

51/98

INFORMACIONES TÉCNICAS

# MANUAL BÁSICO DE LABORATORIO DE BODEGA



Comunidad Europea



Consejería de Agricultura y Pesca

# MANUAL BÁSICO DE LABORATORIO DE BODEGA

Autores:

**Pedro Manuel Pérez Juan. CIFA (Cabra).**  
**José Morales Ordóñez. CIFA (Cabra).**

Colaboradores:

**José M<sup>a</sup> Alcaide Leiva**  
**Antonio Córdoba**  
**Brigida Jiménez Herrera**  
**Francisco J. Jiménez Merchán**  
**Isabel López Infante**  
**M<sup>a</sup> José López Sanfeliú**  
**Bernardo Lucena Velasco**  
**Juan Márquez Gutiérrez**

Gracia Hnos. S. A. (Montilla).  
S.C.A. La Unión (Montilla).  
CIFA (Cabra).  
Tec. Viticultura y Enología.  
CIFA (Cabra).  
CIFA (Cabra).  
Alvear, S. A. (Montilla).  
Pérez Barquero, S. A. (Montilla).

## **MANUAL BÁSICO DE LABORATORIO DE BODEGA**

© JUNTA DE ANDALUCÍA Consejería de Agricultura y Pesca.

**Publica:** Dirección General de Investigación y Formación Agraria.  
Servicio de Publicaciones y Divulgación.

**Colección:** Informaciones Técnicas 51/98

**Autores:** Pedro Manuel Pérez Juan. CIFA (Cabra)  
José Morales Ordóñez. CIFA (Cabra)

**Depósito Legal:** SE-2.700-98

**I.S.B.N.:** 84-89802-42-4

**Maquetación e Impresión:** Artes Gráficas Novograf, S. A. (Sevilla)

Impreso en papel ecológico

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2. EL LABORATORIO DE BODEGA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Diseño</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Material y reactivos básicos</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3. Normas de seguridad e higiene</b> .....	<b>11</b>
<b>3. PROTOCOLO GENERAL DE CONTROL DE LOS PROCESOS DE MADURACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. Maduración de la uva</b> .....	<b>12</b>
3.1.1. Seguimiento de la maduración .....	12
3.1.2. Tratamiento de la muestra .....	13
3.1.3. Determinaciones analíticas .....	14
<b>3.2. Recolección</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3. Vinificación</b> .....	<b>15</b>
3.3.1. Prefermentación .....	16
3.3.2. Fermentación alcohólica .....	17
3.3.3. Postfermentación .....	17
3.3.4. Fermentación maloláctica .....	18
3.3.5. Embotellado .....	18
<b>4. PARÁMETROS ANALÍTICOS BÁSICOS DE CONTROL</b> .....	<b>19</b>

<b>4.1. Sólidos solubles</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2. pH y acidez titulable</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3. Azúcares reductores</b> .....	<b>27</b>
<b>4.4. Acidez volátil</b> .....	<b>31</b>
<b>4.5. Sulfuroso</b> .....	<b>36</b>
<b>4.6. Grado alcohólico</b> .....	<b>39</b>
<b>4.7. Hierro</b> .....	<b>42</b>
<b>5. ENSAYOS DE ESTABILIDAD DE LOS VINOS</b> .....	<b>44</b>
<b>5.1. Quiebra oxidásica</b> .....	<b>44</b>
<b>5.2. Quiebra férrica</b> .....	<b>44</b>
<b>5.3. Quiebra proteica</b> .....	<b>45</b>
<b>5.4. Precipitación tartárica</b> .....	<b>45</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>46</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>47</b>

---

**MANUAL BÁSICO DE  
LABORATORIO DE BODEGA**

---



## 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas bodegueras de cierta entidad poseen personal altamente cualificado dedicado, en ocasiones a tiempo total, a las labores de control químico de los mostos y los vinos. Sin embargo, en las pequeñas bodegas o lagares, a las que está dirigido principalmente este trabajo, no existe ni mucho personal ni una especificidad de las competencias del mismo. Es en este último caso donde especialmente se hace necesaria una transferencia de información que permita, a un personal en la mayoría de los casos poco familiarizado con la “química” y frente a la que en muchas ocasiones presenta prejuicios y miedos injustificados, los métodos básicos de trabajo para un control que garantice un margen suficiente de seguridad en las elaboraciones.

Con respecto a la realización de los análisis, hay que encontrar un punto válido de equilibrio entre la rapidez y la sencillez en el análisis, los medios necesarios (material y reactivos) y las condiciones exigibles al resultado (precisión y reproducibilidad), compatibles con el objetivo de la bodega. Por otra parte, sucede muchas veces que la rutina, la desinformación, la prisa o la dejadez nos hace realizar los análisis de una forma incorrecta bien en la metodología utilizada, o bien en las condiciones de llevar a cabo la determinación.

Los objetivos que se han planteado los autores con la presente publicación son:

- Necesidad de proporcionar una información mínima del proceso global de la vinificación que abarque desde la elección de la fecha óptima de vendimia hasta el embotellado del vino.

- Especificación de los parámetros mínimos indispensables que deben controlarse y los métodos que deben aplicarse, que sean simples y que garanticen un margen de calidad suficientemente válido en las elaboraciones.

- Proporcionar un esquema básico y simple de control analítico que dé lugar a una organización racional de los trabajos de bodega.

## 2. EL LABORATORIO DE BODEGA

### 2.1. Diseño

Podemos considerar al laboratorio de la bodega como el local donde se manipulan las muestras de uva, mosto o vino, con el fin de realizar determinados análisis físico-químicos de interés en el proceso de la vinificación. A la hora del diseño, y especialmente dentro del tipo de empresa al que nos referimos, hay que poner especial cuidado en conjugar los objetivos perseguidos de nivel de utilización y de espacio mínimo necesario.

Sobre todos los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora del diseño y la instalación de un laboratorio (INHST, 1992), destacamos dos: el tamaño mínimo



necesario, que debería rondar los 15 m<sup>2</sup>, y la necesidad de establecer una clara separación entre este local y el resto de la bodega.

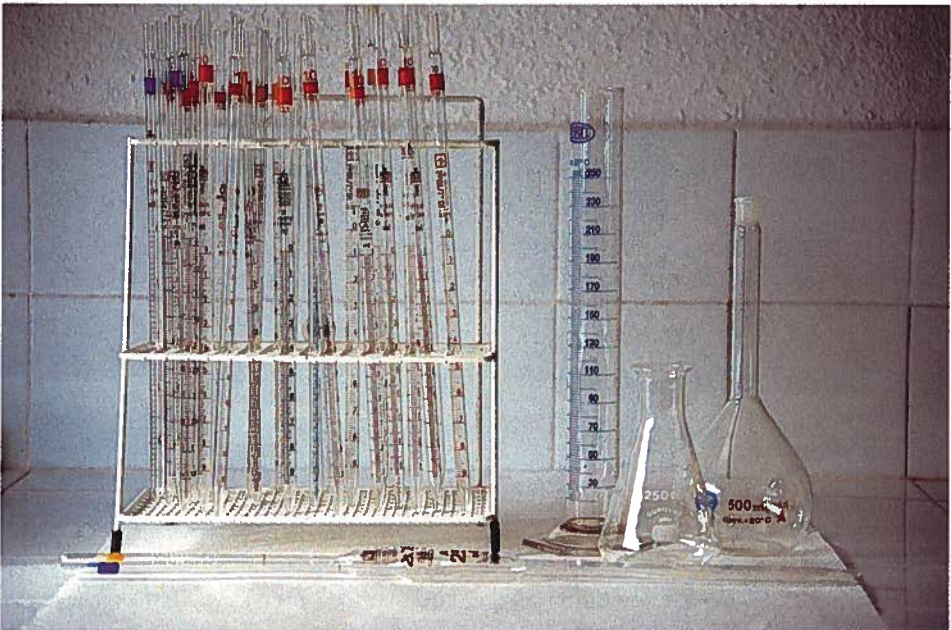
Con la separación física del laboratorio conseguimos evitar las influencias negativas de las vibraciones (especialmente sobre las balanzas), corrientes de aire, pérdidas de muestras, salpicaduras de productos y muestras, etc. Otro aspecto muy importante es el de la iluminación, que debe estar adecuado al nivel necesario para las determinaciones, y que normalmente es superior al de una instalación industrial.

Las superficies del laboratorio (paredes, techos y poyatas de trabajo) deben estar pintados o recubiertos por superficies que se puedan limpiar fácilmente al objeto de evitar la acumulación de polvo y materiales tóxicos.

Se debe realizar una correcta gestión de las muestras, recipientes que las contengan, material sucio y de la limpieza general de laboratorio, haciendo un especial llamamiento a los reactivos utilizados en los análisis.

## 2.2. Material y reactivos básicos

En este apartado, se realizará una enumeración del material y de los reactivos necesario para las determinaciones que se describirán posteriormente.



▲ Fotografía 1. Material de vidrio.

## Material

- Un pHmetro preferentemente con compensación automática de temperatura y un electrodo de pH especial en medios viscosos. Se utilizan para las determinaciones de pH y acidez total.
- Balanza analítica con una precisión mínima de 0,01 g. Se utiliza para la pesada de reactivos sólidos.
- Agitador magnético con calentador. Se utiliza para la preparación de las disoluciones y como elemento de calentamiento en la determinación de los azúcares reductores.
- Aparato de destilación de agua.
- Refractómetro.
- Buretas de vidrio ordinario de 10 y 25 ml
- Bureta de vidrio "topacio" de 5 ml
- Matraces aforados de 50, 100 y 1.000 ml
- Matraces erlenmeyer 100, 250 y 500 ml
- Pipetas graduadas de 5, 10, 20, 25 y 50 ml
- Probetas graduadas de 25, 50, 100 y 250 ml
- Vasos de precipitado de vidrio de 100 (altos), 500 y 1.000 ml
- Vasos de precipitado plástico de 1.000 ml
- Aerómetros para las determinaciones de los sólidos solubles y del grado alcohólico (alcohómetros).
- Termómetro varilla con líquido coloreado graduación 0 a 60°C.
- Frascos de vidrio ordinario y de topacio para almacenamientos de reactivos.
- Embudos de vidrio.
- Tubos de ensayo.
- Gradillas.
- Frascos lavadores.
- Espátulas.
- "Peras" o elemento equivalente para pipetear reactivos.
- Mecheros de alcohol.

## Reactivos químicos

Todos los reactivos químicos deben ser de calidad analítica. Se muestran sus presentaciones en el mercado.

- Disoluciones de hidróxido sódico (NaOH) de concentraciones 0,1, 1 y 5 N.
- Ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) puro (98% p/v).
- Ácido clorhídrico (ClH) puro (87% p/v) y disolución 2 N.
- Disolución yodo ( $\text{I}_2$ ) de concentración 0,05 N y 0,01 N.
- Sulfato de cobre ( $\text{CUSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) sólido.
- Disoluciones Fehling A y Fehling B comerciales.
- Disolución de tiosulfato sódico ( $\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$ ) 1 N.
- Yoduro potásico (K I) sólido.
- Almidón sólido.
- Cloruro sódico (Na Cl) sólido.
- Piedra pómez granulada.
- Disolución de fenolftaleína al 1%.
- Tampones para calibración de pH 7,02 y 4.
- Electrolito interno para el electrodo de pH.
- Alcohol para quemar.
- Papel indicador de pH.
- Agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% p/v.
- Sulfato de hierro y amonio ( $(\text{SO}_4)_2\text{NH}_4\text{Fe} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ).
- Tiocianato o sulfocianuro de potasio (SCNK) puro sólido.
- Carbón activo en polvo.

### • Mantenimiento de los reactivos

Como norma general todos los compuestos puros (sólidos o líquidos) y los reactivos deben guardarse en sitio seco, protegidos de la luz, a temperatura ambiente no excesiva y deben mantenerse abiertos el tiempo imprescindible de uso.

Las disoluciones de los ácidos y de los metales ( $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Cu}^{2+}$ ) no tienen problemas especiales de conservación. Las disoluciones de hidróxido sódico duran sin alteración un mínimo de dos meses y las de Fehling B un año. Las disoluciones de agua oxigenada, de yoduro potásico y de yodo deben prepararse inmediatamente antes de su utilización.

### 2.3. Normas de seguridad e higiene

El trabajo en el laboratorio impone una atención especial que debe manifestarse en una serie de precauciones generales tendentes a crear una determinada actitud del personal. *No una actitud de temor* frente a los riesgos, pero *sí una actitud de prudencia* en la actividad que se desarrolla.

Dos tipos de protecciones, además de la bata, son de amplia utilización en el laboratorio: los guantes, ante riesgos de contacto y en tareas de limpieza; y las gafas, especialmente cuando sea necesario una gran proximidad con materiales y en procesos que puedan provocar proyecciones.

Teniendo en cuenta los objetivos del presente libro y el tipo de laboratorio al que está destinado, a continuación se presentan algunas normas básicas de higiene y seguridad:

- El laboratorio debe tener una buena ventilación con una suficiente renovación del aire interior.
- Nunca se debe fumar ni comer en el laboratorio.
- Mantener en todo momento las batas y vestidos abrochados.
- Lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.
- No situar el material de vidrio ni productos en los bolsillos de las batas.
- No tocar con las manos, ni oler, ni probar, los productos químicos.
- No efectuar pipeteos con la boca. Utilizar siempre las "peras".
- No trabajar separado de la mesa.
- Asegurarse del enfriamiento de los materiales antes de aplicar directamente las manos para cogerlos.
- Al finalizar una tarea u operación, recoger los materiales, reactivos, equipos, etc., evitando las acumulaciones innecesarias.
- Etiquetar debidamente las disoluciones preparadas en el laboratorio. No reutilizar envases para otros productos sin quitar la etiqueta original. No sobreponer etiquetas.
- Evitar que ocurran vertidos empleando para el trasvase embudos, dosificadores o sifones.
- Desechar el material de vidrio que presente el más mínimo defecto (rotura).
- Tener en cuenta especiales normas de seguridad a la hora de forzar los cierres de frascos o botellas, las llaves de paso, conectores, etc., que se hayan obturado.

### Actuaciones en casos de accidentes

- Vertidos de ácidos: neutralizar con bicarbonato o emplear productos específicos comercializados para su neutralización y absorción.
- Vertidos de bases: aplicar agua abundante o productos específicos comercializados para su neutralización y absorción.
- Otros líquidos no corrosivos ni inflamables: absorber con serrín.
- Salpicaduras en piel y ojos: deben lavarse con abundantísima agua. No intentar neutralizar. Acudir al médico con prontitud.
- Salpicaduras en batas o vestidos: quitar rápidamente la ropa y lavarla. Si hay contacto con la piel acudir al médico.

### Ingestión

- Si es un ácido, beber una disolución de bicarbonato.
- Si es una base, beber bebidas ácidas (zumos de frutas).
- No provocar el vómito, salvo indicación expresa.
- Disponer de información sobre los productos que se manipulan, consultando a un servicio de información toxicológica cuando sea posible.
- Acudir al médico con una etiqueta del producto.

## 3. PROTOCOLO GENERAL DE CONTROL DE LOS PROCESOS DE MADURACIÓN Y VINIFICACIÓN

### 3.1. Maduración de la uva

#### 3.1.1. Seguimiento de la maduración

- Toma de las muestras de uva

El fin primordial es la obtención de una **muestra representativa** del estado de madurez real de la uva. La realización de una toma de muestra correcta tiene una importancia fundamental. Ya que es **esa muestra de uva** puesta en el laboratorio la que nos indicará el comportamiento de la viña.

1º. Hay que dividir la parcela en tantas subparcelas como nos indique la observación del terreno, la posible presencia de diferentes variedades de uva y la experiencia de otros años. El análisis de las submuestras se realizará independientemente. Los resultados obtenidos nos ayudarán a organizar la vendimia como más nos interese.

2º. El recorrido para la toma de muestras debe realizarse siguiendo la dirección de mayor longitud.

3º. La muestra de uva debe tomarse de cepas que presenten un comportamiento normal dentro de la parcela (o subparcela) considerada. Deben de descartarse las extremas (excesivamente vigorosas o débiles) y las enfermas.

4º. El número total de racimos por muestra (o submuestra) se situará entre un mínimo de 10 y un máximo de 15. El número exacto deberá establecerlo la persona que realice el muestreo en base a parámetros de tamaño de la parcela, grado de heterogeneidad de las cepas, experiencia, etc. Los resultados están más determinados por la forma de tomar la muestra que por el tamaño de la misma, dentro del intervalo anterior.

5º. Dentro de la cepa, la elección del racimo dependerá del sistema de poda que tengamos. Veamos las tres situaciones más corrientes y la forma de llevarlo a cabo.

\* Cepas con poda en cabeza o en vaso. Se tomará el racimo inferior del sarmiento más cercano a la base de un pulgar. De cepa en cepa deberá alternarse la orientación de los pulgares. Proponemos ir oponiendo los ejes cardinales.

\* Cepas con poda en cordón. Se tomará el racimo inferior del sarmiento más cercano a la base del pulgar o pulgares centrales.

\* Cepas con varas (poda tipo jerez o guyot). Se considera el racimo inferior del sarmiento que haya brotado en la yema central de la vara. No se utilizan para los muestreos los racimos situados en sarmientos procedentes de los pulgares.

Los racimos se recogen en bolsas de plástico con la suficiente capacidad y resistencia. Hay que evitar los golpes sobre los racimos durante la ejecución del muestreo y el transporte posterior. Asimismo, debe evitarse la exposición al sol de la muestra metida en la bolsa ya que la uva se deshidrata y ello repercute en los resultados analíticos.

6º. El momento ideal de toma de muestras es a primera hora de la mañana, una vez que se haya eliminado el rocío nocturno.

### 3.1.2. Tratamiento de la muestra

Una vez recolectada la muestra de uva de la parcela (o subparcelas) debe trasladarse con precaución y con rapidez al laboratorio. Una vez en él debe procederse como sigue:

1º. Estrujado y prensado de los racimos. Aunque lo ideal es realizarlo con una estrujadora y una prensa de laboratorio, puede llegarse en un extremo a su realización manualmente. Hay que agotar el residuo sólido en mosto pero sin llegar a la rotura de las semillas ni de los raspones.

2º. Llevar el mosto obtenido a un vaso de precipitado de 1 ó 2 litros de capacidad y preferentemente de plástico.

3º. Dejar reposar el mosto durante 15 ó 20 minutos para que se produzca la decantación de las partículas sólidas de mayor tamaño.

4º. Transcurrido el tiempo de decantación, se vierte con cuidado el mosto clarificado a otro recipiente, y pueden realizarse en él los análisis que se consideren de interés.

Existen otros procedimientos de retirada de los fangos del mosto como la filtración a vacío con papel especial o por centrifugación. Sin embargo, el método propuesto es muy válido para el objetivo propuesto y proporciona resultados suficientemente óptimos.

### 3.1.3. Determinaciones analíticas

Los parámetros analíticos mínimos que deben analizarse en el mosto son los sólidos solubles y la acidez titulable, a los que pueden añadirse el pH y los azúcares reductores. La metodología para la determinación de cada uno de ellos se describe en el apartado 4 de esta publicación.

La determinación periódica de estos componentes durante la maduración de la uva nos permite la realización de un control correcto de dicho proceso, y una elección precisa del momento óptimo de vendimia.

## 3.2. Vendimia

Con respecto al momento de recolección de la uva, hay que distinguir entre el *momento de madurez de la uva* y el *momento óptimo de vendimia*. Dichas situaciones podrán o no coincidir según el criterio de recolección que se considere por parte del elaborador.

El *momento de madurez* es un concepto fisiológico, y se refiere a un corto período de tiempo en el que la uva alcanza el máximo contenido en azúcares (o de sólidos solubles) y que le proporciona la máxima expresión en *componentes nobles*. Se pone claramente de manifiesto porque durante la misma el valor de los sólidos solubles (o de los azúcares) se mantienen prácticamente constantes. Los posteriores incrementos de dichos parámetros se deben únicamente a la pasificación o sobremaduración del fruto.

La facilidad para sobremadurarse la uva depende, fundamentalmente, de la variedad y de las condiciones climatológicas del año. Por ejemplo, la variedad *Pedro Ximénez* se caracteriza por su rapidez de sobremaduración lo que le permite alcanzar esas elevadas graduaciones alcohólicas potenciales de sus mostos.

El *momento óptimo de vendimia* es el momento que el viticultor (y/o bodeguero) elige para recolectar la uva, y que no tiene porqué coincidir con el de la madurez antes definido. Como ejemplo, podemos considerar el caso de la variedad *Pedro Ximénez* que se recolecta para vino joven antes de alcanzar la *madurez fisiológica*.

Veamos las fechas óptimas de vendimia para las elaboraciones más ordinarias:

- *Vinos mostos* destinados a la elaboración de vinos generosos (*finos, manzanillas, amontillados, olorosos, palos cortados, etc.*).

Debido a la propia naturaleza de la elaboración lo ideal es recolectar la uva con el máximo de azúcares, aún a riesgo de perder peso y acidez por efecto de la sobremaduración.

- *Vinos blancos jóvenes*

La mayoría de las variedades cultivadas tradicionalmente en las zonas cálidas de Andalucía, no son por sus propias características varietales las idóneas para este fin. Se recolectan sin alcanzar el estado de madurez fisiológica ya que ello llevaría a un descenso importante de la acidez y a un exceso del grado alcohólico potencial de los vinos. Para estas variedades no debería sobrepasarse los 10-10,5° de alcohol probables en el mosto (1,075-1,080 ó 10-10,5 °Be), y que se corresponderá con una acidez aproximada sobre 5 g/l en ácido tartárico.

La situación más óptima sería recoger la variedad en el momento de la madurez fisiológica o inmediatamente anterior, evitando todo efecto de sobremaduración, y con una acidez aproximada del mosto de 8 g/l expresados en ácido tartárico.

Como resumen podríamos proponer de forma genérica, y en función de las características de la uva, que podría elaborarse un vino joven con contenidos en sólidos solubles en el intervalo 1,075-1,090 g/cm<sup>3</sup> (10-11,5°Be; 10-12,5° alcohol probable) y con una acidez en el mosto de 5 a 8 g/l expresados en ácido tartárico.

- *Vinos tintos jóvenes*

En esta elaboración hay que evitar un acusada sensación tánica y herbácea en el vino. Ello se consigue en gran medida ajustando lo más posible el momento de la recolección al estado de madurez.

Proponemos como momento de vendimia un contenido en sólidos solubles de 1,090-1,095 g/cm<sup>3</sup> (11,6-12,1°Be; 12-12,5° alcohol probable) y una acidez del mosto de 6 a 7 g/l expresados en ácido tartárico.

### 3.3. Vinificación

La toma de muestra se realizará tomando una cantidad de mosto, mosto/vino o de vino suficiente y de distintas zonas del depósito. Una manera de realización sencilla sería tomar una botella de vino lastrada y, unida a una cuerda, introducirla a distintas alturas en el depósito. Una vez recogidas las distintas fracciones, que serán de volumen equivalente, se unirán y se mezclarán en una muestra única a la que se realizarán las determinaciones oportunas.



### 3.3.1. Prefermentación

Una vez aplicados los tratamientos pertinentes a la uva previos a la fermentación y adaptados a la elaboración que se persigue (despalillado, estrujado, prensado, desfangado, etc.), deben realizarse dos correcciones básicas en el mosto: la adición de sulfuroso y la corrección de la acidez.

- Adición de anhídrido sulfuroso

Hay que disminuir al máximo la adición de este compuesto al mosto. Los factores que nos ayudarán en ese objetivo serán la sanidad de la uva, la ausencia de "mosteo" de la vendimia, la corrección del pH (o de la acidez), la utilización de un adecuado "pie de cuba" y la efectividad del control térmico de la fermentación. Conforme más controlemos estos factores, menor será la necesidad de adicionar anhídrido sulfuroso al mosto.

Es muy difícil dar cifras, pero podemos considerar que un intervalo razonable para uva blanca y sana sería de 50 a 100 mg por litro de mosto (5 - 10 g/Hl) y de 100 a 120 mg/l (10 a 12 g/Hl) para uva blanca alterada. Para el caso de la vendimia tinta proponemos de 40 a 70 mg/l (4 a 7 g/Hl) para la uva sana y para la uva alterada de 60 a 110 mg/l (6 a 11 g/Hl).

- Corrección de la acidez

Normalmente, en la inmensa mayoría de las situaciones enológicas de nuestras latitudes, hay que incrementar la acidez (y con ello una disminución del pH) de los mostos para eliminar problemas durante la fermentación, y para alcanzar unas cualidades más óptimas en el vino. En la mayoría de los casos las correcciones se realizan por la adición de ácido tartárico. Como regla experimental debe considerarse que la adición 1 g de ácido tartárico por litro de mosto, disminuye aproximadamente el pH del mismo en 0,2 unidades.

Para las elaboraciones de vinos *mostos* está autorizada la utilización del yeso, cuya influencia en la modificación del pH se pone de manifiesto al observar que aproximadamente la adición de 1 g de yeso por litro de mosto disminuye 0,1 unidad de pH. Hay que tener mucha precaución en la utilización de este aditivo, ya que, al incrementar el contenido natural en sulfatos del vino, puede producirse la superación de los límites legales autorizados para este tipo de vinos (2,5 g/l en sulfato potásico según R.CEE 4258/88).

Para los *mostos* destinados a la obtención de vinos *mostos* (elaboración de vinos generosos) nos fijaremos más en el valor del pH que en el de la acidez, y proponemos que su valor, antes de la fermentación, sea de 3,3 aproximadamente. Sin embargo, para los vinos jóvenes blancos y tintos nos guiará más la acidez titulable, y para ellos aconsejamos un mínimo de 7 g/l en ácido tartárico para los primeros y no sobrepasar dicha cantidad para los tintos.

### 3.3.2. Fermentación alcohólica

Durante la fermentación alcohólica conviene medir diariamente la temperatura del vino-mosto y de los sólidos solubles.

La temperatura se mide para poner de manifiesto un posible aumento indeseable que afectaría muy negativamente al proceso fermentativo (posible parada de fermentación). Así, proponemos no sobrepasar para los vinos *mostos* los 25°C, para los vinos blancos jóvenes 18°C, y para los vinos tintos mantenernos durante todo el proceso por encima de los 25°C y no superar los 28°C.

El seguimiento de los sólidos solubles nos proporciona una medida indirecta del consumo de los azúcares del mosto-vino. La interrupción de su continuado descenso indicaría un problema que podría tener consecuencias muy graves en el vino (acidez volátil), y nos serviría de alarma para realizar la intervención que sea pertinente.

En el caso de una parada de la fermentación, y siempre que no nos encontremos en la fase final de la misma, es aconsejable para reiniciarla un trasiego con ligera aireación del mosto-vino, añadir de 30 a 50 mg/l de sulfuroso y la adición de un pie de cuba.

### 3.3.3. Postfermentación

Se recogen en este apartado los controles y las correcciones que deben realizarse en el vino desde el momento del deslío hasta el del embotellado.

- Contenido en azúcares

Se considera que un vino está seco y es estable frente a posibles alteraciones microbianas, cuando sus azúcares reductores se sitúan por debajo de 2 g/l. En términos de sólidos solubles podríamos decir que un vino “está acabado” cuando se encuentra una constancia en el valor de dicha variable durante 2 ó 3 días. Sin embargo, para tener una total garantía debería realizarse la determinación de los azúcares reductores.

Lo ideal sería llevar a cabo la determinación de los azúcares antes de desliar. Es muy importante saber qué contenido en azúcares residuales nos queda, ya que son sustancias muy apetecibles para los microorganismos que alteran los vinos.

- Anhídrido sulfuroso

- \* Vinos mostos. Añadir al vino desliado de 30 mg/l de sulfuroso en cualquiera de las formas disponibles (gas o metabisulfito potásico).

- \* Vinos blancos jóvenes. Añadir al vino desliado 40 mg/l de sulfuroso en cualquiera de las formas disponibles.

- \* Vinos tintos jóvenes. Añadir al vino desliado 25 mg/l de sulfuroso en cualquiera de las formas disponibles.

Durante el almacenamiento del vino debe mantenerse un nivel mínimo de sulfuroso libre de 10-15 mg/l en vinos "mostos", de 25-30 mg/l en vinos blancos y de 15-20 mg/l para los vinos tintos jóvenes.

#### 3.3.4. Fermentación maloláctica

Los vinos tintos jóvenes deben realizar la fermentación maloláctica para que "suavicen" su carácter herbáceo natural debido a la presencia de ácido L-málico. El proceso maloláctico, o de transformación del ácido L-málico en L-láctico, es muy irregular y hasta la fecha no ha sido controlado convenientemente a escala industrial. Depende, en gran medida, de la temperatura ambiente; por ello en sitios donde se vinifique en el otoño es posible que no se realice hasta la siguiente primavera. Por otro lado, su desarrollo da lugar a un descenso de la acidez titulable del vino y a incrementos del pH y de la acidez volátil, factores que facilitan el desarrollo de bacterias patógenas (fundamentalmente acéticas).

Es un proceso realizado por bacterias (bacterias malolácticas) que son bastante susceptibles a un exceso de sulfuroso en el vino. Por tanto, no debemos pasarnos en el sulfuroso añadido en el momento del deslío y durante el almacenamiento (máximo 15-20 mg/l de libre), si queremos que dicho proceso se desarrolle.

Es fundamental un seguimiento exhaustivo del contenido en ácido málico hasta comprobar que se alcanza un valor aproximado de 0,3 g/l, el cual puede considerarse como final del proceso. En este momento hay que añadir, rápidamente, unos 40 mg/l de sulfuroso para evitar alteraciones indeseables que pueden llegar a "picar" el vino.

En casos extremos, y cuando se prolonga excesivamente el proceso, pueden producirse desarrollos de "velos" de levaduras que incrementan las concentraciones de acetaldehído, y que provocan una pérdida de las características varietales de los vinos. Por tanto, en estas situaciones, hay que valorar organolépticamente qué es peor, si el resto de málico que nos queda o los procesos paralelos que se puedan desarrollar.

#### 3.3.5. Embotellado

Las zonas cálidas se caracterizan por un déficit ácido que puede hacer necesaria una segunda corrección de la acidez previa al embotellado del vino. Las experiencias realizadas en el CIFA de Cabra desde 1994 con vinos jóvenes, basados en los trabajos de Usseglio-Tomasset (*Referencia*, libro), nos permiten proponer la metodología que se presenta a continuación.

- Corrección de la acidez final del vino

Se pretende que el vino estabilizado por frío contenga una acidez adecuada a las características organolépticas perseguidas con dicha elaboración. Proponemos alrededor de 6 g/l para los vinos blancos jóvenes y 5 g/l para los tintos. El método sería el siguiente:

Una vez el vino clarificado y filtrado, introducir una botella del mismo en un congelador con las mismas condiciones de temperatura y tiempo que se aplicarán al conjunto del vino. Por ejemplo,  $-5^{\circ}\text{C}$  y 8-10 días. Una vez transcurrido este período de tiempo, filtrar el vino y determinar la acidez total. Sobre este dato, añadir el doble de la cantidad necesaria de ácido tartárico para llevar al vino a la acidez deseada. Hemos comprobado que aproximadamente el 50% del ácido añadido precipitará de nuevo.

Ejemplo: supongamos que una vez introducida una muestra de vino blanco joven por frío presente una acidez titulable de 5 g/l. Si queremos llevar el vino a una acidez 6 g/l habrá que añadir 2 g/l de tartárico. Es imprescindible siempre trabajar sobre el dato obtenido del ensayo en botella, ya que la acidez de partida del vino no es válida para estimar su valor después del proceso de estabilización tartárica.

## 4. PARÁMETROS ANALÍTICOS BÁSICOS DE CONTROL

### 4.1. Sólidos solubles

#### Definiciones

Los sólidos solubles de los mostos y los vinos constituyen el conjunto de las sustancias presentes, diferentes al agua, que se encuentran en la muestra en fase líquida. Su medida en los mostos refleja la influencia de los compuestos disueltos más pesados que el agua (azúcares, ácidos, sales, etc.), mientras que, en el caso de los vinos, su determinación refleja la influencia resultante de los efectos contrapuestos de las sustancias más pesadas (azúcares, ácidos, sales, etc.) y de las más ligeras (etanol, ésteres, etc.) presentes en la muestra que se analiza.

El contenido en sólidos solubles de un mosto o de un vino se expresa con diferente terminología según el método de determinación y las unidades que se utilicen para expresar los resultados. Veamos a continuación las situaciones más frecuentes.

- Masa volúmica

La masa volúmica a una temperatura  $t$  es la razón entre la masa y el volumen de la muestra medida a esa  $t$ . Se expresa en gramos por mililitro (g/ml), en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), en gramos por litro (g/l) o en gramos por decímetro cúbico ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ). La temperatura de referencia es de  $20^{\circ}\text{C}$  y se simboliza por  $P_{20}$ . Los sólidos solubles modifican el valor de la masa volúmica del agua pura que a  $20^{\circ}\text{C}$  es de  $0,998203 \text{ g}/\text{cm}^3$  o  $998,203 \text{ g}/\text{dm}^3$ .

- Densidad relativa

La densidad relativa a una  $t$  o densidad  $t/t$  es la razón de la masa volúmica de la muestra con respecto a la masa volúmica del agua, medidas ambas a la misma

temperatura  $t$ . La temperatura de referencia es 20°C. La densidad relativa es una magnitud adimensional y se simboliza como  $d_{20/20}$ . Los sólidos solubles modifican el valor de densidad 1,000 dado al agua pura.

- Grados Baumé

El grado baumé (°Be) es una unidad muy utilizada para expresar la densidad de las disoluciones de sal común. El agua pura tiene 0 °Be a 15°C, mientras que a una disolución acuosa al 15% de cloruro sódico a la misma temperatura le corresponden 15 grados baumé. El uso de esta unidad en enología se justifica porque su determinación en el mosto proporciona un dato muy aproximado sobre su grado alcohólico potencial. Estrictamente hablando, dicho paralelismo es exacto únicamente para 10 °Be que corresponden a un contenido de 170 g/l de azúcar y a 10° de alcohol probables. Valores por debajo de dicha cantidad proporcionan diferencias por defecto, mientras que son por exceso si se encuentran por encima. Así, 8,6 °Be equivalen a 140 g/l de azúcar y a 8,2° de alcohol probable; y 13,9 °Be le corresponden a 255 g/l de azúcar y a 15° de alcohol probable.

- Grados Brix o Balling (% m/m sacarosa)

Los grados brix o balling indican los gramos de sacarosa por 100 gramos de líquido. Es decir, un mosto con 180 gramos de azúcares por kilo de mosto tiene 18 grados Brix.

### Importancia enológica

El conocimiento del contenido en sólidos solubles del mosto proporciona una medida del grado de madurez de la uva, y es un método aproximado para conocer su concentración en azúcares y para estimar el contenido alcohólico probable del vino (fecha óptima de vendimia). A partir del inicio de la maduración, aproximadamente el 90% de los sólidos solubles está compuesto por azúcares fermentables; en los estados de desarrollo anteriores (uva verde y envero) tienen una mayor participación las formas ácidas (ácidos tartárico y L-málico, fundamentalmente), debido a sus elevadas concentraciones en esas situaciones fisiológicas. En esta situación provocaría un error por exceso en la medida analítica.

Asimismo, y desgraciadamente, la medida de los sólidos solubles es prácticamente el único parámetro utilizado para valorar económicamente la producción vitícola, ya que en la mayoría de los casos la uva se paga exclusivamente por el grado baumé del mosto.

Durante la fermentación alcohólica se asiste a un descenso continuado de los sólidos solubles, hasta alcanzar un valor constante que es un parámetro orientativo del final de la fermentación alcohólica. O, en su caso, de que se ha producido una paralización del proceso.

## Métodos de análisis

- Aerometría

### *Material:*

- Aerómetros

Normalmente existen en las bodegas aerómetros (densímetros, pesamostos) calibrados a diferentes temperaturas (15°C, 15/4, 15/15, 20°C), graduados con distintas unidades (unidades de densidad, de grado Baumé, de masa volúmica) e incluso con la expresión simultánea de dos o más unidades (grado Baumé-grado alcohólico, por ejemplo). Asimismo, ocurre que la forma de realizar la lectura en el vástago puede ser distinta según el aparato de que dispongamos. Por todo ello, es **imprescindible** saber qué tipo de instrumento tenemos entre las manos antes de realizar cualquier análisis. La información necesaria es saber **cómo** expresa los sólidos solubles (masa volúmica, densidad, grado Baumé), **qué** unidad utiliza para su expresión, **a qué** temperatura está calibrado y **cómo** debe realizarse la lectura sobre el vástago.

Toda la información necesaria se indica bien sobre el mismo aparato y/o en una tira de papel incluida en el cuerpo del aerómetro.

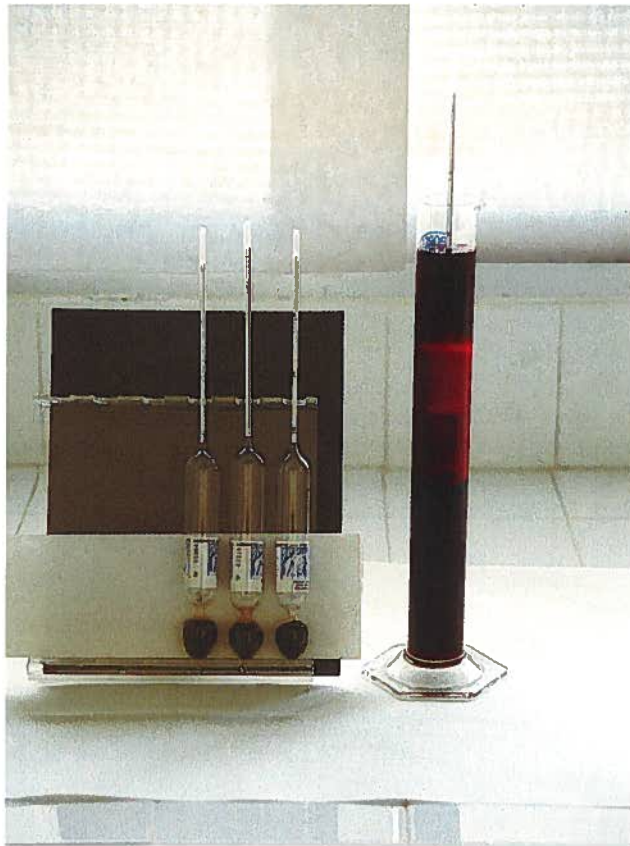
Actualmente, la normativa (métodos oficiales) indica la conveniencia de utilizar aerómetros que midan masa volúmica graduados en  $\text{g/cm}^3$  (o en  $\text{g/dm}^3$ ), calibrados a 20°C y con lectura en “la parte superior del menisco”. En la mayoría de los casos es suficiente un juego de 5 aerómetros correspondientes, respectivamente, a los intervalos: 0,970 a 1,000 ( $\text{g/cm}^3$ ), 1,000 a 1,030 ( $\text{g/cm}^3$ ), 1,030 a 1,060 ( $\text{g/cm}^3$ ), 1,060 a 1,090 ( $\text{g/cm}^3$ ) y 1,090 a 1,120 ( $\text{g/cm}^3$ ).

- Probeta cilíndrica de 36 mm de diámetro interior y 320 mm de altura o con suficientes dimensiones para que permitan que el aerómetro flote libremente sin contacto con las paredes. Normalmente, las probetas de 250 ml ordinarias de laboratorio permiten realizar de forma conveniente dicho análisis.

- Termómetro graduado en grados centígrados.

### *Procedimiento:*

Se vierten unos 200 ml de muestra en una probeta limpia y seca, con cuidado, para evitar la formación de espuma. Si la probeta no está seca, se puede enjuagar con un pequeño volumen del líquido a medir. Se introducen, cuando sea posible, el termómetro y el aerómetro simultáneamente. Una vez homogeneizada la temperatura del conjunto probeta-muestra-termómetro (2 minutos aproximadamente) se anota el valor de temperatura  $t$  y se lee la masa volúmica aparente en esas condiciones ( $\rho_t$ ). Cuando no se disponga de probetas que permitan la introducción conjunta de los instrumentos, la medición de la temperatura se realizará previamente a la de los sólidos solubles.



▲ Fotografía 2. Aerómetros de masa volúmica (g/cc).

### *Cálculos y expresión de los resultados*

Se habla de masa volúmica aparente debido a que la temperatura a la que se realiza la determinación modifica, en ocasiones de forma muy significativa, el valor real del contenido en sólidos solubles de la muestra. Las correcciones se llevarán a cabo para expresar el contenido que tendría la muestra si se analizara a 20°C.

El valor de masa volúmica aparente obtenido ( $\rho_t$ ) se corrige para convertirlo en el correcto ( $\rho_{20}$ ) mediante la fórmula:  $\rho_{20} = \rho_t \pm c/1000$ . El factor de corrección  $c$  se obtiene para los mostos de la tabla 1 (anexo). Para temperaturas de medida superiores a 20°C se efectúa una suma y para las inferiores se resta.

La tabla 2 (anexo) proporciona las equivalencias entre las unidades más frecuentemente utilizadas para expresar el contenido en sólidos solubles (el % m/m sacarosa o grado Brix, la masa volúmica, la densidad relativa y el grado Baumé)

expresados todos a 20°C, y las equivalencias aproximadas en azúcares reductores (g/l) y en grado alcohólico potencial o probable del mosto. Se acepta de forma generalizada que son necesarios 17 g de azúcares para obtener un grado alcohólico.

Ejemplo:

$\rho_t$	t (°C)	°Alcohólico probable	$\rho_{20}$	°Alcohólico probable
1,0670	24	9,20	1,0682	9,24
1,1027	29	14,37	1,1061	14,87

Como se observa en la tabla anterior, en el caso de estar midiendo el mosto a la temperatura de 29°C y en el caso de no llevar a cabo la necesaria corrección (20°C), la diferencia en el resultado de la medida sería de 0,5° de alcohol a favor del lagar de recepción de la uva. Estas temperaturas, e incluso superiores, lo que provocaría mayores diferencias, son normales en muchas zonas vitícolas de Andalucía en la época de la vendimia, lo que da una idea de la necesidad de corregir dicha temperatura.

#### • Refractometría

El fundamento de este análisis radica en las variaciones que experimenta el índice de refracción de un líquido al modificarse su contenido en sustancias disueltas. El índice de refracción del agua pura se incrementa directamente con la cantidad de sólidos solubles presentes.

Las ventajas de la refractometría frente a las medidas aerométricas radican en la mínima cantidad de muestra necesaria, en lo poco que interfieren los posibles turbios presentes en el mosto y en el menor tiempo necesario para su determinación. Entre los inconvenientes, hay que destacar los graves errores que se cometen si las muestras no son representativas, y la imposibilidad de utilizarse en muestras con índice de refracción menor que el agua (caso de vinos).

*Material:*

Refractómetro manual o de mesa calibrado a 20°C. Es fundamental conocer la temperatura a la que se realiza la determinación, con el fin de poder llevar a cabo la corrección necesaria cuando se realice el análisis a otra temperatura diferente a la de la calibración del aparato. En el caso de no existir un sistema de termoestabilización, la temperatura del instrumento en el momento del análisis es decisiva, ya que la mínima cantidad de muestra necesaria para la determinación (una o dos gotas) adquiere inmediatamente la temperatura del mismo.

*Procedimiento:*

– Refractómetro manual



Anotar la temperatura del refractómetro. En el caso de que no posea un termómetro incorporado que nos permita conocer la temperatura en el momento del análisis, deberemos colocarlo en un lugar donde alcance el valor de la calibración ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

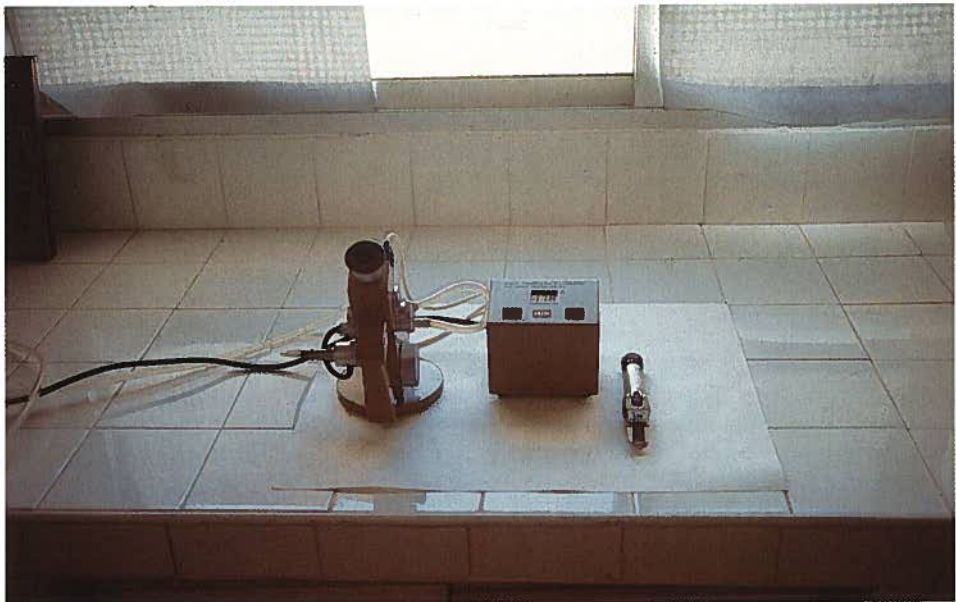
Colocar una gota de agua destilada a  $20^{\circ}\text{C}$ , dirigir el refractómetro hacia la luz y comprobar que la escala indique el cero. Si ello no tiene lugar, será necesario ajustar la escala convenientemente. Una vez ajustada la escala, se vierte una gota de mosto para analizar, se dirige el aparato hacia la luz y se realiza la lectura. Se lava con agua destilada después de cada medida.

Estos instrumentos, por su sencillez, proporcionan únicamente medidas orientativas. Los errores de estos aparatos están asociados fundamentalmente a una incorrecta realización de la corrección de la temperatura.

– Refractómetro de mesa

Llevar la muestra a una temperatura próxima a  $20^{\circ}\text{C}$ . Colocar unas gotas en el prisma inferior del refractómetro procurando que ocupe uniformemente la superficie del vidrio.

El refractómetro de mesa es más exacto, ya que posee un termómetro para conocer la temperatura e incluso mantener constante la temperatura a  $20^{\circ}\text{C}$  mediante un dispositivo de circulación de agua que permita realizar las mediciones a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ .



▲ Fotografía 3. Refractómetros de mesa y manual.

### *Cálculos y expresión de los resultados:*

Los resultados se expresan en grados Brix o Balling (% m/m sacarosa) o en valores del índice de refracción. En el primer caso, los datos se presentan con una aproximación de 0,1 % y, en el segundo, se anotan los índices de refracción con al menos cuatro decimales.

Se debe de efectuar al menos dos determinaciones de cada muestra. Si los análisis se realizan a unas temperaturas diferentes de la de calibración (20°C) habrá que llevar a cabo la corrección correspondiente mediante la tabla 3 (anexo).

## **4.2. pH y acidez titulable**

### Definición

La acidez titulable es la suma de todos los ácidos presentes en la muestra cuando se titula con hidróxido sódico hasta pH 7.

El pH de un mosto o vino, o la acidez real o actual como también se le conoce, constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra.

Otros conceptos utilizados clásicamente en enología son la *acidez fija*, que refleja el contenido en ácidos libres del vino no susceptibles de ser eliminados por destilación, y la *acidez volátil*, que se refiere a los ácidos libres y salificados que se pueden eliminar por destilación. La *acidez titulable* tal como la hemos definido corresponde aproximadamente a la suma de los conceptos anteriores.

El pH del mosto o del vino viene determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración. Generalmente, muestras con pHs bajos se corresponden con unos elevados contenidos en acidez titulable y viceversa, muestras con pHs altos están relacionadas con acideces bajas. Sin embargo, a veces nos encontramos con vinos que teniendo un pH relativamente alto contienen, asimismo, una acidez alta. Esto es debido en la mayoría de los casos a contenidos altos de acidez volátil derivados de mal estado sanitario de la uva, inicio de la fermentación desde la recolección hasta su llegada al lagar, y una deficiente elaboración y/o conservación del vino.

### Importancia enológica

La evolución del pH y de la acidez titulable durante la maduración de la uva, se puede utilizar junto con los azúcares como índice de madurez y para determinar la fecha óptima de vendimia. Estas aplicaciones tienen especial importancia en una zona cálida como Andalucía, y aumentan su interés para las elaboraciones no tradicionales de las mismas.

La fermentación alcohólica se desarrolla más correctamente (“más limpia”), y los vinos finales quedan más equilibrados química y organolépticamente cuando su pH y su acidez titulable son las adecuadas.

### Material y reactivos

- pHmetro con corrección de la temperatura (preferentemente automática).
- Electrodo de medida de pH en medios viscosos.
- Bureta de 25 ml
- Pipeta de 20 ml
- Vaso precipitado de 100 mL largo.
- Termómetro (para la corrección manual de la temperatura).
- Disoluciones de hidróxido sódico (NaOH) 1 N y 0,1 N.
- Tampones para calibrado del pHmetro.



▲ Fotografía 4. Determinación del pH y de la acidez titulable.

### Procedimiento

- Calibración del pHmetro
- Seguir estrictamente el manual de utilización del aparato.

– Análisis de la muestra

En el vaso de precipitado introducir 20 ml de muestra (mosto o vino). Si el pHmetro no posee corrección automática de la temperatura, medirla e incluir su valor en el pHmetro. Introducir el electrodo de pH y añadir desde la bureta gota a gota hidróxido sódico 0,1 N agitando continuamente hasta pH 7. Se anota el volumen  $V$  (ml) de hidróxido sódico gastado.

### Expresión de los resultados

$$\text{Acidez titulable (g/l ac. tartárico)} = 0,375 V$$

### Observaciones

Se recomienda utilizar hidróxido sódico 1 N para muestras del principio de la maduración de la uva. En este caso los cálculos se obtienen según:

$$\text{Acidez titulable (g/l ac. tartárico)} = 3,75 V$$

## 4.3. Azúcares reductores

### Definición

Los azúcares reductores son el conjunto de las sustancias de naturaleza glucídica presentes en mostos de uva y vinos, y que presentan un efecto reductor sobre una disolución alcalina de cobre (II).

El 99% de los azúcares reductores presentes en los mostos corresponden a la glucosa y la fructosa, son moléculas constituidas por seis átomos de carbono (hexosas) y son fácilmente consumidos por levaduras y bacterias. Los azúcares reductores presentes en los vinos secos están constituidos por glúcidos de cinco átomos de carbono (pentosas), entre las que destacan la arabinosa y la xilosa; son compuestos que no contribuyen a la sensación dulce de los vinos y no son metabolizados por las levaduras.

### Importancia enológica

El conocimiento del contenido en azúcares reductores de los mostos y los vinos, tiene una importancia fundamental en la industria enológica a distintos niveles.

- Mostos

El conocimiento del contenido en azúcares reductores permite valorar el estado de madurez de la uva, y estimar la fecha óptima de vendimia en función del tipo de vino que se va a elaborar.

- Durante la fermentación

Su determinación permite un seguimiento exhaustivo del proceso para detectar posibles paradas de la misma, y nos facilita la eventual intervención en el caso de perseguir vinos no secos y con contenidos variables de azúcares.

- Vinos

– Control del azúcar residual del vino para evitar fenómenos de refermentación que provocan alteraciones físico-químicas muy importantes desde el punto de vista técnico y comercial.

– Observar el cumplimiento de los requisitos legales o comerciales sobre el contenido en azúcares reductores del tipo de vino que se quiere elaborar.

### Métodos de análisis

- Método rutinario

#### Material y reactivos

- Bureta de vidrio de 10 ml 1/20.
- Placa calefactora.
- Matraz aforado 1.000 ml
- Matraces erlenmeyer de 250 ml
- Pipetas de 2, 5 y 10 ml graduadas.
- Probeta graduada de 25 ml
- Matraces aforados de 100 ml
- Carbón activo en polvo.
- Piedra pómez en granos.
- Disolución de cobre obtenido pesando 69,268 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y enrasando hasta un litro con agua destilada.
- Disolución Fehling B comercial.
- Disolución de yoduro potásico (KI) al 30%. Pesar 30 g de KI y llevar a 100 ml con agua destilada. Conservar la disolución en frasco de vidrio topacio.
- Disolución de ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) al 25% v/v. Esta disolución se prepara colocando unos 250 ml de agua destilada y echando poco a poco y refrigerando (chorro de agua) con mucho cuidado 250 ml de ácido sulfúrico puro (98%). Si es posible, colocar el matraz bajo chorro de agua. Homogeneizar, dejar enfriar a temperatura ambiente y enrasar hasta un litro.
- Disolución de tiosulfato sódico ( $\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$ ) 1N comercial.
- Disolución de almidón 10 g/l. En unos 75 ml de agua destilada hirviendo añe-

dir 1 g de almidón soluble y 20 g de NaCl manteniendo la ebullición durante 10 minutos. Dejar enfriar y enrasar en un matraz de 100 ml con agua destilada.

### Procedimiento

- **Tratamiento previo de la muestra (defecación)**

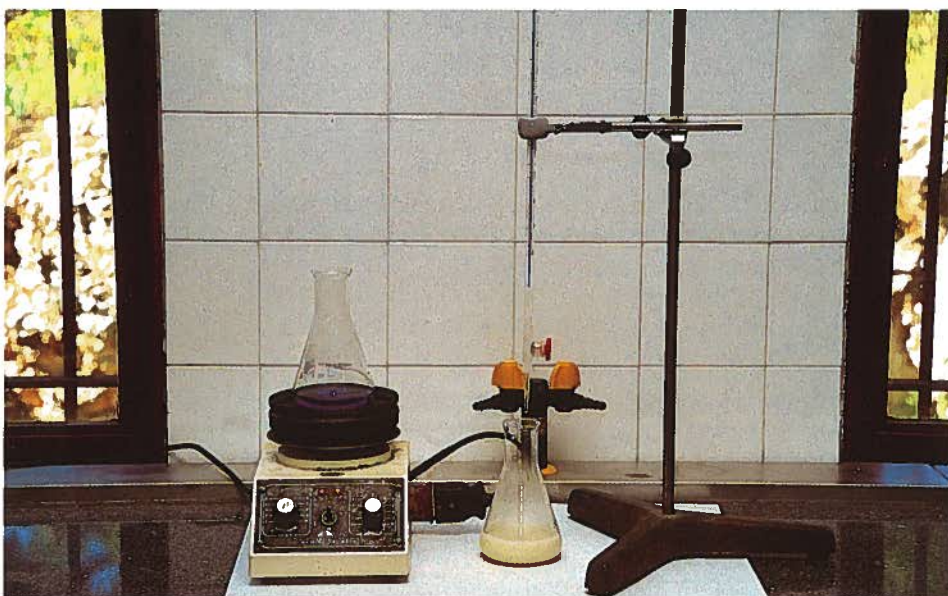
El tratamiento consiste en la eliminación de la muestra de la mayor cantidad posible de materias extrañas (especialmente polifenoles), que podrían interferir la reacción y dar un error por exceso (más cantidad de azúcar del que realmente existe en la muestra).

Para los mostos de uva blanca o tinta y para los vinos blancos no es necesario defecar. Sin embargo, en el caso de los vinos tintos sí debe procederse a esta operación previa a la determinación de los azúcares.

Proponemos como método aproximado y sencillo de defecación la utilización de carbón activo. Para ello, se toman 50 ml de vino tinto y se añade de 0,5 a 2 g/l de carbón activo en función del contenido fenólico (color y taninos). Agitar y filtrar con papel de filtro doble hasta obtener un filtrado sin turbidez.

- **Determinación de los azúcares de la muestra**

En matraz erlenmeyer de 250 ml se colocan 5 ml de muestra, 15 ml de disolución cúprica y 10 ml de Fehling B. Se lleva a placa calefactora y una vez que comien-



▲ Fotografía 5. Determinación del contenido de azúcares reductores.

za la ebullición se mantiene así durante exactamente minuto y medio. Se retira de la fuente de calor y se enfría con chorro de agua fría (grifo). Una vez enfriada la muestra, se añaden 10 ml de yoduro potásico 30%, 25 ml de ácido sulfúrico al 25% vertidos con mucho cuidado y 5 ml de almidón, y se valora con tiosulfato 1 M utilizando una bureta de vidrio de 10 ml de capacidad. El punto final de la valoración se sitúa en un cambio de color de la muestra hacia un blanco "sucio" o "lechoso". Sea **Vm** los mililitros de reactivo gastados.

En otro matraz de 250 ml (blanco) se realiza el mismo protocolo de trabajo anterior con la diferencia de que se sustituyen los 5 ml de muestra por 5 ml de agua destilada. Sea **Vb** los mililitros de reactivo gastados en el blanco.

### Expresión de los resultados

La concentración de azúcares reductores de la muestra (expresados en g/l de glucosa) se obtiene a partir del parámetro **D** ( $D = Vb - Vm$ ) y la tabla I.

La forma de operar consiste en obtener **D** y realizar la interpolación correspondiente a partir de la citada tabla.

**Tabla I**

	Azúcares reductores (g/l glucosa)									
	0,5	1	1,5	2	2,5	5	10	15	20	25
<b>D</b>	0,19	0,32	0,48	0,67	0,80	1,53	3,14	4,54	5,99	7,26

### Ejemplo:

En el análisis de un vino se han obtenido unos valores para **Vb** y **Vm** de 7,9 y 6,5 ml respectivamente. **D** es igual a 0,4 ml Según la tabla I el contenido en azúcares de la muestra es de 1,25 g/l de glucosa.

### Observaciones

Este método es óptimo para detectar concentraciones de hasta 25 g/l en la muestra que se ensaya. Cuando la concentración de azúcares sea superior habría que realizar la dilución apropiada, y habría que multiplicar por el factor correspondiente. Durante la maduración y en los mostos en vendimia será de 1/10 (10 ml de muestra y enrasar a 100 ml con agua destilada, homogeneizando la disolución obtenida), y el factor por el que habrá que multiplicar el resultado final sería de 10. En el caso los vinos blancos y tintos secos no se realizará dilución.

Para los vinos con restos de azúcares será necesario conocer la cantidad aproximada de materias reductoras presentes en los mismos. Para ello, pueden utilizarse dos fórmulas:

$$- g/l = 2590 (\delta - 1 + 0,0011A) - 18,6; \delta: \text{densidad } 20/20; A: \text{grado alcohólico } (20^\circ\text{C})$$

$$- g/l = 2 (\delta - 1) + 16; \delta: \text{densidad } 20/20$$

- **Método sencillo para la determinación del final de la fermentación**

Consiste en un método rápido y aproximado para poner de manifiesto el final de la fermentación alcohólica.

### Material y reactivos

- \* Matraz redondo fondo plano de 50 ml
- \* Reactivos Fehling A y B (preparados comercialmente).

### Procedimiento

En el matraz se introducen 2 ml de disolución de Fehling A y 2 ml de Fehling B, se añaden 5 ml de vino y 10 ml de agua. Llevar a ebullición agitando el matraz durante 2 minutos. Retirar de la fuente de calor y dejar que se deposite el precipitado. Observar el color del líquido.

### Expresión de los resultados

Si el líquido permanece azul significa que ha finalizado la fermentación alcohólica ya que los azúcares reductores se encuentran por debajo de 2 g/l.

## 4.4. Acidez volátil

### Definición

La acidez volátil está constituida por los ácidos orgánicos de la serie acética (acético, fórmico, butírico, etc.) presentes en la muestra en estado libre o en cualquier estado de salificación. El anhídrido sulfuroso libre y el combinado, presentes normalmente en los vinos, así como el ácido sórbico, localizado eventualmente, introducen errores por exceso en los resultados finales.

### Importancia enológica

La acidez volátil de los vinos es un parámetro fundamental en el control de la calidad, e incluso existe una estricta normativa respecto a la cantidad máxima autorizada en los mismos para su comercialización.



Durante el desarrollo normal de la fermentación alcohólica se genera una pequeña cantidad *natural* de acidez volátil debida a diferentes causas: químicas (dismutación del acetaldehído), biológicas (naturaleza de las levaduras, composición del mosto) y tecnológicas (operaciones prefermentarias aplicadas y condiciones de la fermentación). En la práctica esta cantidad es pequeña y está comprendida entre 0,1 y 0,3 g/l de ácido acético. A ello habría que añadir 0,1 g/l más cuando se desarrolle la fermentación maloláctica en los vinos en los que se desarrolle.

Unos niveles excesivamente altos de acidez volátil pueden deberse a varias causas, entre las que podemos destacar la utilización de uvas afectadas de podredumbre, el desarrollo anómalo de la fermentación alcohólica (paradas de la fermentación fundamentalmente), ataques de bacterias acéticas sobre el "sombbrero" en la elaboración de los vinos tintos, en los vinos acabados, y en el proceso de crianza y envejecimiento de los vinos. Hay que destacar que la crianza "bajo velo" del vino conduce a un descenso, a veces muy significativo, de este parámetro enológico.

Existe un límite legal del contenido en acidez volátil de un vino que impide su comercialización, y que es de 1 g/l ac. acético en blancos y rosados secos, y de 1,2 g/l en tintos y dulces. Sin embargo, puede considerarse como un límite de seguridad el intervalo comprendido entre 0,5-0,6 g/l de ácido acético.

### Métodos de análisis

Su determinación, en cualquiera de los métodos que se presentarán a continuación, está basada en su separación del vino por destilación simple y su posterior neutralización con una disolución de hidróxido sódico.

#### – Método de Mathieu

##### • Fundamento

Consiste en realizar una destilación en continuo, agregando durante la operación agua a la muestra que se analiza.

##### • Material y reactivos

\* Aparato de destilación de Mathieu comercial. Consta de un matraz de fondo redondo de unos 60 ml, refrigerante, un embudo graduado colocado encima del matraz marcado con los volúmenes 0, 6, 12 y 18 ml en sentido descendente y que ajusta mediante unión esmerilada con el elemento anterior, y una llave que permite la adición controlada de agua. El destilado se recoge en una probeta graduada de 24 ml señalado con los volúmenes 6, 12, 18 y 24 ml

\* Mechero de alcohol.

\* Bureta de 10 ml

- \* NaOH 0,1 N.
- \* Disolución de fenolftaleína al 1%.
- \* Disolución de ClH 2 N (comercial).
- \* Yodo 0,01N (comercial).
- \* Disolución de almidón 10 g/l.
- \* Yoduro potásico (IK) sólido.
- Procedimiento

Se ponen 10 ml de vino en el matraz de destilación, se ajusta al embudo graduado y a éste se añade agua hasta la marca 0 del mismo.



▲ Fotografía 6. Determinación de la acidez volátil  
(Método Mathieu)

Se calienta a fuego suave y cuando se han recogido 6 ml de destilado, se retira la llama y se dejan caer 6 ml de agua del embudo. Se vuelve a destilar hasta 12 ml y se van repitiendo sucesivamente las adiciones hasta tener un volumen de destilado de 24 ml

El destilado y las aguas de lavado de la probeta de recepción se pasan a un erlenmeyer de 100 ml y se valora con una disolución de NaOH 0,1 N, en presencia de fenolftaleína, hasta color rosa pálido.

- Cálculos y expresión de los resultados

Experimentalmente, se ha comprobado que en las condiciones en las que hace la destilación se recogen las 10/11 partes del acético que contiene el vino. Sea **V** el volumen (ml) gastado de NaOH 0,1 N.

$$\text{Ac. Volátil (g/l ac. acético)} = 0,66 \mathbf{V}$$

- Observaciones

Es un método aproximado que proporciona resultados aceptables. La determinación puede afinarse introduciendo una corrección debida a la acidez correspondiente al anhídrido sulfuroso que está presente en el destilado.

El cálculo de la acidez debida al sulfuroso que se extrae en la destilación, se realiza en el mismo matraz e inmediatamente después de la valoración ácido-base anterior. Se añade 1 ml de ClH 2N, una pizca de IK puro sólido, 1 ml de disolución de almidón y se valora con yodo 0,01 N hasta coloración azul. Sea **V'** el volumen /ml de yodo 0,01 N consumidos.

$$\text{Ac. Volátil (g/l ácido acético)} = 0,66 [\mathbf{V} - (\mathbf{V}' / 10)].$$

#### – Método de García Tena

- Material y reactivos

\* Equipo de destilación de García Tena que consta de un matraz de fondo redondo de 60 ml, un refrigerante y dos probetas de distintos volúmenes para la recepción del destilado (5,1 y 3,2 ml respectivamente).

- \* Mechero de alcohol.
- \* Disolución de fenolftaleína al 1%.
- \* NaOH 0,01 N.

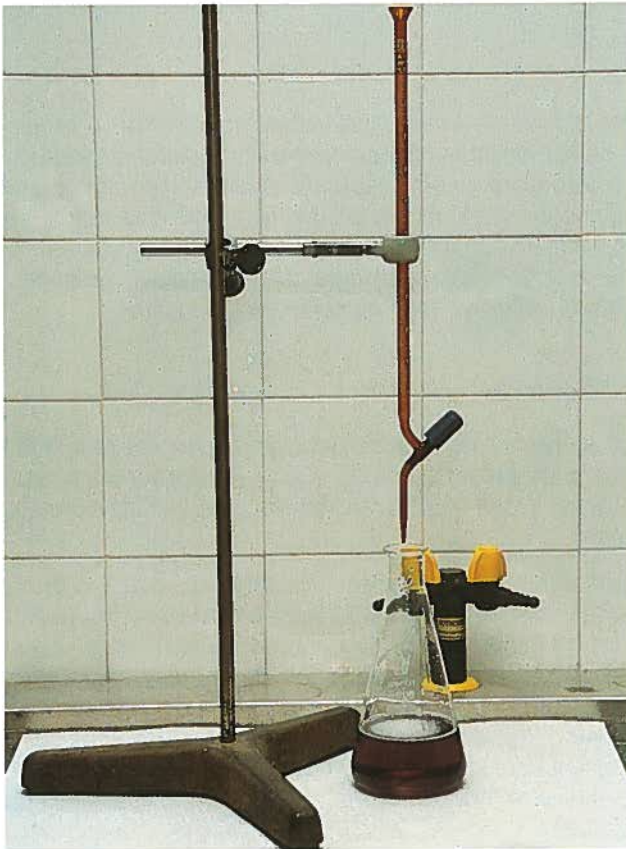
- Procedimiento

Se vierten 11 ml de vino en el matraz de destilación, se coloca la probeta de recepción de mayor tamaño y se calienta suavemente con el mechero. Una vez alcanzado el volumen de la señal (5,1 ml) se sitúa la segunda probeta, en la que se recoge destilado hasta los 3,2 ml señalados.

El contenido de la probeta de 5,1 ml se desecha y los 3,2 ml de la otra se introducen en un matraz enlarmeyer de 50 ml La probeta se lava con una pequeña cantidad de agua destilada (5 ml aproximadamente), se añaden también al matraz de valoración y finalmente se agregan unas gotas de fenolftaleína. A continuación, se agregan desde la bureta NaOH 0,01 N hasta viraje del indicador (fenolftaleína). Sea  $V$  el volumen (ml) de NaOH gastados en dicha valoración.

- Cálculo y expresión de los resultados

$$\text{Acidez volátil (g/l ac. acético)} = 3 \sqrt{V} 0,0545$$



▲ Fotografía 7. Determinación de la acidez volátil  
(Método García-Tena)

- Observaciones

Se trata de un método de carácter empírico, poco preciso, muy sencillo, rápido y con una validez suficiente a nivel industrial. Es, fundamentalmente por su simplicidad y rapidez, un método ampliamente utilizado en controles rutinarios de bodegas pequeñas.

Debido a las condiciones de la destilación en este método tiene especial importancia la limpieza del equipo entre los análisis. Para ello, inmediatamente después de recoger el último destilado (3,2 ml), se retira el mechero y a la vez se coloca agua destilada a la salida del serpentín. Inmediatamente se produce la succión de agua que limpia el serpentín y que se recoge en el matraz de la destilación.

## 4.5. Sulfuroso

### Definiciones

Se denomina dióxido de azufre total (anhídrido sulfuroso o simplemente sulfuroso) al conjunto de las distintas formas químicas de dicho compuesto presentes en el mosto y en el vino (libre y combinado). El *sulfuroso libre* comprende la forma no combinada de dicho gas en el mosto o en el vino, mientras que el *sulfuroso combinado* es aquella fracción del sulfuroso total que se halla ligada a otros compuestos presentes en la muestra, especialmente acetaldehído y azúcares. La suma de ambas representa el *sulfuroso total* presente en la muestra.

### Importancia enológica

El anhídrido sulfuroso es el principal compuesto utilizado para la conservación de los vinos y los mostos, debido a sus propiedades antisépticas, reductoras y antioxidásicas. Estos efectos se deben, casi exclusivamente, a la fracción libre del sulfuroso.

La acción antiséptica es más eficiente sobre las bacterias que sobre las levaduras. En el mosto, antes de fermentar, realiza una selección de la microflora disminuyendo de forma importante la de bacterias, y realizando una selección de la población de levaduras favoreciendo a las de fermentación "más limpia" y de mayor efectividad fermentativa. El efecto reductor o de protección de ciertos componentes del mosto y del vino frente a la oxidación, tiene especial importancia en el caso de vendimias atacadas por podredumbre. La acción antioxidásica se refiere a su efecto desnaturalizador sobre las enzimas oxidásicas: polifenoloxidasas (*Tirosinasa*) y *Laccasa*.

Su determinación periódica nos informa sobre el contenido en sulfuroso, que es importante por un lado para no dejar desprotegido al vino de sulfuroso libre, y por otra, no sobrepasar los límites legales de sulfuroso total. Hay que hacer notar que la información exclusiva del sulfuroso total no nos permite conocer el nivel de protección del vino, ya que no tiene relación alguna con la cantidad de forma libre.

La legislación de los contenidos en vinos es la siguiente:

<b>g/l azúcares reductores residuales</b>	<b>Tipo de vino</b>	<b>mg/l SO<sub>2</sub> total</b>
≤ 5	Blanco y rosado	210
	Tinto	160
	Licoroso	150
> 5	Blanco y rosado	260
	Tinto	210
	Licoroso	200

### Métodos de análisis

El análisis se fundamenta en la valoración con yodo en medio ácido realizada consecutivamente sobre las fracciones libre y combinada presentes en la muestra.

### Material y reactivos

- \* Matraz erlenmeyer de 500 ml
- \* Pipetas de 5, 10 y 50 y ml
- \* Bureta de topacio de 10 ml 1/20.
- \* Disolución de yodo 0,05 N.
- \* Disolución de NaOH 4 N. Su preparación se realiza añadiendo 800 ml de disolución de NaOH 5 N (comercial) en un matraz aforado de 1.000 ml, y enrasando con agua destilada.
- \* Disolución de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 1/10 (aprox.). Añadir en un matraz de 1.000 ml y sobre unos 500 ml de agua destilada 100 ml de ácido sulfúrico al 98% con precaución. Enfriar y posteriormente enrasar con agua destilada.
- \* Agua oxigenada 30% p/v (comercial).
- \* Disolución de almidón 10 g/l (análisis de azúcares reductores).

### Procedimiento

En un erlenmeyer de 500 ml poner 50 ml de muestra, 3 ml de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> al 1/10 y 5 ml de almidón. Homogeneizar la disolución y valorar con el I<sub>2</sub> 0,05 N hasta color violeta persistente (10 segundos). Sea **N** el número de mililitros de yodo consumidos.

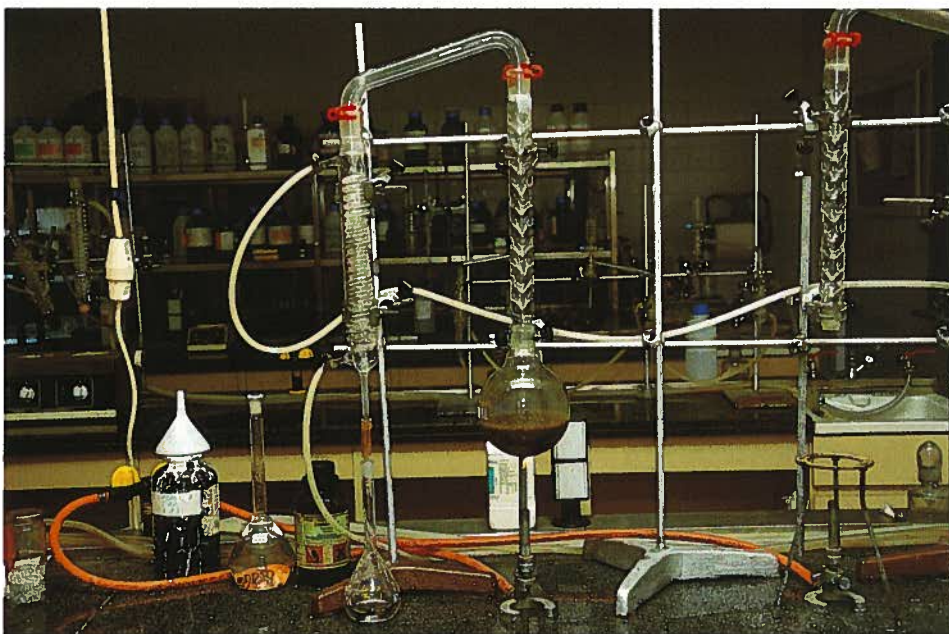
Añadir 8 ml de disolución de NaOH 4N, agitar una sola vez, tapar y dejar en reposo durante cinco minutos. Después verter de un solo golpe y agitando energicamente 10 ml de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  1/10, valorar con  $\text{I}_2$  hasta coloración violeta persistente. Sea  $N'$  el número de mililitros consumidos.

Cálculos y expresión de los resultados

$$\text{Sulfuroso libre (mg/l)} = 32 N$$

$$\text{Sulfuroso combinado (mg/l)} = 32 N'$$

$$\text{Sulfuroso total (mg/l)} = 32 (N + N')$$



▲ Fotografía 8. Determinación del Anhidrido Sulfuroso.

### Observaciones

Este método es óptimo para los vinos blancos. En el caso de los vinos tintos la apreciación del viraje del indicador (almidón) es muy dificultosa, lo que puede provocar graves errores en la determinación. El método idóneo para estas muestras sería el oficial realizado por arrastre del sulfuroso. No obstante, puede mejorarse la apreciación del viraje de las determinaciones de muestras de vinos tintos, efectuando la valoración con poca o ninguna luz ambiental, e iluminando el fondo del matraz con luz amarilla.

Otra causa de error en vinos tintos, especialmente en aquéllos con un elevado contenido polifenólico, es el consumo de yodo por parte de dicha materia polifenólica que provocaría un error por exceso. Para solucionar este problema se procede paralelamente, tomando 50 ml de muestra en un erlenmeyer de 500 ml y adicionándole 5 gotas de agua oxigenada 30 p/v, se homogeneiza y se valora como el sulfuroso libre. Sea  $N''$  el número de ml consumidos que corresponde al consumo de yodo debido a las sustancias distintos del sulfuroso. Los cálculos quedarían de la siguiente forma:

$$\text{Sulfuroso libre (mg/l)} = 32 (N - N'')$$

$$\text{Sulfuroso combinado (mg/l)} = 32 N'$$

$$\text{Sulfuroso total (mg/l)} = 32 (N + N' - N'')$$

Esta fuente de error también se elimina utilizando el método oficial antes citado.

## 4.6. Grado alcohólico

### Definiciones

El grado alcohólico volumétrico es igual al número de litros de alcohol etílico contenidos en 100 litros de vino, siendo medidos ambos volúmenes a 20°C.

El grado alcohólico es el resultado directo de la fermentación alcohólica de los mostos (conversión de los azúcares en alcohol etílico).

### Importancia enológica

El alcohol es uno de los componentes más importantes de los vinos y es frecuentemente utilizado como uno de los parámetros fundamentales en la valoración de los vinos de mesa.

### Método de análisis

La determinación del grado alcohólico presenta un protocolo de trabajo en dos fases claramente definidas: la obtención de una mezcla hidroalcohólica lo más exenta posible de elementos extraños y con una graduación alcohólica equivalente a la muestra de vino, y la medida concreta del grado de dicha mezcla hidroalcohólica. Para la obtención de la mezcla hidroalcohólica el método que proponemos es la destilación directa, mientras que para la medida de su contenido utilizaremos el método aerométrico.

### Material y reactivos

- Equipo de destilación constituido por:



- Matraz de fondo redondo de 1 litro de capacidad esmerilado.
- Columna rectificadora de una altura de unos 20 cm de longitud o cualquier dispositivo para evitar el arrastre.
- Fuente de calor. Debe evitarse toda pirogenación de las materias extractivas mediante un disco metálico o de amianto con un orificio de 8 cm de diámetro.
- Trípode.
- Refrigerante de West de 40 cm de longitud, con circulación rápida de agua y dispuesto verticalmente. Además, debe estar terminado en un tubo afilado que conduzca al destilado al fondo de un matraz aforado receptor.
  - Suspensión de hidróxido cálcico 2 M (aprox.). Se prepara vertiendo con cuidado un litro de agua caliente (60-70°C) sobre 120 g de cal viva (CaO), y una vez enfriado se enrasa hasta 1.000 ml con agua destilada.
    - Piedra pómez en granos.
    - Papel indicador de pH.
    - Alcohómetros normalizados de intervalos 0-10 y 10-20% v/v graduados a 20°C. Lectura por debajo del menisco.
    - Termómetro graduado en grados centígrados.
    - Probeta cilíndrica de 36 mm de diámetro y 320 mm de altura. Normalmente sirven las usuales de 250 ml de laboratorio.
    - Kitasato de 1.000 ml
    - Trompa de vacío.

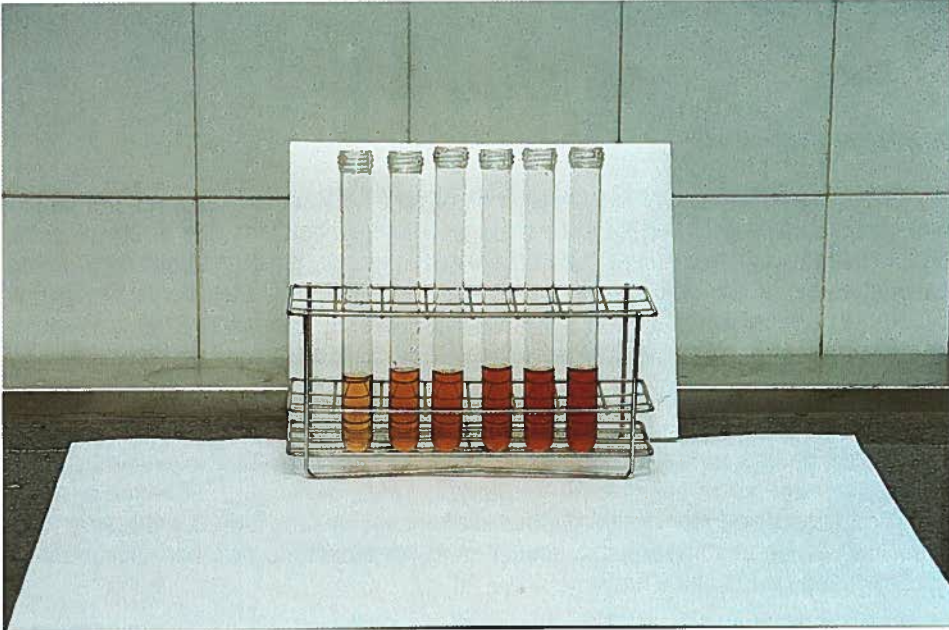
### Procedimiento

Enrasar con vino un matraz aforado de 250 ml y anotar la temperatura de la muestra. Verter en el matraz de fondo redondo de destilación y unir las aguas de lavado del matraz de partida (lavar cuatro veces con 5 ml de agua destilada). Añadir 10 ml de hidróxido de calcio, asegurarse de que se tiene un medio básico (observar viraje del papel indicador) e introducir algunos trozos de piedra pómez (para regular la velocidad de la destilación). Colocar el tubo final de salida del destilador en una pequeña cantidad de agua destilada situada en el fondo del un matraz aforado utilizado inicialmente.

El volumen de destilado que se debe recoger es de 3/4 partes del de partida. Enrasar con agua destilada, homogeneizar y hacer coincidir la temperatura de la mezcla con la que se midió al principio en la muestra de vino. Es aconsejable utilizar 20°C en ambos casos.

La lectura del grado alcohólico se realiza por aerometría. Para ello, verter unos 200 ml de destilado en una probeta de 250 ml. Introducir el termómetro y el alcohómetro. Agitar para igualar la temperatura de la probeta, termómetro, alcohómetro

y del destilado. Efectuar la lectura del termómetro, retirarlo y leer el grado alcohólico aparente tras 1 min. de reposo ( $A_t$ ). Realizar al menos tres lecturas.



▲ Fotografía 9. Determinación del grado Alcohólico.

### Cálculos y expresión de los resultados

Para convertir el grado alcohólico aparente medido a la temperatura  $t$  ( $A_t$ ) en el correspondiente a  $20^\circ\text{C}$  se aplica la fórmula  $A_{20} = A_t \pm c$ . El término  $c$  se obtiene por interpolación de la tabla 4 (anexo).

Ejemplos:

Supongamos un vino que nos da  $12^\circ$  medidos a una temperatura de  $16^\circ\text{C}$ .

Según la tabla 4  $c$  vale 0,77 que en nuestro caso habría que sumarlo al valor obtenido anteriormente.  $A_{20}$  sería igual a  $12,77^\circ$ .

Si para este mismo grado se hubiera medido a  $23^\circ\text{C}$ ,  $A_{20}$  sería igual a  $11,37$  según los valores proporcionados por esa misma tabla.

### Observaciones

El anhídrido carbónico presente en la muestra (vinos con carbónico natural todavía presente o vinos espumosos) da lugar a un error por defecto. Hay que eliminar-

lo previamente en la mayor extensión posible de la muestra. Para ello, colocar de 250 a 300 ml de vino en un kitasato de 1.000 ml, conectarlo a una bomba de vacío o a una trompa de agua y agitar durante varios minutos hasta que se observe la no aparición de espuma.

#### 4.7. Hierro

##### Importancia enológica

El hierro contenido en el vino tiene varios orígenes. La uva contiene siempre pequeñas cantidades de este metal, como máximo 3-4 mg/l. La tierra que transportan los recipientes de vendimia, sobre todo en épocas lluviosas, también aportan pequeñas cantidades de Fe. Sin embargo, la fuente más frecuente y significativa de contaminación es el material de vinificación: tolva, sinfines, bombas, estrujadora, despalilladora, prensa, recipientes de cemento y de hierro mal inertizados, placas de filtro, etc.

El hierro contenido en el vino se encuentra bajo dos formas químicas:  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , siendo esta última la que realmente provoca las alteraciones en los vinos. La conversión de una forma en otra viene provocada por procesos oxidativos que se desarrollan durante la elaboración (trasiegos, aireaciones, etc.). Este metal actúa como catalizador de reacciones de oxidación y polimerización de compuestos fenólicos, que tienen una importancia capital en el pardeamiento de vinos blancos y en el remontado de los vinos *finos*.

Si las dosis de hierro son elevadas en los vinos se provoca la denominada quiebra férrica, cuya manifestación depende del tipo de vino y que se caracteriza por una turbidez de distinto color que puede evolucionar hasta la formación neta de precipitado. En vinos blancos es de color blanco (fosfato férrico), en los vinos tintos de color azul-negro (Fe- taninos) y en los vinos *finos* de color verde-negrusco.

No hay unas cantidades fijas de hierro a partir de la que se puede asegurar que no haya quiebra férrica, ya que influyen, además de la concentración de este catión, otros parámetros como los fosfatos, los taninos, y el pH del medio. Sin embargo, si las cantidades superan los 8 mg/l, al menos sería conveniente, para asegurarse, efectuar un ensayo de quiebra férrica (ver ensayo de estabilidad férrica).

##### Método de análisis

Se fundamenta en la formación de un compuesto coloreado del catión  $\text{Fe}^{3+}$  con el anión sulfocianuro.

##### Material y reactivos

- \* Sulfocianuro de potasio (KSCN) al 20%. Tomar 20 g de sulfocianuro de potasio y enrasar hasta 100 ml con agua destilada en un matraz aforado.

- \* Disolución de CIH al 5% aprox. Tomar 15 ml de CIH puro comercial al 37% y enrasar con agua destilada hasta 100 ml
- \* Agua oxigenada ( $H_2O_2$ ) 20 volúmenes. Tomar 20 ml de  $H_2O_2$  de 100 volúmenes (comercial, al 30%) y enrasar hasta 100 ml con agua destilada en un matraz aforado.
- \* Disolución de Fe 0,1 g/l. Disolver 0,863 g de  $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ , 0,863g de  $NH_4Cl$ , y 10 ml de CIH del 35% disolviendo en 100 ml aproximados de agua, y posteriormente enrasar a 1.000 ml en un matraz aforado con agua destilada.
- \* Éter dietílico.
- \* Tubos de ensayo de 200 x 20 mm con tapón.
- \* Pipetas de 1, 10 y 15 ml
- \* Matraces aforados de 25, 100 y 1.000 ml
- \* Soporte para tubos de ensayo.

### Procedimiento

A partir de la disolución de Fe preparar disoluciones de 8, 10, 12, 14, 16 y 18 mg/l. Para ello poner respectivamente 2, 2,5, 3, 3,5, 4 y 4,5 ml de dicha disolución en otros tantos matraces de 25 ml y enrasar con agua destilada. De estas disoluciones introducir en seis tubos de ensayo 10 ml, 1 ml de CIH al 5%, 1 ml de KSCN al 20% y 5 gotas de  $H_2O_2$ . Tapar los tubos y agitar durante unos segundos. Aparecerán distintas intensidades de coloración roja dependiendo de la concentración de Fe del patrón.

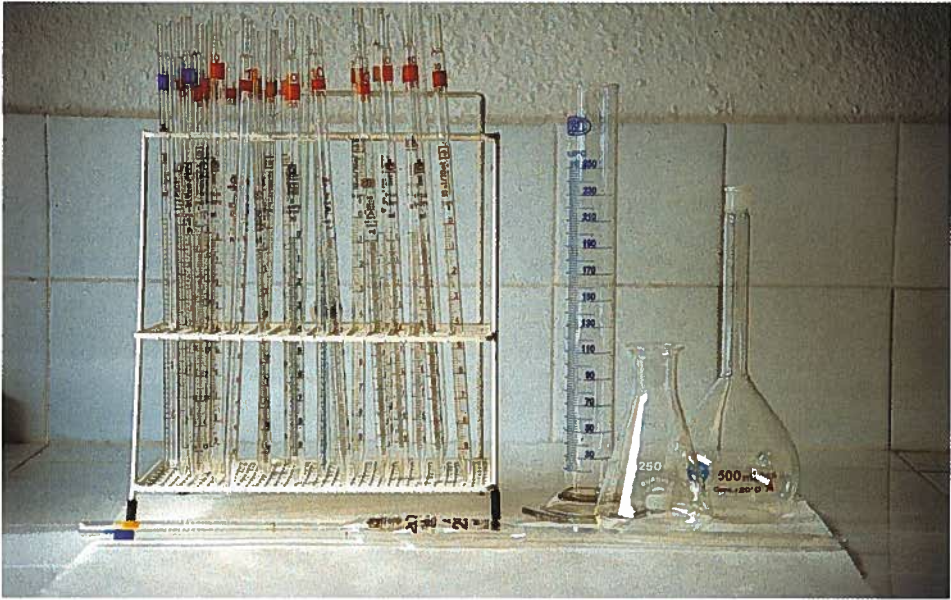
Para vinos blancos o poco coloreados, sustituir los 10 ml de patrón añadidos al tubo de ensayo por 10 ml de la muestra. En el caso de los vinos tintos se repite la operación, sólo que al final se le añaden 10 ml de éter, se agita y se deja reposar unos minutos. El complejo férrico coloreado aparecerá en la fase líquida superior.

### Cálculos y expresión de los resultados

La comparación del color de las muestras ensayadas con la de los patrones nos dará aproximadamente el contenido de Fe de las mismas.

### Observaciones

La muestra de vino debe estar totalmente libre de turbios en suspensión.



▲ Fotografía 10. Determinación del Hierro.

## 5. ENSAYOS DE ESTABILIDAD DE LOS VINOS

### 5.1. Quiebra oxidásica

Realizar siempre esta prueba en el vino recién acabado y previo a cualquier manipulación del vino. Es imprescindible en vinos procedentes de uvas atacadas con *podredumbre*.

Colocar el vino en un vaso ocupando la mitad de su volumen y dejar a temperatura ambiente durante 12 a 24 horas. Si se produce una alteración del color (en vinos blancos hacia tonalidades marrones y los tintos “a chocolate”), del sabor (maderizado) o del olor (“oxidado”), podemos afirmar que el vino presenta riesgo de quiebra.

La forma de actuar con vinos con esta alteración consistirá en añadir unos 50 mg/l de sulfuroso antes de realizar cualquier manipulación del vino que provoque su aireación.

### 5.2. Quiebra férrica

Para ello, poner un volumen de vino sin turbios en una botella transparente hasta la mitad de su volumen y agitar. Los vinos que permanecen limpios pasada una semana no son susceptibles de padecer esta alteración.

En caso dar positivo en esta prueba, y en vinos en los que el contenido de hierro sea inferior a 15 mg/l, el tratamiento más idóneo sería alcanzar un nivel de sulfuroso libre de 25 mg/l, asociado a la adición de 30 a 50 mg/l de ácido ascórbico y a 200 mg/l de goma arábiga. Para vinos con contenidos superiores a 15 mg/l de hierro es imprescindible el tratamiento con ferrocianuro, con los cuidados exigidos por la legislación actual que dicho tratamiento conlleva.

### 5.3. Quiebra proteica

Es una alteración provocada exclusivamente en vinos blancos y debido a un exceso de proteínas. La causa más usual de esta alteración es el denominado "sobreencolado" que consiste en la utilización de un exceso de clarificante proteico en la clarificación de los vinos.

La prueba consiste en calentar el vino al baño maría durante 30 minutos a 80°C. Pasado este tiempo se deja a temperatura ambiente durante 24 horas. La formación de una turbidez de aspecto algodonoso acompañada o no de un depósito, revela la sensibilidad del vino frente a esta alteración.

En el caso de sensibilidad a esta quiebra el exceso de proteínas se elimina utilizando bentonita en dosis de 200 a 600 mg/l (20 a 60 g/Hl).

### 5.4. Precipitación tartárica

Los vinos embotellados a los que se les ha realizado una deficiente estabilización tartárica pueden presentar, una vez puestos en el mercado, un precipitado de sales tartáricas (fundamentalmente bitartrato potásico). Conviene, pues, garantizarnos que el proceso por frío aplicado ha sido el correcto. Para ello colocar el vino a -4°C durante ocho días para los vinos blancos y 15 para los tintos. La presencia de un precipitado cristalino denota la sensibilidad de la muestra frente a la alteración.

La duración de la prueba antes descrita puede reducirse agregando a la muestra de ensayo un 1% de alcohol (11 ml de alcohol de 96° en un litro de vino). La observación se hace al cabo de tres días para los vinos blancos y de cinco para los tintos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

A continuación se relaciona la bibliografía consultada y la citada en el texto.

**D. DELANOE; C.MAILLARD; D. MAISONDIEU (1988):** *El vino, Del análisis a la elaboración*. Ed. Hemisferio sur S.A.

**GONZÁLEZ A. Y COL. (1988):** *Métodos usuales de análisis de vinos*. Monografía ETSIA n° 123. Universidad Politécnica, Madrid.

**INHST (1992):** *Seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio*. ISBN: 84-7425-3497.

**OIV (1990):** *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des mouts*. Ed. OIV, París.

**RCEE 4258/88** del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativo a la elaboración y a la comercialización de los vinos de licor producidos en la Comunidad (DO n° L 373 31/12/88, p. 59).

**RCEE n° 2676/90** de la Comisión de 17 de septiembre de 1990 por el que se determinan los métodos de análisis comunitarios aplicables en el sector del vino (DO n° L 272 3/10/90, p. 1).

**RIBEREAU-GAYON I.; PEYNAUD E.; RIBEREAU-GAYON P.; SWRAUD P. (1972):** *Sciences et Techniques du vin*. Tomo I: "Analyse et controle du vin". Ed. Dunod, París.

---

## **ANEXOS**

---



**Tabla 1**  
**Correcciones para referir la masa volúmica de los mostos a 20°C**

		Masas volúmicas (g/cm <sup>3</sup> )							
		1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000	1,1100	1,1200
T (°C)	10	2,17	2,34	2,52	2,68	2,85	2,99	3,16	3,29
	11	2,00	2,16	2,29	2,44	2,59	2,73	2,86	2,99
R E S T A R	12	1,81	1,95	2,08	2,21	2,34	2,47	2,58	2,70
	13	1,62	1,74	1,85	1,96	2,07	2,17	2,28	2,38
	14	1,44	1,54	1,64	1,73	1,82	1,92	2,00	2,08
	15	1,21	1,29	1,37	1,45	1,53	1,60	1,68	1,75
	16	1,00	1,06	1,12	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43
	17	0,76	0,82	0,86	0,91	0,96	1,00	1,05	1,09
	18	0,53	0,56	0,59	0,63	0,65	0,69	0,72	0,74
	19	0,28	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,39
	20								
	21	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,39
S U M A R	22	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76
	23	0,85	0,90	0,95	0,99	1,04	1,08	1,12	1,16
	24	1,15	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43	1,48	1,54
	25	1,44	1,52	1,59	1,67	1,74	1,81	1,88	1,95
	26	1,76	1,84	1,93	2,02	2,10	2,18	2,25	2,33
	27	2,07	2,16	2,26	2,36	2,46	2,56	2,65	2,74
	28	2,39	2,51	2,63	2,74	2,85	2,96	3,06	3,16
	29	2,74	2,86	2,97	3,09	3,22	3,34	3,46	3,57
	30	3,06	3,21	3,35	3,50	3,63	3,77	3,91	4,02

**Tabla 2a**

° Baumé 20°C	°Brix o Balling % m/m sacarosa 20°C	l. refracción 20°C	Masa Volúmica 20°C	Densidad 20°C/20°C	Azúcares g/l	% v/v alcohol Probable
5,57	10,0	1,34781	1,0390	1,0409	82,3	4,8
	10,1	1,34798	1,0394	1,0413	83,4	4,9
5,68	10,2	1,34814	1,0398	1,0417	84,5	5,0
	10,3	1,34830	1,0402	1,0421	85,6	5,0
5,80	10,4	1,34845	1,0406	1,0425	86,6	5,1
	10,5	1,34860	1,0410	1,0429	87,6	5,2
5,91	10,6	1,34875	1,0414	1,0433	88,6	5,2
	10,7	1,34890	1,0419	1,0438	89,7	5,3
6,02	10,8	1,34906	1,0423	1,0442	90,8	5,3
	10,9	1,34921	1,0427	1,0446	91,8	5,4
6,13	11,0	1,34936	1,0431	1,0450	92,9	5,5
	11,1	1,34952	1,0435	1,0454	94,0	5,5
6,24	11,2	1,34968	1,0439	1,0458	95,0	5,6
	11,3	1,34984	1,0443	1,0462	96,1	5,7
6,35	11,4	1,34999	1,0447	1,0466	97,1	5,7
	11,5	1,35015	1,0452	1,0471	98,2	5,8
6,46	11,6	1,35031	1,0456	1,0475	99,3	5,8
	11,7	1,35046	1,0460	1,0479	100,3	5,9
6,57	11,8	1,35062	1,0464	1,0483	101,4	6,0
	11,9	1,35077	1,0468	1,0487	102,5	6,0
6,68	12,0	1,35092	1,0473	1,0492	103,6	6,1
	12,1	1,35108	1,0477	1,0496	104,7	6,2
6,79	12,2	1,35124	1,0481	1,0500	105,7	6,2
	12,3	1,35140	1,0485	1,0504	106,8	6,3
6,90	12,4	1,35156	1,0489	1,0508	107,9	6,3
	12,5	1,35172	1,0494	1,0513	109,0	6,4
7,02	12,6	1,35187	1,0498	1,0517	110,0	6,5
	12,7	1,35203	1,0502	1,0521	111,1	6,5
7,13	12,8	1,35219	1,0506	1,0525	112,2	6,6
	12,9	1,35234	1,0510	1,0529	113,2	6,7
7,24	13,0	1,35249	1,0514	1,0533	114,3	6,7
	13,1	1,35266	1,0519	1,0538	115,4	6,8
7,35	13,2	1,35282	1,0523	1,0542	116,5	6,9
	13,3	1,35298	1,0527	1,0546	117,6	6,9
7,46	13,4	1,35313	1,0531	1,0550	118,6	7,0
	13,5	1,35329	1,0536	1,0555	119,7	7,0
7,57	13,6	1,35345	1,0540	1,0559	120,8	7,1
	13,7	1,35360	1,0544	1,0563	121,8	7,2
7,68	13,8	1,35376	1,0548	1,0567	122,9	7,2
	13,9	1,35391	1,0552	1,0571	124,0	7,3
7,79	14,0	1,35407	1,0557	1,0576	125,1	7,4
	14,1	1,35424	1,0561	1,0580	126,2	7,4
7,90	14,2	1,35440	1,0565	1,0584	127,3	7,5
	14,3	1,35456	1,0569	1,0588	128,4	7,6
8,01	14,4	1,35472	1,0574	1,0593	129,5	7,6
	14,5	1,35488	1,0578	1,0597	130,6	7,7
8,12	14,6	1,35503	1,0582	1,0601	131,6	7,7
	14,7	1,35519	1,0586	1,0605	132,7	7,8
8,23	14,8	1,35535	1,0591	1,0610	133,8	7,9
	14,9	1,35551	1,0595	1,0614	134,9	7,9

Tabla 2b

° Baumé 20°C	°Brix o Balling % m/m sacarosa 20°C	I. refracción 20°C	Masa Volúmica 20°C	Densidad 20°C/20°C	Azúcares g/l	% v/v alcohol Probable
8,34	15,0	1,35567	1,0599	1,0618	136,0	8,0
	15,1	1,35583	1,0603	1,0622	137,1	8,1
8,45	15,2	1,35599	1,0608	1,0627	138,2	8,1
	15,3	1,35615	1,0612	1,0631	139,3	8,2
8,56	15,4	1,35631	1,0616	1,0635	140,4	8,3
	15,5	1,35648	1,0621	1,0640	141,5	8,3
8,67	15,6	1,35664	1,0625	1,0644	142,6	8,4
	15,7	1,35680	1,0629	1,0648	143,7	8,5
8,78	15,8	1,35696	1,0633	1,0652	144,8	8,5
	15,9	1,35712	1,0638	1,0657	145,9	8,6
8,89	16,0	1,35728	1,0642	1,0661	147,0	8,6
	16,1	1,35744	1,0646	1,0665	148,1	8,7
9,00	16,2	1,35760	1,0651	1,0670	149,2	8,8
	16,3	1,35578	1,0655	1,0674	150,3	8,8
9,11	16,4	1,35793	1,0660	1,0679	151,5	8,9
	16,5	1,35809	1,0664	1,0683	152,6	9,0
9,22	16,6	1,35825	1,0668	1,0687	153,7	9,0
	16,7	1,35842	1,0672	1,0691	154,8	9,1
9,33	16,8	1,35858	1,0677	1,0696	155,9	9,2
	16,9	1,35874	1,0681	1,0700	157,0	9,2
9,45	17,0	1,35890	1,0685	1,0704	158,1	9,3
	17,1	1,35907	1,0690	1,0709	159,3	9,4
9,56	17,2	1,35923	1,0694	1,0713	160,4	9,4
	17,3	1,35939	1,0699	1,0718	161,5	9,5
9,67	17,4	1,35955	1,0703	1,0722	162,6	9,6
	17,5	1,35972	1,0707	1,0726	163,7	9,6
9,78	17,6	1,35988	1,0711	1,0730	164,8	9,7
	17,7	1,36004	1,0716	1,0735	165,9	9,8
9,89	17,8	1,36020	1,0720	1,0739	167,0	9,8
	17,9	1,36036	1,0724	1,0743	168,1	9,9
10,00	18,0	1,36053	1,0729	1,0748	169,3	10,0
	18,1	1,36070	1,0733	1,0752	170,4	10,0
10,11	18,2	1,36086	1,0738	1,0757	171,5	10,1
	18,3	1,36102	1,0742	1,0761	172,6	10,2
10,22	18,4	1,36119	1,0746	1,0765	173,7	10,2
	18,5	1,36136	1,0751	1,0770	174,9	10,3
10,33	18,6	1,36152	1,0755	1,0774	176,0	10,4
	18,7	1,36169	1,0760	1,0779	177,2	10,4
10,44	18,8	1,36185	1,0764	1,0783	178,3	10,5
	18,9	1,36201	1,0768	1,0787	179,4	10,6
10,55	19,0	1,36217	1,0773	1,0792	180,5	10,6
	19,1	1,36234	1,0777	1,0796	181,7	10,7
10,66	19,2	1,36251	1,0782	1,0801	182,8	10,8
	19,3	1,36267	1,0786	1,0805	183,9	10,8
10,77	19,4	1,36284	1,0791	1,0810	185,1	10,9
	19,5	1,36301	1,0795	1,0814	186,3	11,0
10,88	19,6	1,36318	1,0800	1,0819	187,4	11,0
	19,7	1,36335	1,0804	1,0823	188,6	11,1
10,99	19,8	1,36351	1,0809	1,0828	189,7	11,2
	19,9	1,36367	1,0813	1,0832	190,8	11,2

**Tabla 2c**

° Baumé 20°C	°Brix o Balling % m/m sacarosa 20°C	I. refracción 20°C	Masa Volúmica 20°C	Densidad 20°C/20°C	Azúcares g/l	% v/v alcohol Probable
11,10	20,0	1,36383	1,0817	1,0836	191,9	11,3
	20,1	1,36400	1,0822	1,0841	193,1	11,4
11,21	20,2	1,36417	1,0826	1,0845	194,2	11,4
	20,3	1,36434	1,0831	1,0850	195,3	11,5
11,32	20,4	1,36451	1,0835	1,0855	196,5	11,6
	20,5	1,36468	1,0840	1,0860	197,7	11,6
11,43	20,6	1,36484	1,0844	1,0864	198,8	11,7
	20,7	1,36501	1,0849	1,0869	200,0	11,8
11,54	20,8	1,36518	1,0853	1,0873	201,1	11,8
	20,9	1,36534	1,0857	1,0877	202,2	11,9
11,65	21,0	1,36550	1,0862	1,0882	203,3	12,0
	21,1	1,36568	1,0866	1,0886	204,5	12,0
11,76	21,2	1,36585	1,0871	1,0891	205,7	12,1
	21,3	1,36601	1,0875	1,0895	206,8	12,2
11,87	21,4	1,36618	1,0880	1,0900	207,9	12,2
	21,5	1,36635	1,0884	1,0904	209,1	12,3
11,98	21,6	1,36652	1,0889	1,0909	210,3	12,4
	21,7	1,36669	1,0893	1,0913	211,4	12,4
12,09	21,8	1,36685	1,0897	1,0917	212,5	12,5
	21,9	1,36702	1,0902	1,0922	213,6	12,6
12,20	22,0	1,36719	1,0906	1,0926	214,8	12,6
	22,1	1,36736	1,0911	1,0931	216,0	12,7
12,31	22,2	1,36753	1,0916	1,0936	217,2	12,8
	22,3	1,36770	1,0920	1,0940	218,3	12,8
12,42	22,4	1,36787	1,0925	1,0945	219,5	12,9
	22,5	1,36804	1,0929	1,0949	220,6	13,0
12,52	22,6	1,36820	1,0933	1,0953	221,7	13,0
	22,7	1,36837	1,0938	1,0958	222,9	13,1
12,63	22,8	1,36854	1,0943	1,0963	224,1	13,2
	22,9	1,36871	1,0947	1,0967	225,2	13,2
12,74	23,0	1,36888	1,0952	1,0972	226,4	13,3
	23,1	1,36905	1,0956	1,0976	227,6	13,4
12,85	23,2	1,36922	1,0961	1,0981	228,7	13,5
	23,3	1,36939	1,0965	1,0985	229,9	13,5
12,96	23,4	1,36956	1,0970	1,0990	231,1	13,6
	23,5	1,36973	1,0975	1,0995	232,3	13,7
13,07	23,6	1,36991	1,0979	1,0999	233,4	13,7
	23,7	1,37008	1,0984	1,1004	234,6	13,8
13,18	23,8	1,37025	1,0988	1,1008	235,8	13,9
	23,9	1,37042	1,0993	1,1013	237,0	13,9
13,29	24,0	1,37059	1,0998	1,1018	238,2	14,0
	24,1	1,37076	1,1007	1,1027	239,3	14,1
13,40	24,2	1,37093	1,1011	1,1031	240,3	14,1
	24,3	1,37110	1,1016	1,1036	241,6	14,2
13,51	24,4	1,37128	1,1022	1,1042	243,0	14,3
	24,5	1,37145	1,1026	1,1046	244,0	14,4
13,62	24,6	1,37162	1,1030	1,1050	245,0	14,4
	24,7	1,37180	1,1035	1,1055	246,4	14,5
13,73	24,8	1,37197	1,1041	1,1061	247,7	14,6
	24,9	1,37214	1,1045	1,1065	248,7	14,6

Tabla 2d

° Baumé 20°C	°Brix o Balling % m/m sacarosa 20°C	I. refracción 20°C	Masa Volúmica 20°C	Densidad 20°C/20°C	Azúcares g/l	% v/v alcohol Probable
13,84	25,0	1,37232	1,1049	1,1069	249,7	14,7
	25,1	1,37249	1,1053	1,1073	250,7	14,7
13,95	25,2	1,37266	1,1057	1,1077	251,7	14,8
	25,3	1,37283	1,1062	1,1082	253,0	14,9
14,06	25,4	1,37300	1,1068	1,1088	254,4	15,0
	25,5	1,37317	1,1072	1,1092	255,4	15,0
14,17	25,6	1,37335	1,1076	1,1096	256,4	15,1
	25,7	1,37353	1,1081	1,1101	257,8	15,2
14,23	25,8	1,37370	1,1087	1,1107	259,1	15,2
	25,9	1,37387	1,1091	1,1111	260,1	15,3
14,39	26,0	1,37405	1,1095	1,1115	261,1	15,4
	26,1	1,37423	1,1100	1,1120	262,5	15,4
14,49	26,2	1,37440	1,1106	1,1126	263,8	15,5
	26,3	1,37457	1,1110	1,1130	264,8	15,6
14,60	26,4	1,37475	1,1114	1,1134	265,8	15,6
	26,5	1,37493	1,1119	1,1139	267,2	15,7
14,71	26,6	1,37510	1,1125	1,1145	268,5	15,8
	26,7	1,37528	1,1129	1,1149	269,5	15,9
14,82	26,8	1,37545	1,1133	1,1153	270,5	15,9
	26,9	1,37562	1,1138	1,1158	271,8	16,0
14,93	27,0	1,37580	1,1144	1,1164	273,2	16,1
	27,1	1,37598	1,1148	1,1168	274,2	16,1
15,04	27,2	1,37615	1,1152	1,1172	275,2	16,2
	27,3	1,37632	1,1157	1,1177	276,5	16,3
15,15	27,4	1,37650	1,1163	1,1183	277,9	16,3
	27,5	1,37667	1,1167	1,1187	278,9	16,4
15,26	27,6	1,37685	1,1171	1,1191	279,9	16,5
	27,7	1,37703	1,1176	1,1196	281,3	16,5
15,37	27,8	1,37721	1,1182	1,1202	282,6	16,6
	27,9	1,37739	1,1186	1,1206	283,6	16,7
15,48	28,0	1,37757	1,1190	1,1210	284,6	16,7
	28,1	1,37775	1,1195	1,1215	286,0	16,8
15,59	28,2	1,37793	1,1201	1,1221	287,3	16,9
	28,3	1,37810	1,1205	1,1225	288,3	17,0
15,69	28,4	1,37828	1,1209	1,1229	289,3	17,0
	28,5	1,37846	1,1214	1,1234	290,7	17,1
15,80	28,6	1,37863	1,1220	1,1240	292,0	17,2
	28,7	1,37881	1,1224	1,1244	293,0	17,2
15,91	28,8	1,37899	1,1228	1,1248	294,0	17,3
	28,9	1,37917	1,1233	1,1253	295,3	17,4
16,02	29,0	1,37935	1,1239	1,1259	296,7	17,5
	29,1	1,37953	1,1244	1,1264	298,1	17,5
16,13	29,2	1,37971	1,1250	1,1270	299,4	17,6
	29,3	1,37988	1,1254	1,1274	300,4	17,7
16,24	29,4	1,38006	1,1258	1,1278	301,4	17,7
	29,5	1,38024	1,1263	1,1283	302,8	17,8
16,35	29,6	1,38042	1,1269	1,1289	304,1	17,9
	29,7	1,38060	1,1273	1,1293	305,1	17,9
16,46	29,8	1,38078	1,1277	1,1297	306,1	18,0
	29,9	1,38096	1,1282	1,1302	307,4	18,1

**Tabla 3**  
**Correcciones para referir las lecturas del refractómetro a 20°C**

		% m/m sacarosa (°Brix)		
		15	20	25
<b>T (°C)</b>	<b>10</b>	0,50	0,6	0,6
<b>R</b>	<b>11</b>	0,5	0,5	0,5
	<b>12</b>	0,4	0,4	0,5
	<b>13</b>	0,4	0,4	0,4
	<b>14</b>	0,3	0,3	0,4
	<b>15</b>	0,2	0,3	0,3
	<b>16</b>	0,2	0,2	0,2
	<b>17</b>	0,1	0,1	0,2
	<b>18</b>	0,1	0,1	0,1
	<b>19</b>			
	<b>20</b>			
<b>S</b>	<b>21</b>			
	<b>22</b>	0,1	0,1	0,1
	<b>23</b>	0,2	0,2	0,2
	<b>24</b>	0,2	0,3	0,3
	<b>25</b>	0,3	0,3	0,4
	<b>26</b>	0,4	0,4	0,5
	<b>27</b>	0,5	0,6	0,6
	<b>28</b>	0,6	0,6	0,7
	<b>29</b>	0,7	0,7	0,8
	<b>30</b>	0,8	0,8	0,9

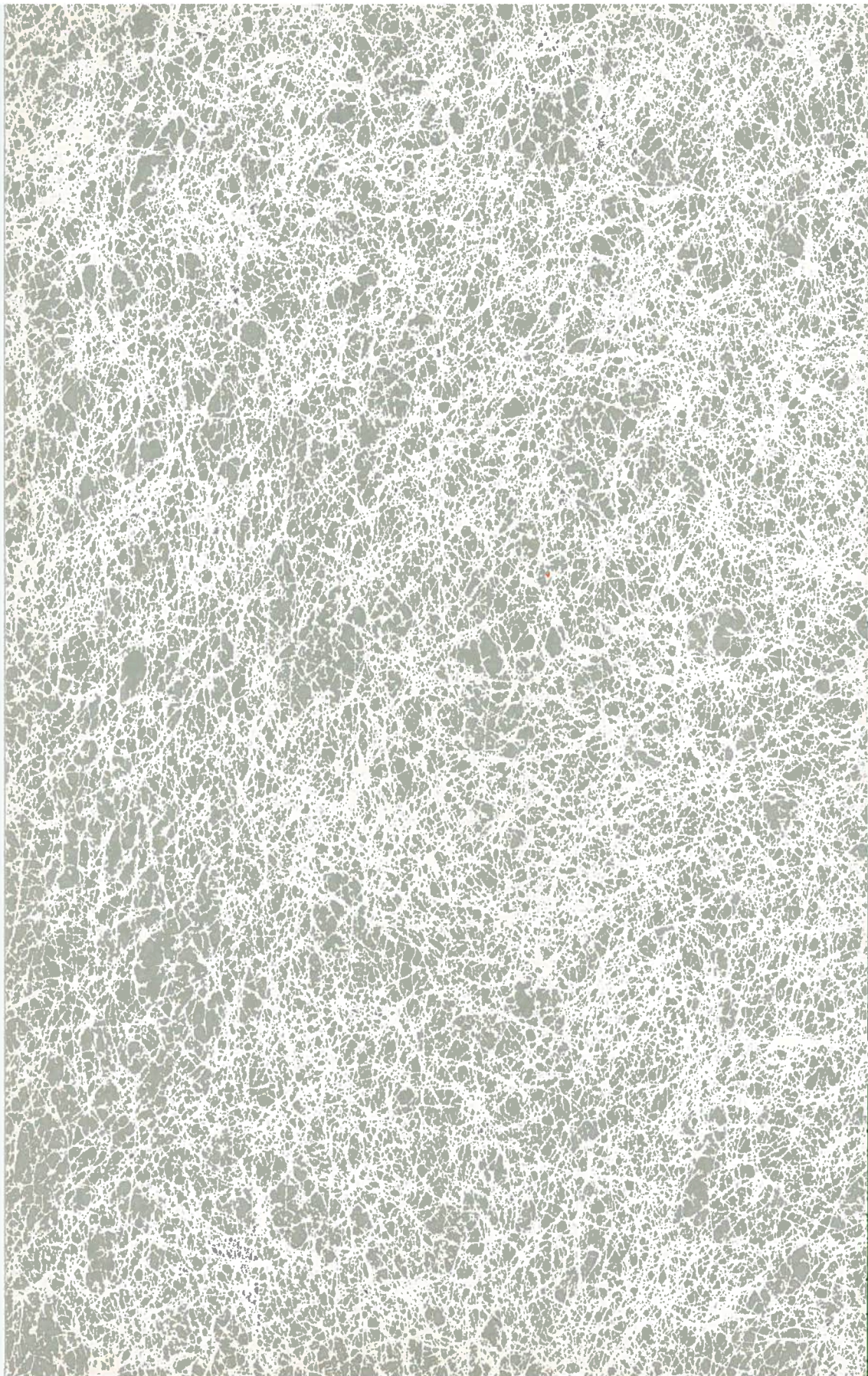
**Tabla 4**  
**Correcciones para referir el grado alcohólico de los vinos a 20°C**

		Grados alcohólicos aparentes (t°C)										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T (°C)	10	1,25	1,35	1,47	1,60	1,74	1,89	2,06	2,24	2,43	2,61	2,80
	11	1,16	1,25	1,36	1,47	1,60	1,73	1,88	2,03	2,20	2,36	2,52
R E S T A R	12	1,07	1,15	1,24	1,34	1,44	1,56	1,69	1,82	1,96	2,10	2,24
	13	0,96	1,03	1,11	1,19	1,28	1,38	1,49	1,61	1,73	1,84	1,96
	14	0,85	0,91	0,97	1,04	1,12	1,20	1,29	1,39	1,49	1,58	1,68
	15	0,73	0,77	0,83	0,89	0,95	1,02	1,09	1,16	1,24	1,32	1,40
	16	0,60	0,63	0,67	0,72	0,77	0,82	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12
	17	0,46	0,48	0,51	0,55	0,59	0,62	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84
	18	0,31	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,53	0,56
	19	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28
	20											
	21	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29
S U M A R	22	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,44	0,47	0,49	0,52	0,55	0,57
	23	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86
	24	0,70	0,73	0,77	0,81	0,85	0,89	0,94	0,99	1,04	1,10	1,15
	25	0,89	0,93	0,97	1,02	1,07	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43
	26	1,08	1,13	1,18	1,24	1,30	1,36	1,43	1,50	1,57	1,65	1,73
	27	1,28	1,34	1,40	1,46	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,01
	28	1,49	1,55	1,62	1,69	1,77	1,85	1,93	2,02	2,11	2,21	2,31
	29	1,70	1,76	1,84	1,92	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,50	2,60
	30	1,91	1,98	2,07	2,15	2,25	2,35	2,45	2,56	2,67	2,78	2,90









P.V.P.  
900 Pt