contribución al aroma del vino o, por su capacidad de modificar el perfil aromático de un vino. De cualquier forma una clasificación no excluye a la otra, sino que la complementa.

Así tenemos:

1. Aromas irrelevantes: Son la mayoría de los 900 compuestos volátiles presentes en la mayoría de los vinos. Aunque algunos de ellos están en concentraciones altas, si se eliminarán del vino no se notaría su falta.
2. Aromas base o constitutivos: Son componentes que se encuentran en concentración suficiente para ser percibidos y que su modificación no provoca cambios aparentes en el aroma. Se encuentran en todos los vinos. En este apartado se podrían incluir aquellos compuestos que por acción sinérgica con otros, y en su conjunto, pueden percibirse, pero sin alterar el aroma base.
3. Aromas sutiles: Son aquellos que, aún no siendo predominantes en el aroma, le proporcionan las notas o tonos diferenciales, como por ejemplo, la nota a flor blanca de naranjo o de acacia. También se encuentran en casi todos los vinos, y su composición abarca un amplio espectro de olores. Su concentración únicamente supera ligeramente su umbral de detección; de lo contrario, es decir, si se hacen preponderantes, constituyen un defecto.
4. Aromas impacto: Son aquellos que su presencia modifica de forma sustancial el aroma del vino, o de forma sutil si varía su concentración. Al igual que en el caso anterior también podrían incluirse en este apartado los compuestos, que en grupo, son capaces de percibirse, pero que aquí modifican el aroma del vino.

El aroma base está formado por unos 15 componentes. Al menos contiene cinco aromas cuya concentración es igual o superior a 20 unidades de aroma. En vinos tintos pertenecen a este grupo el hexanoato y el octanoato de etilo, el acetato de isoamilo, el ácido isovalerianico y la  $\beta$ -damascenona. También son importantes los ácidos grasos butírico, hexanoico y octanoico, los alcoholes de fusel isoamílico y fenil etílico, los ésteres de los isoácidos isobutírico e isovalerianico y el deacetilo. Normalmente tienen valores de aroma superiores a 5.

Los aromas de los vinos blancos y rosados contienen muchos más ésteres de ácidos grasos y acetatos que los tintos. De ahí su diferente aroma. En cuanto a las notas aromáticas podemos ver que hay frutales al menos de tres tipos distintos, florales de dos, lácteos y ácidos (39).

Si alguno de estos componentes aumenta su contenido fuera de la normalidad, o disminuye por debajo de su valor umbral, lo que se percibe es un defecto en el vino.

Al segundo apartado y dentro del grupo de los aromas sutiles, se pueden incluir una gran variedad de compuestos cuya enumeración sería demasiado larga (unos 16 compuestos). Su origen es muy variado. Proviene tanto de las uvas como de la acción de levaduras y bacterias, y en algunos casos el oxígeno ha jugado un papel importante en su generación (40).

A los compuestos individuales impacto, o mejor dicho, gran impacto, pertenecen familias de compuestos muy dispares. Están los terpenos, los compuestos tiólicos, y el metional, los fenoles volátiles etil guayacol y etil-fenol y el diacétilo.

Otros compuestos impacto bien conocidos son las piracinas, y son muy característicos de las variedades de uva Merlot y Cabernet.

### *3.6 Génesis del aroma del vino.*

El aroma del vino es complejo y es lógico que su génesis también lo sea. Durante muchos años se ha estudiado su formación y a día de hoy conocemos bastante bien las rutas por las que se generan los aromas y los compuestos base responsables de los mismos.

Para explicar la génesis del aroma y la procedencia del esqueleto carbonado de sus moléculas, se puede seguir un esquema similar al de la clasificación tradicional de los aromas. Así se puede distinguir: Aromas procedentes de las uvas, aromas fermentativos y aromas procedentes de la madera y de la oxidación. En cada grupo, pero sobre todo en el de aromas fermentativos se pueden clasificar los compuestos químicos en diferentes grupos o familias, entendiendo por tales aquellos cuyos componentes se forman siguiendo la misma ruta y por tanto tienen concentraciones relacionadas.

### 3.6.1 AROMAS PROCEDENTES DE LAS UVAS.

Un grupo de componentes del aroma de gran importancia, y que se pueden agrupar en familias, son los que provienen directamente de las uvas en donde están, bien en estado libre, o combinados en forma de moléculas no volátiles. Estas, denominadas precursores del aroma, por acción de las enzimas y de la acidez del vino se hidrolizan y liberan las moléculas volátiles que percibimos. Los grupos los constituyen compuestos terpénicos, norisoprenoides, ácidos benzoicos y fenoles y derivados de la cisteína.

Los compuestos de la familia terpénica los identificamos inmediatamente con los aromas de la uva Moscatel. Esto es debido a que esta variedad de uva contiene estos compuestos en estado libre en concentración superior a su umbral de detección, y por tanto en su mosto, o en sus granos, al masticarlos, se aprecia su olor. Los compuestos más importantes son Linalol, que huele a madera de rosa, y que por estar en cantidad superior al resto de terpenos se identifica con la variedad de uva; el nerol, que huele a rosa; el terpineol, que tiene un olor alcanforado; también el limoneno, o la citronela, de nota dominante cítrica y el óxido de rosa cis, con aromas que recuerdan a esa flor.

Estos terpenos, y otros más, también se hallan ligados a moléculas de azúcar en forma de precursores, y se liberan durante la fermentación y el almacenamiento. Además de la uva Moscatel, también son variedades terpenicas Riesling, Sylvaner, Gewürtztraminer y Mullerthurgau, aunque sus contenidos son inferiores.

De los carotenoides Luteína, Neoxantina y Violaxantina derivan compuestos norisoprenoides responsables de notas características de los vinos blancos Chardonnay y de la mayoría de los vinos tintos de calidad. Dichos compuestos no se hallan en estado libre. Son muy importantes la  $\beta$ -damascenona, con olor que varía desde helado de mora hasta ciruelas pasas, y la  $\beta$ -ionona, con olor a violetas. En ciertas variedades de uva también superan el umbral de detección otros compuestos, como por ejemplo el vitispirano, de olor a té, ó a infusión, la megastigmatrienona, de olor a tabaco y el TDN con olor a keroseno. Este último es importante en los vinos Riesling envejecidos.

La maduración de la uva es decisiva para que al vino puedan llegar estos productos en cantidades apreciables. Es un signo de calidad.

Los compuestos derivados de los ácidos benzoicos y de los fenoles constituyen dos familias diferentes.

La primera, que podemos denominar del cinamato, aporta aromas complejos que recuerdan a las especias, la miel y las flores blancas, aunque el cinamato de etilo recuerda a las frutas rojas y a las flores blancas. Son aromas muy agradables. Se sabe muy poco sobre su génesis, pero en la maceración carbónica se producen en más cantidad que en

la vinificación tradicional. La familia de los fenoles, que podemos denominar del regaliz y de las especias, juega un papel importante en el aroma de los vinos tintos. Alguno de estos compuestos se encuentran también en la madera de roble de las barricas, y por tanto, aportan al vino almacenado en botella o en depósito, aromas similares a los que se obtienen en la crianza de madera. Su origen está en precursores que se encuentran en las uvas y si se desconoce esta característica puede despistar al aficionado al describir el tipo de vino. El eugenol es uno de estos productos y confiere al vino la tonalidad del regaliz y del clavo. La uva tempranillo posee cantidades apreciables de este precursor. Otros fenoles importantes son el 4-etilfenol, con aromas que recuerdan al cuero, al betún; el 4-etilguayacol con aromas especiados, florales y el 4-vinilfenol, con tonos avainillados y recuerdo de madera de ciprés.

El último grupo de derivados de precursores es el de los compuestos tiólicos derivados de la cisteína. Su descubrimiento ha sido una sorpresa para el mundo de la enología, pues su importancia se ha puesto de manifiesto hace muy pocos años. Son compuestos impacto con umbrales de detección inferiores a la ppt. Sus notas características son muy distintas, desde el olor a boj de la 4-metil-4-mercaptopentanona, al olor a café del furfuriltiol. Su cuantificación es difícil y por tanto hay pocos datos en la bibliografía sobre los contenidos de sus precursores en las distintas variedades de uva. Sabemos que son compuestos importantes en los vinos blancos de la variedad Sauvignon, en los vinos tintos de Merlot y Cabernet y en los rosados de Garnacha, donde el acetato de 2-mercaptohexilo, de olor anisado, juega un papel decisivo.

Procedente de las uvas también se encuentra en el vino una familia de aromas cuyo olor recuerda a la hierba, a los tejidos vegetales. Son responsables moléculas lineales de aldehídos (hexanal y hexenales) y de sus alcoholes correspondientes. Su origen son los lípidos, los ácidos grasos insaturados de la uva, sobre los que actúan las enzimas hidrolásicas y la lipoxigenasa respectivamente. En el vino normalmente se encuentran únicamente los alcoholes ya que los aldehídos se reducen rápidamente por las enzimas alcoholdehidrogenasa de las levaduras.

Estos aromas no deben confundirse con el olor que recuerda a productos verdes de la familia de las metoxipiracinas.

### 3.6.2 AROMAS FERMENTATIVOS.

#### a) Derivados del metabolismo de los amino-ácidos.

Fundamentalmente está constituido por los acetatos de alcoholes superiores, ésteres etílicos de los isoácidos, e isoácidos y alcoholes superiores. Los primeros son los que comunican el conocido olor a plátano, del que el principal responsable es el acetato de isoamilo,

aunque también contribuyen los acetatos de isobutilo, hexilo y feniletilo. Curiosamente su concentración esta relacionada con la de los amino-ácidos del mosto y no con la de alcoholes superiores como se pensaba hasta hace poco tiempo. También son decisivas en la generación de este aroma la cepa de levadura y el grado de anaerobiosis de la cuba de fermentación. Estos aromas son muy importantes en los vinos de la variedad Tempranillo.

Los ésteres etílicos de los ácidos isobutírico e isovalerianico comunican al vino el olor a piña. A día de hoy se sabe poco de la génesis de los mismos, pero se han observado una serie de hechos muy interesantes. El primero, que las uvas que producen más de estos aromas son las que generan menos de la familia del plátano; por eso son importantes en el aroma de los vinos de Garnacha y tienen poca importancia en los de Tempranillo. También que pueden generarse durante el envejecimiento del vino; esto se observa claramente en los de las variedades Merlot y Cabernet Sauvignon, e indica que su generación puede seguir otro camino diferente al de las levaduras. Por último, que son aromas intensos, muy estables y que su formación es paralela a la de los alcoholes superiores.

Los aromas que originan los ácidos isobutírico e isovalerianico, así como los alcoholes superiores, son difíciles de describir. Normalmente se engloban en un grupo denominado alcohol-polen-ácido.

La contribución global al aroma de los compuestos generados en este apartado viene a ser de un 20% aproximadamente.

#### b) Derivados del metabolismo de los lípidos.

Los compuestos formados siguiendo esta ruta son los ácidos grasos y sus éter etílicos.

Los ácidos grasos son responsables de notas aromáticas que recuerdan al queso, la mantequilla, la grasa, y por si mismos se pueden considerar un grupo o familia, que denominaremos queso. Los ésteres etílicos de estos ácidos presentan olores que encontramos en las manzanas y por eso constituyen una familia que se denomina así. El conjunto de aromas de este apartado es el responsable de la mitad de las unidades de aroma de los vinos tranquilos corrientes, lo que nos da idea de su importancia. El aroma frutal (frutas carnosas) que describen los enólogos cuando hacen el seguimiento de los tanques de fermentación está formado por las familias de la manzana, el plátano y la piña.

#### c) Metabolismo general.

Tanto durante la fermentación alcohólica, como posteriormente durante la fermentación maloláctica, las levaduras y las bacterias originan muchos compuestos que tienen incidencia en el aroma, pero que no podemos agruparlos en familias. Ejemplos claros son el ácido acético, cuyo olor conocemos todos por encontrarse en el vinagre, o el diacetilo y ciertos ésteres etílicos, que recuerdan a los derivados lácteos.

No se puede terminar este apartado sin hacer mención a la importancia de la lisis celular en el aroma del vino. Las lias, además de liberar aromas y polisacáridos, protegen a ciertos aromas de la oxidación. Los polisacáridos interactúan con los aromas y el resultado es una mayor persistencia del vino en la boca.

### 3.6.3 AROMAS PROCEDENTES DE LA MADERA, LA OXIDACIÓN Y OTRAS REACCIONES.

En la génesis del aroma del vino siempre hay que considerar los aromas generados por el oxígeno, y los aportados por la madera, en el envejecimiento oxidativo en barricas de roble. También los derivados del furfural y otros reactivos. El estudio de los mismos ha permitido establecer la importancia organoléptica de diversas moléculas.

En primer lugar debemos considerar los originados por el oxígeno del aire. La descripción de sus rutas de génesis corresponde a un tratado de enología, pero por su importancia creo que deben mencionarse en este apartado especificando claramente que estos compuestos se generan sin necesidad de estar el vino en barrica.

Los principales responsables de las notas globales que sentimos cuando degustamos un vino que ha tenido contacto con el oxígeno son: El sotolón, con un olor dulce como a salsa curry, que es un contribuyente nato del del aroma de los vinos de Jerez y de los Tokay; el metional, con olor semejante al de las patatas o judías verdes cocidas; el 2, 4, 5 trimetildioxolano, con un olor a verde, el fenil-acetaldehído con olor a miel o a cera de abejas y el Eugenol ya mencionado. Sus umbrales de detección varían entre 0,5 ppb para el metional hasta 1 ppm para el 2, 4, 5 trimetildioxolano (41).

Estos compuestos también se generan en la barrica. Además, de la misma el vino extrae muchas sustancias que contribuyen a darle una complejidad aromática especial y que al combinarse e integrarse con el resto de componentes del vino origina el aroma terciario o bouquet. En la formación del mismo intervienen el origen y la naturaleza de la madera, el tostado de las duelas, la capacidad de la barrica, su superficie interior, el grado de limpieza del vino que se introduce, el número de trasiegos y por supuesto la calidad del vino.

Los compuestos más importantes y más conocidos que cede la barrica son la *c*-whiskylactona (que se llama así porque la lactona se descubrió en el whisky envejecido en barricas de roble) con un olor característico a coco, floral y madera. La vainillina que huele a vainilla, a caramelo; el vainillato de etilo que recuerda al polen; otros fenoles cuya descripción abarca desde el betún al clavo y el furfural, con aromas a almendras tostadas.

Una última familia a considerar es la de las lactonas. Su origen es variado, desde precursores derivados de los carotenoides hasta las aportaciones de la barrica. Son

importantes la  $\gamma$ -nonalactona y la decalactona, con aromas a coco y a melocotón respectivamente.

Todo lo hasta aquí expuesto se refiere a la generación de vinos sin defectos. Por supuesto que entre los 900 componentes volátiles mencionados existen muchos que tienen olores desagradables, especialmente los azufrados, los cuales si sobrepasan el umbral de detección pueden arruinar el aroma del vino. Su descripción sería demasiado larga para el objeto de esta disertación.

### *3.7 Predicción del olor del vino.*

La jerarquización de los aromas del vino mediante las técnicas olfatométricas ha reducido la lista de compuestos potencialmente activos a un número muy inferior, de aproximadamente 50. Esto ha permitido cuantificarlos y relacionar su concentración con la descripción sensorial de los vinos. Se han creado modelos basados en algoritmos PLS que explican las notas aromáticas más importantes de los vinos tintos (42). Se ha demostrado que no es un único componente el responsable de una nota aromática sino una mezcla de varios y también que hay compuestos cuya presencia disminuye o elimina una determinada tonalidad. Esto significa que mediante un análisis cuantitativo y una ecuación matemática se puede predecir la intensidad de una determinada nota descriptiva.

Estos trabajos están en sus comienzos y es de esperar que en un futuro se completen y las predicciones se ajusten más y más a la realidad.

## **4. SENTIDOS DEL GUSTO Y TACTO.**

Retomemos el momento en que el catador se lleva la copa a los labios. Es el momento de la verdad. El cerebro está expectante para recibir las sensaciones adelantadas por los otros sentidos. Es el momento en que van a converger el universo fisiológico de los sentidos con el universo físico del vino, el momento en que el catador va a desparramar el vino entre las papilas y posteriormente tragarlo y va a comparar lo intuitivo con lo real. Va a comparar estas sensaciones con los recuerdos de vinos anteriores, investigando hasta los más mínimos detalles en cuando a la complejidad del vino y sentirá una profunda frustración si lo real no se corresponde con lo intuitivo o predicho. No hay nada más desagradable que esperar una sensación en una cierta gama, como por ejemplo, la amarga en un vino tinto, y recibir otra de otra gama bien distinta, como la dulce, aunque el vino se haya elaborado así, con ese propósito.

Estas dos sensaciones corresponden como todos sabemos al cuarto sentido que interviene en esta degustación, el gusto. Las otras dos sensaciones del mismo son, la ácida y la

salada, ya que la quinta, la del glutamato de sodio o umamí, no parece que sea un nuevo gusto, sino una potenciación de los anteriores.

El sentido del gusto lo percibimos en la boca por medio de los receptores gustativos que tenemos en la lengua, las papilas, que se encuentran repartidas de forma irregular. La mayor parte se hallan en la punta, en la parte posterior y en los bordes y no existen en la parte central. Hay cuatro tipos de papilas con funciones diferentes. Las foliadas, de función no específica, las fungiformes, localizadas en la punta y sensibles de forma específica a las moléculas del gusto azucarado, las caliciformes localizadas en la parte posterior y responsables del sabor amargo y también específicas, y por último las filiformes, que son sobre todo táctiles.

La lengua, y por tanto las papilas, están humedecidas por la saliva que de forma continua segregan las glándulas salivares. Para que una sustancia excite las papilas gustativas tiene que ser soluble en saliva, de forma semejante a lo dicho en relación a la mucosa olfativa y los aromas. Por tanto, su misión es esa, y la de lubricar toda la cavidad bucal.

El movimiento de la lengua al degustar los alimentos, en nuestro caso el vino, tiene por objeto llevar a las papilas las sustancias que interaccionaran con ellas.

Las diferentes glándulas salivares segregan disoluciones de composición química diferente. La mezcla de todas, la saliva mixta, contiene sales minerales, enzimas y proteínas. Estas últimas son las responsables de la acción lubricante de la saliva.

La segregación salivar es diferente en reposo y en contacto con los alimentos y bebidas. También es distinta según la estimulación. Las sustancias ácidas provocan mayor salivación que las dulces, y parece ser que los alimentos más gustosos son los que provocan mayor salivación.

Las proteínas en general, y la mucina de la saliva en particular, interaccionan de forma no covalente con sustancias como los polifenoles originando la coagulación, es decir, la precipitación de la misma. Esto acarrea una pérdida de fluidez de la saliva y una sensación de rugosidad en la boca que denominamos astringencia. No se trata de un sabor, sino de una sensación táctil, y a diferencia de otras, la intensidad aumenta al repetir la estimulación en lugar de disminuir, es decir, no se da el fenómeno de la adaptación.

La percepción de los gustos y la sensación de suavidad o astringencia se sienten de forma simultánea.

Los gustos dulces, ácidos, salados y amargos se oponen, se modifican mutuamente y no se acumulan. Los cuatro gustos los encontramos en el vino y provienen, tanto de sustancias que ya se encuentran en las uvas, como de las que se generan en la fermentación.

Ahora bien, como las papilas gustativas tienen la distribución descrita, los gustos no los percibimos simultáneamente, sino de forma secuencial; además en la boca evolucionan de forma diferente.

El gusto dulce, el primero que se siente y que podríamos apreciar si introdujéramos la punta de la lengua en el vino, lo sentimos de forma instantánea, pero no es muy persistente. Desaparece al cabo de unos 10 segundos. Los gustos salados y ácidos también se perciben enseguida, pero su persistencia es algo mayor; por último el amargo tarda en percibirse, pero se mantiene durante más tiempo. Esto explica el por qué las primeras impresiones que se perciben al degustar el vino sean tan distintas a las finales. Un vino que produce al principio una sensación dulce, agradable, puede rechazarse por una acidez excesiva o por un gran amargor. En el vino se habla de armonía, y en ésta es básico el equilibrio entre el dulzor y la acidez.

El dulzor de los vinos proviene de los azúcares no fermentados de las uvas, del alcohol, de la glicerina y de otros productos que se encuentran en menor cantidad. El etanol, además, refuerza el sabor dulce de los azúcares acentuando las sensaciones de ligereza, cuerpo y suavidad. Esta primera impresión que se percibe se denomina ataque en el lenguaje de la cata.

El dulzor deja paso a una sensación de frescor, una sensación ácida, que es rápida en los vinos llamados cortos. A este cambio se le denomina evolución.

La acidez del vino se debe a sus ácidos orgánicos. En la uva hay tres ácidos que pasan inalterados al vino. El ácido tartárico, el más abundante, el ácido málico cuyo contenido es muy variable, pero siempre muy bajo en los vinos que han realizado la fermentación maloláctica y el ácido cítrico también en contenido bajo. Este ácido produce la sensación de frescor; los otros ácidos son más duros y verdes.

En la fermentación se generan otros ácidos que no están presentes en las uvas. Los más importantes son el ácido láctico, que es poco ácido, el acético que produce una sensación agria y el succínico que tiene un gusto intenso, mezcla de salado y amargo.

El gusto salado, si no es muy acentuado, comunica al vino la sensación de frescor. Su origen son las sales de los ácidos tanto orgánicos como minerales. Un análisis del vino muestra la presencia de sulfatos, sulfitos y cloruros en concentraciones apreciables, así como de potasio, sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio. El potasio es el más abundante; su concentración oscila entre 0,5 y 15, gramos por litro.

El ácido glutámico que se encuentra en el vino a veces en concentraciones altas, también contribuye a aumentar esta sensación.

El potasio y el magnesio contribuyen también al gusto amargo. Este, al ser el último que se percibe, es particularmente importante. El contenido en etanol influye en esta percepción. Un aumento de 8 a 11% o de 11 a 14% (contenidos habituales en los vinos) incrementa la intensidad del amargor percibido en un 51 y 41% respectivamente. Los compuestos polifenólicos son los principales responsables de esta sensación y también de la astringencia.

A pesar de su importancia, los conocimientos actuales sobre el papel de los polifenoles todavía es limitado. Hasta hace pocos años, mediados de los 80, se pensaba que para que se produjese la precipitación de un polifenol con una proteína, su peso molecular debería ser superior a 500 e inferior a 3500. Estos conceptos han variado y hoy sabemos que compuestos con masa molecular inferior a 500 y superior a 3500 pueden producir astringencia.

Al hablar del color se ha mencionado la polimerización de los flavanoles catequina y epicatequina y su importancia en la estabilización del mismo. El paso de estas sustancias de monómeros a polímeros también es muy importante aquí, pues modifica sensiblemente el amargor y la astringencia.

Como resumen de lo publicado en la bibliografía, se puede decir que cuanto más pequeña es la molécula del polifenol tanto más amarga y menos astringente es. La configuración espacial del monómero influye en la percepción del amargor y de la astringencia. Así la (-) Epicatequina es más amarga, más astringente y con mayor persistencia que (+) catequina.

En cuanto a la influencia de la acidez en la sensación de astringencia de los polímeros, se sabe que aumenta al disminuir el pH del vino.

En la operación tecnológica del encolado la adición de clara de huevo (albúmina) también precipita polifenoles condensados (los taninos) y, como consecuencia, el vino se suaviza, se hace menos astringente.

En el grano de uva estos compuestos polifenólicos se concentran en el hollejo y en las pepitas. En estas últimas la polimerización se acentúa con la maduración y los taninos pasan de ser taninos verdes a taninos nobles, en el lenguaje enológico. Del cuidado con que se realicen las operaciones tecnológicas de bodega de estrujado y prensado dependerá que las pepitas se partan o no, y dejen pasar al vino una cantidad excesiva de estos compuestos.

Simultáneamente a la percepción del gusto y de la astringencia se sienten otras sensaciones de naturaleza muy distinta. Una es la de causticidad, de ardor, que en el caso del vino la produce el etanol; se denomina vinosidad y puede enmascarse en los vinos

tintos con un contenido polifenólico alto. En la boca se perciben sensaciones térmicas, táctiles y sensaciones pseudo-calóricas, pseudo refrescantes. Es bien conocida la sensación de frescor que se siente cuando aspiramos aire por la boca mientras se degusta un caramelo con mentol o eucalipto, cuando realmente no se modifica la temperatura bucal. Algo semejante se nota al degustar cierto tipo de vinos.

En la degustación y la cata la lengua se mueve no solamente para llevar el vino a las papilas gustativas, sino también para captar las sensaciones de consistencia, fluidez y textura, que contribuyen al cuerpo del vino, y las de viscosidad y untosidad que contribuyen a la suavidad.

Todas estas sensaciones se aprecian más cuando el vino se traga o escupe. Después de esta operación aparece una sensación nueva, una sensación final que se llama postgusto. Dicha sensación puede sentirse cada vez que se traga el vino y es la misma independientemente del volumen ingerido o expulsado. Hasta que no se traga el vino no se pueden apreciar las cualidades totales. Esta apreciación no es instantánea, hay que esperar varios segundos desde la ingestión para que aparezca. Así pues, al tragar se termina de descubrir todo lo anticipado desde el descorche de la botella.

Las sensaciones del postgusto son complejas y diferentes a las sensaciones previamente percibidas, aunque, evidentemente, influyen en ellas las ácidas, amargas, astringentes y sobre todo las aromáticas. Un gran vino se reconoce por la persistencia de su postgusto, por la persistencia de un aroma en boca. No se conoce con exactitud que compuestos son los responsables del postgusto. La opinión más generalizada es que son proteínas, polisacáridos y polioles combinados con aromas de la gama de los pesados, de los nuevos volátiles, tales como los derivados de los carotenoides, el furaneol y sustancias similares. Pensemos que el furaneol y la vainilla, por ejemplo, son sustancias que se utilizan como saborizantes.

Según lo dicho, el vino se debe degustar a pequeños sorbos de forma espaciada. Esos primeros sorbos podrán dejar en nuestra memoria un recuerdo imborrable, un recuerdo vitalicio que sirva para evocar ese momento especial como algo singular, y que permitirá comparar, y sobre todo comentar, las singularidades del vino, pues no olvidemos que el vino no sólo hay que beberlo, sino que hay que comentarlo.

El vino hay que beberlo en compañía. Por eso quisiera terminar este discurso con un dicho popular, *“El vino, para que sepa a vino, debe beberse con un amigo”*.

Muchas gracias por su atención.

## Referencias

- [1] Brouillard, R. (1982). Chemical structure of anthocyanidins. En *Anthocyanins as food colors* (Markakis, P.; ed.). Academic Press, N. York. p. 1-40.
- [2] Dangles, O.; Brouillard, R. (1992). A spectroscopic method based on the anthocyanin copigmentation interaction and applied to the quantitative study of molecular complexes. *J. Chem Soc. Perkin Trans 2*, 247-257.
- [3] Brouillard, R.; Dangles, O. (1994). Anthocyanin molecular interactions: the first step in the formation of new pigments during wine aging? *Food Chem.*, 51: 265-271.
- [4] Vivar-Quintana, A.; Santos-Buelga, C.; Francia-Aricha, E.M.; Rivas-Gonzalo, J.C. (1999). Formation of anthocyanin-derived pigments in experimental red wine. *Food Sci. Technol. Int.* 5 (4): 347-352.
- [5] Santos-Buelga, C.; Francia-Aricha, E. M.; De Pascual-Teresa, S.; Rivas-Gonzalo, J.C. (1999). Contribution to the identification of the pigments responsible for the browning in anthocyanin-flavanol solutions. *Eur Food Res. Technol.* 209: 411-415.
- [6] Rivas-Gonzalo, J.C.; Bravo-Haro, S.; Santos-Buelga, C. (1995). Detection of compounds formed through the reaction of malvidin 3-monoglucoside and catechin in the presence of acetaldehyde. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 1444-1449.
- [7] Timberlake, C.F.; Bridle, P. (1976). Interactions between anthocyanins, phenolic compounds and acetaldehyde and their significance in red wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 27, 97-105.
- [8] Francia-Aricha, E.M.; Guerra, M.T.; Rivas-Gonzalo, J.C.; Santos-Buelga, C. (1997). New anthocyanin pigments formed after condensation with flavanols. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2262-2266.
- [9] Atanasova, V.; Fulcrand, H., Le Guernevé, Ch.; Cheynier, V.; Moutounet, M. (2002). Structure of a new dimeric acetaldehyde malvidin 3-glucoside condensation product. *Tetrahedron Letters*, 43: 6151-6153.
- [10] Mateus, N.; Carvalho, E.; González.Paramás, A.M.; Santos-Buelga, C.; Rivas-Gonzalo, J.C.; Silva, A.; de Freitas, V. (2002). Spectroscopic features of a new family of anthocyanin-flavanol blue pigments occurring in red wines. En *Polyphenols Communications 2002*. XXI Int. Conf. On Polyphenols, Marrakech (Morocco). Volume 2: 419.
- [11] Cameira dos Santos, P.J.; Brillouet, J.Y.; Cheynier, V.; Moutounet, M. (1996). Detection and partial characterization of new anthocyanins derived pigments in wine. *J. Sci. Food Agric.*, 70, 204-208.
- [12] Bakker, J.; Timberlake, C.F. (1997). Isolation, identification and characterization of new color-stable anthocyanins occurring in some red wines. *J. Agric. Food Chem.* 45, 35-43.

- [13] Rivas Gonzalo, J. (2002) Color del vino tinto: Una propiedad al rojo vivo. VI Jornadas de Actualización en Viticultura y Enología. Villafranca del Penedes.
- [14] Cacho, J.; Castells, J.E.; Esteban, A.; Laguna, B.; Sagristá, N.; (1995). Iron, Koper, and manganese influence on wine oxidation. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 46, 3, 380-384.
- [15] Singleton, V. (1987). Oxigen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems: Observations and practical implications. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol. 38, 1 (69-77).
- [16] Fernández Zurbano, P. (1994). *Estudio analítico de compuestos fenólicos. Su evolución y significación en diversos procesos enológicos.* Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- [17] Fernández Zurbano, P.; Ferreira, V.; Peña, C.; Escudero, A.; Serrano, F.; Cacho, J.(1995). Prediction of oxiditive browning in white wines as a Function of their chemical composition. *A.C.S.*
- [18] Castells, J.E. (1990). *Contribución al análisis de compuestos fenólicos en uvas y estudio de su evolución en algunas variedades aragonesas.* Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- [19] Cacho, J. (2000). *Vino y Calidad de Vida. Innovación y Tecnología.* Seminarios de Formación. Paraninfo Universidad de Zaragoza.
- [20] Foro “El vino ante el Siglo XXI” FIVIN, Madrid (1999).
- [21] J. Wagensberg. (2002). *El País* (9-11-02).
- [22] Gayoso, M. (2003). Aspectos fisiológicos del olfato humano. I Reunión Científica sobre Aromas, Museo Provincial del Vino, Castillo de Peñafiel (Valladolid).
- [23] Holley, A. (2002). Recent progress in the neurobiological approach to smell and taste perception. I Encuentro Internacional de Ciencias Sensoriales y de la Percepción. Barcelona.
- [24] Buck, L. & Axel, R. (1991) A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition, *Cell*, 65, 175-187.
- [25] Mombaerts, P. (1999). Seven-transmembrane proteins as odorant and chemosensory receptors, *Science*, 286, 707-711.
- [26] Bozza, T.C.; Mombaerts, P. (2001) Olfactory coding: Revealing intrinsic representations of odors. *Current Biology*, 11 R687-R690.
- [27] Brochet, F.; Dubourdiou, D. (2001). Wine descriptive language supports cognitive specificity of chemical senses. *Brain and Language*, 77, 187-196.
- [28] Bende, M.; Nordin, S. (1997). Perceptual learning in olfaction: Professional wine tasters versus controls. *Physiology & Behaviour*. Vol. 62, 5, 1065-1070.
- [29] Gil Morrot; Brochet, F.; Dubourdiou, D. (2001) The Color of Odors. *Brain and Language*, 79, 309-320.

- [30] Ferreira González, V. (1992). *Nuevas aportaciones a la Química Analítica del aroma del vino*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- [31] Saxby, M.J. (1996). *Food taints and off flavours*. 2nd Edition Blackie Academic & Professional.
- [32] Petka, J.; Cacho, J.; Ferreira, V. (2003). Perception of flavours in a wine-like medium. XIII Reunión de la Sociedad Española de Química Analítica. La Coruña 2003.
- [33] Jarauta, I.; Escudero, A.; Ferreira, V.; Cacho, J. (2003). Evaluación orthonasal y retronasal de la interacción del furaneol con un orto difenol. 7as Jornadas Gienol. Logroño.
- [34] Noble, A.; Arnold, R.A.; Buechsentein, J.; Leach, E.; Schmidt, J.O.; Stern, P.M. (1987). Modification of a standardized system of wine aroma terminology. *Am. J. Enol. Vit.* 38, 143.
- [35] Owens, P.; Noble, A. (1997). Sensory evaluation and the wine industry. *Am J. Enol. Vit.* 40-310.
- [36] Ferreira, V.; Petka, J.; Azanr, M.; Cacho, J. (2003). Quantitative gas chromatography-olfactometry. Analytical characteristics of a panel of judges using a simple quantitative scale a gas chromatography detector. *Journal Chromatography A.*, 1002, 168-178.
- [37] Etievant, P.X. (1991). Wine, en “*Volatile compounds in food and beverages*”. Ed. H. Marsee. Marcel Decker, N.Y.
- [38] López Gómez, R. (1999). *El aroma del vino tino joven. Caracterización química y métodos de análisis de sus principales odorantes*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- [39] Ferreira, V.; Ortín, N.; Escudero, A.; López, R.; Cacho, J. (2002). Chemical characterization of the aroma of Grenache Rose wines: AEDA. Quantitative determination and sensory reconstitution. *Studies J. Agric. Food Chem.* 50, 4048.
- [40] Escudero, A.; Hernández Orte, P.; Cacho, J.; Ferreira, V. (2000). Clues about the role of methional as carácter impact odorant of some oxidied wines. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4268.
- [41] Escudero, A.; Cacho, J.; Ferreira, V. (2000) Isolation and identification of odorants generated in wine during its oxidation, a gas-chromatography-olfatometric study. *Eur. Food. Res. Technol.* 211, 105.
- [42] Aznar, M. (2002). *Jerarquización, identificación y determinación cuantitativa de los odorantes más importantes de los vinos crianza españoles. Construcción de modelos quimiométricos para la predicción de los descriptores sensoriales a partir de la composición química*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

## Bibliografía general

1. Andrés, C. (1998). *43 Temas sobre el vino*. Ed. Oria, Alegre (Guipúzcoa).
2. Peynaud, E. (1987). *El gusto del vino*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
3. Delanoë, D.; Maillard, C.; Maisondieu, D. (2003). *El vino del análisis a la elaboración*. Ed. Acribic. Zaragoza.
4. Ribéreau-Gayon, P.; Glories, Y.; Maujean, A.; Dubourdieu. (2000). *Handbook of Enology* Vol. 2, "The Chemistry of wine stabilization and treatments". Ed. Wiley.
5. Urdapilleta, I.; Ton Nu, C.; Saint Dennis, C.; Huon de Kermadec, F. (2001). *Traité devaluation sensorielle. Aspects cognitifs et métrologiques des perceptions*. Ed. Dunod.
6. Flanzy, C. (1998). *Oenologie fondements scientifiques et technologiques*. Ed. Lavoisier Tec & Doc.
7. Lawless, H.T.; Heymann, H. (1999). *Sensory Evaluation of Food. Principles and practices*. Ed. KA/PP