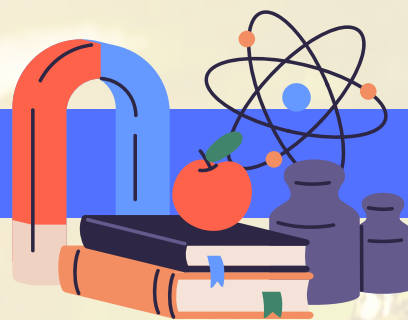


DIVULGAR PARA EDUCAR



EL MOSTO, EL VINAGRE Y EL VINO COMO RECURSOS DIDÁCTICOS

José Antonio Martínez-Pons
Catedrático de Física y Química



Enseñar ciencia en general y química en particular, sobre todo en los primeros estadios del aprendizaje, significa entre otras cosas relacionar lo que se estudia en los textos e incluso en el laboratorio escolar, con la vida cotidiana, utilizando objetos y productos habituales como medio para explicar fenómenos científicos y para hacer ver a los estudiantes que la química está en todas partes y como no, en la producción y conservación y uso de múltiples productos comunes en la vida diaria, como los productos alimenticios.

Otro aspecto a tener en cuenta es la importancia de los patrones de control de calidad de los productos industriales y su normalización, además de una descripción exacta de unidades y métodos de medida utilizados, que deben ser los mismos en todos los casos, todo ello imprescindible para poder establecer comparaciones.

Las experiencias que se proponen no son exhaustivas y se han seleccionado buscando su sencillez de aplicación ya como trabajo de los estudiantes [a], ya como experiencia de cátedra. La mayoría se pueden desarrollar en unos 45 minutos y con los medios habituales de un centro educativo. No obstante, pueden escalarse a niveles mayores [b]. A veces no será posible el rigor real de un laboratorio enológico, pero sí mostrar una versión simplificada advirtiendo cómo se debe proceder en la realidad e insistiendo en el rigor requerido. También se advierte que el vino en concreto es una bebida alcohólica cuyo consumo descontrolado puede ser peligroso y está prohibido para menores de edad, remarcándose el peligro de su consumo. Además, se trata de un producto químico que permite estudiar una serie de técnicas y procesos e introducir los controles de calidad que se utilizan en la química y que la “enología” o “estudio de los vinos” es una especialidad química más.

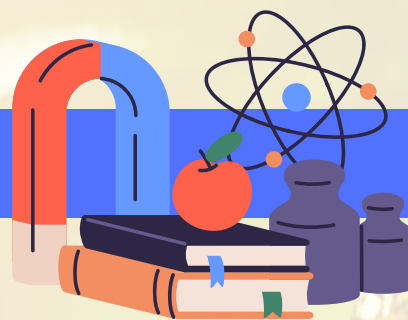
¿QUÉ ES EL VINO?

Un poco de Historia. El vino por excelencia es el resultado de la fermentación del mosto o zumo de la uva, que a su vez es el fruto de la vid, “*Vitis Vinífera*”, en sus múltiples variedades, que hoy día se cultiva en prácticamente toda la Europa meridional y central y también en América, desde El Potomac hasta California y gran parte de Méjico y en regiones del cono sur americano, así como en Australia y Sudáfrica.

[a] En este trabajo se respetan las indicaciones de la RAE y demás academias de la lengua castellana y por economía del lenguaje se usa el masculino como genérico, y se evitan por ejemplo signos ajenos al español como @ que debería leerse “at”.

[b] El autor piensa que en general no hay experimentos triviales sino pereza mental o falta de imaginación para profundizar el experimento.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Hay indicios de que la viña se cultivó desde hace más de seis mil años. La Biblia (Génesis XI, 20-21) relata que el patriarca Noé cultivó la vid, extrajo su jugo e ignorando sus efectos, lo bebió y se embriagó. Sin embargo, se ha venido utilizando como bebida ritual en algunas religiones, no solo en la cristiana donde, en la consagración, se “convierte en la Sangre de Cristo”.

El consumo de vino fue habitual en Oriente medio y Europa mediterránea. En los simposios se bebía mezclado con agua, pero en tal cantidad que los reunidos solían acabar ebrios. Un detalle curioso es que en Roma a veces se bebía en copas de plomo, en las que se producían sales de plomo que le daban un cierto sabor dulzón al vino, ignorando su toxicidad. Durante la edad media consumir vino era una cierta forma de profilaxis empírica frente al peligro que implicaba beber de las aguas contaminadas que abastecían a las ciudades medievales. Otros países donde, por razones climáticas, no era posible el cultivo de la vid se bebía cerveza, que, aunque utiliza agua en su producción, requiere su hervido y el alcohol que contiene garantiza su salubridad. Posiblemente los vinos “antiguos” a los paladares actuales les resultarían imbebibles pero, a lo largo de los siglos, los viticultores se han esmerado en mejorar tanto la calidad de la materia prima como de las levaduras y los métodos de producción. Así lo que, hasta no hace mucho era una actividad artesanal y empírica, se ha convertido en una auténtica ciencia, la enología, estudiada en universidades y la producción del vino en un auténtico proceso industrial y como tal, sometido a rigurosos y normalizados controles.

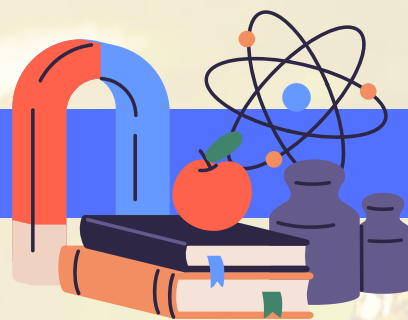
El vino es un producto de alto valor, no solo lúdico en el sentido del placer que su consumo puede proporcionar, sino y sobre todo, económico. Incluso en países mediterráneos de cultura musulmana se cultiva la vid no para producir vino si no para la producción de pasas.

Química del vino. En resumen, el vino es el zumo de uva, o mosto, fermentado. Este zumo si procede de una uva bien madurada contiene de un 15 a un 25 % de azúcares monosacáridos, concretamente **glucosa** y **fructosa**, en rigor D(+)-glucosa y D(-)-fructosa, en una relación aproximada igual a 0,95 pero como la glucosa fermenta mejor que la fructosa, al final del proceso esta relación se reduce a 0,3. Conviene resaltar que ambos glúcidos tienen la misma fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$, por tanto, la relación entre ambos es la misma en masa que en moles.

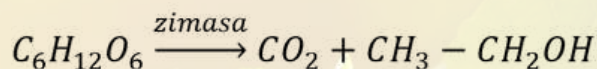


Figura 1. Levadura *Sacharomyces cerevisiae*.

DIVULGAR PARA EDUCAR



La fermentación es consecuencia de una levadura, *Saccharomices cerevisiae* (Figura 1) que produce un conjunto enzimático llamado “**zimasa**”, que descompone las hexosas según la reacción de fermentación alcohólica de Gay –Lussac cuya reacción global es:^{1,2}
[1.2]



Esta es una expresión muy simplificada de lo que realmente ocurre, ya que la fermentación es un conjunto muy complejo de reacciones. El mosto contiene otros azúcares, sobre todo pentosas, que pasan al vino y muy pocos disacáridos, como la **sacarosa** (C₁₂H₂₂O₁₁) que normalmente desaparecen durante la fermentación. La levadura se encuentra en la piel de la uva, sin embargo, hoy día es común pasteurizar el mosto antes de la fermentación con lo que las levaduras “*salvajes*” mueren y a continuación se añaden cepas selectas de levadura preparadas en el laboratorio de forma adecuadamente controlada. También se controla de modo exhaustivo todo el proceso de producción del vino desde la cepa e incluso antes, hasta la mesa, los viejos lagares se han convertido en reactores químicos perfectamente controlados. Especial interés tiene la temperatura de fermentación. Cuanto más baja es esta temperatura más lenta es la fermentación. Es importante recordar que el vino es un producto “vivo” y que cualquier manipulación indebida, incluso en el transporte, puede arruinar un producto potencialmente de alto valor.

El vino puede contener además de alcohol etílico, otros alcoholes en concentración muy baja, como butírico y amílico [c].

EL VINO, EL MOSTO Y EL VINAGRE EN EL LABORATORIO ESCOLAR

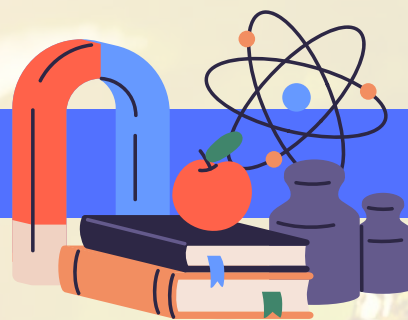
A continuación, se proponen un conjunto de experimentos siguiendo las pautas descritas en la introducción.

Primera práctica. Extracción por presión del mosto

Tras extraerlo, puede dejarse que el mosto fermente a lo largo de varios días y anotar lo que ocurre. También es interesante que, en colaboración con los profesores de biología los estudiantes observen al microscopio las levaduras.

[c] A lo largo de este trabajo se nombrarán las sustancias con los nombres tradicionales, porque así suelen venir referidos en la bibliografía, es un buen ejercicio que los estudiantes escriban las fórmulas y den su nomenclatura sistemática.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Segunda práctica. Cromatografía en papel: verificando que el vino es una mezcla

El vino es una mezcla de muy variadas sustancias, no solo alcohol y agua, sino multitud de sustancias que le confieren características especiales, como olor, color y sabor. Entre los métodos elementales de verificación, uno muy espectacular es una cromatografía en papel. Para ello previamente se deberá hacer una reducción de vino tinto a baja temperatura (40 ó 50°C) hasta reducir el volumen más o menos a la mitad de la inicial. Se entregará a los estudiantes una tira de papel de filtro de unos 10 cm de larga y unos 4 de ancha. A unos 3 cm de uno de sus extremos con un pincel se pintará una línea horizontal con el preparado obtenido y se dispondrá la tira como se aprecia en la fotografía (Figura 2). Al cabo de un poco tiempo se observa la aparición de diferentes pigmentaciones. No se identifican los productos, pero sí que el vino es una mezcla. También puede hacerse con un disco de papel de filtro, en cuyo centro se abre un pequeño agujero en el que se inserta un macarrón de papel de filtro. Se pinta un círculo en torno al agujero con la reducción de vino y se coloca el disco sobre un vasito con agua de modo que el macarrón se sumerja en ella.

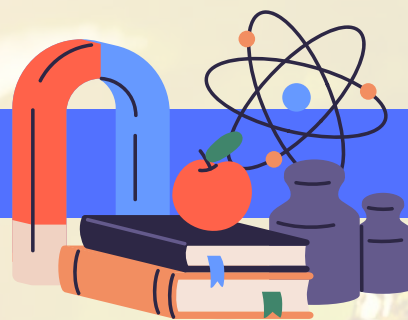


Figura 2. (Izda.) Disposición de la cromatografía en papel. (Drcha.) Resultado de la cromatografía.

Tercera práctica. Medida del grado alcohólico del mosto

En realidad, lo que se mide es la concentración de azúcares. Esta se expresa en **grados Brix**, o concentración de una disolución cuyo índice de refracción equivale a una disolución que contiene un 1% de sacarosa. Obsérvese como se utiliza un valor equivalente, ya que la cantidad real de sacarosa que contiene el mosto es muy pequeña.^[4] Para ello se necesita un **refractómetro de Abbè** (Figura 3). Consta de un prisma sobre el que se deposita la muestra. Al ser iluminada por un rayo este se desvía según la ley de Snell y el objetivo proyecta el rayo desviado sobre una escala adecuadamente calibrada en °Brix y en índice de refracción que se lee desde el objetivo.

DIVULGAR PARA EDUCAR



El índice de refracción, n , y el grado Brix se correlacionan según las siguientes fórmulas empíricas³:

$$n = 0,00166 \times (^\circ\text{Brix}) + 1,33063; \quad ^\circ\text{Brix} = 6,0090502 n - 799,58215$$

Son válidas para $15 \leq \text{Brix}(\text{mosto}) \leq 25$, intervalo habitual en mostos.

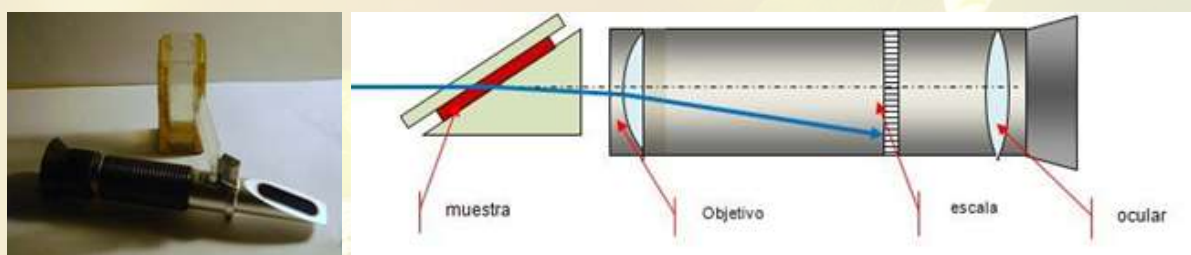


Figura 3. (Izda.) Refractómetro de Abbé. (Drcha.) Esquema del refractómetro de Abbe. Por claridad la marcha de los rayos no está a escala rigurosa.

De no disponerse de este aparato puede fabricarse un refractómetro casero con cuatro vidrios porta de microscopio, dispuestos según el esquema (Figura 4) sobre el que se lanza un rayo láser que se desvía e incide sobre una tabla de calibrado situada en la pantalla. Aunque el aparato es muy didáctico, su uso requiere calibrar en cada sesión y cuidar mucho la posición exacta del dispositivo.

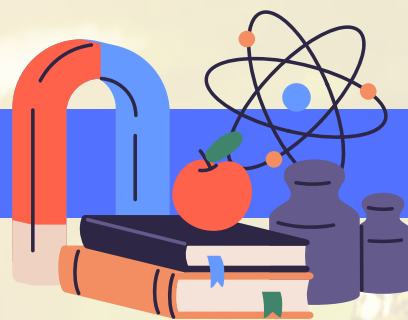


Figura 4. Refractómetro de Abbé casero.

Cuarta práctica. Medida de la acidez de un vino

En enología la acidez admite también matices. Se define la **acidez total (AT)** como la suma de todos los ácidos valorables con hidróxido de sodio, hasta $\text{pH}=7$, aunque se recomienda hacer la valoración a $\text{pH} 8,2$ puesto que los ácidos contenidos en el vino son débiles. En el vino los ácidos más importantes son **tartárico, málico, tánico**, derivados de la propia fruta y **acético, fórmico, succínico o carbónico** consecuencia de la fermentación maloláctica, un proceso asociado a la fermentación alcohólica. Hay otros ácidos en menor cantidad. La AT no incluye los óxidos de azufre y carbono. La AT del mosto disminuye con la fermentación ya que el ácido tartárico forma sales cálcicas cuya solubilidad disminuye al aumentar la concentración alcohólica. La **acidez volátil (AV)** se debe al ácido acético y demás ácidos de su serie que puede encontrarse libres o formando sales. Es muy importante desde el punto de vista organoléptico y responsable junto con el **acetato de etilo** del olor a picado de algunos vinos. Su nivel sensorial es de $0,6 \text{ g dm}^{-3}$ y $0,1 \text{ g dm}^{-3}$ respectivamente. El nombre de volátil se debe a que los ácidos se pueden separar por destilación fraccionada del vino. Este proceso es la base del método de García Tena para esa determinación. La acidez fija (AF) se debe a los restantes ácidos. Se cumple pues que **$AT=AV + AF$** ³.

DIVULGAR PARA EDUCAR



La AF del mosto y el vino se expresa en g de ácido tartárico/L y por norma se obtiene valorando 10 mL de vino o mosto con una disolución de NaOH 0,1332 M utilizando azul de bromotimol (intervalo de pH 6,0-7,6) como indicador³. Naturalmente si la medida se hace en el laboratorio escolar, aunque es bueno explicar el proceso oficial, no es necesaria tanta finura. La acidez total se calcula como:

$$AT = \frac{v \times M \times 75}{10} \text{ g de ácido tartárico/L}$$

siendo **v**, el volumen de base gastado y **M** su molaridad.

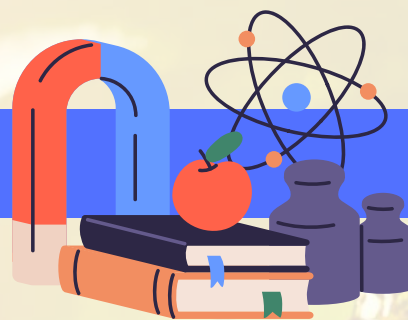
En la tabla se resumen los valores de referencia permitidos por la legislación.

Tabla. Valores de referencia de acidez		
Muestra	AT (g/L)	AV (g/L)
Mosto	3,5 -10,0	≤0,12
Sangría	3,6-10,0	≤0,6
Refresco de vino	4,0-8,0	≤0,3
Vino "tranquilo"	> 4,5	
Vino base para espumoso	>5,5	≤0,60
Vino espumoso	>5,5	≤0,65

Quinta práctica. Medida del pH de un vino

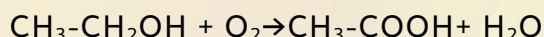
La medida del pH no es equivalente a la medida de la acidez, sino que lo que realmente expresa es la fuerza de los ácidos presentes en el vino. Su medida sigue un protocolo bastante riguroso, pero en el laboratorio escolar es suficiente su medida con papel indicado universal, cuidando de leer siempre la indicación por el lado opuesto a aquel sobre el que se deposita la gota. Hoy se pueden conseguir pH-metros bastante robustos y de buen precio. Si se dispone de ellos es preferible su uso al del papel. En este caso se insistirá en que se extreme la limpieza del instrumental antes y después de la medición.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Sexta práctica. Medida del grado de acidez del vinagre (GA)

El vinagre se produce como consecuencia de la oxidación del alcohol etílico del vino, por la acción de los enzimas generados por un hongo, el *Mycoderma aceti* según la reacción global



Al vinagre son aplicables los mismos conceptos de acidez, pero en la industria alimentaria es normal utilizar como valor de referencia el **grado de acidez** que se define como la cantidad total de ácidos fijos y volátiles contenidos en 100 mL del vinagre, expresados en gramos de ácido acético. La normativa para su medida es muy detallada ^[3] se tomará una muestra de 10 mL de vinagre disueltos en 100 mL de agua destilada que se valorarán con sosa 1,67 M, pH 8,2 y utilizando como indicador 6 gotas de fenolftaleína. Esta precisión es imprescindible en la industria. Si se gastan v mL de sosa y si M es la molaridad de la base:

$$\text{GA} (\%) = \frac{v \times M \times 60 \times 100}{10 \times 1000} = 0,6 \times M \times v$$

La legislación establece para el vinagre de uso alimentario un $\text{GA} \leq 6\%$ ($\text{pH} \cong 2,4$) y para uso industrial, $8\% \leq \text{GA} \leq 11\%$, aproximadamente equivalente a $2,2 \leq \text{pH} \leq 2,3$.

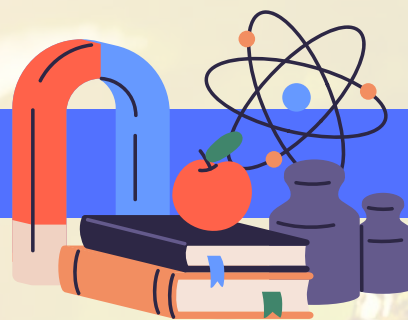
EL VINO COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Como es sabido se dice que un alimento es **funcional** cuando, además satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporciona beneficios para la salud o reduce el riesgo de sufrir enfermedades ^[4]. Parece ser que el vino, especialmente el tinto contiene sustancias, como resveratroles o polifenoles, que le convierten en un alimento funcional, valga el ejemplo de la “*paradoja francesa*” ^[5] que dice que en algunas regiones de Francia con un elevado consumo de grasa de origen animal, la tasa de problemas cardíacos es baja, lo que se atribuye a que esta ingesta va acompañada de un consumo moderado y regular de vino tinto.

CAMBIO CLIMÁTICO Y VITICULTURA

El cambio de temperatura puede afectar de modo importante al cultivo de la vid y por ende en la producción y propiedades de los vinos que se producen ^[6]. Temperaturas más cálidas hacen que la uva sea más rica en azúcares, con lo que el vino tendrá mayor grado alcohólico y variará la acumulación de sustancias diversas, lo que puede perjudicar (o beneficiar) el resultado. Si se produce un aumento de temperatura global, terrenos con una climatología hoy óptima para determinadas variedades de uva pueden dejar de serlo y cambiar las viñas a otras zonas.

DIVULGAR PARA EDUCAR



ALGUNOS DETALLES CURIOSOS

En la **Regla de los monasterios medievales**, el vino se consideraba un alimento más y se especificaba la dosis de vino que se servía diariamente a cada monje. Hace años el autor visitó Asís y almorzó y cenó en un convento de frailes franciscanos de la TOR (Tercera Orden Regular, una de las ordenes Franciscanas). En cada comida y a cada fraile e invitado le pusieron en su puesto en la mesa del refectorio una especie de erlenmeyer conteniendo vino, unos 200 mL, según le contaron los anfitriones, a veces blanco y a veces tinto.

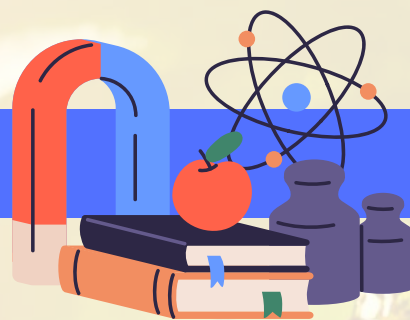


En los **tercios españoles de Carlos I**, según el conde de Clonard, los arcabuceros cobraban al mes escudo más que los piqueros, para cuerda, pólvora y munición, y cada uno fabricaba su propia pólvora moliendo sus ingredientes. Pronto comprobaron que mojándolos se mejoraba la molturación y uniformidad del producto y se disminuía el riesgo de explosión en la preparación^[7]. Alguien a falta de agua recurrió a la orina para tal menester y se “descubrió” que la orina de un bebedor de vino era mejor que la de un bebedor de cerveza. Pudiera ser cierto, porque los bebedores de vino solían pertenecer a clase más pudientes y su alimentación era más rica en carnes y su orina podría contener más sustancias nitrogenadas. Pero la mejor para preparar la pólvora era la de un obispo, bebedor de vino y la primera de la mañana. Valgan estas notas de humor.

CONCLUSIÓN

El conjunto de experimentos y observaciones propuestos no son ni mucho menos exhaustivos y se han seleccionado a tenor de su simplicidad, bajo coste, instrumentación asequible y sobre todo con posibilidad de ser aplicados como herramienta didáctica adaptándolos al nivel de los alumnos, con suficiente riqueza conceptual y práctica para adaptarse a lo *curricula* de ESO y Bachillerato. Pero no solo como ejercicios académicos sino aportando información en un campo tan interesante, resaltando la importancia de medidas objetivas y normalizadas de control de calidad para establecer criterios de comparación entre diferentes productos.

DIVULGAR PARA EDUCAR



BIBLIOGRAFÍA

1. Leuthard, F; Eldbacher S. *“Tratado de química fisiológica”*. Aguilar. 1962. Madrid
2. Finar, I. L. : *“Química Orgánica”*. Tomo 2. Editorial Alhambra. 1980.Madrid.
3. García Cazorla J.; Xirau Vayrea M.; Azorín Romero, R. *“Técnicas usuales de análisis en enología”*. 2005. Panreac.
4. Ferreira, V; López, R.; Aznar, M. *“Olfactometry and Aroma Extract Dilution Analysis of Wines”* en Analysis of Taste and Aroma. J.Jackson ed. Springer Verlag (Berlin). 2001. 89-122.
5. Saura-Calixto, F. ; Goñi I.; en *“Alimentos Funcionales. FECYT(Madrid)*. 167-169.
6. Zamora Marín, F.; I y C, 2015; 466; 46-47.
7. Montuega, C. *“Los Tercios Españoles”* Barreira 1984.