

El vi com a recurs didàctic

The wine as a didactic resource

José Antonio Martínez Pons / IES Las Lagunas. Rivas (Madrid) / Universitat Antonio de Nebrija (Madrid)



resum

Amb el vi com a fil conductor, es proposa un conjunt d'experiències adreçades a l'ensenyament secundari, fàcilment ampliables per a estudiants universitaris. Algunes són l'adaptació de tècniques enològiques de fàcil realització i baix cost i, en alguns casos, es realitzen amb instruments de mesura casolans construïts pels alumnes. Les experiències ajuden a integrar alguns fenòmens de la química i de la física a la metodologia de les proves de control de qualitat de la cultura vinícola.

paraules clau

Enologia, propietats del vi, aerometria, refractometria, paràmetres de qualitat.

abstract

Using wine as a conductor, a set of experiences aimed at secondary, while being easily extendable university students, are proposed. Some of them adapt easily implemented winemaking techniques while being low cost, and in some cases are performed with homemade measuring built by students. The experiences help integrate phenomena in chemistry and physics to the methodology of wine culture testing quality control.

keywords

Properties of the wine, aerometry, refractometry, parameters of quality.

Introducció

El vi, suc de raïm fermentat, està íntimament lligat a la cultura mediterrània, ja que el clima és ideal per al cultiu de la vinya. Hi ha indicis que l'home conrea la vinya i en produeix vi des de fa uns sis mil anys. Una de les raons per les quals els conqueridors van introduir la vinya a Amèrica va ser precisament disposar de vi per celebrar la missa. Durant l'edat mitjana, el consum de vi era, a més, una mesura profilàctica, almenys a l'Europa meridional, ja que les aigües estaven fortament contaminades i era molt perillós beure'n. L'alcohol contingut al vi en garantia la salubritat. Al nord d'Europa, amb el mateix empirisme, es bevia cervesa.

Avui dia, la producció de vi ha esdevingut una activitat professional feta amb molt rigor. Els pro-

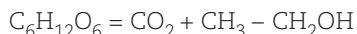
cessos lligats a la indústria del vi han donat origen a una autèntica ciència, l'enologia, que té l'objectiu fonamental d'aconseguir vins òptims i de gran valor gastronòmic i econòmic. La certificació de les qualitats d'un vi, al marge de la sensibilitat del mestre taster, que sempre serà subjectiva, està regulada per un conjunt de mesures normalitzades que permeten una determinació objectiva de les seves propietats (García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005).

En aquest treball es proposen experiments entorn del vi, molts derivats dels que es fan a la indústria, que permeten divulgar el paper de la química en àmbits científics aplicats, com és l'enologia. Es poden dur a terme en fires de ciències o a les aules de l'ensenyament no universitari.

Què és el vi?

El vi és el suc fermentat del fruit de la *vitis vinifera*, que es conrea almenys a l'Europa meridional i central, a parts d'Amèrica, Sud-àfrica i Austràlia. N'hi ha moltes varietats i a cada regió es conreen les més adaptades al terreny.

El raïm conté entre un 15 % i un 25 % de glucosa i fructosa, glúcids monosacàrids. En un raïm ben madur, la relació entre glucosa i fructosa és aproximadament de 0,95, però la glucosa fermenta més que la fructosa i al final del procés la relació es redueix a 0,3. Per acció del llevat *Saccharomyces cerevisiae*, que produeix un conjunt enzimàtic anomenat zimasa, els glúcids es descomponen segons la reacció de fermentació alcohòlica de Gay-Lussac per donar alcohol (Leuthardt i Eldbacher, 1962; Finar, 1980):



Aquesta és una expressió simplificada del que realment ocorre, que és un conjunt de reaccions molt complicades (Leuthardt i Eldbacher, 1962).

Actualment és comú que, un cop premsat el raïm, s'hi afegeixin ceps de llevats preparats al laboratori de forma molt controlada. Una de les tasques dels enòlegs és precisament la recerca de llevats excel·lents. En la fermentació, avui dia, el control és exhaustiu, i es controla especialment la temperatura. La fermentació és més lenta si la temperatura és baixa.

El vi també conté àcids propis del raïm o que són conseqüència de la fermentació, com ara tàrtric (tartàric), màlic, tànnic, fòrmic, acètic, succínic o carbònic. Conté, a més, altres substàncies que són les responsables del gust, el color, l'olor i altres propietats organolèptiques. Moltes es van produint al llarg del procés d'envelliment del vi i depenen del lloc i de les condicions de conservació.

El most és el suc del raïm, que antigament s'obtenia trepitjant-lo o premsant-lo amb premses manuals. Actualment, el procés està més industrialitzat, però petits productors continuen encara fidels a les tècniques tradicionals.

Anem al laboratori

En aquest article es proposen experiments amb most i vi, alguns dels quals podrien fer els alumnes o el professorat al laboratori escolar. Alguns són l'adaptació de mesures que es fan a la indústria i, per tant, hi ha un protocol determinat; a vegades, fins i tot hi ha textos legals que especifiquen molt bé les condicions de les mesures i l'instrumental necessari, sobretot quan es tracta de determinar paràmetres de qualitat.

Mesures de densitat

La densitat del vi i del most és un paràmetre que aporta molta informació. En enologia, se solen utilitzar dos conceptes molt semblants però no idèntics: la *massa volúmica a 20 °C* i la *densitat relativa*.

La massa volúmica a 20 °C seria la massa d'una unitat de volum de vi o most mesurada a 20 °C. Se simbolitza amb $\rho_{20\text{ °C}}$ i és el que els textos defineixen com a *densitat absoluta*. En enologia, se sol mesurar en $g \cdot mL^{-1}$ i normativament els resultats es donen amb quatre xifres decimals. Al sistema internacional, es mesuraria en $kg \cdot m^{-3}$.

La densitat relativa a 20 °C o densitat 20 °C/20 °C és la relació entre les masses volúmiques del vi (o del most) i de l'aigua, o bé entre les masses dels mateixos volums de vi i d'aigua. En els textos escolars s'anomena *densitat relativa*. En enologia, s'expressa també amb quatre decimals, però cal recordar que és adimensional (García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005; Martínez Pons, 2012).

Aerometria

Per mesurar la massa volúmica, el mètode més habitual és

l'aerometria, que es basa en el principi d'Arquímedes. La mesura es pren sobre la tija d'un flotador calibrat que surt del líquid (fig. 1).

L'instrument rep el nom de *densímetre* o *aeròmetre*, però, quan està optimitzat per a alcohols, se sol anomenar *alcoholímetre*. Alguns tenen una graduació en graus alcohòlics i permeten una lectura directa d'aquest paràmetre.

La normativa indica que s'abocaran 250 cm³ de vi en una proveta, se'n mesurarà la temperatura i s'introduirà el densímetre. La lectura es fa per la part alta del menisc. El que s'obté és la massa volúmica aparent, ρ_t . Per trobar la massa volúmica a 20 °C, s'aplicarà la relació

$$\rho_{20\text{ °C}} = \rho_t + c$$

on c és un valor que es troba tabulat en funció de la temperatura (García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005).

Els densímetres són delicats, tenen un rang de treball molt limitat i cal disposar de més d'un. Per exemple, el densímetre 1,00-1,100 només val per a $1,000 \leq \rho_t \leq 1,100$.

Una altra possibilitat que millora la comprensió dels fenòmens implicats és que els alumnes construeixin un densímetre casolà, l'esquema del qual es

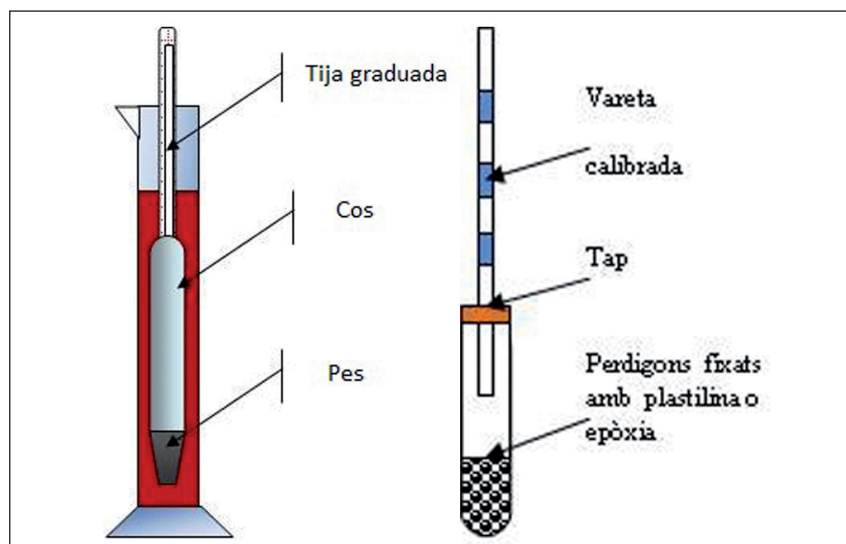


Figura 1. Esquema del densímetre.

mostra a la fig. 1. Es necessita una càpsula de plàstic d'entre 1 i 2 cm de diàmetre i entre 5 i 7 cm de llargària, com ara un tros de carcassa d'un bolígraf. S'hi introdueixen uns quants perdigons fixats amb plastilina i es tapa amb un tap travessat amb un bastonet d'uns 6 o 7 cm. Convé que s'enfonsi aproximadament fins a la meitat de la tija; per aconseguir-ho, s'hi afegeixen o se'n treuen perdigons. Finalment, se segeylla per evitar possibles entrades de líquid, es calibra amb dues solucions patró (màxim i mínim) i es marquen divisions regulars.

Picnometria (Martínez Pons, 2012)

Un altra eina per mesurar la densitat és el picnòmetre, que serveix específicament per mesurar la densitat, absoluta o relativa, tant de líquids com de sòlids (fig. 2).

Per mesurar la densitat absoluta, si s'està a la temperatura de calibratge, es pesa el picnòmetre buit i complet (m_0). Tot seguit, s'omple amb el líquid a analitzar, s'enrasa i es torna a pesar (m_1). Com que es coneix el volum i la massa, es pot calcular la densitat:

$$d = \frac{m_1 - m_0}{V}$$

Els alumnes també poden construir un picnòmetre casolà emprant una ampolla petita, un tap de goma que ajusti bé i un tub sobre el qual es marcarà l'aforament (fig. 2).

Per mesurar la densitat relativa, es procedeix de la mateixa forma que amb el picnòmetre. El recipient s'omple d'aigua destil·lada, s'enrasa i es pesa (m_2), i es calcula la densitat relativa:



Figura 2. Esquema d'un picnòmetre i imatge d'un picnòmetre estàndard i un altre construït pels alumnes.

$$d = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$$

La taula 1 mostra, com a referència, els resultats que caldria esperar.

Mesura del grau alcohòlic del most (grau Brix)

L'experiment comença amb l'obtenció de most premsant una mica de raïm i recollint-ne el suc. També es pot fer servir una liquadora.

El grau alcohòlic es determina per la mesura de la quantitat de sucre per refractometria o per aerometria.

Refractometria

L'índex de refracció, n , d'un medi transparent és la relació entre la velocitat de la llum al buit (o a l'aire) i al medi. Per tant, $n \geq 1$. En les solucions amb sucre, aquest índex depèn de la concentració, la qual s'acostuma a expressar en graus Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), que és la massa de sacarosa continguda en 100 g d'una solució que tingui el mateix índex de refracció que la mostra. Una dissolució d'1 $^{\circ}\text{Bx}$ és aquella en la qual l'índex de refracció és el mateix que el d'una dissolució aquosa que conté un 1 % de sacarosa.

La mesura es basa en l'aplicació de la segona llei de Snell de la refracció. Si α i β són, respectivament, els angles d'incidència i de refracció d'un raig lluminós, es compleix que $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$.

Si el medi extern és l'aire ($n_1 \approx 1$), per tant:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

L'índex de refracció i el grau Brix es relacionen segons la correlació empírica

$$n = 0,00166 \times (^{\circ}\text{Bx}) + 1,33063;$$

$$^{\circ}\text{Bx} = 6,0090502 (n - 1,33063)$$

(García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005)

que val per a un valor de graus Brix comprès entre 15 i 25. Normalment, la mesura ha de fer-se a una temperatura de 20 $^{\circ}\text{C}$.

Es fa habitualment amb el refractòmetre d'Abbe (fig. 3), que

Una altra eina per mesurar la densitat és el picnòmetre, que serveix específicament per mesurar la densitat, absoluta o relativa, tant de líquids com de sòlids

Taula 1. Valors màxims i mínims de la massa volúmica d'alguns vins i derivats (García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005)

	Vi blanc sec		Vi negre sec		Cava		Vi de licor (dolç)		Most	
	Mín.	Màx.	Mín.	Màx.	Mín.	Màx.	Mín.	Màx.	Mín.	Màx.
ρ_{20} (g/mL)	0,9880	0,9930	0,9910	0,9890	0,9890	1,0080	1,0500	1,0700	1,0590	1,1150

consisteix en un prisma on se situa la mostra i un objectiu amb una escala superposada que pot estar graduada en graus Brix o en valors de n .

També es pot construir un refractòmetre casolà, menys precís però més didàctic

Material: dos petits gots iguals, vi negre, aigua i una targeta de plàstic llisa.

L'experiment consisteix a omplir un got de vi i l'altre d'aigua i,

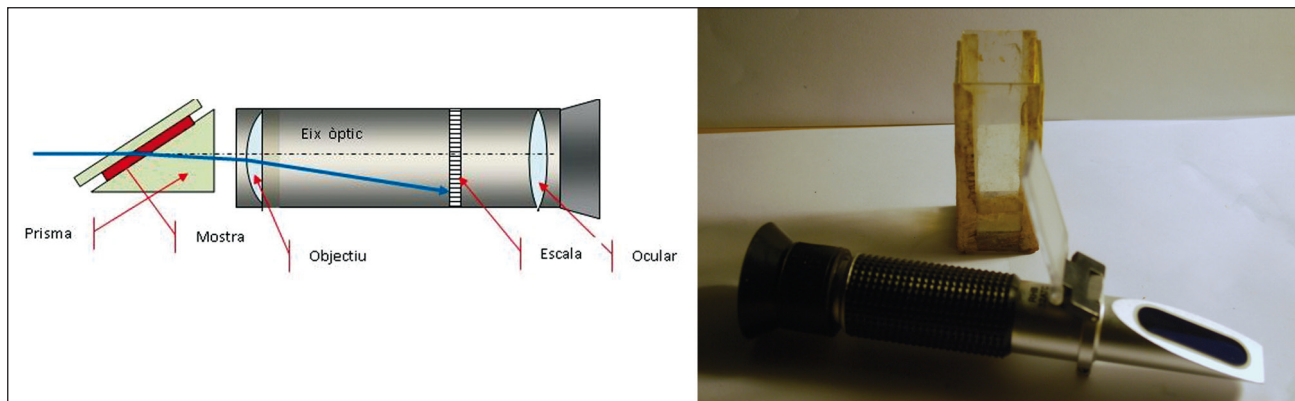


Figura 3. Esquema i imatge del refractòmetre d'Abbe amb la tapa aixecada.

També es pot construir un refractòmetre casolà, menys precís però més didàctic, fet amb cinc vidres portaobjectes units amb resina epoxi (fig. 4). Cal calibrar-lo abans de cada mesura; per fer-ho, cal situar-lo davant d'una pantalla on es col·loca un full de paper i on s'utilitzen solucions de sucre de concentració coneguda. Es dirigeix un raig de llum làser i es marca sobre el paper la posició del raig d'arribada (refractat). A continuació, es fa el mateix amb el most i, per interpolació, en el gràfic de calibratge s'obté la concentració equivalent o el grau Brix (Martínez Pons, 2009).

Mètode per aerometria

Si es coneix la massa volúmica del most, es pot calcular el grau alcohòlic esperat aplicant l'expressió matemàtica següent:

$$\text{Grau alcohòlic (\% volum)} = 150,5537 \rho_{20^\circ\text{C}} - 151,4771$$

(García Cazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005)

Un curiós experiment relacionat amb el vi i la seva densitat

És un experiment molt vistós que es pot utilitzar, fins i tot, per demostrar algunes propietats bàsiques de la mecànica de fluids.

llavors, transvasar el vi al got de l'aigua i l'aigua al got del vi sense cap altre instrument que la targeta (fig. 5).

Per fer-ho, s'explica que el vi és una mica menys dens que l'aigua. Per tant, el vi suraria sobre l'aigua. El vi i l'aigua són miscibles i, en aquest cas, es tracta d'evitar que es mesclin.

Per aconseguir-ho, el got de l'aigua, ben ple, es tapa amb la targeta i se li dona la volta subjectant la targeta. Es pot preguntar si es podria deixar de subjectar la targeta. El vi cauria? L'explicació requereix el concepte de *pressió atmosfèrica*.

Es col·loca el got de l'aigua sobre el del vi ajustant molt bé les vores. Llavors, amb molta precaució, es retira la targeta de manera que entre ambdós gots s'obri una petita ranura. S'observa com inicialment el vi ascendeix en forma de petits remolins. Ràpidament, el flux s'estabilitza i el vi comença a situar-se sobre l'aigua. Tot i que no es veu, l'aigua va davallant al got del vi i es diposita al fons. Finalment, es pot observar que la interfase no és gaire definida, ja que hi ha difusió entre aigua i vi.

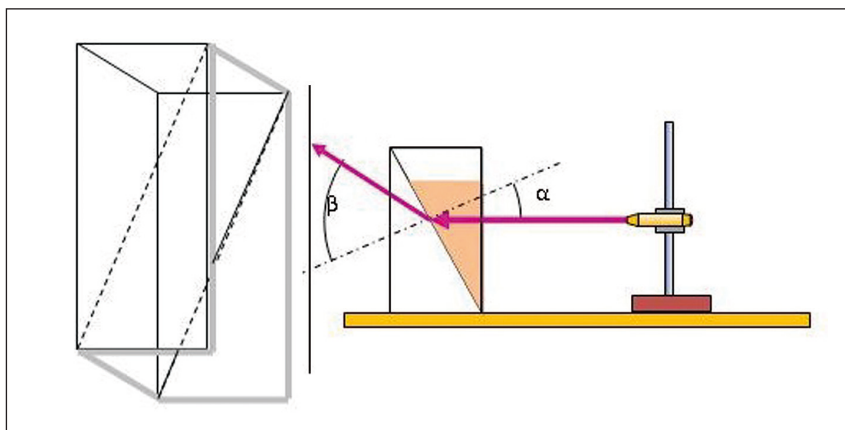


Figura 4. Esquema del refractòmetre casolà i de la seva utilització.

Nota: el raig lluminós no està rigorosament dibuixat perquè les desviacions són molt petites, però vénen augmentades quan l'objectiu projecta sobre l'escala.

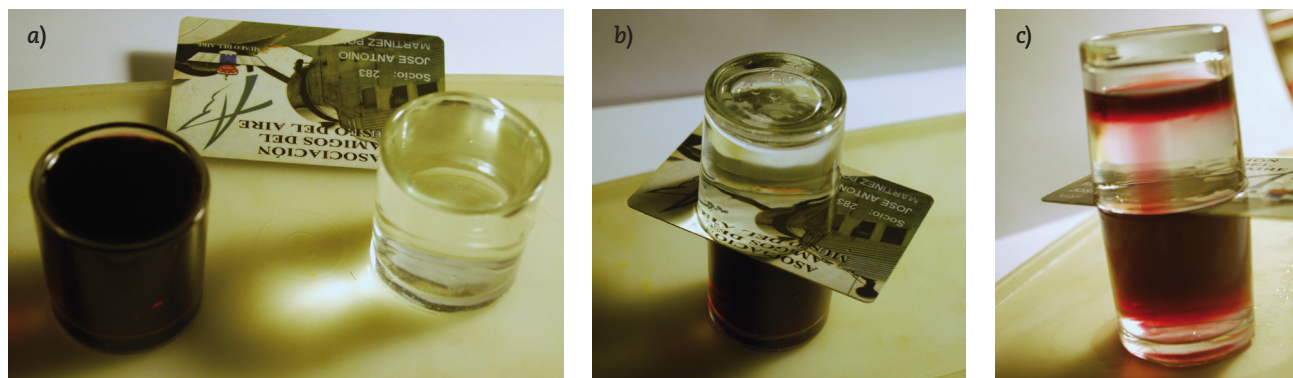


Fig. 5. a) Abans de començar; b) el vi comença a pujar; c) el vi se situa per sobre de l'aigua sense barrejar-se.

Grau del vi (GAV)

El grau d'alcohol del vi informa de la concentració d'alcohol que conté. Comercialment, se sol utilitzar el grau d'alcohol volumètric (GAV), que es defineix com els cm^3 d'alcohol continguts en 100 cm^3 de vi.

Industrialment, es mesura pel mètode de destil·lació i una posterior aerometria del producte o per ebulliscòpia. Ambdós mètodes són complexos per l'instrumental que requereixen; per això es proposa fer una destil·lació simple amb el vi i esbrinar com la temperatura d'ebullició varia amb la presència d'alcohol.

Destil·lació

La destil·lació va ser considerada pels alquimistes com un instrument de purificació de les substàncies. És el fonament de l'obtenció dels licors espirituosos, que generalment es fan destil·lant una o més vegades vi o un altre líquid fermentat i, posteriorment, afegint-hi substàncies aromàtiques, com ara herbes o derivats dels recipients on se'ls deixa envellir.

Artesanalment, es continua utilitzant l'alambí, que no difereix gaire del que empraven els alquimistes. Els artesans licoristes solen controlar el grau del licor que produeixen observant el ritme de caiguda de la gota. És interessant que els alumnes vegin funcionar petits alambins d'aram.

Durant el procés es pot produir el trencament de la molècula d'etanol, la qual cosa dóna lloc al metanol, que és altament tòxic.

En dur a terme la destil·lació simple, cal que es vetlli per la correcta entrada i sortida de l'aigua del refrigerador i per la correcta posició del termòmetre tot explicant-ne la raó.

Per mesurar la graduació per aerometria, s'introdueix l'aeròmetre o alcoholímetre en el destil·lat obtingut i es llegeix el valor del grau alcohòlic.

Acidesa del vi

En enologia, el concepte d'acidesa del vi admet matisos. L'acidesa total (AT) es refereix a la suma de tots els àcids valorables en conjunt, amb hidròxid de sodi fins a pH 7. Internacionalment, s'aconsella prendre 8,2 com a pH d'equivalència, ja que els àcids continguts són dèbils i es valoren amb una base forta. Els àcids més comuns al vi són el tartàric, el màlic, el làctic i l'acètic, molt importants per les seves característiques organolèptiques. Els dos primers provenen del mateix raïm i també són presents al most. L'àcid acètic és conseqüència de la fermentació malolàctica, un procés associat a la fermentació. També hi ha àcid cítric, ascòrbic, succínic i d'altres, però en quantitats molt petites. Al vinagre, l'àcid més important és l'acètic. Cal tenir present que l'AT no inclou el

diòxid de carboni ni l'òxid de sofre (García Gazorla, Xirau Vayrea i Azorín Romero, 2005).

L'AT del most disminueix amb la fermentació perquè l'àcid tartàric precipita en forma de tartrat i bitartrat de calci. La solubilitat d'aquestes sals disminueix quan augmenta la concentració d'alcohol i baixa la temperatura (estabilització per fred).

L'acidesa volàtil (AV) és deguda a l'àcid acètic i a altres àcids de la mateixa sèrie que es troben al vi en forma lliure o formant sals. L'olor a picat que presenten alguns vins es deu principalment a l'àcid acètic i a un èster, l'acetat d'etil. El nivell sensorial d'aquestes substàncies és de l'ordre de 0,6 g/L, per a la primera, i 0,1 g/L, per a la segona.

En enologia, el concepte d'acidesa del vi admet matisos. L'acidesa total (AT) es refereix a la suma de tots els àcids valorables en conjunt, amb hidròxid de sodi fins a pH 7. Internacionalment, s'aconsella prendre 8,2 com a pH d'equivalència, ja que els àcids continguts són dèbils i es valoren amb una base forta

El nom d'acidesa volàtil fa referència al fet que els àcids causants es poden separar mitjançant una destil·lació fraccionada del vi. Precisament la destil·lació del vi i la valoració del producte són el fonament del mètode García-Tena per a la seva determinació.

Al vi i al most, l'AT s'expressa en g/L d'àcid tartàric. Segons la normativa, es calcula valorant 10 mL de vi o most amb hidròxid de sodi 0,1332 M i indicador de blau de bromotimol.

Al laboratori escolar es pot fer la valoració, però no cal una concentració tan precisa. Si M és la molaritat de la sosa i es gasten v mL en la valoració, aleshores:

$$AT = \frac{(v \cdot M \cdot 75)}{10}$$

(g/L d'àcid tartàric)

Pot ser un bon exercici el fet que els alumnes dedueixin la fórmula recordant que la massa molecular de l'àcid és 150.

A la taula 2 es mostren alguns dels valors límit permesos per la legislació actual.

Taula 2. Valors de referència d'acideses total i volàtil

Tipus de mostra	Acidesa total en g/L (expressada en àcid tartàric)	Acidesa volàtil en g/L (expressada en àcid acètic)
Most	3,5-10,0	≤ 0,12
Sangria	3,6-10,0	≤ 0,6
Refresc de vi (wine coolers)	4,0-8,0	≤ 0,3
Vi «tranquil»	≥ 4,5	
Vi base per espumós	≥ 5,5	≤ 0,60
Vi espumós	≥ 5,5	≤ 0,65

Conclusions

La utilització d'aquest tipus d'experiències a l'aula i el fet que es tracti de determinacions que tenen una utilitat i una aplicació en el món industrial (i, en concret, en enologia) fa que aquest recurs

El grau d'alcohol del vi informa de la concentració d'alcohol que conté

didàctic apropi l'alumnat al paper de la química en la societat i ajudi a donar a conèixer les seves aplicacions. El conjunt dels experiments pot ajudar a comprendre alguns fenòmens i tècniques, així com a recordar que avui la qualitat dels productes ha de ser determinada per mitjà de mètodes objectius. Per tant, les mesures han de ser preses amb rigor i expressades de manera uniforme.

Els experiments i les informacions exposades podrien ampliar-se amb moltes mesures i observacions d'ordre químic, industrial i biològic. Per exemple, es pot fer un seguiment de la fermentació alcohòlica o malolàctica, o fer un recompte microscòpic de llevats, o determinar la quantitat de diòxid de sofre contingut. Aquests assajos, però, requereixen instrumental i un grau de dificultat sovint massa elevat per a estudiants de secundària.

Referències

- FINAR, I. L. (1980). *Química orgánica*. Vol. 2. Madrid: Alhambra.
- GARCÍA CAZORLA, J.; XIRAU VAYREA, M.; AZORÍN ROMERO, R. (2005). *Técnicas usuales de análisis en enología*. Montcada i Reixac: Panreac.
- LEUTHARDT, F.; ELDBACHER, S. (1962). *Tratado de química fisiológica*. Madrid: Aguilar.
- MARTÍNEZ PONS, J. A. (2009). «La preparación de la mermelada como recurso didáctico». *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, vol. 105, núm. 1, p. 221-226.
- (2012). «La corona de Gerión y el eureka de Arquímedes». *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, vol. 109, núm. 2, p. 119-125.
- NIJVELDT, R. J.; NOOD, E. van; HOOM, D. E. van; BOELEN, P. G. (2001). «Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications». *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 74, núm. 4, p. 418-425.



José Antonio Martínez Pons

Va ser catedràtic de Física i química a l'IES Las Lagunas de Rivas-Vaciamadrid i professor associat a la Universitat d'Alcalà, a la Politècnica (Escola Universitària d'Informàtica) i a la Universitat Antonio de Nebrija. És llicenciat en ciències físiques per la Universitat Complutense, en químiques per la UNED i doctor en ciències químiques per la Universitat d'Alcalà. Els seus camps d'interès són la didàctica, la informàtica i la divulgació. Com a investigador, està interessat en la teoria del caos aplicada, sobretot, a l'enginyeria química.

A/e: jamartinez46@gmail.com.

Dedicatòria

L'autor vol dedicar aquest treball a son professor de biologia a batxillerat, després amic i sempre mestre, el Dr. P. Rafel Genestar Serra, TOR, expert en llevats. *In memoriam*.