

La enología en el laboratorio

Sagrario REMACHA GONZÁLEZ*

Introducción

Sabemos que una de las metas importantes en la enseñanza para motivar al alumno, fomentando la atención por el aprendizaje, es relacionar la asignatura en cuestión con el entorno cotidiano. En el caso de la química, esto se confirma plenamente. Puede así el alumno establecer la gran relación que tiene la ciencia con la vida diaria y, por tanto, con otras materias que también han de ser estudiadas.

Los experimentos que propongo son sencillos, han sido utilizados pocos productos, y pocos pasos aunque bien delimitados. Todos ellos tienen en común los procesos por los que puede pasar el vino o la determinación de alguno de los productos que puede contener.

Esta elección ha sido hecha sencillamente porque mi medio ambiente, así como el de los niños de mi entorno didáctico, pertenece a una de las zonas en las que el cultivo de la vid y la elaboración del vino son comunes.

Estudio físico-químico de la uva:

España ocupa un papel muy importante dentro del campo vitivinícola mundial, ya que es el tercer país en producción de vino después de Francia y Alemania; contando con un total de 1.700.000 Ha. de viñedo en producción.

Los racimos de uva se componen de raspón o escobajo y granos de uva, la proporción de uno y otro puede oscilar según las variedades, clima, suelo, cultivo, etc.

* Agregada I. B. «Padre Sarmiento», Villafranca del Bierzo (León).

Por término medio se considera un 5 % de escobajo y un 95 % grano de uva. A su vez el grano de uva consta de hollejo, pulpa y pepitas; también en proporciones variables, según los factores vistos anteriormente (suelo, clima, cultivo, variedad), etc.

Hollejo:

Es la piel del grano de uva y existe una proporción muy variable según variedades, así en las variedades Malvasía y Pedro Ximénez representa del orden de un 4-5 %, en cambio en otros como el Moscatel Romano puede llegar hasta un 10 %.

Pepitas:

Comprende el resto del grano de uva, que está casi en su totalidad formado por el mosto, ya que también existen fibrillas que son el armazón del grano.

Por término medio consideramos las siguientes cifras:

Raspón	5 %
Hollejo	7 %
Pepitas	4 %
Pulpa	84 %

Estos datos en bodega suelen ser algo variables y los rendimientos oscilan entre el 62 y el 70 % de mosto.

El mosto está formado por una serie de sustancias entre las cuales destacan la glucosa y la levulosa o fructosa, como azúcares más importantes del mosto, aunque también existen algunas pentosas como la xilosa, ribosa y arabinosa que pueden oscilar entre 0,5-1 gr/l y al ser atacadas por la «botritis cinerea» o podredumbre gris, pueden llegar a representar 2 gr/l.

Otro compuesto importante del mosto son los ácidos; fundamentalmente son tres: málico, tartárico y cítrico.

Málico, $\text{COOH-CH}_2\text{-CHOH-COOH}$:

Es muy abundante en las uvas verdes; a medida que madura la uva va desapareciendo hasta llegar a ser poco abundante y a veces inexistente. Oscila entre 0 a 5 gr/l.

Tartárico, $\text{COOH-CHOH-CHOH-COOH}$.

Es el más abundante; en las uvas verdes está en forma libre y en las maduras se encuentra en forma combinada, formando el bitartrato potásico, su contenido oscila de 2 a 5 gr/l.

Cítrico, $\text{COOH-CH}_2\text{-COH-CH}_2\text{-COOH}$.



Es poco abundante, 0,5 gr/l. como máximo, pero en uvas atacadas de «botritis cinerea» (podredumbre noble), aumenta su porcentaje llegando a cifras de hasta 2 gr/l.

Existen a su vez otros muchos ácidos, como el ascórbico, fumárico, oxálico y también sales ácidas, como el mencionado bitartrato potásico, algunos fosfatos y malatos. El pH en el mosto suele estar comprendido entre 3 y 4,5.

Entre las sustancias existentes están también los llamados taninos, que son compuestos no nitrogenados procedentes de los vegetales y que son solubles en el vino; materias colorantes que son las que dan el color a las uvas dependiendo de la variedad; materias pécticas, son las llamadas gomas y mucílago, sustancias nitrogenadas entre 0,3 a 1,5 gr/l.; compuestos minerales, como los sulfatos, fosfatos, cloruros y elementos químicos: magnesio, potasio, calcio, sodio, etc.; gases disueltos, oxígeno, nitrógeno y CO₂.

Por último levaduras, que son las causantes de la fermentación alcohólica, entre las más frecuentes tenemos las *Sacharomices* (la *kloekera apiculata* y la *torulopsis bacilaris*).

También existen otras que ayudan a las principales a desdoblarse el azúcar.

La *kloekera apiculata* es la que inicia la fermentación ayudada por la *torulopsis bacilaris*, llegando a transformar azúcar hasta los 4º de alcohol, a partir de ahí, siguen las *sacharomices* elipsoideos ayudando en la desdoblación del azúcar.

Otros cuerpos no menos importantes son las encimas, tales como la tirocinasa y lacasa, éstas son oxidasas, también existen encimas que facilitarán el proceso de clarificación del vino.

Las sustancias aromáticas se forman en el transcurso de la maduración de la uva, posteriormente pasa del mosto al vino mediante el proceso de fermentación.

Podemos, pues, dividir la evolución de la uva en cuatro períodos:

A) *Período herbáceo:*

En este período la uva es verde, dura, con clorofila, la cantidad existente de azúcar es muy pequeña, menos de 20 gr/l., y los contenidos de ácidos tartárico y málico son muy altos.

B) *Envero:*

Es un período muy corto, en grano de uva suele durar un día; en una viña, dura aproximadamente unos diez o quince días y es el período en que se produce la coloración de la uva.

C) *Maduración:*

Comprende desde el envero hasta el estado de madurez; durante este proceso se suceden los siguientes fenómenos:

- Engrosamiento del grano de uva.
- Acumulación de azúcares.
- Disminución de ácidos.
- Formación de taninos y coloración del fruto.
- Formación de aromas.

Debemos hacer una distinción entre madurez industrial y madurez fisiológica. La industrial es cuando debemos comenzar la vendimia, y la fisiológica, cuando las pepitas son aptas para la reproducción; ésta última se da aproximadamente de siete a diez días después del envero.

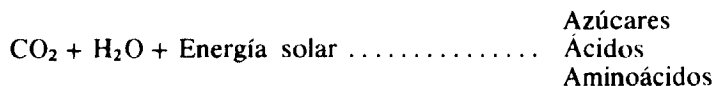
Engrosamiento del grano:

Desde que se forma el grano, éste va aumentando de tamaño hasta la madurez, influenciado por el clima; en el envero, su consistencia es dura, y a partir de aquí, la piel se hace elástica.

Acumulación de azúcares:

Es un proceso comprobado en laboratorio, además evidente, pues simplemente probando la uva notamos que se vuelve más azucarada al ir aumentando el índice de madurez.

Los azúcares pueden proceder de la madera de la vid (raíces, troncos, etc.) y también de las hojas; son formados mediante la fotosíntesis:



En el gráfico de referencia 1 podemos observar cómo van evolucionando los azúcares a medida que transcurre el tiempo. Sobre un eje de coordenadas, representamos en ordenadas la concentración de azúcar en gr/l., y los tiempos en abcisas, expresados en días y meses.

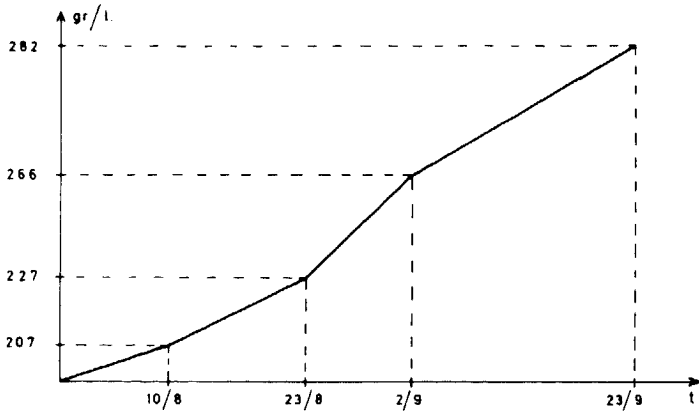
Evolución de los ácidos:

Los ácidos fundamentales son el tartárico y el málico; son quemados por la respiración de la uva y no evolucionan de la misma manera. El málico desaparece mucho antes que el tartárico, disminuyendo éste lentamente.

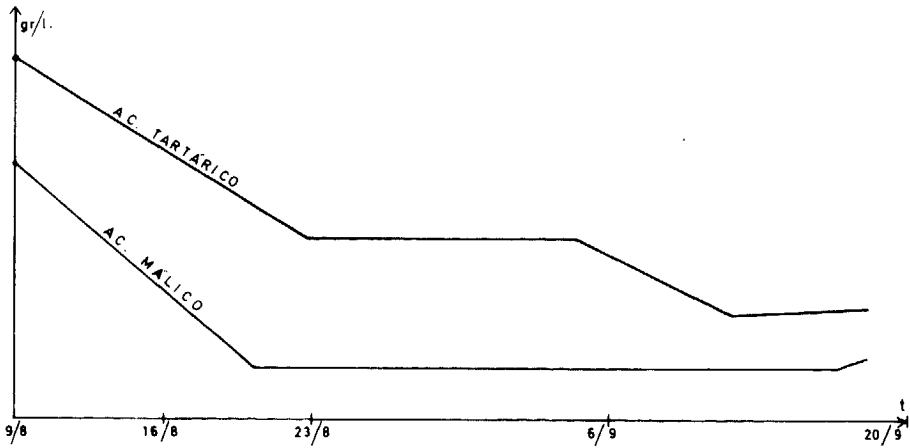
En el gráfico de referencia 2 podemos ver la evolución de estos ácidos.

Formación de taninos y materias colorantes:

A medida que avanza la maduración, las células del hollejo van coloreando en profundidad gracias a los antocianos que contienen; esta coloración viene influenciada por la energía solar, así en climas cálidos se obtiene mayor intensidad colorante.



Referencia 1



Referencia 2

Formación de aromas:

Están diversamente repartidos en el grano de uva, se forman durante la maduración y van aumentando en el transcurso de ésta. Influye en este proceso la variedad de uva y el tipo de clima, generalmente poseen más aroma los vinos procedentes de uvas de zonas frías.

Índice de madurez:

Es el que nos indica el estado de maduración de la uva; nos viene dado por una fórmula sencilla y que es muy utilizada para poder calcular el momento óptimo de la vendimia: cuando la relación azúcar-acidez se mantenga constante.

$$I = \frac{\text{azúcar gr/l.}}{\text{acidez gr/l. expresada en tartárico}}$$

Pasemos ahora a comentar concretamente qué es el vino; es un compuesto orgánico y consta de múltiples componentes, entre los más importantes podemos destacar:

H ₂ O	agua
CH ₃ - CH ₂ OH	etanol
CH ₃ - OH	metanol
COOH - CHOH - CHOH - COOH	tartárico
COOH - CH ₂ - CHOH - COOH	málico
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	cítrico
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	succínico
CH ₃ - COOH	acético
CO ₂	dióxido de carbono
SO ₂	dióxido de azufre

Así como la relación de elementos químicos enumerados al principio.

De todos estos compuestos, los de carácter ácido determinan la acidez total, que es la suma de todos ellos.

Dada la importancia que tiene esta acidez en los vinos, vamos a ver la forma de determinarla en el laboratorio.

Su *fundamento* es un proceso de neutralización de los ácidos por medio de un hidróxido y la posterior valoración (ref. 3).

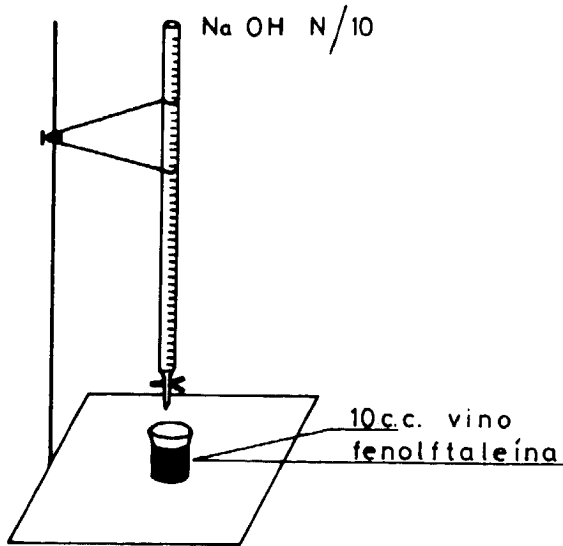
Material necesario

- Bureta.
- Pipeta de 10 c.c.
- Vaso de precipitados.

Reactivos

- Disolución de NaOH N/10 o licor acidimétrico.
- Fenolftaleína.

En los laboratorios enológicos se usa con bastante frecuencia el licor acidimétrico.



Referencia 3

Procedimiento

Se enrasa la bureta con NaOH N/10, y un vaso de precipitados, ponemos 10 c.c. de vino problema y unas gotas del indicador.

Dejamos caer de la bureta unas gotas, agitamos y seguimos dejando caer gota a gota de la bureta. La primera gota con la que se mantiene el color rosado de la fenolftaleína nos indica el fin del proceso.

Valoración:

Expresamos la acidez en sulfúrico y tartárico.

Acidez total en SO_4H_2 : En la práctica realizada hemos gastado 4,6 c.c. de NaOH N/10.

$$\begin{aligned} \text{SO}_4\text{H}_2\text{Eq} &= 49; 49 \text{ N/10} = 4,9 \text{ gr/l} = 0,0049 \text{ gr/c.c.} \\ &4,6 \times 0,0049 \text{ gr.}, \text{ referidos a los 10 c.c.} \end{aligned}$$

Pero hemos de expresarlo en gr/l.:

$$4,6 \times 0,0049 \times \frac{1.000}{10} = 4,6 \times 0,0049 \times 100$$

$4,6 \times 0,49 =$ gr/l. expresada en SO_4H_2 .

Acidez total en $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$.

$$\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6\text{Pm} = 150$$

$$\text{Eq} = \frac{150}{2} = 75; 75 \times \frac{\text{N}}{10} \times \frac{1}{1.000} = 0,0075 \text{ gr/c.c.}$$

$$4,6 \times 0,0075 \times \frac{1.000}{10} = 4,6 \times 0,0075 \times 100$$

$4,6 \times 0,75 =$ gr/l. expresado en $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$.

Si se opera con el licor acidimétrico para acidez total, el número de centímetros cúbicos gastados nos da la acidez total expresada en SO_4H_2 y para pasarla a $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$ debemos multiplicar por 1,53 que es la relación de equivalentes.

$$\text{SO}_4\text{H}_2\text{Eq} = 49$$

$$\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6\text{Eq} = 75$$

$$\frac{75}{49} = 1,53$$

El sulfuroso en los vinos

Es el más importante de los antisépticos legales que se pueden utilizar en los vinos y en los mostos; existen otros como son el ácido sórbico y el ascórbico.

Se encuentra en los vinos en forma de SO_2 libre y SO_2 combinado; el SO_2 libre es el que ejerce la acción antiséptica y antioxidante; el SO_2 combinado produce combinaciones orgánicas inestables con los componentes del vino como son los azúcares, ácidos, aminoácidos, polifenoles, acetato de etilo, acetaldehído, etc.

El SO_2 libre ejerce las siguientes propiedades:

Antiséptico:

Produce una acción inhibitoria sobre las levaduras y bacterias.

Antioxidante:

Hace de barrera protectora en el vino, evitando oxidaciones, ya que posee un efecto reductor sobre el oxígeno.

Antioxidásico:

Destruye las oxidasas y, por tanto, estas encimas no actúan, evitando así la quiebra oxidásica y la pérdida de frescura del vino.

Efecto disolvente:

El SO₂ total activa el proceso de maceración en vinos tintos, facilitando la disolución y la extracción de la materia colorante.

Efecto estimulante:

El SO₂ produce un efecto estimulante sobre las levaduras y activa la transformación de los azúcares.

Efecto selectivo:

Realiza una selección de levaduras, favoreciendo aquéllas que ayudan a la fermentación.

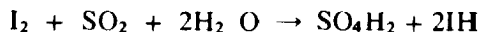
El pH del vino tiene mucha importancia en las dosis de SO₂ a emplear; a pH bajo, la cantidad de SO₂ libre es mayor que a pH alto, luego a vinos con pH altos tendremos que aplicar mayor cantidad de SO₂ para tener la misma cantidad de SO₂ libre.

Para la dosificación de SO₂ en los mostos hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Sanidad de la uva.
- Tipo de vinificación que vamos a realizar.
- Temperatura del mosto (1º alcohólico - 1º C de temperatura).
- Vitalidad de las levaduras.
- Riqueza glucométrica del mosto.
- Volumen del mosto.

La adición de SO₂ se realiza en forma líquida o gaseosa, mediante un sulfitómetro, o bien mediante un dosificador automático incorporado a la bomba de vendimia.

Para determinar el SO₂ que contiene un vino en forma de SO₂ libre, nos podemos basar en el método cuyo *fundamento* es el proceso de oxidación del SO₂ mediante yodo; se crea un medio fuertemente ácido mineral, que evite que el SO₂ combinado pase a forma libre:



— Material necesario:

- Pipeta de 50 c.c.
- Bureta con llave de vidrio.
- Matraz Erlenmeyer.

— **Reactivos:**

- Disolución de yodo N/50.
- SO_4H_2 diluido.
- Disolución de almidón.

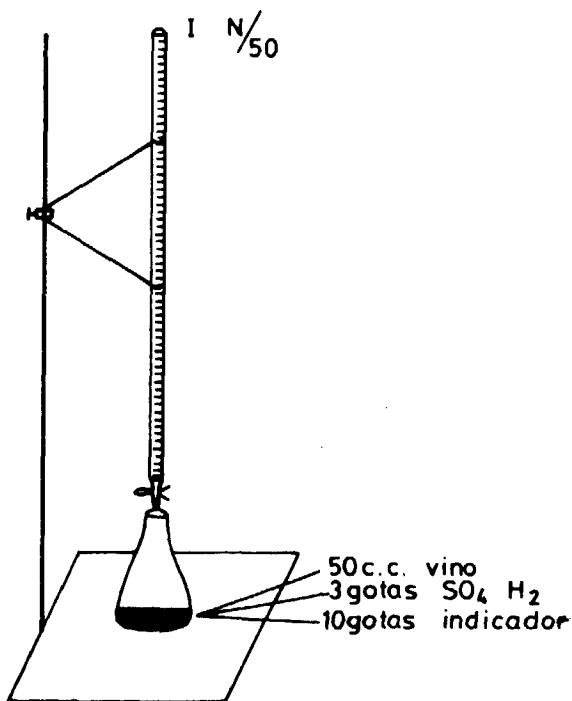
— **Procedimiento:**

Se enrasa la bureta con la disolución de yodo N/50.

Se depositan en el matraz 50 c.c. de vino.

Añadimos dos o tres gotas de SO_4H_2 para crear el medio ácido necesario y después ponemos ocho o diez gotas del indicador de almidón.

Dejamos caer en el matraz unas gotas del yodo N/50 de la bureta y agitamos, y continuamos dejando caer gotas de la bureta y agitando el matraz hasta que persista el color azulado del indicador. Vemos este procedimiento en la referencia 4.



Los cálculos están condicionados a la reacción química.

$$\text{Pm SO}_2 = 64; \text{Eq} = \frac{64}{2} = 32 \text{ gr.};$$

$$32 \times \frac{N}{50} = 0,64 \text{ gr./l.} = 0,00064 \text{ gr./c.c.}$$

Ejemplo: gastamos en la oxidación de 50 c.c. de vino 2,1 c.c. de I N/50.

$$2,1 \times 0,00064 \times \frac{1.000}{50} = 2,1 \times 0,00064 \times 20 = 2,1 \times 0,0128 \text{ gr/l.}$$

En general:

$$\text{SO}_2 \text{ libre gr/l.} = \text{N.}^\circ \text{ c.c. de I N/50} \times 0,0128$$

— Observaciones:

En vinos tintos, el color resultante al terminar la oxidación es violeta (mezcla del azul del almidón y el rojo del vino).

Al operar con tintos hemos de hacerlo sólo con 25 c.c. para observar mejor el viraje del indicador.

Además del SO₂ libre nos interesa conocer el SO₂ total.

Para determinarlo, hemos de crear un medio fuertemente alcalino, con objeto de que todo el SO₂ combinado pase a libre y así valorar todo el SO₂.

El *fundamento* es un proceso de oxidación (igual que para la determinación del SO₂ libre).

— Material necesario:

- Matraz erlenmeyer de 500 c.c.
- Bureta con llave de vidrio.
- Pipeta.

— Reactivos:

- Disolución de yodo N/50.
- SO₄H₂ diluido.
- NaOH o KOH N/1.
- Disolución de almidón.

— Procedimiento:

Depositamos en el matraz 25 c.c. de NaOH o KOH N/1 para crear el medio alcalino.

Sobre él ponemos 50 c.c. del vino problema.

Taponamos el matraz y lo dejamos en reposo durante quince minutos; en este tiempo se pone en libertad todo el SO₂, quedando en forma de sulfito sódico.



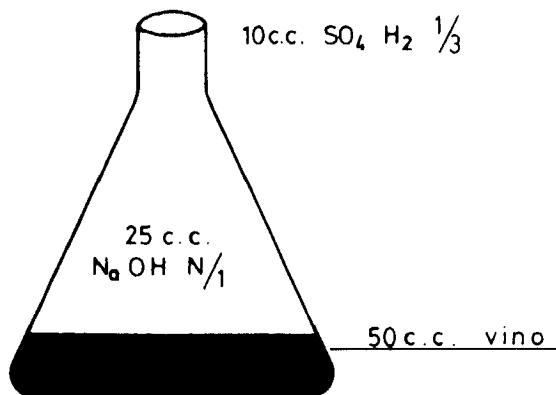
Pasados los quince minutos, procedemos a variar el medio adicionando 10 c.c. de SO₄H₂, para crear el medio ácido necesario; así evitamos la oxidación de los taninos que sería valorada como si de SO₂ se tratara.

Una vez puesto el SO₄H₂, adicionamos ocho o diez gotas del indicador y procedemos a la oxidación de la misma forma que hemos actuado en la determinación del SO₂ libre. Esta práctica la vemos en la referencia 5.

Los cálculos se hacen igual que para el SO₂ libre, es decir, los centímetros cúbicos de yodo gastados, multiplicados por 0,0128 nos darán el SO₂ total expresado en gramos por litro.

El SO₂ combinado = SO₂ total - el SO₂ libre.

El SO₂ total es el SO₂ combinado + el SO₂ libre.



Referencia 5

La acidez volátil

La acidez volátil está constituida por los ácidos pertenecientes a la parte acética que se encuentra en los vinos.

Se determina mediante la separación de los ácidos volátiles por arrastre, con vapor de agua y rectificación de los vapores.

Se debe evitar con precaución la presencia de gas carbónico en el destilado. La acidez debida al SO₂ libre y combinado, y arrastrados por el destilado no forman parte de lo que se conoce como acidez volátil.

El método utilizado para esta determinación es el **García Tena**, y se fundamenta en que cada compuesto tiene un punto fijo de vaporización.

En primer lugar, destilan el SO₂ y CO₂ y por último el acético. Se ha podido comprobar experimentalmente que poniendo en el matraz 11 c.c. de vino recogiendo en la primera probeta 5,1 c.c., han destilado el SO₂ y el CO₂ y a continuación en una segunda probeta destilaron 3,2 c.c. de ácido acético.

El aumento de la acidez volátil puede ser debido a fermentaciones accidentales y también al desarrollo de la fermentación maloláctica.

Para realizar la valoración de dicha acidez necesitamos:

— Material:

- Matraz de 60 c.c.
- Refrigerante.
- Probetas de recogida de destilado de 5,1 y 3,2 c.c. de capacidad.
- Mechero de alcohol.

— Reactivos:

- Indicador, fenolftaleína.
- Licor acidimétrico para acidez volátil.

— Procedimiento:

Ponemos 11 c.c. del vino problema en el matraz, y la probeta de 5,1 c.c. en la salida del refrigerante. Comenzamos la destilación hasta llenar enrasando la probeta con el destilado. Sin interrumpir la destilación, cambiamos la probeta y recogemos los otros 3,2 c.c. de destilado, dando ya por finalizada la destilación; según la referencia n.º 6.

Pasamos el contenido de las probetas a sendos vasos y procedemos a la valoración con licor acidimétrico para acidez volátil utilizado en los laboratorios enológicos.

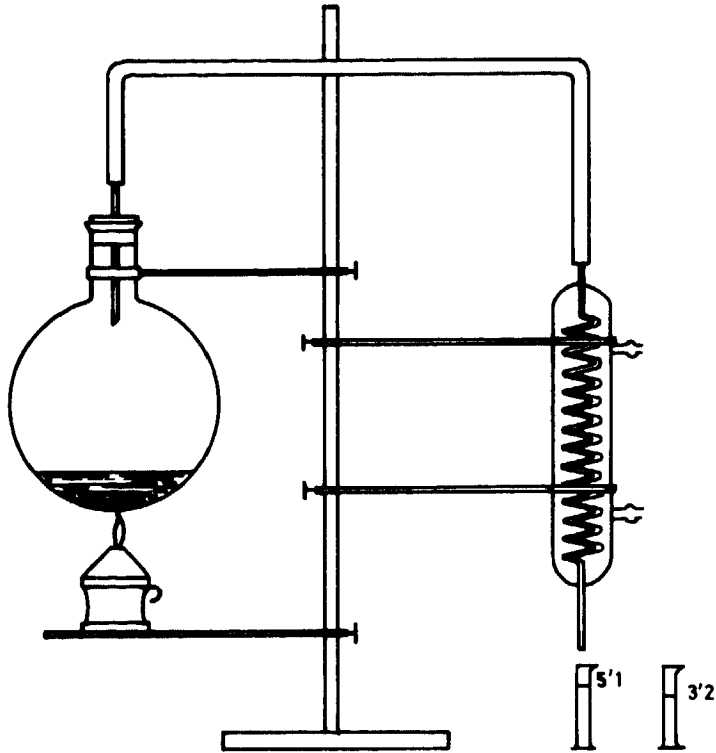
Ponemos en los vasos unas gotas del indicador de fenolftaleína y dejamos caer gotas de la bureta hasta que se produzca el color rosado.

Hemos gastado en la neutralización:

1.º probeta – 2,3 c.c.

2.º probeta – 1,9 c.c. × 3 = 5,7

5,7 : 10 = 0,57 gr/l. SO₄H₂ (acidez volátil real)



Referencia 6

$$2,3 - 1,9 = 0,4$$

$$0,4 + 5,7 = 6,1; 6,1 : 10 = 0,61 \text{ gr/l. SO}_4\text{H}_2 \text{ (acidez volátil aparente).}$$

Pero hemos de representarla en $\text{CH}_3 - \text{COOH}$

$$\frac{60}{49} = 1,23; 0,57 \times 1,23 = 0,70 \text{ gr/l. CH}_3 - \text{COOH (Ac. volátil real).}$$

$$0,61 \times 1,23 = 0,75 \text{ gr/l. CH}_3 - \text{COOH (Ac. vol. aparente).}$$

— **Definición de acidez volátil aparente:**

Es la suma de todos los compuestos volátiles de carácter ácido que contiene un vino.

— **Definición de acidez fija:**

Es la suma de todos los compuestos no volátiles de carácter ácido que contiene un vino. Luego la acidez fija será igual a la diferencia entre la acidez total y la acidez volátil aparente.

— **Acidez total:**

Es la suma de todos los cuerpos de carácter ácido que contiene un vino.

$$A. \text{ total} = A. \text{ fija} + A. \text{ volátil aparente}$$

$$A. \text{ fija} = A. \text{ total} - A. \text{ volátil aparente}$$

El hierro en los vinos:

Un elemento de vital importancia es el hierro; éste se encuentra en los vinos por diversos motivos:

— **Hierro de origen exógeno:**

Es aportado por las maquinarias, depósitos, cisternas, etc.

— **Hierro de origen endógeno:**

Lo metaboliza la planta y procede del propio terreno de cultivo, teniendo en cuenta las características del suelo.

Generalmente está disuelto en el vino y se combina con otras sustancias formando complejos.

El hierro realiza un papel importante en los procesos de envejecimiento, ya que es un magnífico catalizador de la oxidación y se encuentra también formando complejos con los ácidos orgánicos.

Un exceso de hierro en el vino puede favorecer una precipitación; esta precipitación aparece en los vinos de tres formas:

- a) Quiebra blanca fosfato férrica.
- b) Quiebra azul tanato férrica.
- c) Quiebra negra con la materia colorante.

Estas quiebras férricas, aparecen con el Fe III en forma férrica y en ambiente oxidante.

— **Descripción de las quiebras férricas:**

a) *Quiebra fosfato férrica o blanca:*

Se debe a la precipitación del fosfato férrico que se encuentra en los vinos en forma coloidal, pero con ciertas proteínas forma una coagulación y un precipitado blanco o nube blanca.

b) *Quiebra tanato férrica o azul:*

Se forma por la unión del hierro con los compuestos polifenólicos, da lugar a precipitaciones de color azulado, generalmente se presenta en vinos poco ácidos.

Son más propensos a estas quiebras los vinos tintos, por poseer más componentes polifenólicos.

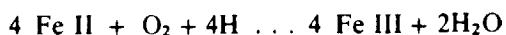
El color de los precipitados es tanto más azul cuanto más hierro contengan éstos.

c) *Quiebra negra:*

El hierro se combina con los antocianos y aparece un color negruzco, dado por la unión de dichos componentes; para que se produzca esta quiebra es imprescindible que exista un medio oxidante.

La presencia de hierro en el vino es de dos formas; Fe II y Fe III.

La encargada de producir las quiebras es la forma Fe III, por tanto el peligro lo supone esta forma; aunque el Fe II momentáneamente no representa peligro, hemos de saber que con la presencia de un oxidante el Fe II pasa a Fe III según la ecuación:



Debemos evitar cualquier aportación que pudiera ocasionar un aumento de dicho metal en el vino.

Con lo que respecta a la precaución que debemos tener para que no aumente el hierro en el vino, debemos proceder a mantener los accesorios de bodega, tales como tornillos sinfín, estrujadores, griferías y recipientes, recubiertos convenientemente con una capa de pintura «exposi», para así evitar que el vino al estar en contacto con el hierro, aumente su contenido del mismo.

Como temas relacionados con lo ya expuesto aquí e interdisciplinarios, proponemos el debate coloquio o charla coloquio entre los alumnos, sobre:

- a) Producción de vino en la comarca y su influencia en la economía.
- b) Posibles fertilizantes utilizables.
- c) Utilización de los alcoholes vínicos como carburantes y su relación con el comercio y el petróleo.

Bibliografía

- RIBÉRAUN-GAYÓN, J.: *Transformaciones y tratamiento de los vinos*, 1954.
MORCILLA ARRAZOLA, JUAN: *Tratado práctico de Viticultura y Enología Españolas*, 1974.
HIDALGO, L., y CARCELA, J. A.: *Vinerías*, 1973.
CARBONEL, MATEO: *Tratado de vinicultura*, 1970.
BONDIAC, ENRIQUE: *Elaboración de vinos*, 1972.
VOGT, E.: *La fabricación de vinos*, 1972.
DURÁN, LUIS: *Vinos*. Barcelona.
PEINAUD, EMILE: *Enología práctica*, 1971.

Física

