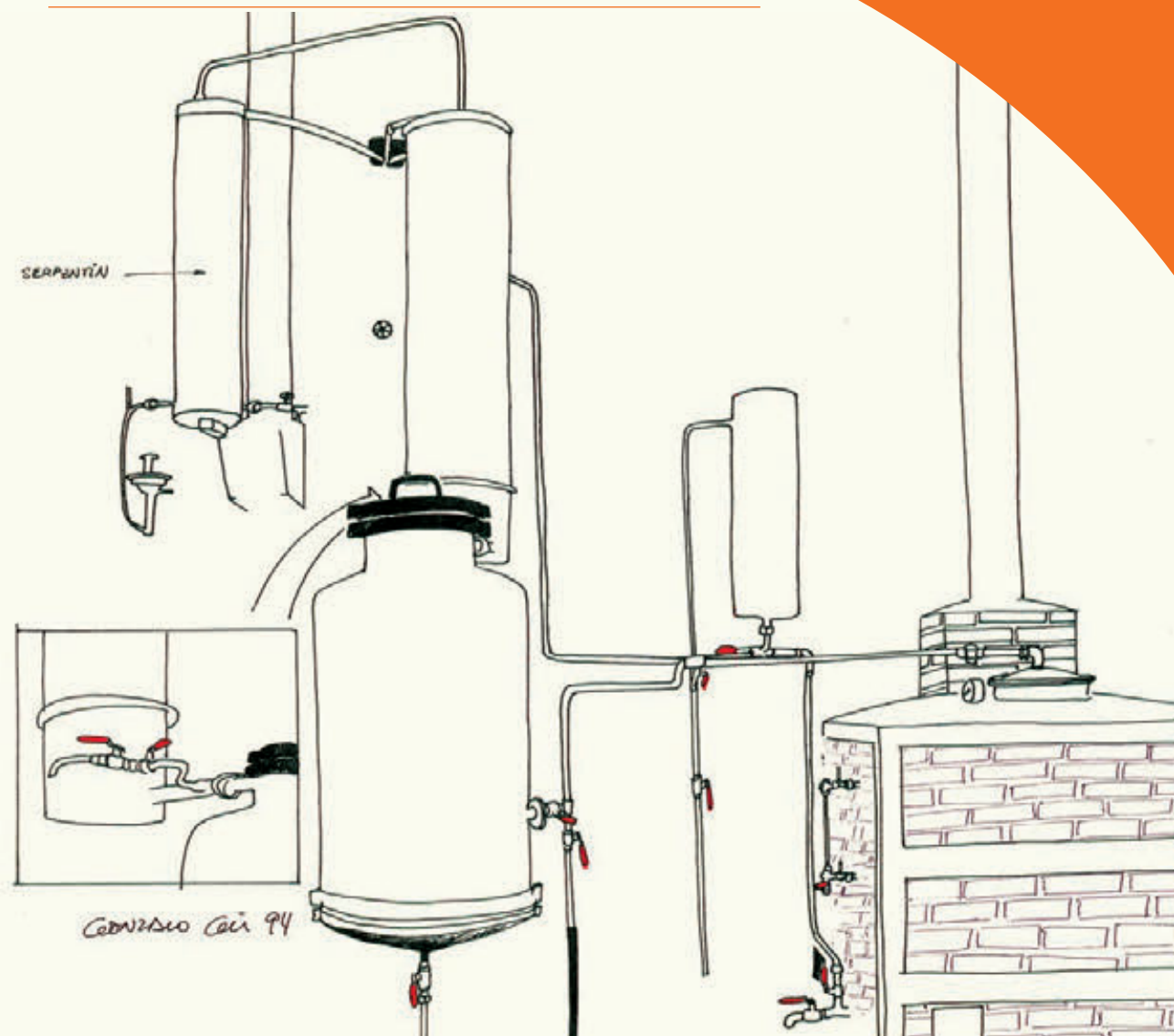


Manual de elaboración de aguardiente de sidra

Roberto Rodríguez Madrera

Belén Suárez Valles



Manual de elaboración de aguardiente de sidra

*Roberto Rodríguez Madrera
Belén Suárez Valles*

© Edita: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)
Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias

© Autores: Roberto Rodríguez Madrera y Belén Suárez Valles

© Fotografías: Roberto Rodríguez Madrera.
Excepto: página 49, cortesía de Tonnellerie Allary

© Dibujo portada: Gonzalo Gil Madrera

Coordinación editorial: M^a del Pilar Oro García

Imprime y encuaderna: Graficas Eujoa S.A.

Diseño y maquetación: lloviendolettras

ISBN: 978-84-606-9367-3

Depósito Legal: AS 01485-2015

Impreso en España, Printed in Spain

ÍNDICE

Presentación	7
Capítulo 1	
MATERIA PRIMA	9
Capítulo 2	
DESTILACIÓN	17
Capítulo 3	
MADURACIÓN	35
Capítulo 4	
ENVEJECIMIENTO	43
Capítulo 5	
ESTABILIZACIÓN Y ACABADO	59
Capítulo 6	
LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN	73
Apéndice	
CONTROL ANALÍTICO	81

Presentación

La historia de Asturias está íntimamente ligada al cultivo del manzano y a la elaboración de sidra. Ya en los relatos de Estrabón sobre los astures, sesenta años antes de Cristo, podemos encontrar la expresión “*zytho etiam utuntur, vini parum habent*” (*también usan sidra, vino tienen poco*). A lo largo de la Edad Media, son abundantes las alusiones a pumares, pomífera, sícera, sidra y otros vocablos relacionados en los documentos fundacionales de monasterios y abadías. La primera referencia que se tiene de la destilación de sidra es por parte de los monjes del Monasterio de Collera (Ribadesella) en el año 1052. Hay constancia de la elaboración de aguardiente por las gentes del pueblo en el año 1760: “*el párroco de San Juan de Amandi (Villaviciosa), Jose Antonio Caunedo Cuenlla, enseña a sus feligreses el cuidado de los árboles frutales, la fabricación de sidra y del aguardiente de manzana*”. Desde entonces, el buen hacer de los elaboradores ha sabido mantener la esencia de un producto artesanal, elaborado siguiendo prácticas tradicionales. Reflejo, tanto de su condición de bebida con características propias y genuinas como de su calidad, se puede encontrar en el hecho de la Unión Europea ha recogido en su marco normativo la Indicación Geográfica “Aguardiente de Sidra de Asturias”.

El presente volumen se ha concebido como un acercamiento al aguardiente de sidra, ofreciendo una visión sencilla, pero a la vez detallada, de las técnicas y sistemas de elaboración, de los avances tecnológicos y de su situación legislativa. Esperamos que este libro pueda servir como manual de consulta para aquellas personas interesadas en su elaboración y entusiastas de esta bebida.

El trabajo que aquí se presenta ha podido realizarse gracias a la colaboración de las empresas Sidra Escanciador S. A. (Villaviciosa) y Casería San Juan del Obispo (Tiñana, Siero) y a la financiación recibida a lo largo de estos años del Fondo

Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), de la Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica y Aplicada y la Tecnología (FICYT) y de la acción complementaria AC2013-00046-00-00 del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+i).

Los autores agradecen especialmente la colaboración de Norman Fernández Tascón en la elaboración del libro.

Capítulo I

MATERIA PRIMA

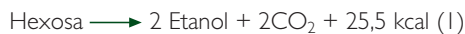


La elaboración de un aguardiente tiene como principal objetivo obtener una bebida de alta graduación mediante la destilación de otra de bajo contenido alcohólico. Por esta razón, cualquier materia prima capaz de experimentar un proceso de fermentación alcohólica puede dar lugar a un aguardiente. En el caso concreto de los destilados procedentes de frutas o sus derivados (vino, sidra, perada, etc) la diferenciación final del aguardiente va ligada, en gran medida, a la presencia de notas aromáticas características de la materia prima de la que procede, lo que les confiere sus peculiares matices. Las diferencias percibidas al degustar estos productos se deben a un buen número de compuestos presentes a bajas concentraciones, habitualmente inferiores a los mg/L, cuyo origen puede ser varietal (aroma primario), formado durante los procesos fermentativos o durante la destilación (aromas secundarios) y en las etapas de maduración y envejecimiento (aromas terciarios).

Es fácil comprender que si durante la destilación se concentran los aromas alrededor de 10 veces, el mirar la calidad de todos los eslabones de la cadena determina la obtención de aguardientes de calidad. Por ello, los aspectos más relevantes a considerar se refieren a la materia prima y su transformación en bebida alcohólica, a los sistemas de destilación y, si tuviera lugar, al envejecimiento.

Cuando se destila sidra, ésta debe de provenir de la fermentación de mostos frescos de manzanas, obtenidos por prensado, sin restos de azúcares y sin defectos sensoriales apreciables.

La transformación del mosto de manzana en sidra comprende las fermentaciones alcohólica y la maloláctica. En la primera de ellas, y gracias a la acción de las levaduras, los azúcares del mosto se transforman en alcohol etílico, dióxido de carbono (CO_2) y en los denominados productos secundarios, mientras que en la fermentación maloláctica, el ácido málico, mayoritario de la manzana, es transformado en ácido láctico por la acción de las bacterias lácticas, produciéndose liberación de CO_2 (Figura 1).



● **Figura 1.** Resumen de las fermentaciones alcohólica (1) y maloláctica (2)

Durante la fermentación alcohólica es conveniente evitar temperaturas elevadas para minimizar la pérdida de aromas varietales e impedir el desarrollo bacteriano. El rendimiento de la transformación está, en buena medida, determinado por la recuperación del alcohol etílico, por lo que es importante realizar un seguimiento periódico del proceso. Este seguimiento se realiza midiendo el descenso de la densidad del mosto, que nos indica el consumo de azúcares. En el caso de detectar una ralentización o parada fermentativa habrá que reactivar adecuadamente la fermentación para evitar destilar sidras que contengan azúcares, por un doble motivo: por un lado, no se obtendría el rendimiento alcohólico deseado y, por otro, daría lugar a aguardientes con exceso de furfural, compuesto químico responsable de un desagradable gusto a “recalentado” o “caramelizado”.

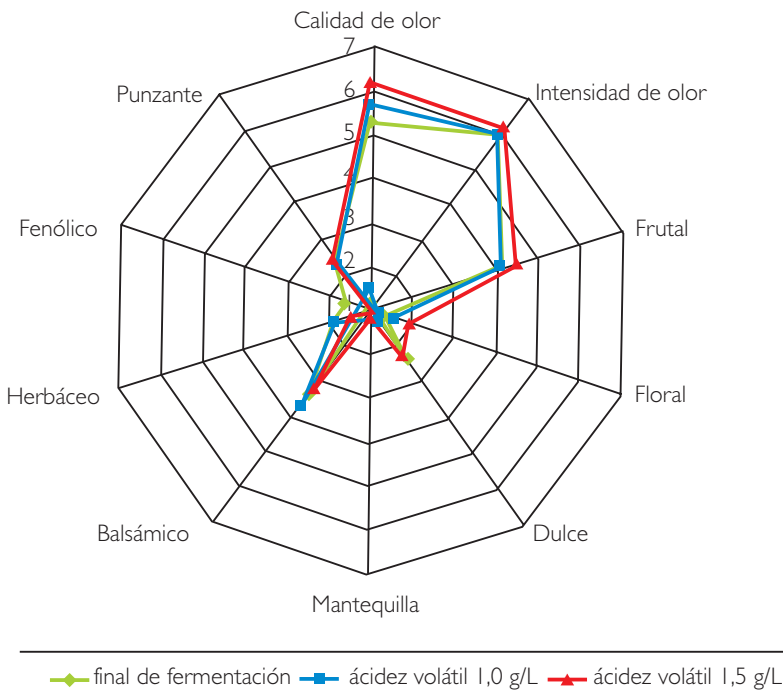
En paralelo, o en los últimos estadios de la fermentación alcohólica, tiene lugar, de forma espontánea, la fermentación maloláctica. Este proceso conduce a una desacidificación natural de la sidra, con un descenso importante de la acidez y es percibido, en boca, por una pérdida de aspereza de la sidra.

Finalizadas ambas fermentaciones, es necesario un tiempo mínimo de maduración de la sidra hasta la desaparición de los aromas propios de fermentación, caracterizados por la presencia de derivados sulfhídricos. Esta etapa puede variar dependiendo de las condiciones de la manzana, época de prensado, condiciones medioambientales del llagar, etc.

La permanencia de la sidra sobre la madre durante su maduración aumenta el contenido en ácidos grasos y ésteres etílicos procedentes de la autólisis de las levaduras, lo que favorece un aumento del cuerpo y el carácter afrutado del aguardiente. Sin embargo, una maduración excesiva originaría la pérdida de los aromas afrutados, debido a la hidrólisis enzimática de los ésteres, y podría dar lugar a la aparición de alteraciones bacterianas. Transcurrido este periodo, cuando la sidra resulta afrutada y fresca, es el momento más adecuado para su destilación.

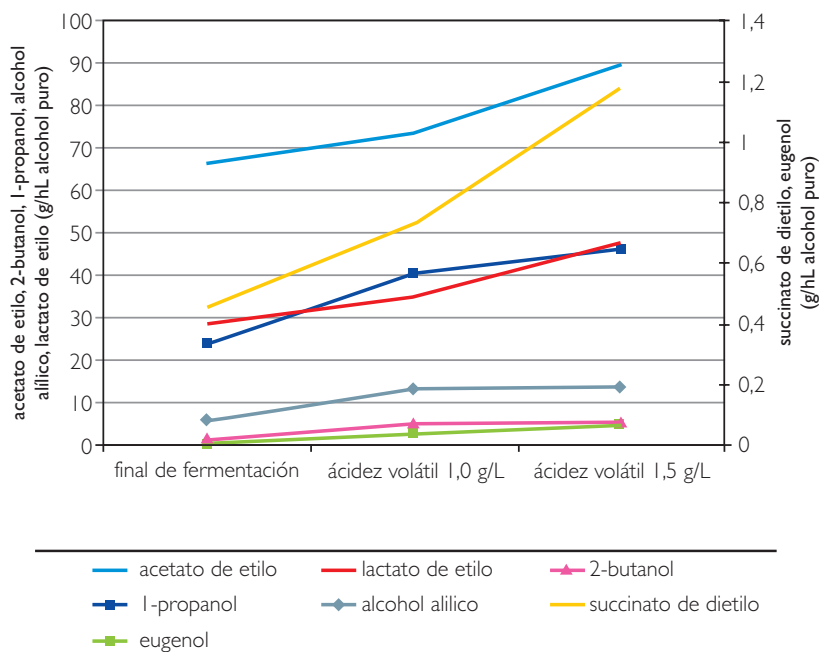


Durante los años 2004 al 2007 nuestro grupo de investigación estudió la influencia del grado de maduración de la sidra sobre la calidad de los aguardientes. Teniendo en cuenta que el grado de maduración de la sidra natural se asocia con su acidez volátil, se destilaron sidras en tres momentos de maduración: recién fermentadas (sin azúcares fermentables) y cuando sus acideces volátiles fueron 1,0 y 1,5 g/L ácido acético respectivamente. Entre los resultados obtenidos hay que destacar que los destilados mejor valorados en el parámetro sensorial calidad de olor fueron los de las sidras más maduras (ácidez volátil 1,5 g/L ácido acético, Figura 2).



● **Figura 2.** Valoración sensorial de los aguardientes de sidra

Desde un punto de vista químico, los aguardientes procedentes de sidras más maduras destacaron por su mayor contenido en los ésteres etílicos de los ácidos acético, láctico y succínico, y de los alcoholes alílico, 2-butanol, 1-propanol y eugenol (Figura 3).

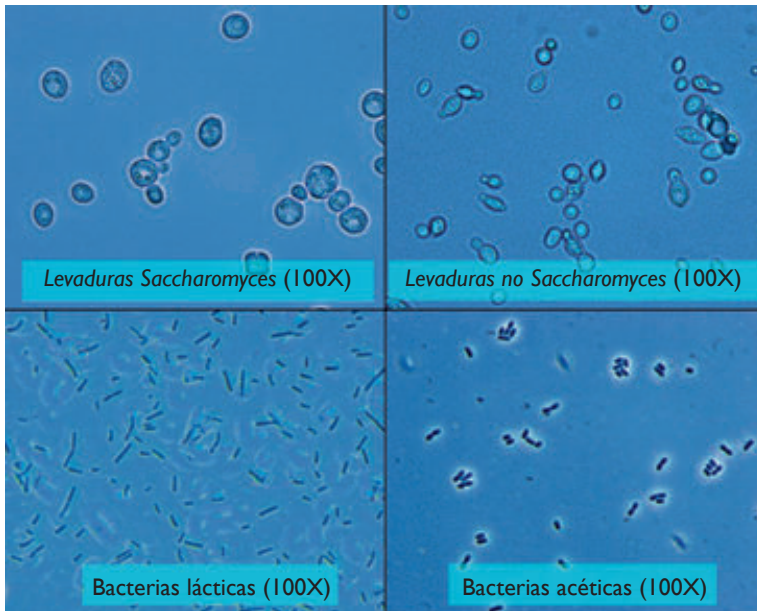


● **Figura 3.** Ésteres y alcoholes en aguardientes elaborados a partir de sidra con distintos grados de maduración

Prácticas enológicas como los trasiegos, clarificaciones o el enfriamiento de los depósitos pueden contribuir a una conservación adecuada de la sidra hasta el momento de su destilación. El uso de anhídrido sulfuroso (SO_2) durante la fermentación de los mostos y como conservante incrementa los niveles de acetaldehído (etanal) en la sidra, un aroma que en exceso resulta punzante en el aguardiente, por lo que no es aconsejable utilizar SO_2 en las sidras cuyo destino sea la destilación.

En cuanto a los defectos y alteraciones que desaconsejan el uso de sidras para elaborar aguardientes son principalmente de carácter aromático, tales como los picados, los gustos a éster o los *tastos*.

Los picados suelen estar provocados por determinadas cepas o especies bacterianas que pueden transformar azúcares, glicerina y etanol en compuestos no deseables. La presencia de azúcares en las sidras, junto con el desarrollo de bacterias lácticas heterofermentativas, del género *Lactobacillus*, favorece un incremento notable de la acidez volátil ("picado láctico"). Las bacterias lácticas pueden también degradar la glicerina, con producción de acroleína que, a su vez, evoluciona hacia la formación de alcohol alílico o reacciona con compuestos fenólicos originando



Principales microorganismos presentes en la sidra natural

alteraciones conocidas como “picado acroleínico/alfílico” o “amargor”. El “picado acético” está provocado por bacterias acéticas del género *Acetobacter*, capaces de metabolizar el etanol y producir ácido acético por vía oxidativa.

Entre las alteraciones producidas por levaduras destacan la formación excesiva de ésteres (acetato de etilo) y el incremento de acidez volátil, que se relacionan con la presencia de levaduras débilmente fermentativas dirigiendo la fermentación alcohólica. Estas levaduras, no-*Saccharomyces*, conducen a sidras con bajas graduaciones alcohólicas y, habitualmente, con restos de azúcares.

Además de la aparición de las alteraciones ya mencionadas, en ocasiones, la sidra puede presentar gustos y aromas anómalos (*mugor*, *tastu*, etc.) relacionados con el desarrollo de mohos, provenientes de deficientes condiciones higiénico-sanitarias, tanto de las manzanas como de la tonelería y útiles de bodega.

La destilación de sidras con las alteraciones descritas proporcionará aguardientes con defectos acusados. No obstante, es cierto que el grado de desarrollo de estas alteraciones no siempre es el mismo y que, en aquellos casos en los que se detecten en estadios tempranos, una adecuada metodología de destilación puede evitar, en cierta medida, su manifestación en el aguardiente. En este sentido, hacer una destilación previa de la sidra en un alambique de poca capacidad ofrece una



idea bastante aproximada del producto final obtenido, y puede evitar realizar un trabajo inútil.

Una práctica habitual es la destilación de borras junto con la sidra, lo que contribuirá a mejorar el cuerpo y carácter afrutado de los aguardientes. Las *borras* son el resultado de la decantación espontánea de los sólidos presentes en la sidra al final de la fermentación. Están constituidas, mayoritariamente, por levaduras y bacterias muertas tras el proceso fermentativo. La lisis de estos microorganismos aporta un alto contenido, entre otras sustancias, de ácidos grasos y sus correspondientes ésteres. No obstante, para evitar un exceso de ácidos grasos en el destilado, que daría como resultado la aparición de gustos rancios, grasiento-jabonosos y poco agradables en boca, la cantidad de *borras* mezcladas con la sidra no debería de ser superior al 5% en volumen.

Las borras, diluidas con agua para evitar que se peguen a la caldera, pueden ser destiladas directamente. Esta práctica es una alternativa para aumentar el rendimiento alcohólico de la destilación, mezclando posteriormente el destilado obtenido con el aguardiente de sidra, buscando el equilibrio adecuado entre ambos.



Alambique de pequeña capacidad

Capítulo 2

DESTILACIÓN



La destilación es el proceso consistente en calentar un líquido hasta que sus componentes volátiles pasen a la fase vapor; enfriando a continuación el vapor para recuperar dichos componentes condensados en estado líquido. El objetivo básico de la destilación es separar una mezcla de varios componentes, aprovechando las diferencias de sus puntos de ebullición, o volatilidades. La sidra se puede considerar como una mezcla de agua (hierve a 100°C) y alcohol etílico (hierve a 78,5°C), y su destilación persigue el enriquecimiento de la mezcla en el más volátil, es decir, el etanol, que irá acompañado por otros compuestos volátiles presentes en la sidra. En este proceso, además de jugar un papel muy importante las diferencias en los puntos de ebullición y las distintas solubilidades en agua y etanol, también resultarán esenciales la elección del sistema de destilación, el modo de operar y las habilidades del destilador; para separar los componentes no deseados, sin una pérdida apreciable de aromas.

La destilación se realiza en aparatos denominados alambiques que se pueden clasificar tanto en función del tipo de calefacción (fuego directo o arrastre de vapor), como del modo de operar (continuo o discontinuo). Los sistemas de destilación continuos permiten no sólo el abastecimiento ininterrumpido de la materia prima, sino también la recogida sin pausa del destilado.

En lo referente al sistema de calefacción, para la destilación de pequeñas cantidades de sidra lo más frecuente es el uso de una fuente de calor directa sobre la caldera. Un quemador de gas o una resistencia eléctrica parecen los sistemas más adecuados, ya que permiten una fácil regulación de la llama y un control instantáneo sobre el aporte de calor; en detrimento de otras alternativas, como el carbón o la leña, con un menor rendimiento energético. Frente al fuego directo existe la opción del calentamiento por arrastre de vapor. Para ello es necesario disponer de una caldera en la que se genera vapor de agua a presión, que es introducido en la caldera de destilación para que se mezcle con la sidra. El principal inconveniente de esta opción es la necesidad de instalaciones fijas que requieren un mayor coste de inversión.

El material más eficaz para la construcción de los alambiques es el cobre. Este metal presenta múltiples ventajas ya que es maleable, resiste la corrosión de los ácidos

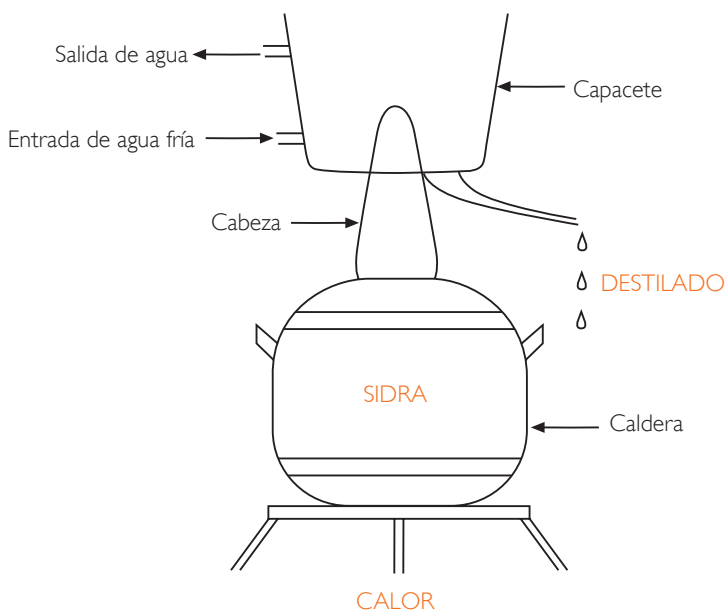
de la sidra, es buen conductor térmico y favorece algunas reacciones durante el proceso de destilación, como son la precipitación de sales cúpricas, la complejación de moléculas organolépticamente poco agradables (tioles, mercaptanos, ácidos grasos) y la catálisis de reacciones de esterificación, deshidratación y oxidación, entre otras, que puede contribuir a mejorar la calidad del aguardiente. Algunos elementos del alambique como llaves, válvulas o el tanque del condensador pueden ser fabricados en acero inoxidable.

Tipos de alambiques

Se describirán los destiladores tradicionales, todos ellos de carga discontinua, como la alquitara, el alambique del tipo charentés y la columna de rectificación con arrastre de vapor.

Alquitara

La alquitara es el sistema de destilación más sencillo y antiguo (Figura 4). Consiste de una caldera en la parte inferior, en la que se introduce la sidra, y una cabeza en forma de pera, a la que se acopla un capacete en forma de caldero. En la parte



● **Figura 4.** Esquema de una alquitara



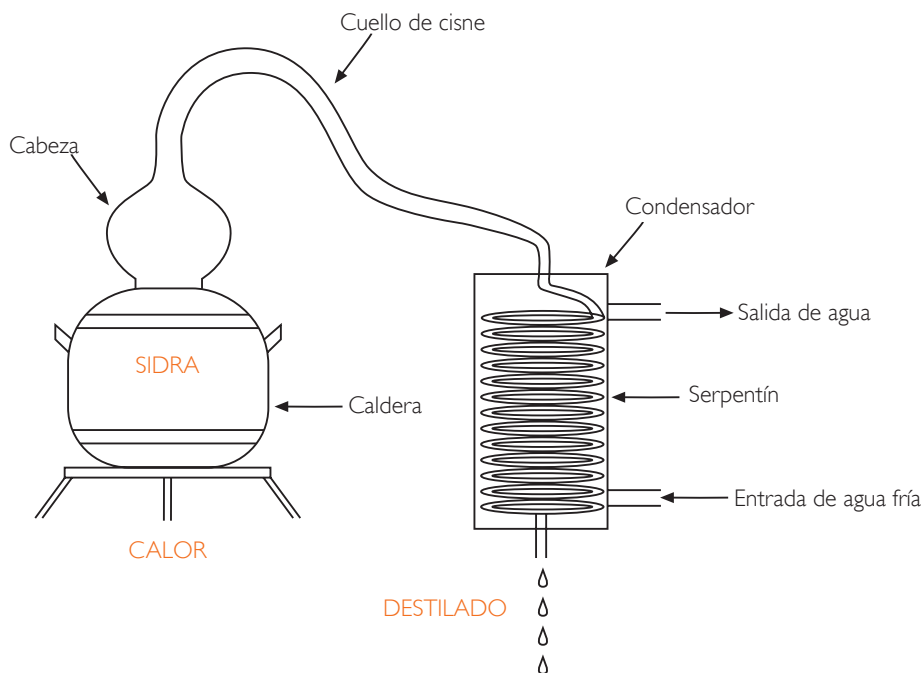
inferior del mismo está el condensador; con salida para el destilado. El capacete está abierto por la parte superior, donde se ubica el agua de refrigeración para la condensación de los vapores alcohólicos. La calefacción se realiza con fuego directo. Al tener lugar la condensación inmediatamente después de la evaporación, el sistema tiene poca capacidad de rectificación y hace necesario una destilación mucho más lenta para lograr aguardientes con grado alcohólico similar a los obtenidos con otros tipos de alambiques. Por otra parte, la dificultad de separar impurezas, por la baja capacidad de rectificación, obliga a destilar sidras en perfecto estado desde el punto de vista aromático.



Batería de alquitaras (Casería San Juan del Obispo)

Alambique charentés

Este sistema constituye una mejora de la alquitara por su mayor capacidad de rectificación, lo que incrementa el rendimiento energético y alcohólico (Figura 5). El equipo consta de varias partes: sobre la caldera se sitúa la cabeza o capitel, que se prolonga a través de un tubo, que recibe el nombre de cuello de cisne, hasta el serpentín, que se encuentra sumergido en agua fría dentro del condensador; y que a su vez dispone de una salida para el destilado en la parte inferior del condensador. En este tipo de alambiques, también de calefacción directa, se separan la fase de vaporización y condensación, de manera que en la cabeza del alambique se producen fenómenos de reflujo que permiten que se condensen los vapores menos volátiles, que retornan a la caldera, mientras los más volátiles pasan a través del cuello de cisne y se condensan en el serpentín. Este sistema consigue una mejor separación de los compuestos en función de sus puntos de ebullición, obteniéndose un destilado con un mayor contenido en etanol.



● **Figura 5.** Esquema de un alambique tipo charentés



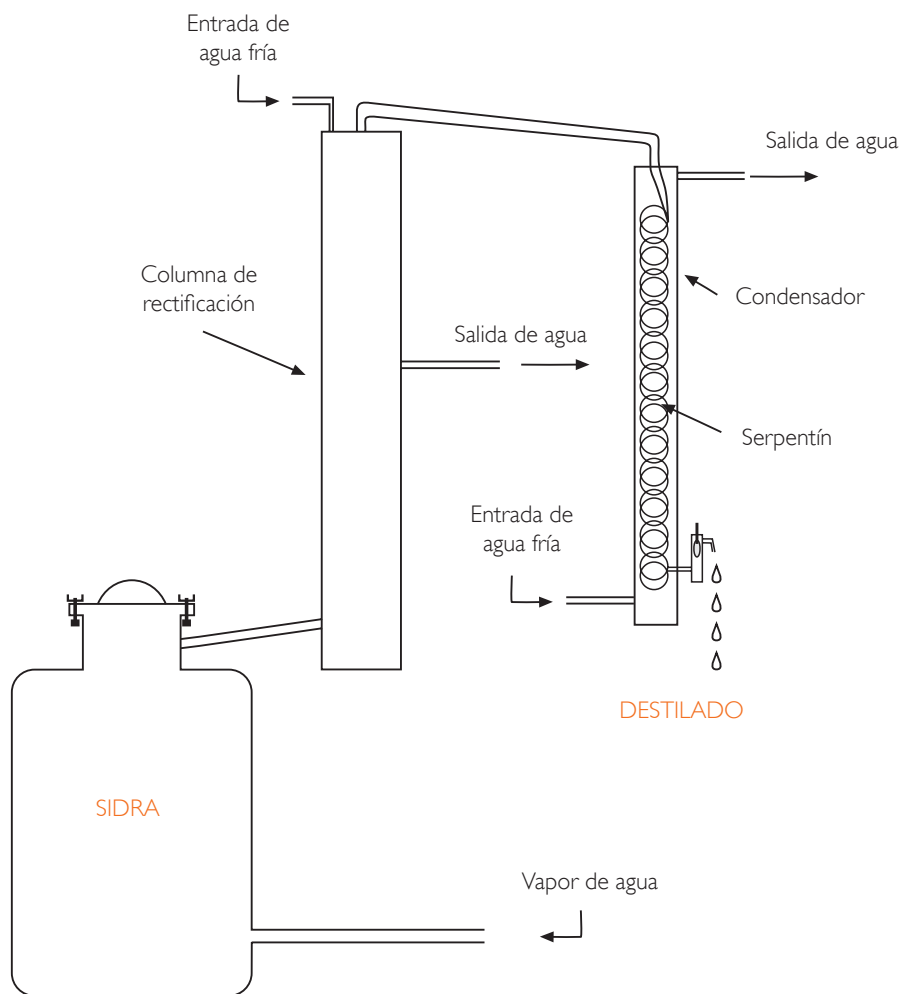
Si bien todos los equipos descritos son, en sí mismos, sistemas de destilación completos, en algunos casos se emplean las llamadas lentes o lentejas de rectificación, colocadas sobre la cabeza o capitel de los alambique charentés, con el fin de aumentar la capacidad de rectificación del equipo.



Alambique charentés con lente de rectificación

Columna de rectificación

Este método, más industrial, requiere instalaciones apropiadas y presenta cierta complejidad en su uso (Figura 6). Está basado en la destilación por arrastre de vapor y en la presencia de columnas de rectificación. En estos sistemas es el vapor de agua, producido en una caldera anexa, el que se mezcla con la sidra, provocando la vaporización de los compuestos volátiles, que pasan a la columna de rectificación. Éstas son dispositivos cilíndricos formados por un número variable de platos, en disposición vertical, que se interponen en el recorrido de los vapores (Figura 7).

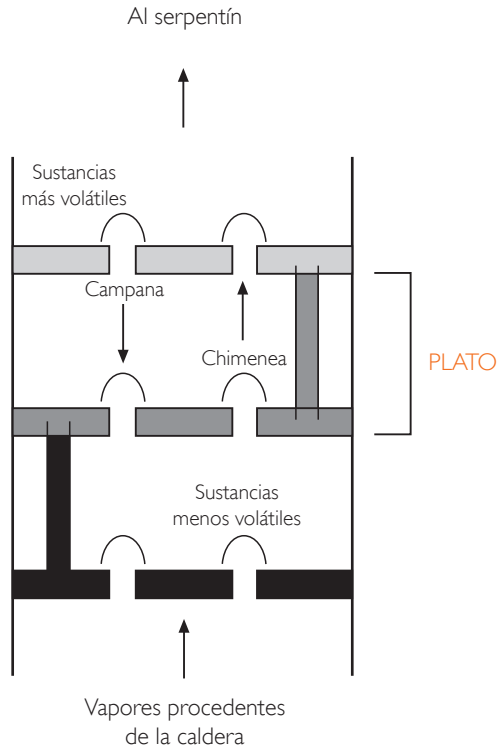


● **Figura 6.** Esquema de un alambique con columna de rectificación

El mecanismo de la rectificación consiste en hacer circular sucesivamente, en contracorriente, una fase vapor, procedente de la parte inferior de la columna, y una fase líquida, condensada en la parte superior de la misma (Figura 7). Al entrar en la columna el vapor de sidra, procedente de la caldera, se somete a progresivas etapas de evaporación-condensación en cada uno de los platos, con lo que se consigue un enriquecimiento gradual de la fase vapor en compuestos más volátiles, que posteriormente condensarán en el serpentín para dar el aguardiente final. La columna



de platos se encuentra incluida dentro de un cilindro lleno de agua caliente, de tal manera que controlando la temperatura de este baño de agua podemos intervenir sobre el proceso de rectificación. Por esta razón, a diferencia de los sistemas anteriores, la columna permite obtener aguardiente con un elevado grado alcohólico en una única etapa.



● **Figura 7.** Esquema de una columna de platos

Frente a los alambiques sin columna de rectificación, este sistema da lugar a un aguardiente más neutro y alcohólico, aunque no por ello carente de los matices propios de un buen destilado de sidra. Por otra parte, el hecho de obtener con una sola destilación un aguardiente en torno al 65% vol, disminuye notablemente el consumo energético del proceso.



Alambique con columna de rectificación (SERIDA)



Técnicas de la destilación

Desde un punto de vista técnico, el proceso de destilación se desarrolla siempre en dos fases: la vaporización de los componentes volátiles y la condensación de estos. La elección del alambique condiciona, en buena medida, el proceso de la destilación propiamente dicho. Así, los alambiques tradicionales (alquitara y charrentés) hacen necesaria la doble destilación, frente a los sistemas con columna de rectificación que permiten la obtención de los destilados con una destilación única. En cualquier caso, el objetivo es el mismo: la obtención de un aguardiente con las características propias de la materia prima, maximizando el rendimiento en alcohol y evitando la incorporación de sustancias que puedan conferir olores y/o gustos desagradables.

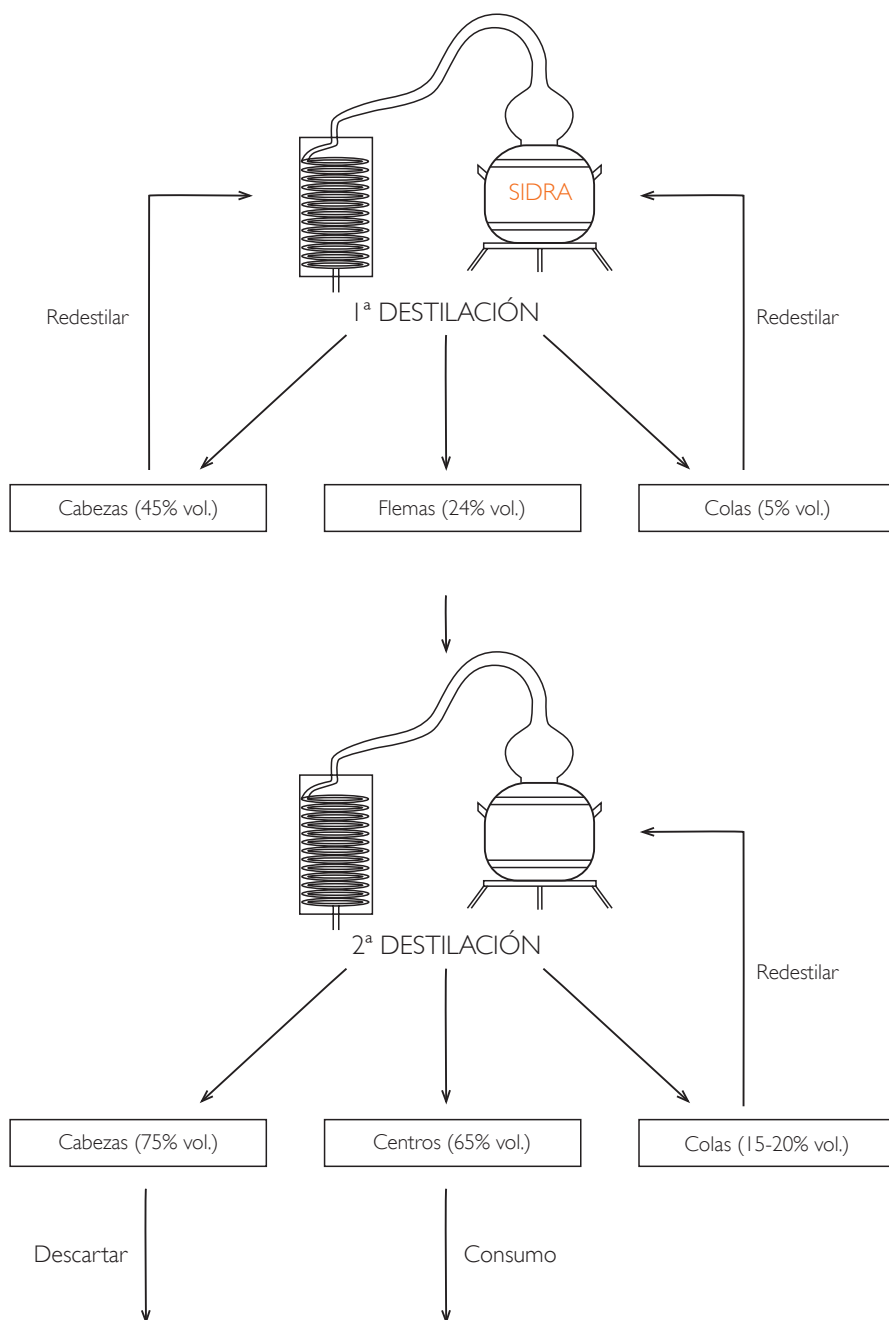
Doble destilación

La técnica de doble destilación es la adecuada cuando los alambiques proporcionan una menor capacidad de rectificación, habiendo de ser concentrada la sidra previamente para obtener un producto intermedio con una graduación alcohólica superior (Figura 8).

Primera destilación

La destilación comienza llenando la caldera con la sidra, teniendo cuidado de no superar las 3/4 partes de su capacidad. Transcurrido un tiempo variable, dependiente de la capacidad de la caldera y de la intensidad del calor aplicado, comenzará a salir por el serpentín la primera fracción del destilado, denominada cabezas. Esta fracción, de aroma punzante y con un característico olor a pegamento/disolvente, posee un contenido en alcohol cercano al 45% vol. A partir de este momento, es recomendable disminuir la calefacción para facilitar la rectificación y la concentración de etanol y aromas en el destilado. En el transcurso de la destilación, los aromas punzantes desaparecen y pasan a ser olores más neutros y alcohólicos, obteniéndose la segunda fracción del destilado, denominada flemas, con un grado alcohólico medio del 22-24% vol. A medida que la destilación transcurre, el aroma se vuelve más pesado y desagradable, constituyendo la tercera fracción, conocida como colas, con una concentración media del 4-6% de etanol.

Las colas y cabezas pueden ser incorporadas a la sidra a destilar, en una proporción máxima del 10%, lo que ayudará a mejorar el rendimiento alcohólico de la destilación.



● **Figura 8.** Esquema de la doble destilación



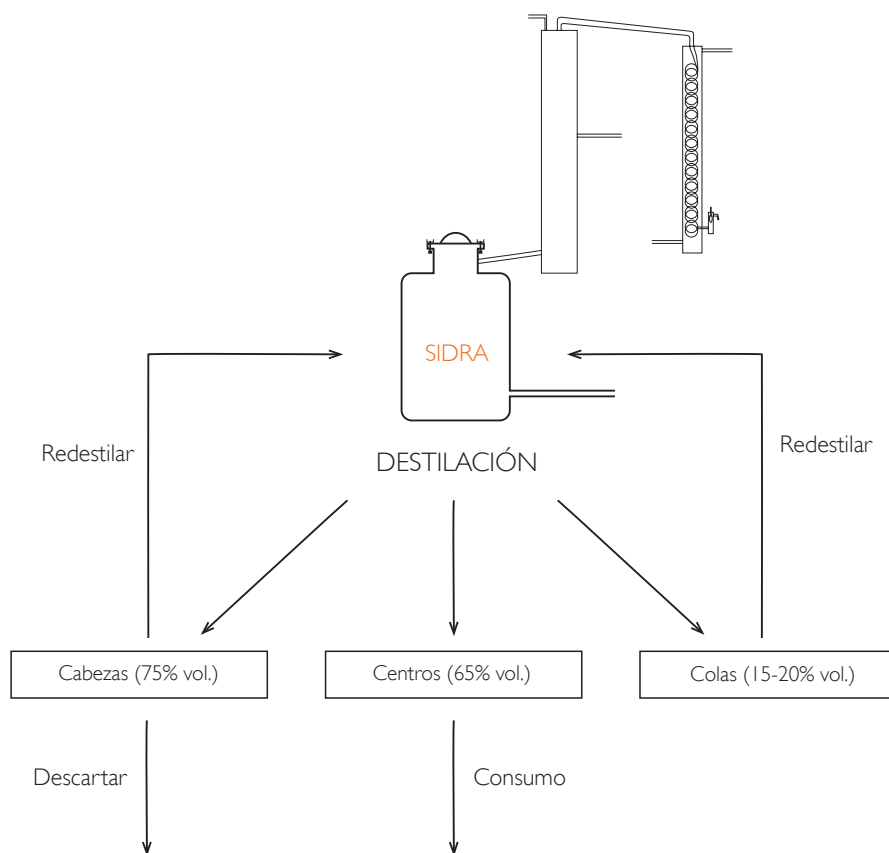
No obstante, dado que esta primera destilación consiste básicamente en una preconcentración de alcohol y aromas, una alternativa al método propuesto es considerar como flemas todo el volumen obtenido en la primera destilación (Figura 8). De esta manera se disminuye el coste del proceso, pero se produce una peor rectificación, lo que exige utilizar una sidra sin defectos aromáticos. En todo caso, será necesario realizar varias primeras destilaciones para obtener un volumen de flemas suficiente para poder realizar una segunda destilación.

Segunda destilación

En esta etapa se obtiene el aguardiente para el consumo. Se trata de la fase más importante del proceso, puesto que es donde se incrementa el contenido alcohólico y se retiran posibles impurezas. Se debe vigilar en todo momento la temperatura (15°C) del agua de refrigeración donde está inmerso el serpentín. La segunda destilación ha de llevarse a cabo lentamente para tener un buen control sobre el proceso, permitiendo separar con precisión las distintas fracciones de la destilación: cabezas, centros y colas. En esta etapa se obtiene una primera fracción de cabezas, con un contenido medio en alcohol alrededor de 75% vol de etanol, luego los centros, o corazones, con graduación alcohólica media de 65-70% vol, que serán los destinados al consumo en fresco o envejecidos y, finalmente, las colas, con un promedio de alcohol sobre los 20% vol de etanol. Las cabezas se desechan por su elevado contenido en acetato de etilo, que aporta un característico olor a pegamento, y las colas se incorporan en segundas destilaciones mezcladas con las flemas.

Destilación única

En este sistema, para garantizar una adecuada separación de aromas, es necesario controlar el agua que refrigera la columna, de manera que la temperatura se encuentre entre 80-85°C. Una temperatura superior impedirá una buena separación de los aromas, y una temperatura inferior dará un aguardiente excesivamente neutro y rectificado. Por lo demás, el procedimiento se asemeja a la segunda destilación descrita anteriormente (Figura 9). Por otro lado, hay que resaltar que una vez que aparecen las primeras gotas de destilado se debe moderar el aporte de calor y controlar la temperatura de la columna, además de mantener el agua de refrigeración del serpentín en torno a 15°C. Estos equipos tienen un alto poder de concentración, por lo que la fracción de cabezas es realmente pequeña y con un elevadísimo contenido en acetato de etilo (olor a pegamento) y acetaldehído (aroma punzante), y por ello habitualmente se elimina. No obstante, en sidras especialmente aromáticas puede ser interesante su redestilación, o incluso incorporarlas al destilado.

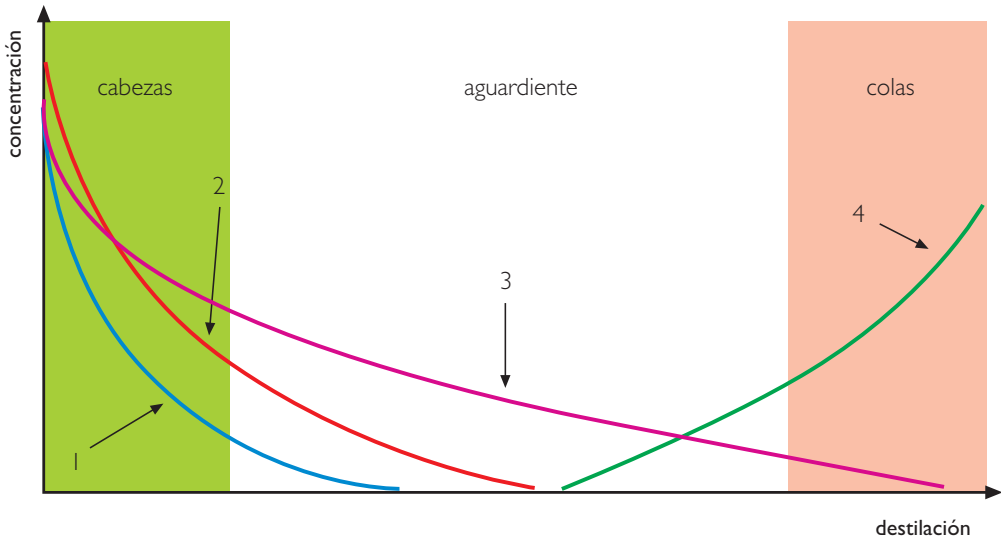


● **Figura 9.** Esquema de la destilación con columna

Composición química de las fracciones del destilado

Aunque cada uno de los componentes de la sidra sigue una distribución particular durante el proceso de destilación, diferentes estudios realizados en el SERIDA sobre el proceso de destilación y los tipos de alambiques empleados permiten establecer unas pautas generales de comportamiento para cada familia química.

Así, los ácidos grasos y sus ésteres se recogen mayoritariamente en las primeras fracciones de la destilación, como consecuencia de una baja solubilidad en agua y alta solubilidad en etanol. Igualmente, en las cabezas se destila acetaldehído (Figura 10), y pueden aparecer otros compuestos carbonílicos como acroleína (lacrimógeno) o diacetilo (mantequilla), estos últimos marcadores de sidras alteradas.



● **Figura 10.** Evolución de los principales componentes del aguardiente durante la destilación. 1: Ácidos grasos y ésteres; 2: acetaldehído; 3: alcoholes superiores y metanol; 4: furfural, 4-etilfenol, ác. acético

Los alcoholes superiores*, solubles en etanol y agua, son los componentes mayoritarios de los centros, lo que hace que sean considerados el esqueleto aromático de los aguardientes. En este sentido, hay que señalar que los diferentes trabajos realizados en el SERIDA han puesto de manifiesto que el metanol, un compuesto miscible en agua y etanol, se haya presente durante todo el proceso de destilación (Figura 10), con un perfil similar a los alcoholes superiores, a pesar de su bajo punto de ebullición de 64,7°C.

Por último, las colas están constituidas por compuestos poco volátiles y solubles en agua, entre los que destacan el ácido acético (vinagre), el 4-etilfenol (cuadra), el furfural (caramelo) y el 2-feniletanol (rosas), lo que hace que esta fracción tenga un olor pesado y desagradable, de gusto a recalentado (Figura 10). Además, es importante señalar que el mayor pH de las colas favorece la extracción de metales pesados del alambique, mayoritariamente cobre, por lo que se recomienda no incorporar esta fracción al destilado final.

Por otro lado, respecto a la influencia del sistema de destilación, cabe resaltar la formación de acetato de etilo en los aguardientes producidos en sistemas de doble

* alcoholes superiores: 2-butanol, 1-propanol, isobutanol (2-metil-1-propanol), 1-butanol, alcohol D-amílico (2-metil-3-butan-1-ol) y alcohol isoamílico (3-metil-3-butan-1-ol).

pasada. Igualmente, los periodos largos de destilación, frecuentes en alambiques de gran capacidad, y especialmente en alquitaras para obtener una rectificación adecuada, incrementan el contenido de acetaldehído, como resultado de la oxidación del etanol catalizada por el cobre del alambique.

Mantenimiento y recomendaciones

La resistencia del cobre a la corrosión es excelente, ya que a temperatura ambiente se encuentra cubierto por una capa de óxido o hidróxido de cobre (según las condiciones ambientales) que protege la superficie. Además, desde el punto de vista electroquímico, el cobre es un metal noble, con un potencial estándar justo por detrás de los metales preciosos. Sin embargo, a pesar de estas buenas cualidades, el depósito de partículas sólidas en la base de la caldera, y la aparición de microorganismos en el condensador, pueden dar lugar a la corrosión de estas zonas. Por ello, si el alambique se utiliza con frecuencia, se recomienda destilar agua al cabo de unos cuantos usos. Si por el contrario se va a posponer su utilización, entonces el lavado será más exhaustivo, evitando el empleo de sustancias abrasivas en su limpieza, y se vaciará el condensador para evitar la proliferación de microorganismos. No es recomendable el uso de lejía, ya que los restos de cloro pueden iniciar la corrosión del cobre.

Antes del primer uso del alambique es recomendable hacer una destilación previa con agua para detectar posibles fugas en el equipo y eliminar restos de suciedad. En caso de observar fugas en las uniones entre las partes móviles del alambique, éstas se pueden sellar con un engrudo de agua y harina, que una vez acabada la destilación se retira fácilmente.

El llenado de la caldera nunca debe superar el 70-75% de su capacidad. De esta manera, se elimina el riesgo de que la espuma que se forma durante el calentamiento de la sidra pueda pasar al destilado.

El control de la temperatura del agua de refrigeración permite variar la capacidad de rectificación de los sistemas de destilación, mejorando sus rendimientos.

Durante toda la destilación, el condensador debe estar lleno de agua para garantizar la condensación de las fracciones de destilado. Una vez que se obtienen las primeras gotas del destilado, la temperatura del agua de refrigeración deberá permanecer alrededor de los 15°C, para garantizar la condensación de los aromas, siendo necesaria una renovación continua del agua. Para garantizar esta temperatura lo más homogénea posible, la entrada de agua fría debe ser por la parte inferior y la salida por la parte superior. En ningún caso deberán detectarse vapores en la salida del alambique, puesto que habría una pérdida de alcohol y aromas.

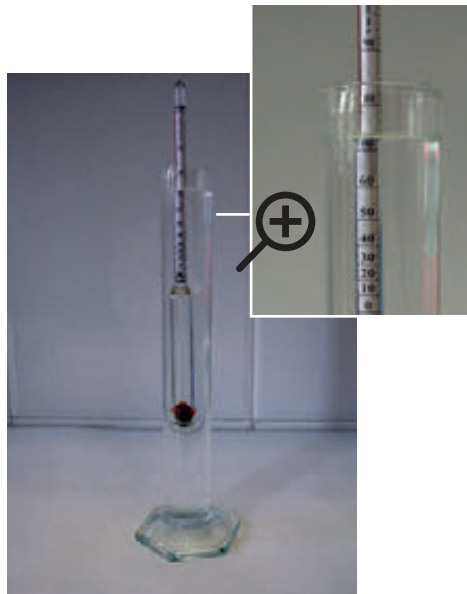


La destilación ha de ser, en todo momento, regular, sin cambios bruscos en el aporte de calor y permitiendo que los reflujos tengan lugar. Hay que tener en cuenta que no se obtienen, necesariamente, mejores destilados en procesos lentos de destilación, ya que excesivos periodos de calentamiento pueden generar aromas no deseados (acetaldehído, acetato de etilo) e incrementan el gasto energético.

En ningún caso, el destilado debe presentar coloración. La aparición ocasional de color amarillo, debido al diacetilo (de fuerte olor a mantequilla rancia), es indicador de defectos en la sidra o de que se ha incorporado un exceso de cabezas al destilado. En cualquier caso, estas fracciones deberán ser desechadas.

Los grados alcohólicos propuestos para los cortes de las distintas fracciones (cabezas, centros y colas) son orientativos, ya que ni todas las sidras tienen el mismo grado alcohólico, ni todos los alambiques presentan la misma capacidad de rectificación. Tanto para seguir el curso de la destilación como para realizar la correcta separación de las fracciones se requiere el análisis del grado alcohólico del destilado.

En este mismo sentido, las fracciones de la destilación deberán modificarse si se destilan sidras con algún defecto. Así, por ejemplo, la destilación de sidras con olores a diacetilo o acetato de etilo obligarán a retirar una mayor parte de cabezas, mientras que las sidras con una excesiva acidez volátil requerirán una mayor retirada de colas. En estos casos, un análisis previo de la composición aromática de la sidra resulta muy útil.



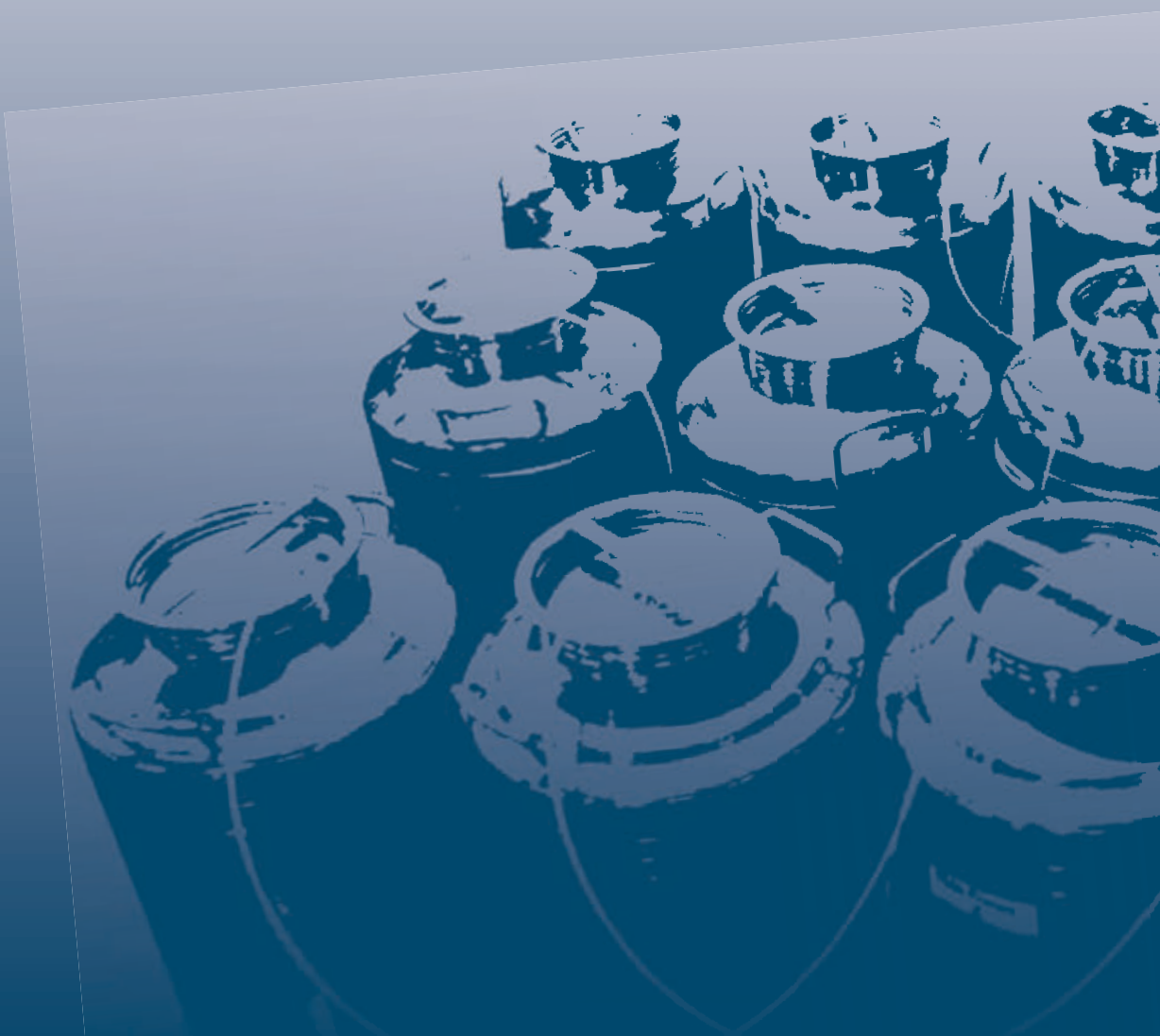
Alcoholímetro para el seguimiento de la destilación con escala de 0 a 100% vol

La graduación a la que se consume habitualmente el aguardiente de sidra es en torno a 40% vol, ésta debe alcanzarse mediante la dilución con agua destilada de los centros obtenidos y nunca por la incorporación de colas. Un exceso de colas en el destilado aumenta la concentración de metales e incrementa los aromas y gustos desagradables (furfural, ácido acético, aromas fenólicos, etc).

La cantidad de cabezas eliminadas puede ser menor si el aguardiente madura durante un periodo mínimo de 8 meses y proviene de una sidra sin defectos, con buen perfil aromático y matices varietales. De esta manera, con el paso del tiempo desaparecerán las notas ásperas y punzantes, y predominarán los aromas afrutados. Esta práctica puede ser especialmente interesante en el caso de los destilados procedentes de columna, ya que un exceso de rectificación conduce a aguardientes excesivamente neutros.

Capítulo 3

MADURACIÓN

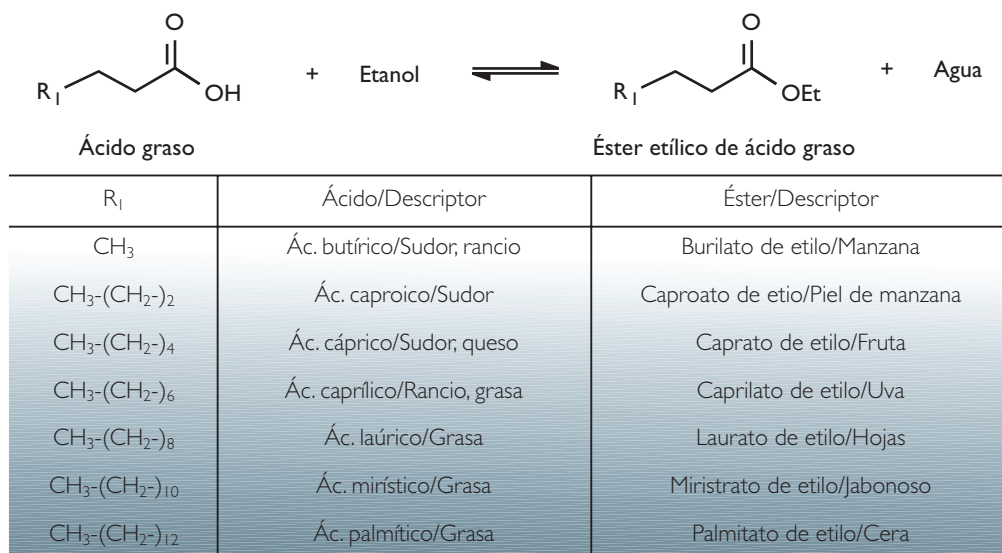


El aguardiente de sidra es una bebida de alta graduación de gran complejidad aromática y gustativa, que destaca por un aroma intenso y persistente, con matices frutales que recuerdan a la materia prima (sidra y manzana). Por esta razón, a diferencia de lo que sucede con otros destilados que necesariamente deben ser envejecidos, su consumo puede ser en fresco, esto es, sin un contacto previo con madera.

Es importante que los aguardientes *frescos* experimenten un reposo, para favorecer cambios en la composición que ayuden a eliminar el carácter áspero y punzante del producto recién destilado. En estos casos, se puede hablar de una etapa de maduración, frente al término envejecimiento, más adecuado para los aguardientes que han entrado en contacto con madera.

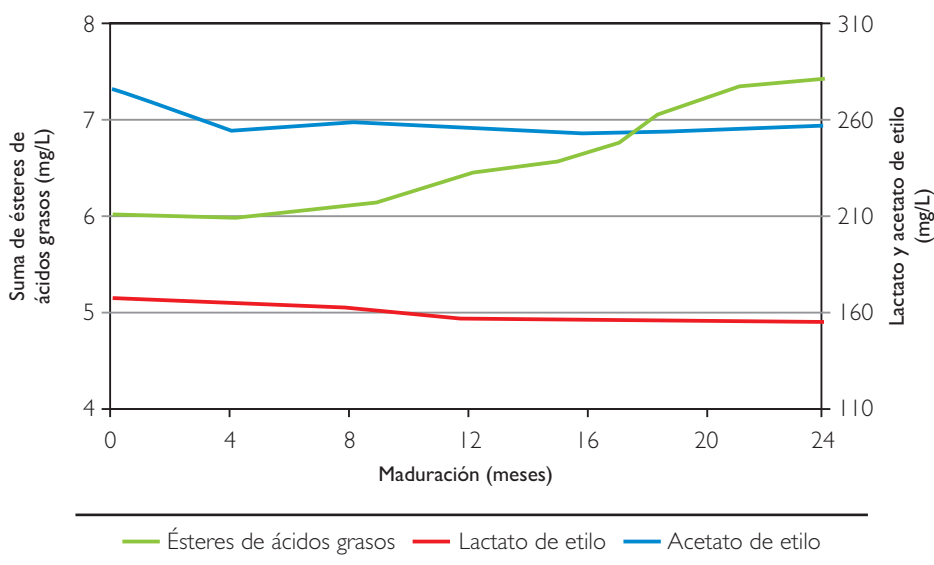
Durante la destilación se modifica la concentración relativa de los compuestos presentes en la sidra: aumenta la concentración de ésteres y ácidos grasos y disminuyen los niveles de ácidos orgánicos y componentes fenólicos. Por otra parte, el calentamiento y el cobre del alambique pueden favorecer la formación de nuevos compuestos, como el furfural, o incrementar algunos ya existentes, como el acetaldehído (etanal), lo que hace que la bebida obtenida no sea químicamente estable.

La permanencia de estos destilados en recipientes inertes, durante un tiempo, permitirá que evolucionen hacia un estado de equilibrio. Así, el mantenimiento de los aguardientes, con graduaciones alcohólicas superiores a 40% vol, en vidrio o acero inoxidable favorece la esterificación de los ácidos grasos que se incorporan en las primeras fracciones de la destilación. El resultado es un incremento del contenido en ésteres, de aromas mayoritariamente “frutales” y “dulces”, y una disminución del carácter “grasiento”, e incluso “rancio”, que aportan los ácidos grasos (Figura 11).



● **Figura 11.** Formación de ésteres etílicos de ácidos grasos

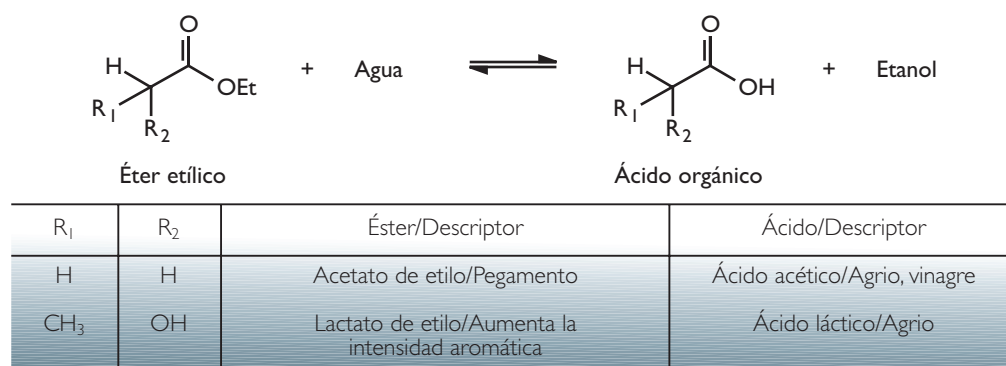
Estudios realizados en el SERIDA sobre la maduración de aguardientes *frescos* mostraron un aumento medio de la suma de ésteres etílicos de ácidos grasos del 25% (Figura 12), detectándose para algunos ésteres mayoritarios, como el caprilato de etilo (olor a uvas) o el caprato de etilo (aroma frutal), incrementos medios superiores al 60%.



● **Figura 12.** Evolución de los principales ésteres etílicos durante la maduración del aguardiente de sidra



Por otro lado, la ausencia en el aguardiente de los ácidos mayoritarios de la sidra (ácidos láctico, acético y succínico), productos típicos de las colas, propicia la hidrólisis de sus respectivos ésteres durante la maduración (Figura 13). Aunque la hidrólisis nunca llega a suponer más del 10% de la concentración inicial de los ésteres, estos cambios pueden influir en la calidad del destilado. A diferencia del incremento de los ésteres de los ácidos grasos, que se produjo durante el periodo de 24 meses estudiado, las hidrólisis se completaron generalmente al cabo de 8-12 meses (Figura 12).



● **Figura 13.** Hidrólisis de los ésteres etílicos en la maduración del aguardiente de sidra

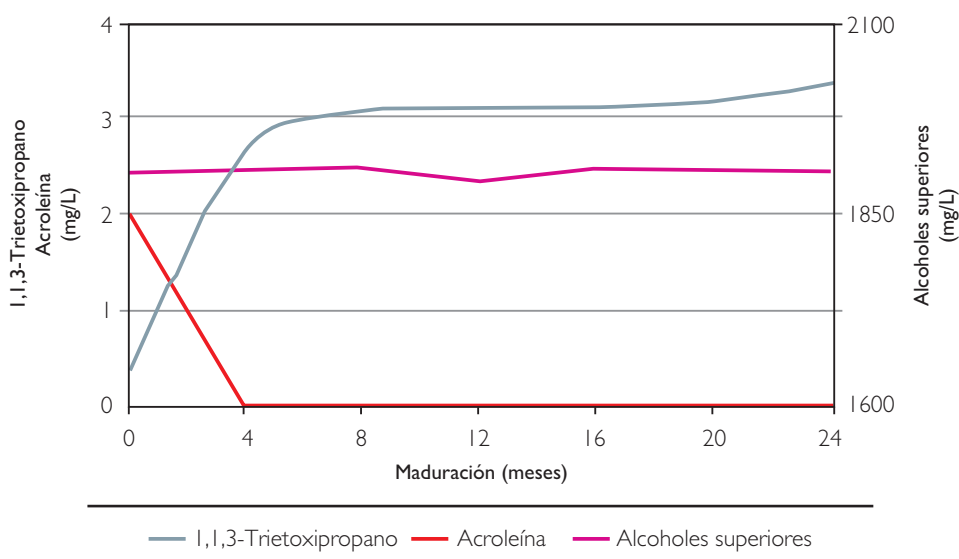
Desde un punto de vista aromático, los aldehídos presentes en el aguardiente son importantes por sus aromas agresivos y bajos umbrales de percepción. La alta reactividad de estos compuestos hace que durante la maduración formen acetales al reaccionar con los alcoholes (principalmente etanol). En determinadas ocasiones, como sucede con la acetalización de la acroleína, el proceso puede ser especialmente relevante desde el punto de vista sensorial. La acroleína, un compuesto altamente reactivo, incorpora, inicialmente, una molécula de etanol para formar 3-etoxipropanal que, posteriormente, experimenta una acetalización por adición de dos moléculas de etanol para dar 1,1,3-trietoxipropano (Figura 14).



● **Figura 14.** Formación de 1,1,3-trietoxipropano a partir de acroleína



A diferencia de la evolución progresiva que tiene lugar en el caso de los ésteres, la disminución de la acroleína se produce rápidamente, transformándose el 100% antes de los primeros cuatro meses. De esta forma se elimina el carácter agresivo de esta molécula y se potencia el perfil aromático, con notas frutales provenientes del 1,1,3-trietoxipropano (Figura 14 y 15).



● **Figura 15.** Evolución de acroleína, 1,1,3-trietoxipropano y alcoholes superiores durante la maduración del aguardiente de sidra

Del mismo modo, en los aguardientes con exceso de acetaldehído, se produce un incremento del correspondiente acetal dietílico, lo que permite disminuir el carácter punzante aportado por el aldehído y potenciar la presencia de matices frutales del acetal (Figura 16).



● **Figura 16.** Formación de acetal a partir de acetaldehído durante la maduración del aguardiente de sidra



Aunque los alcoholes constituyen cuantitativamente la familia de compuestos volátiles más importante del aguardiente de sidra, su participación en las reacciones de acetalización y esterificación es poco relevante, debido al exceso de etanol. Por esta razón, la concentración de los diferentes alcoholes presentes en el destilado se puede considerar constante durante la maduración, constituyendo el esqueleto aromático del aguardiente (Figura 15).

Es importante señalar que durante la maduración se evitarán tanto las temperaturas de conservación elevadas, que favorecen las evaporaciones, como las temperaturas excesivamente bajas, que ralentizan los equilibrios químicos e incluso pueden causar la insolubilización de compuestos volátiles con puntos de fusión altos, como los ácidos grasos y los ésteres de cadena media y larga.

Una práctica que puede realizarse durante esta etapa es el aireado del destilado, para facilitar la eliminación de aromas poco agradables y altamente volátiles. Ésta suele llevarse a cabo con periodicidad mensual, remontando el aguardiente para garantizar una buena oxigenación.

A modo de orientación, se puede señalar que un periodo de ocho meses garantiza un equilibrio en el aroma del destilado, marcado por la presencia de 1,1,3-trioxipropano, la ausencia de acroleína y la hidrólisis de los ésteres etílicos de los ácidos láctico y acético, principalmente. Este tiempo puede ser considerado como el mínimo recomendado para la maduración del aguardiente de sidra. No obstante, periodos más prolongados de maduración propician una mayor concentración en ésteres, dando lugar a aguardientes con una mejor valoración aromática.

Capítulo 4

ENVEJECIMIENTO



Para la mayoría de los aguardientes de sidra la fase final de su elaboración consiste en un envejecimiento en contacto con madera. En el envejecimiento se producen importantes cambios en los aguardientes: se suaviza la percepción alcohólica, aumenta el extracto seco, su aspecto pasa de ser incoloro a presentar tonos amarillo-pajizos y se gana en complejidad aromática y equilibrio gustativo.

El roble y su uso en tonelería

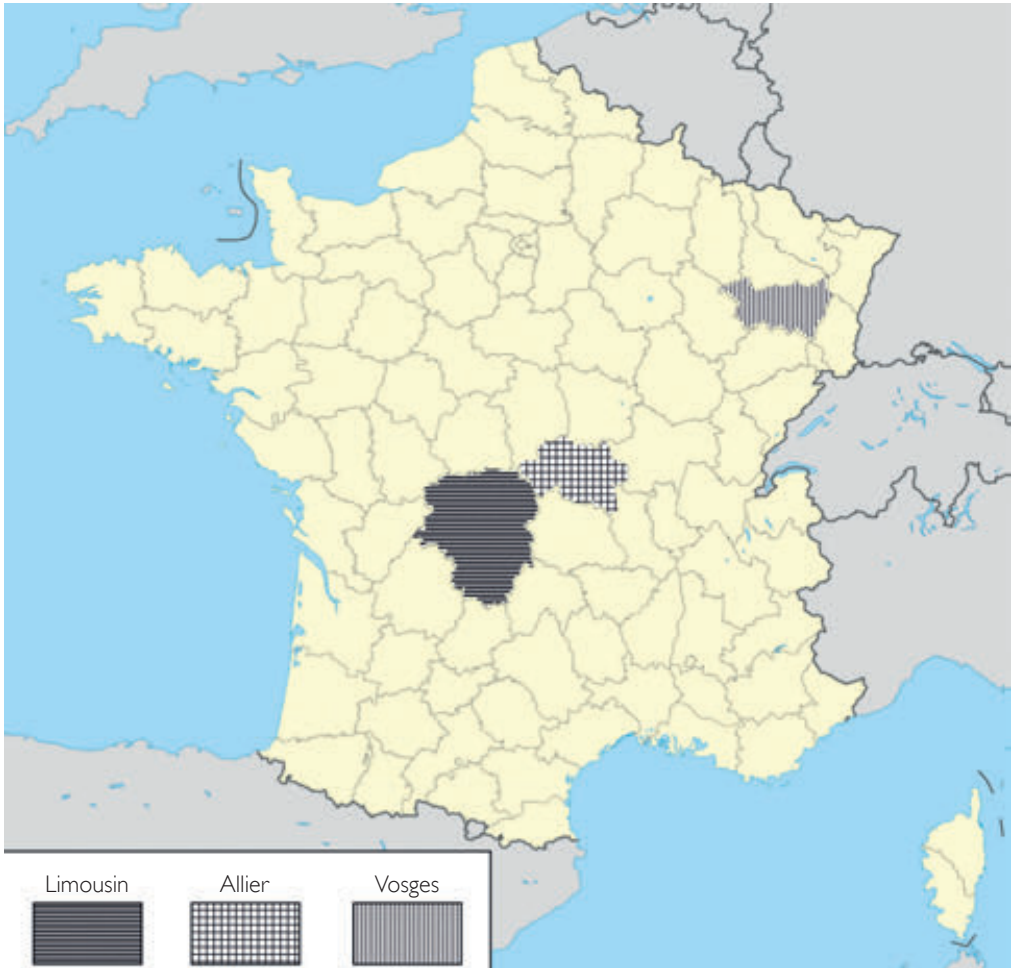
Aunque existen referencias acerca del uso de diversas maderas para la conservación y envejecimiento de bebidas, hoy en día hay una implantación prácticamente total del roble en tonelería. Entre las excelentes aptitudes del roble destacan una buena resistencia mecánica, la facilidad para ser trabajado, una adecuada porosidad, para el intercambio gaseoso, y una baja permeabilidad a los líquidos.

Especies de roble

El roble pertenece al género *Quercus*, integrado por más de 600 especies, cuya presencia se extiende ampliamente por Europa, América del Norte, Centroamérica y el Sudeste asiático. A pesar de esta gran diversidad, son únicamente tres las especies usadas en enología: *Quercus robur*, *Quercus petraea* y *Quercus alba*. Las dos primeras se corresponden con el conocido como roble francés y la última con el denominado roble americano.

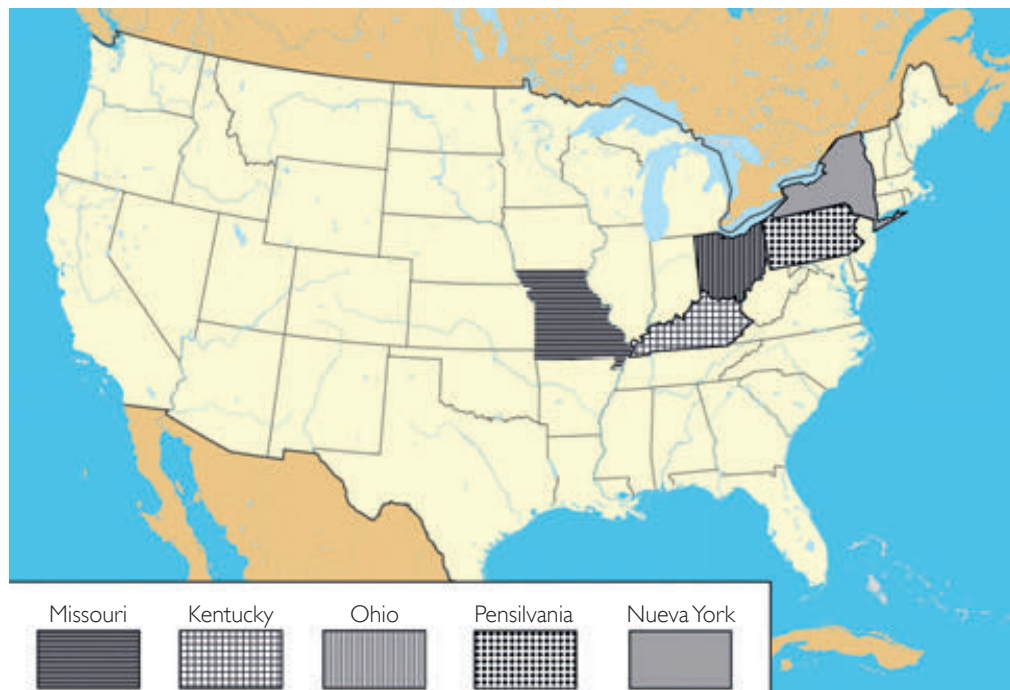
Tradicionalmente, las especies europeas han sido importadas de Francia, destacando, entre otras, las zonas de Limousin, Allier y Vosges; aunque en la actualidad se importan también de diferentes países de Europa del Este como Hungría, Polonia o Rusia, por el comportamiento similar de estas maderas frente a las francesas.

Por otro lado, la especie americana procede fundamentalmente del Este de EE.UU., principalmente de los estados de Missouri, Ohio, Kentucky, Pensilvania y Nueva York.



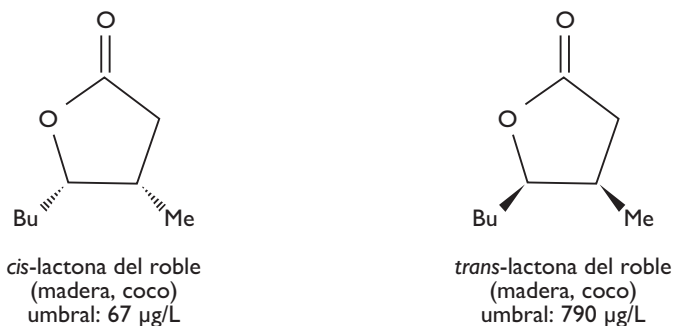
Principales zonas de importación de roble francés

Al tratarse de especies madereras del mismo género (*Quercus*) y subgénero (*Oersted*), su composición química es bastante homogénea, estando constituidas básicamente por celulosa (40-45%), hemicelulosa (20-25%), lignina (25-30%), taninos (5-10%) y compuestos de naturaleza química diversa (5%). Las tres primeras familias configuran la resistencia de la madera a la tracción/compresión y el resto de los componentes constituyen la fracción extraíble, que contribuye decisivamente a las características del producto final.



Principales zonas de importación de roble americano

El roble americano es más rico en compuestos aromáticos y en fenoles volátiles. En particular, destaca su mayor contenido en el isómero *cis* de la lactona del roble, frente a las especies europeas en las que es mayoritario el isómero *trans* (Figura 17). Este compuesto es el responsable de las notas a madera y coco características de los aguardientes envejecidos en roble americano. A su vez, los robles europeos son más ricos en taninos, responsables, en gran medida, del equilibrio y complejidad en boca que presentan estos destilados.



● **Figura 17.** Isómeros *cis* y *trans* de la lactona del roble



Tratamientos de la madera

Antes del uso de la madera con fines enológicos son necesarias dos fases claramente diferenciadas: el secado y el tostado.

La madera verde tiene una humedad alrededor del 60% y es necesario reducirla en torno al 15% para evitar, en la medida de lo posible, posteriores fisuras en las duelas. Por ello es necesario un proceso de secado, que suele hacerse de forma natural, al aire libre, durante dos o tres años. En esta etapa, además de la deshidratación, se producen notables cambios en la composición de la madera por acción de la lluvia, el aire, el sol y los microorganismos a los que se halla expuesta. Entre los cambios más importantes destaca la pérdida del amargor y la astringencia de la madera verde, como resultado de la disminución de compuestos fenólicos solubles en agua (galotaninos y elagitaninos).



Secado de duelas para tonelería al aire libre



El posterior tostado de la madera modifica su estructura y su composición química, aumentando con ello los niveles y complejidad de los compuestos volátiles respecto a la madera seca. Esta etapa consiste en aplicar una fuente de calor a las duelas, a temperaturas que varían entre los 130°C y los 230°C y durante periodos de tiempo variables. La duración y la temperatura del tostado condicionan que éste sea clasificado como débil (o ligero), medio o fuerte (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la madera según su grado de tostado

	Duración (minutos)	Temperatura (°C)
Tostado débil	30	120-130
Tostado medio	35-40	160-190
Tostado fuerte	45	200-230

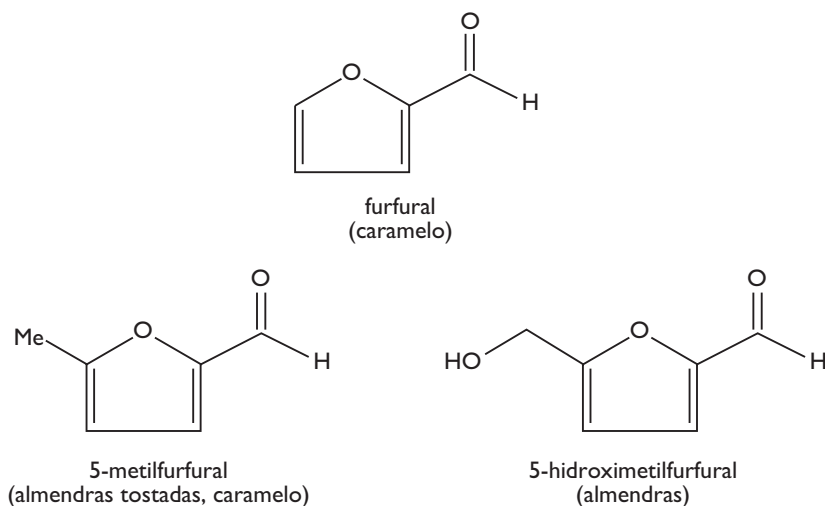


Tostado de una barrica



Durante el tostado tiene lugar una degradación térmica de los polímeros que forman la madera (lignina, celulosa, hemicelulosa y taninos), originándose monómeros o pequeñas moléculas de elevada intensidad aromática, que impartirán las características finales.

El calentamiento de la hemicelulosa y la celulosa provoca que los azúcares que las componen se degraden, produciendo mayoritariamente compuestos furánicos (Figura 18).



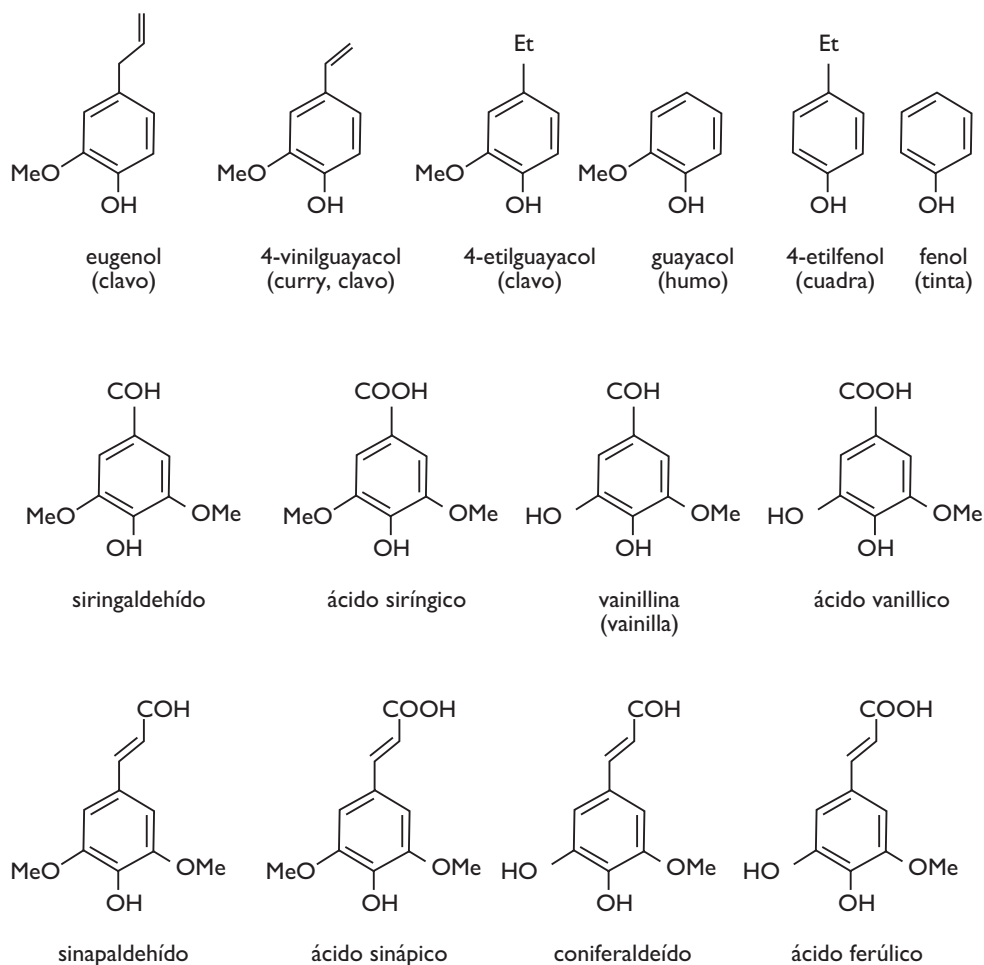
● **Figura 18.** Derivados furánicos procedentes de la degradación térmica de la celulosa y la hemicelulosa

Paralelamente, la degradación térmica de la lignina (formada por unidades de siringilpropano y guayaquilpropano) origina importantes niveles de compuestos fenólicos de bajo peso molecular, entre los que destacan los fenoles volátiles y los derivados benzoicos y cinámicos (Figura 19).

La formación de los volátiles mencionados es máxima en calentamientos moderados, mientras que con tostados fuertes se favorece la degradación de los taninos hidrolizables, responsables del sabor amargo, y se produce una mayor formación de cromóforos marrón-amarillos, responsables del color característico de los aguardientes envejecidos.



La especie de roble seleccionada, junto con las diferencias aportadas por los diferentes tostados, permiten dirigir el envejecimiento hacia aguardientes con distintas características de olor, color y sabor. No obstante, el envejecimiento de los destilados suele realizarse en barricas con un tostado fuerte, para conseguir una buena transformación de la lignina en compuestos aromáticos y disminuir el carácter amargo procedente de los taninos no degradados.



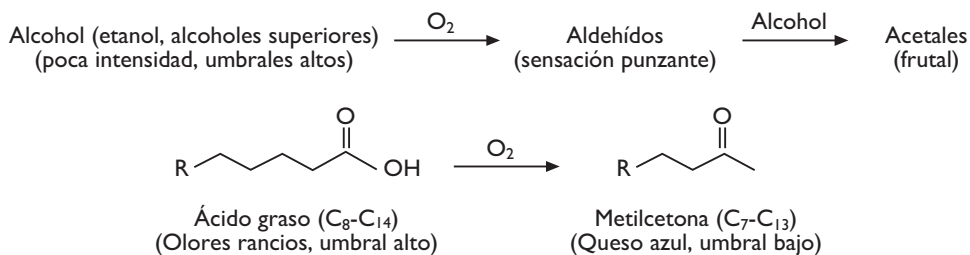
● **Figura 19.** Compuestos fenólicos derivados de la degradación térmica de la lignina



Envejecimiento tradicional

Generalmente, el envejecimiento de los destilados tiene lugar en barricas y toneles con capacidades que suelen oscilar entre los 16 L de una barrica destinada al consumo particular y los 500-600 L típicos de las botas jerezanas. Este envejecimiento es lento, durando en el caso de los aguardientes de más calidad varias décadas. Son necesarios, por lo tanto, largos tiempos de inmovilización del producto lo que, unido al elevado precio de los toneles y a la necesidad de su mantenimiento, da como resultado un notable encarecimiento del producto final.

Aunque los métodos tradicionales de envejecimiento, consistentes en dejar reposar los aguardientes en barricas hasta el momento de su embotellado, se caracterizan por la sencillez de los mismos, desde un punto de vista físico-químico es una etapa compleja en la que se modificarán las características finales del aguardiente. Así, además de los procesos ya reseñados para la maduración de los aguardientes frescos, la porosidad de las duelas favorece la disolución de oxígeno en el destilado, lo que promueve la oxidación de distintos grupos funcionales entre los que cabe destacar tanto la oxidación de alcoholes a aldehídos, que posteriormente formarán acetales (responsables de aromas frutales), como la oxidación de ácidos grasos para formar metilcetonas, características del denominado “rancio charentés” propio de los aguardientes de alta calidad (Figura 20).



● **Figura 20.** Productos de oxidación de los componentes del aguardiente durante el envejecimiento

Por otro lado, el contacto del aguardiente con la duela permite la extracción de los componentes de la madera, lo que dará lugar a la aparición de las tonalidades cromáticas características de los aguardientes envejecidos en madera (extracción de compuestos fenólicos), a una mayor suavidad en boca (extracción de azúcares) y a la presencia de notas características de la madera tostada (extracción de compuestos volátiles).



Por lo que respecta a las barricas o toneles, es frecuente combinar en la bodega distintos grados de agotamiento y capacidad. Así, si se desea acelerar los efectos de la madera se buscará una mayor superficie de contacto entre el líquido y la madera, siendo favorable el empleo de toneles nuevos y pequeños volúmenes. Si lo que se pretende es simplemente conservar y oxigenar el aguardiente, lo más adecuado será el uso de toneles viejos y con gran capacidad. En este sentido, es importante recordar que los poros de la madera actúan como una membrana, permitiendo la salida de agua y etanol, por lo que emplear barricas excesivamente pequeñas incrementará aún más las mermas por evaporación. Como dato orientativo, en toneles de 500 L se considera razonable una merma del 1-3% anual, aunque puede haber pequeñas variaciones, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura de la bodega. En zonas con alta humedad ambiental la evaporación de etanol es mayor que la de agua, por lo que disminuye el grado alcohólico. Por el contrario, en las bodegas con baja humedad la evaporación del agua es mayor, ocasionando un aumento en el grado alcohólico, aunque exista una pérdida neta de alcohol.

Otro factor que influye sobre la velocidad de extracción de los componentes de la madera es el contenido de etanol del destilado, con un máximo para un grado alcohólico del 55% vol; aunque es importante tener en cuenta que el envejecimiento de aguardientes con grados alcohólicos mayores requerirá de menor capacidad de tonelería y, por tanto, puede disminuir los costes.

El envejecimiento de los aguardientes de sidra se realiza de forma estática, o en añadas. El envejecimiento en añadas consiste en llenar el tonel con el aguardiente fresco, durante un periodo más o menos prolongado, hasta su embotellado o a que se proceda a la mezcla con otros aguardientes en una operación conocida como *coupage* o *blended*. Durante el envejecimiento se recomienda dejar en el tonel una pequeña cámara de aire (2-3%) para favorecer el intercambio de oxígeno y promover las necesarias reacciones de oxidación.

Envejecimiento alternativo

Como alternativa, o complemento, a los sistemas de envejecimiento en barrica, con elevados costes de inversión, mantenimiento y reposición, existe la posibilidad de incorporar la madera directamente en el seno del aguardiente.

La implantación del uso de diferentes formatos de roble en las nuevas regiones productoras de vino, como América y Australia, y la autorización de su uso enológico en Europa (Reglamento (CE) N° 1507/2006 de la Comisión de 11 de octubre de 2006), ha facilitado la aparición en el mercado de una gran gama de productos



derivados del roble. En el citado Reglamento se especifica que las piezas de roble únicamente podrán proceder de especies del género *Quercus*, pudiendo ser utilizadas en su estado natural o tostadas, pero sin alcanzar la combustión. Además, su tamaño debe ser tal que al menos el 95% en peso de las partículas quede retenido por un tamiz de 2 mm de malla.

Comercialmente se dispone de una gran diversidad de productos de roble clasificados por su origen, tipo de tostado y con distintos formatos como polvo, virutas, dados, astillas, duelas.... Como norma general, para envejecimientos más rápidos (15-30 días) se recomienda la utilización de los formatos con mayor relación superficie/volumen (polvo, viruta, astillas), por su mayor rapidez en la cesión de los componentes al destilado. Por el contrario, las piezas de mayor tamaño (dados, listones, duelas) se utilizan en envejecimientos más prolongados, para favorecer la extracción de los componentes del interior de la madera.

La combinación de estos formatos de madera en barricas agotadas (aquellas que ya no aportan los componentes propios de la madera) permite prolongar el uso de las mismas, siendo lo más habitual la fijación de tablillas de las características deseadas en su interior (entablillado), la introducción de nuevos listones o duelas, unidos por una cadena para facilitar su retirada después de la maderización, o el uso de tubos de infusión en los que se introducen las astillas o virutas, que se retiran después del tratamiento.



Diferentes formatos de madera de roble con distintos grados de tostado

En el caso de los depósitos de acero, los fragmentos de menor tamaño, como polvo, virutas o dados, se utilizan fijados al fondo del depósito en bolsas tipo infusión que permiten su fácil rescate. Las tablillas, duelas y listones pueden ser sumergidos, fondeados o adosados a las paredes.

Es importante señalar que en estos depósitos no se produce incorporación de oxígeno al destilado y, por lo tanto, se impiden los favorables procesos de oxidación. Para paliar esta carencia de oxigenación es habitual realizar trasiegos o remontados



periódicos, que facilitan la aireación de los aguardientes. En este sentido, en el SERIDA se llevó a cabo un estudio comparativo del envejecimiento clásico en tonel frente a un envejecimiento alternativo, consistente en depósitos de acero inoxidable con duelas de igual tostado en su interior y aporte de oxígeno por microoxigenación*. Las maderas utilizadas fueron roble americano, roble francés y roble asturiano.

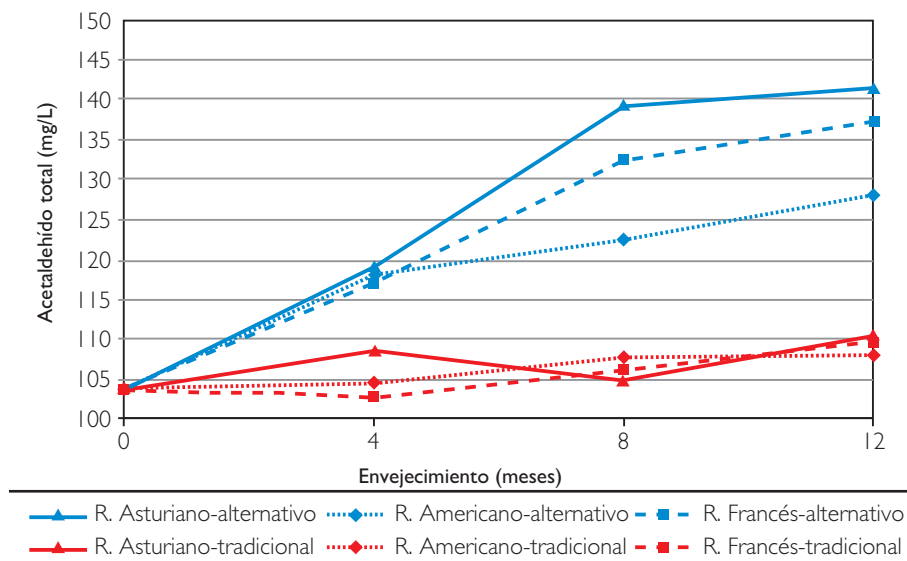


Depósitos de acero inoxidable con duelas en su interior durante el envejecimiento con microoxigenación (SERIDA)

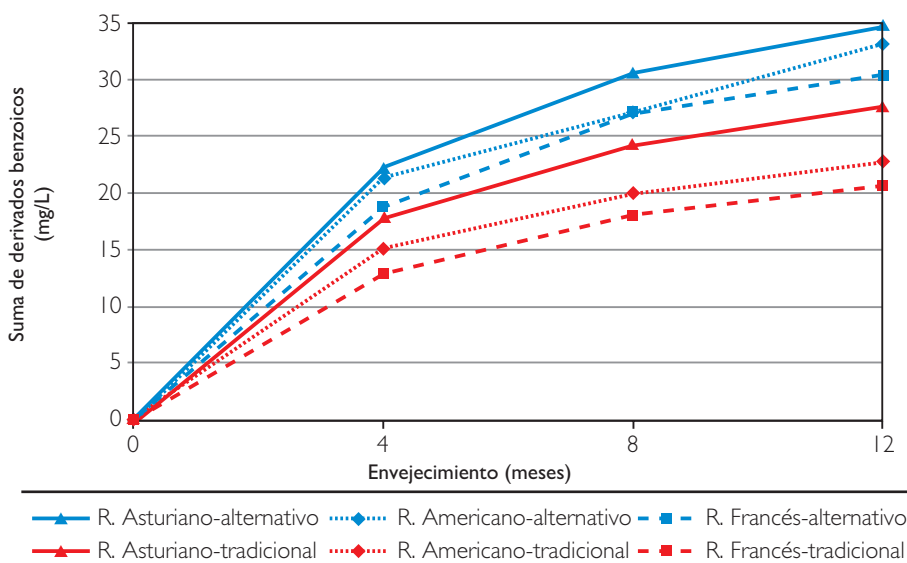
* Los equipos de microoxigenación permiten controlar la dosis de oxígeno en el tiempo mediante un sistema de válvulas programable y difusores, cerámicos o de acero inoxidable, que generan microburbujas, simulando el proceso de difusión del oxígeno que se produce en las barricas.



Entre los resultados de dichos trabajos cabe resaltar que, para cada madera ensayada, el sistema alternativo mostró siempre una evolución en el tiempo más rápida de diferentes compuestos cuyo incremento se asocia al tiempo de envejecimiento, como acetaldehído total* (Figura 21) y derivados benzoicos procedentes de la lignina (Figura 22).



● **Figura 21.** Cambios en la concentración de acetaldehído total durante el envejecimiento alternativo y tradicional



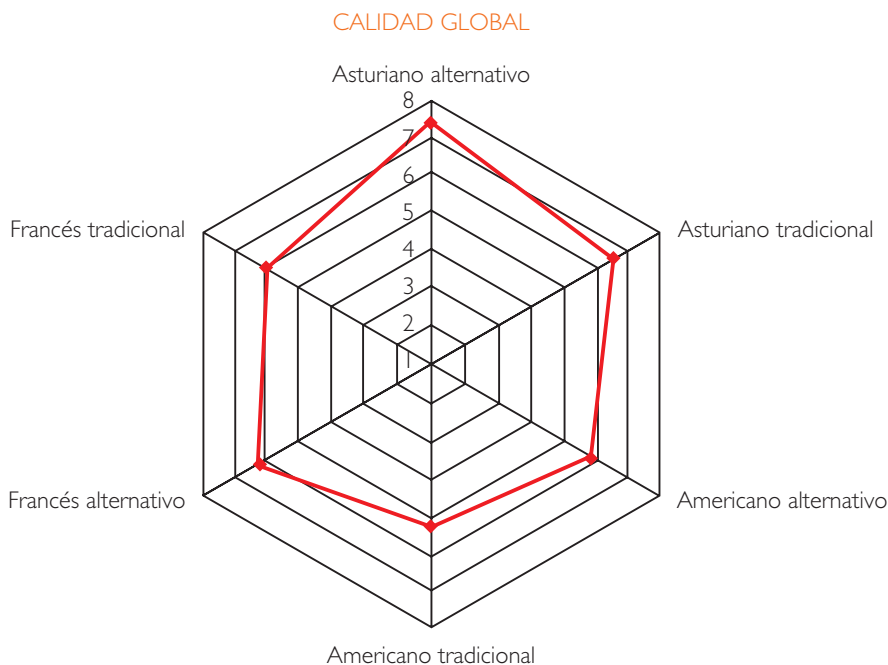
● **Figura 22.** Cambios en la concentración de derivados benzoicos durante el envejecimiento alternativo y tradicional

* Acetaldehído total (AcH_{total}) es la suma del acetaldehído libre (AcH_{libre}) mas la fracción combinada en forma de acetal. Se calcula mediante la expresión $AcH_{total} = AcH_{libre} + 0.373 \times Acetal$.



Asimismo, los niveles de lactato de etilo y acetato de isoamilo, cuyos descensos se asocian a la hidrólisis y transesterificaciones producidas durante el envejecimiento, fueron significativamente menores en el sistema alternativo.

Los aguardientes elaborados en este proyecto fueron evaluados sensorialmente por un panel de expertos en destilados, mediante un análisis descriptivo de 18 atributos sobre una escala del 1 al 9, siendo 1: deficiente, 5: correcto y 9: excelente. Para cada madera, se detectaron mayores puntuaciones en los atributos asociados con la calidad en los aguardientes envejecidos por el sistema alternativo, frente a los correspondientes tradicionales, destacando que la mayor puntuación en el parámetro calidad global la obtuvo el aguardiente envejecido por el sistema alternativo con roble asturiano (Figura 23).



● **Figura 23.** Valoración de la calidad general para los aguardientes envejecidos con roble de tres procedencias por los sistemas tradicional y alternativo



Otras especies madereras

El empleo prácticamente de manera exclusiva de roble está, en muchas ocasiones, originado por la búsqueda de satisfacer las preferencias de los consumidores; si bien, dichas preferencias están muy influidas por razones socio-económicas y culturales. En este sentido, existen referencias sobre el uso de diferentes especies madereras, principalmente caducifolias, que aún hoy continúan utilizándose en tonelería. Así, el castaño es la madera más habitual para la fermentación y maduración de la sidra en Asturias, utilizándose también para envejecer el brandy de Lourinha en Portugal, ambas zonas productoras de esta especie.



Bodega de sidra con toneles de madera de castaño (Sidra El Gobernador)

Nuestro grupo de trabajo ha puesto de manifiesto la idoneidad de la madera de castaño autóctono para el envejecimiento de aguardiente de sidra, utilizando un formato de dados con un tostado fuerte y microoxigenación durante 6 meses. Los aguardientes envejecidos de este modo fueron valorados con puntuaciones medias de 6,1, sobre una escala del 1 al 9.

Capítulo 5

ESTABILIZACIÓN Y ACABADO



Una vez finalizada la etapa de maduración y/o envejecimiento, y previo al embotellado, es necesario realizar algunas prácticas que permitan la estabilización del producto y un mejor acabado del mismo.

Una operación necesaria consiste en ajustar el grado alcohólico del aguardiente, debido a la gran diferencia que hay entre la graduación de la bebida recién destilada y la de consumo (40-45% vol). Este rebaje se realiza añadiendo agua de forma lenta, para evitar el calentamiento del aguardiente, en etapas sucesivas que no supongan una pérdida de grado superior al 10% vol. En las mezclas de agua y alcohol los volúmenes no son aditivos y, por esta razón, se dispone de tablas que permiten saber el agua que es necesario añadir para obtener el grado deseado a partir de un destilado de grado superior (Tabla 2). Así, por ejemplo, para rebajar 100 L de aguardiente, con un grado inicial del 66% vol, hasta el 41% vol, sería necesario añadir 63,0 L de agua. El agua utilizada ha de estar exenta de olores y sabores extraños; se deben evitar las aguas duras, con elevados contenidos en magnesio y calcio, que puedan formar complejos con los taninos procedentes de la madera o inducir la insolubilización de sales derivadas de los ácidos oxálico y acético. El agua más recomendada es la destilada, que puede ser obtenida en el propio alambique, o bien la desmineralizada, es decir, tratada con intercambiadores iónicos, siempre que se asegure un nivel de calcio inferior a 2 mg/L. También pueden aparecer precipitaciones insolubles de sales de Fe y Cu, como consecuencia de una deficiente limpieza y mantenimiento del alambique.

Durante el ajuste con agua se pueden producir enturbiamientos por una excesiva riqueza en el destilado de compuestos muy poco solubles en agua, como ácidos grasos y sus ésteres de cadena larga (palmitato, estearato, linoleato de etilo, etc), o también por insolubilizaciones de los taninos cedidos por la madera en el envejecimiento. Por otra parte, es conocido que la solubilidad de los compuestos disminuye con el descenso de la temperatura, por lo que al enfriar destilados con una gran riqueza en ésteres se pueden formar "pequeñas bolas" de naturaleza coloidal, fácilmente identificables, que se re-disolverán al recuperar el equilibrio térmico.

Para evitar la aparición de los enturbiamientos y sedimentos descritos, se ha impuesto como una práctica muy extendida en la estabilización de los aguardien-



BODEGA



Ajuste del grado alcohólico

Ajuste del color



T^a = -10 °C
1 semana

Filtración en frío
(0,45-1,0 μm)



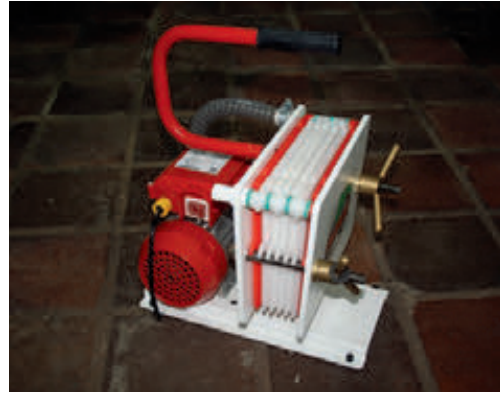
Filtración del
abrillantado

ENVASADO



Esquema del proceso de acabado de los aguardientes

tes la filtración en frío, "chill filtration", que garantiza la estabilidad, la limpidez y la brillantez del aguardiente. Dicha práctica consiste en enfriar el producto acabado durante una semana y seguidamente filtrarlo. La temperatura elegida puede variar, dependiendo de la composición del aguardiente, si bien el rango comprendido entre -5 y -10°C es lo más frecuente. Temperaturas superiores no darían el resultado deseado y, por el contrario, temperaturas más bajas aumentarían en exceso la viscosidad, dificultando la filtración y provocando una excesiva pérdida de aromas.



Filtro de cartuchos (izquierda) y filtros de placas de celulosa

La elección del filtro es de suma importancia, ya que deben ser estables en un medio tan alcohólico, con baja proporción de extraíbles, y evitar tanto la incorporación de iones Ca^{2+} como la cesión de gustos u olores. En general, filtros de membrana con tamaños de poro definidos entre 0,45 y 1,0 μm son suficientes para garantizar una retención cuantitativa y el buen acabado de la bebida. En ocasiones, además de la filtración en frío, se realiza una segunda filtración de abrillatamiento para conseguir el aspecto deseado.

La primera impresión que percibe un consumidor de aguardientes es la visual, por lo que factores como color, tonalidad y limpidez han de tenerse en cuenta. Para ello, el uso de caramelo enológico permite ajustar el color del producto final y normalizar; desde el punto de vista del color, los destilados. El caramelo usado ha de ser compatible con la bebida y debe garantizarse su estabilidad, en cuanto a la ausencia de separación, floculación, precipitación y enturbiamiento. El empleo de extractos hidroalcohólicos de almendra, uvas pasas, cáscaras de nueces verdes y virutas de roble permiten modificar tanto el sabor como el color y, por ello, su uso debe ser anterior al acabado definitivo con caramelo.



La coloración de los aguardientes se realiza antes de su rebaje con agua y es importante filtrarlos o clarificarlos a continuación. Si lo que se desea es disminuir el color puede ser suficiente con un tratamiento con gelatina o cola de pescado, para precipitar el exceso de tanino. En situaciones de excesiva coloración es necesario recurrir a tratamiento más enérgicos, como la adición de carbón activo. En ambos casos es necesaria la filtración del aguardiente después de los tratamientos, para retirar posibles sedimentos. Aunque no es una práctica habitual en la elaboración de aguardiente de sidra, se puede añadir azúcar, en forma de jarabe de sacarosa, para aportar suavidad a la bebida.

Otro aspecto importante a considerar en cuanto al color es la influencia de la luz. Se ha comprobado que cuando se emplean botellas incoloras la pérdida de color puede llegar hasta un 50%, mientras que si son ámbar esta pérdida se reduce a tan sólo el 10%. Estas pérdidas son más acentuadas cuando el color es aportado por caramelo, en vez de por la propia madera. En otros casos, las radiaciones ultravioletas del sol inducen cambios en los isómeros *cis-trans* varietales, siendo de nuevo más acusados en las botellas no tintadas.

Tras el embotellado han de evitarse las pérdidas y evaporaciones debidas a un mal taponado. En el mercado hay disponible una gran variedad de tapones, desde los de corcho natural a los sintéticos, que deben preservar las características organolépticas de los destilados. Lo más frecuente es el empleo de tapones con cabeza, formados por un tapón de corcho natural o microgranulado y una cápsula que puede ser de resina fenólica, madera, vidrio, porcelana, plástico...

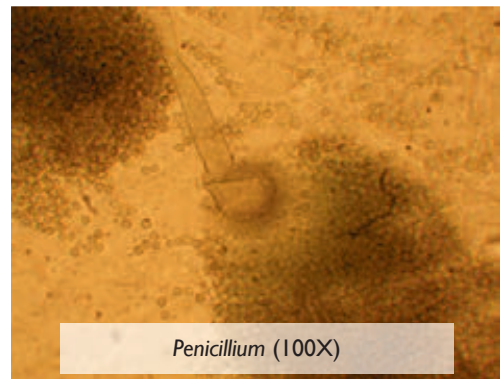
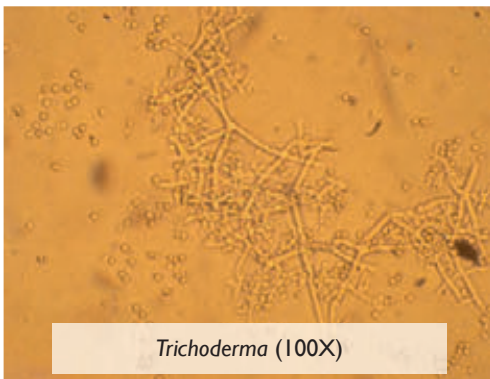


Tapones naturales y sintéticos



Como norma general, los tapones han de garantizar un sellado perfecto, abrir y cerrar fácilmente sin desmenuzarse formando polvo o pequeñas partículas, ser resistentes y no incorporar color ni sabor a los aguardientes.

Cabe recordar que la principal causa de deterioro atribuible a los tapones es la presencia de derivados clorados, como los tricloroanisoles, responsables del gusto a “moho/corcho” en vinos y sidras, y que en los destilados envejecidos se describe como aromas tipo “nuez”. El corcho natural es un sustrato ideal para el desarrollo de un gran número de microorganismos, y su presencia en los tapones puede originar alteraciones olfativas en las bebidas. En particular, los hongos filamentosos (*Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, etc) pueden metilar los clorofenoles y transformarlos en tricloroanisoles y otros derivados organoclorados. A diferencia de su detección en vinos o sidras, en los que la presencia de tricloroanisoles es inmediata, su percepción en los aguardientes se produce transcurridos entre 5 y 30 minutos después del consumo. Como alternativa al tapón de corcho es posible utilizar tapones sintéticos, fabricados a partir de polímeros expandidos, que tienen la ventaja de presentar uniformidad en los lotes y, al no ser de origen biológico, no presentan los riesgos asociados con la actividad microbiana.



Hongos de la madera



Tabla 2. Litros de agua por 100 L de aguardiente iniciales.

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
86	38	131,5		82	5,4		77	11,3		73	16,3
	39	125,6		83	4,0		78	9,8		74	14,6
	40	120,0		84	2,6		79	8,3		75	13,0
	41	114,7		85	1,3		80	6,8		76	11,4
	42	109,6	-	-	-		81	5,4		77	9,9
	43	104,8	85	38	128,7		82	4,0		78	8,4
	44	100,1		39	122,9		83	2,6		79	6,9
	45	95,7		40	117,3		84	1,3		80	5,5
	46	91,4		41	112,1	-	-	-		81	4,0
	47	87,4		42	107,1	84	38	125,9		82	2,7
	48	83,4		43	102,3		39	120,1		83	1,3
	49	79,7		44	97,7		40	114,7	-	-	-
	50	76,1		45	93,3		41	109,5	83	38	123,1
	51	72,6		46	89,1		42	104,5		39	117,4
	52	49,2		47	85,1		43	99,8		40	112,0
	53	66,0		48	81,2		44	95,5		41	106,9
	54	62,9		49	77,5		45	90,9		42	102,0
	55	57,9		50	73,9		46	87,6		43	97,3
	56	57,0		51	70,5		47	82,8		44	92,8
	57	54,2		52	67,1		48	78,9		45	88,5
	58	51,5		53	64,0		49	75,3		46	84,4
	59	48,8		54	60,9		50	71,7		47	80,5
	60	46,3		55	57,9		51	68,3		48	76,7
	61	43,8		56	55		52	65,1		49	73,1
	62	41,5		57	52,3		53	61,9		50	69,6
	63	39,1		58	49,6		54	58,9		51	66,2
	64	36,9		59	47,0		55	55,9		52	63,0
	65	34,7		60	44,5		56	53,1		53	59,9
	66	32,6		61	42,1		57	50,4		54	56,9
	67	30,5		62	39,7		58	47,7		55	54,0
	68	28,5		63	37,4		59	45,1		56	51,2
	69	26,6		64	35,2		60	42,7		57	48,5
	70	24,7		65	33,0		61	40,3		58	45,8
	71	22,9		66	30,9		62	37,9		59	43,3
	72	21,1		67	28,9		63	35,7		60	40,9
	73	19,3		68	26,9		64	33,5		61	38,5
	74	17,6		69	25,0		65	31,3		62	36,2
	75	15,9		70	23,1		66	29,3		63	33,9
	76	14,3		71	21,3		67	27,3		64	31,8
	77	12,7		72	19,5		68	25,3		65	29,7
	78	11,2		73	17,8		69	23,4		66	27,6
	79	9,7		74	16,1		70	21,6		67	25,6
	80	8,2		75	14,5		71	19,8		68	23,7
	81	6,8		76	12,9		72	18,0		69	21,8

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	70	20,0		68	22,1		67	22,4		67	20,8
	71	18,2		69	20,3		68	20,5		68	18,9
	72	16,5		70	18,4		69	18,7		69	17,1
	73	14,8		71	16,7		70	16,9		70	15,3
	74	131,1		72	15,0		71	15,2		71	13,6
	75	11,6		73	13,3		72	13,5		72	12,0
	76	10,0		74	11,7		73	11,8		73	10,3
	77	8,5		75	10,1		74	10,2		74	8,7
	78	7,0		76	8,5		75	8,6		75	7,2
	79	5,5		77	7,0		76	7,1		76	5,7
	80	4,1		78	5,6		77	5,6		77	4,2
	81	2,7		79	4,1		78	4,2		78	2,8
	82	1,3		80	2,7		79	2,7		79	1,4
	-	-		81	1,3		80	1,4		-	-
82	38	120,3	-	-	-	-	-	-	79	38	111,9
	39	114,7	81	38	117,5	80	38	114,7		39	106,5
	40	109,3		39	111,9		39	109,2		40	101,4
	41	104,3		40	106,7		40	104,0		41	96,5
	42	99,4		41	101,7		41	99,1		42	91,8
	43	94,8		42	96,9		42	94,3		43	87,3
	44	90,4		43	92,3		43	89,8		44	83,1
	45	86,1		44	87,9		44	85,5		45	79,0
	46	82,1		45	83,7		45	81,3		46	75,1
	47	78,2		46	79,7		46	77,4		47	71,3
	48	74,5		47	75,9		47	73,6		48	67,8
	49	70,9		48	72,2		48	70,0		49	64,3
	50	67,4		49	68,7		49	66,5		50	61,0
	51	64,1		50	65,3		50	63,1		51	57,8
	52	60,9		51	62,0		51	59,9		52	54,7
	53	57,8		52	58,8		52	56,8		53	51,7
	54	54,9		53	55,8		53	53,8		54	48,9
	55	52,0		54	52,9		54	50,9		55	46,1
	56	49,2		55	50,0		55	48,1		56	43,4
	57	46,5		56	47,3		56	45,4		57	40,9
	58	44,0		57	44,7		57	42,8		58	38,4
	59	41,5		58	42,1		58	40,2		59	36,0
	60	39,0		59	39,6		59	37,8		60	33,6
	61	36,7		60	37,2		60	35,4		61	31,4
	62	34,4		61	34,9		61	33,1		62	29,2
	63	32,2		62	32,7		62	30,9		63	27,1
	64	30,1		63	30,5		63	28,8		64	25,0
	65	28,0		64	28,4		64	26,7		65	23,0
	66	26,0		65	26,3		65	24,7		66	21,1
	67	24,0		66	24,3		66	22,7		67	19,2

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	68	17,3		70	12,3		73	5,9	75	38	100,8
	69	15,5		71	10,6		74	4,4		39	95,6
	70	13,8		72	9,0		75	2,9		40	90,8
	71	12,1		73	7,4		76	1,4		41	86,1
	72	10,5		74	5,8	-	-	-		42	81,7
	73	8,8		75	4,3	76	38	103,5		43	77,5
	74	7,3		76	2,8		39	98,3		44	73,4
	75	5,7		77	1,4		40	93,4		45	69,5
	76	4,3	-	-	-		41	88,7		46	65,8
	77	2,8	77	38	106,3		42	84,2		47	62,3
	78	1,4		39	101,1		43	79,9		48	58,9
-	-	-		40	96,1		44	75,8		49	55,6
78	38	109,1		41	91,3		45	71,2		50	52,4
	39	103,8		42	86,7		46	68,1		51	49,4
	40	98,7		43	82,4		47	64,5		52	46,5
	41	93,9		44	78,2		48	61,1		53	43,7
	42	89,3		45	74,3		49	57,8		54	40,9
	43	84,9		46	70,5		50	54,6		55	38,3
	44	80,7		47	66,8		51	51,5		56	35,8
	45	76,6		48	63,3		52	48,5		57	33,3
	46	72,8		49	59,9		53	45,7		58	31,0
	47	69,1		50	56,7		54	42,9		59	28,7
	48	65,5		51	53,6		55	40,3		60	26,5
	49	62,1		52	50,6		56	37,7		61	24,3
	50	58,8		53	47,7		57	35,2		62	22,2
	51	55,7		54	44,9		58	32,8		63	20,2
	52	52,7		55	42,2		59	30,5		64	18,3
	53	49,7		56	39,6		60	28,3		65	16,4
	54	46,9		57	37,1		61	26,1		66	14,5
	55	44,2		58	34,7		62	24,0		67	12,7
	56	41,5		59	32,3		63	21,9		68	11,0
	57	39,0		60	30,0		64	19,9		69	9,3
	58	36,5		61	27,8		65	18,0		70	7,6
	59	34,1		62	25,7		66	16,2		71	6,0
	60	31,8		63	23,6		67	14,3		72	4,5
	61	29,6		64	21,6		68	12,6		73	2,9
	62	27,4		65	19,7		69	10,9		74	1,4
	63	25,3		66	17,8		70	9,2	-	-	-
	64	23,3		67	15,9		71	7,5	74	38	98,0
	65	21,3		68	14,2		72	6,0		39	92,9
	66	19,4		69	12,4		73	4,4		40	88,1
	67	17,6		70	10,7		74	2,9		41	83,5
	68	15,7		71	9,1		75	1,4		42	79,2
	69	14,0		72	7,5	-	-	-		43	75,0

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	44	71,0		51	45,2		59	23,2		68	4,7
	45	67,2		52	42,4		60	21,1		69	3,1
	46	63,5		53	39,6		61	19,1		70	1,5
	47	60,0		54	37,0		62	17,1	-	-	-
	48	56,7		55	34,4		63	15,1	70	38	86,9
	49	53,4		56	32,0		64	13,2		39	82,1
	50	50,3		57	29,6		65	11,4		40	77,6
	51	47,3		58	27,3		66	9,7		41	73,2
	52	44,4		59	25,1		67	7,9		42	69,1
	53	41,6		60	22,9		68	6,3		43	65,2
	54	39,0		61	20,8		69	4,6		44	61,4
	55	36,4		62	18,8		70	3,0		45	57,8
	56	33,9		63	16,8		71	1,5		46	54,3
	57	31,5		64	14,9	-	-	-		47	51,0
	58	29,1		65	13,1	71	38	89,7		48	47,8
	59	26,9		66	11,3		39	84,8		49	44,7
	60	24,7		67	9,5		40	80,2		50	41,8
	61	22,6		68	7,8		41	75,8		51	39,0
	62	20,5		69	6,2		42	71,6		52	36,2
	63	18,5		70	4,6		43	67,6		53	33,6
	64	16,6		71	3,0		44	63,8		54	31,1
	65	14,7		72	1,5		45	60,1		55	28,6
	66	12,9	-	-	-		46	56,6		56	26,3
	67	11,1	72	38	92,4		47	53,2		57	24,0
	68	9,4		39	87,5		48	50		58	21,8
	69	7,7		40	82,8		49	46,9		59	19,6
	70	6,1		41	78,4		50	43,9		60	17,6
	71	4,5		42	74,1		51	41,1		61	15,6
	72	3,0		43	70,1		52	38,3		62	13,6
	73	1,5		44	66,2		53	35,6		63	11,7
-	-	-		45	62,5		54	33,1		64	9,7
73	38	95,2		46	58,9		55	30,6		65	8,1
	39	90,2		47	55,5		56	28,2		66	6,4
	40	85,5		48	52,2		57	25,9		67	4,7
	41	81,0		49	49,1		58	23,6		68	3,1
	42	76,7		50	46,0		59	21,4		69	1,5
	43	72,5		51	43,1		60	19,3	-	-	-
	44	68,6		52	40,3		61	17,3	69	38	84,1
	45	64,8		53	37,6		62	15,3		39	79,4
	46	61,2		54	35,0		63	13,4		40	75,0
	47	57,8		55	32,5		64	11,6		41	70,7
	48	54,4		56	30,1		65	9,8		42	66,6
	49	51,2		57	27,7		66	8,0		43	62,7
	50	48,2		58	25,5		67	6,3		44	59,0

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	45	55,4		57	20,3		40	67,1		55	19,0
	46	52,0		58	18,1		41	63,0		56	16,8
	47	48,7		59	16,0		42	59,1		57	14,7
	48	45,6		60	14,0		43	55,4		58	12,7
	49	42,6		61	12,1		44	51,8		59	10,7
	50	39,7		62	10,2		45	48,4		60	8,8
	51	36,9		63	9,4		46	46,1		61	6,9
	52	34,2		64	6,6		47	42		62	5,1
	53	31,6		65	4,9		48	39		63	3,3
	54	29,1		66	3,2		49	36,1		64	1,6
	55	26,7		67	1,6		50	33,4	-	-	-
	56	24,4	-	-	-		51	30,7	64	38	70,4
	57	22,1	67	38	78,6		52	28,1		39	66,0
	58	20,0		39	74,1		53	25,6		40	61,9
	59	17,8		40	69,7		54	23,2		41	57,9
	60	15,8		41	65,6		55	20,9		42	54,1
	61	13,8		42	61,6		56	18,7		43	50,5
	62	11,9		43	57,8		57	16,6		44	47,1
	63	10,1		44	54,2		58	14,5		45	43,8
	64	8,2		45	50,8		59	12,5		46	40,6
	65	6,5		46	47,4		60	10,5		47	37,6
	66	4,8		47	44,3		61	8,6		48	34,6
	67	3,2		48	41,2		62	6,8		49	31,8
	68	1,6		49	38,3		63	5,0		50	29,2
-	-	-		50	35,5		64	3,3		51	26,6
68	38	81,4		51	32,8		65	1,6		52	24,1
	39	76,7		52	30,1	-	-	-		53	21,7
	40	72,3		53	27,3	65	38	73,1		54	19,4
	41	68,1		54	25,2		39	68,7		55	17,1
	42	64,1		55	22,9		40	64,5		56	15,0
	43	60,3		56	20,6		41	60,5		57	12,8
	44	56,6		57	18,4		42	56,6		58	10,9
	45	53,1		58	16,3		43	52,9		59	8,9
	46	49,7		59	14,3		44	49,4		60	7,0
	47	46,5		60	12,3		45	46,1		61	5,2
	48	43,4		61	10,4		46	42,9		62	3,4
	49	40,4		62	8,5		47	39,8		63	1,7
	50	37,6		63	6,7		48	36,8	-	-	-
	51	34,8		64	4,9		49	34,0	63	38	67,6
	52	32,2		65	3,2		50	31,3		39	63,6
	53	29,6		66	1,6		51	28,6		40	59,3
	54	27,2	-	-	-		52	26,1		41	55,4
	55	24,8	66	38	75,9		53	23,7		42	51,6
	56	22,5		39	71,4		54	21,3		43	48,1

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	44	44,7	61	38	62,2		58	3,6		57	1,8
	45	41,4		39	58,0		59	1,8	-	-	-
	46	38,3		40	54,0	-	-	-	57	38	51,2
	47	35,3		41	50,3	59	38	56,7		39	47,3
	48	32,5		42	46,7		39	52,7		40	43,6
	49	29,7		43	43,2		40	48,8		41	40,1
	50	27,1		44	29,9		41	45,2		42	36,7
	51	24,5		45	26,8		42	41,7		43	33,5
	52	22,1		46	33,8		43	38,4		44	30,5
	53	19,7		47	30,9		44	35,2		45	27,5
	54	17,4		48	28,1		45	32,1		46	24,7
	55	15,2		49	25,4		46	29,2		47	22,0
	56	13,1		50	22,9		47	26,4		48	19,4
	57	11,0		51	20,4		48	23,7		49	16,9
	58	9,0		52	18,0		49	21,2		50	14,5
	59	7,1		53	15,7		50	18,7		51	12,2
	60	5,2		54	13,5		51	16,3		52	10,0
	61	3,1		55	11,4		52	14,0		53	7,8
	62	1,7		56	9,3		53	11,8		54	5,8
-	-	-		57	7,3		54	9,6		55	3,8
62	38	64,9		58	5,4		55	7,6		56	1,9
	39	60,7		59	3,5		56	5,6	-	-	-
	40	57,6		60	1,7		57	3,7	56	38	48,5
	41	52,8	-	-	-		58	1,8		39	44,7
	42	49,1	60	38	60,4	-	-	-		40	41,1
	43	45,6		39	55,3	58	38	54		41	37,6
	44	42,3		40	51,4		39	50		42	34,3
	45	37,1		41	47,7		40	46,2		43	31,1
	46	36,0		42	44,2		41	42,6		44	28,1
	47	33,1		43	40,8		42	37,2		45	25,2
	48	30,3		44	37,5		43	35,9		46	22,4
	49	27,6		45	34,6		44	32,8		47	19,8
	50	25,0		46	31,5		45	29,8		48	17,2
	51	22,5		47	28,6		46	26,9		49	14,8
	52	20,0		48	25,9		47	24,2		50	12,4
	53	17,7		49	23,3		48	21,6		51	10,2
	54	15,5		50	20,8		49	19,0		52	8,0
	55	13,3		51	18,3		50	16,6		53	5,9
	56	11,2		52	16,0		51	14,2		54	3,8
	57	9,2		53	13,7		52	12,0		55	1,9
	58	7,2		54	11,6		53	9,9	-	-	-
	59	5,3		55	9,5		54	7,7	55	38	45,8
	60	3,6		56	7,4		55	5,7		39	42
	61	1,7		57	5,5		56	3,7		40	38,5

Grado: % vol.



Tabla 2. (Continuación)

Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)	Grado inicial	Grado final	Agua (L)
	41	35,0		50	6,2		49	2,1	45	38	18,7
	42	31,8		51	4,1	-	-	-		39	15,7
	43	28,7		52	2,0	49	38	29,5		40	12,7
	44	25,7	-	-	-		39	26,2		41	9,9
	45	22,9	52	38	37,6		40	23,0		42	7,3
	46	20,2		39	34,1		41	20,0		43	4,7
	47	17,6		40	30,7		42	17,1		44	2,3
	48	15,1		41	27,5		43	14,3	-	-	-
	49	12,7		42	24,4		44	11,6	44	38	16,0
	50	10,3		43	21,5		45	9,1		39	13,0
	51	8,1		44	18,7		46	6,7		40	10,2
	52	6,0		45	16,0		47	4,4		41	7,5
	53	3,9		46	13,4		48	2,1		42	4,9
	54	1,9		47	11,0	-	-	-		43	2,4
-	-	-		48	8,6	48	38	26,8	-	-	-
54	38	43,1		49	6,3		39	23,5	43	38	13,4
	39	39,4		50	4,1		40	20,4		39	10,4
	40	35,9		51	2,0		41	17,4		40	7,6
	41	32,5	-	-	-		42	14,6		41	5,0
	42	29,3	51	38	34,9		43	11,9		42	2,4
	43	26,6		39	31,4		44	9,3	-	-	-
	44	23,4		40	28,1		45	6,8	42	38	10,7
	45	20,6		41	25,0		46	4,5		39	7,8
	46	17,9		42	22,0		47	2,2		40	5,1
	47	15,3		43	19,1	-	-	-		41	2,5
	48	12,9		44	16,3	47	38	24,1	-	-	-
	49	10,5		45	13,7		39	20,9	41	38	8,0
	50	8,3		46	11,2		40	17,9		39	5,2
	51	6,1		47	8,7		41	14,9		40	2,5
	52	4,0		48	6,4		42	12,2	-	-	-
	53	1,9		49	4,2		43	9,5	40	38	5,3
-	-	-		50	2,1		44	7,0		39	2,6
53	38	40,6	-	-	-		45	4,6	-	-	-
	39	36,4	50	38	32,2		46	2,2	39	38	2,7
	40	33,3		39	28,8	-	-	-			
	41	30,0		40	25,6	46	38	21,4			
	42	26,9		41	22,5		39	18,3			
	43	23,9		42	19,5		40	15,3			
	44	21,0		43	16,7		41	12,4			
	45	18,3		44	14,0		42	9,7			
	46	15,7		45	11,4		43	7,0			
	47	13,2		46	8,9		44	4,6			
	48	10,7		47	6,6		45	2,3			
	49	8,4		48	4,3	-	-	-			

Grado: % vol.

Capítulo 6

LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN



En el ámbito de la Unión Europea, y por tanto en España, el Reglamento (CE) N° 110/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo establece criterios relativos a la definición, designación, presentación y etiquetado de las bebidas espirituosas. En dicho Reglamento se recogen también las Indicaciones geográficas que amparan a las bebidas espirituosas cuando su calidad, reputación u otras características sean imputables fundamentalmente a su origen geográfico. El citado Reglamento es de aplicación a todas las bebidas espirituosas comercializadas en la Unión Europea, con independencia de si se producen dentro o fuera de ella. Este marco jurídico debe responder a la protección del consumidor, garantizando la calidad y la seguridad de los productos. Asimismo, las medidas aplicables al sector deben contribuir a preservar el renombre alcanzado por los espirituosos comunitarios, protegiendo los métodos de elaboración y la innovación tecnológica como ayuda para mejorar la calidad, sin afectar al carácter tradicional de estas bebidas.

Se entiende por bebida espirituosa la bebida alcohólica destinada al consumo humano, con cualidades organolépticas peculiares debidas a las materias primas de las que deriva, con una graduación alcohólica mínima de 15% vol, obtenida directamente por destilación, y/o por maceración de materias primas vegetales en alcohol etílico de origen agrícola y/o en destilados del mismo origen, con la adición o no de aromas, azúcares, edulcorantes u otros productos autorizados. También se considera bebida espirituosa la combinación de espirituosos y las mezclas con alcohol etílico y/o destilados de origen agrícola y con bebidas alcohólicas o no.

Las bebidas espirituosas se clasifican en 46 categorías teniendo en cuenta su elaboración y características. Básicamente se contemplan dos grandes grupos:

- las obtenidas por la fermentación alcohólica y posterior destilación de materias primas de origen agrícola, sin adición de alcohol etílico, ni de aromatizantes, y con la posibilidad de añadir caramelo y edulcorar sólo para el redondeo final del producto.
- las obtenidas con o por adición de alcohol etílico de origen agrícola y/o destilados del mismo origen. Estas bebidas podrán contener edulcorantes, aromatizantes y colorantes permitidos.

Tabla 3. Lista de bebidas espirituosas obtenidas por fermentación y posterior destilación

Denominación	Grado alcohólico mínimo	Materia prima destilada
Aguardiente de fruta	37,5	fermentado de un mosto o fruto carnoso
Aguardiente de hollejo de fruta	37,5	hollejos de frutas fermentados
Aguardiente de miel	35	fermentados de infusiones de cereales con miel
Aguardiente de orujo, orujo o marc	37,5	orujo de uva fermentados
Aguardiente de pasas o <i>raisin brandy</i>	37,5	fermentados de pasas "negra de Corinto" o "moscatel de Alejandría"
Aguardiente de sidra y de perada	37,5	sidra o perada
Aguardiente de vino	37,5	vino, vino alcoholizado, redestilado de un destilado de vino
Bebida espirituosa de cereales	35	caldos fermentados de cereales de grano entero
<i>Bierbrand</i> o <i>eau de vie de bière</i>	38	cerveza
<i>Brandy</i> o <i>weinbrand</i>	36	aguardiente de vino con o sin adición de un destilado de vino
<i>Hefebrand</i> o aguardiente de lías	38	lías de vino o de frutas fermentadas
Ron	37,5	fermentados de melazas y/o jarabes de azúcar de caña
<i>Topinambur</i> o aguardiente de tupinambo o pataca	38	fermentado de tupinambo o pataca
<i>Whisky Whiskey</i>	40	caldos de cereales malteados

Grado: % vol.

En el primer grupo se incluyen los espirituosos que se recogen en la Tabla 3, mientras que en el segundo se agrupan 32 conocidas bebidas como el *Vodka, Gin, Aquavit, Anís, Licor, Crema, Aguamiel...* Las bebidas espirituosas que no cumplan con las especificaciones adoptadas para los productos definidos en las mencionadas categorías se comercializarán como bebida espirituosa.

En la Tabla 4 se muestran las características de las principales bebidas espirituosas derivadas de la manzana.

Tabla 4. Principales bebidas espirituosas derivadas de la manzana

Características	Aguardiente de			
	hollejo de manzana	manzana	sidra	lías de sidra
Grado alcohólico máximo (% vol)	86	86	86	86
Grado alcohólico mínimo (% vol)	37,5	37,5	37,5	38
Contenido en sustancias volátiles mínimo (g/hL AP)	200	200	200	
Contenido máximo de metanol (g/hL AP)	1500	1200	1000	

AP: Alcohol puro o absoluto

También en el Reglamento (CE) N° 110/2008 se incluyen las Indicaciones geográficas de las bebidas espirituosas, y su protección frente a las imitaciones, indicaciones falsas o engañosas de la procedencia o cualquier otra práctica que pueda inducir a error al consumidor. En dichas Indicaciones geográficas se encuentran reconocidas bebidas espirituosas pertenecientes a 22 categorías, entre las que cabe destacar los Aguardientes de sidra y de perada (Tabla 5).

Por lo que respecta a la legislación nacional, el Real Decreto 164/2014, de 14 de marzo, establece normas complementarias para la producción, designación, presentación y etiquetado del *Brandy*, define el *Pacharán* y *Ronmiel* e incorpora indicaciones facultativas para las siguientes bebidas espirituosas: *Ron, Orujo, Bebidas espirituosas anisadas, Anís, Anís destilado, Licor* y *Bebida espirituosa*.

Tabla 5. Indicaciones geográficas reconocidas por la UE para los aguardientes de sidra y perada

Indicación geográfica	País de origen
<i>Calvados</i>	Francia
<i>Calvados Pays d'Auge</i>	Francia
<i>Calvados Domfrontais</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de cidre de Bretagne</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de cidre de Normandie</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de cidre du Maine</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de poiré de Bretagne</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de poiré de Normandie</i>	Francia
<i>Eau-de-vie de poiré du Maine</i>	Francia
<i>Sommerset Cider Brandy</i>	Reino Unido
<i>Aguardiente de sidra de Asturias</i>	España

Requisitos de comercialización y etiquetado

Las bebidas espirituosas deben comercializarse envasadas y etiquetadas. Además, todas las botellas deberán llevar adherida sobre el tapón o cierre la precinta de circulación, de forma que el envase no pueda ser abierto sin romperla. La precinta es un documento timbrado y numerado, emitido por el Ministerio de Economía y Hacienda, que acredita que el producto cumple con el pago de los Impuestos Especiales de fabricación.



Precinta de circulación

El etiquetado de estos productos debe adaptarse a lo dispuesto en la norma general del etiquetado de productos alimenticios (Real Decreto 1334/1999), además de lo específicamente recogido en el Reglamento (CE) N° 110/2008 y en el Real Decreto 164/2014 ya mencionados. Toda bebida espirituosa tiene la obligación de incluir en su etiqueta los siguientes datos:

- Nombre y dirección completa de la empresa fabricante, distribuidora o vendedora en cualquier lugar de la Unión Europea
- Denominación correcta del producto
- Graduación alcohólica expresada en % en volumen
- Capacidad del envase
- Número de lote de fabricación
- Si el producto se embotelló en España, se debe incluir el número de registro del embotellador

Apéndice

CONTROL ANALÍTICO

Análisis de aguardientes

Los métodos comunitarios de referencia para el análisis de las bebidas espirituosas están contemplados en los Reglamentos (CE) N°s 2870/2000 y 2091/2002 de la Comisión. En su defecto se pueden utilizar los publicados por la Organización de la Viña y el Vino (OIV) y otros organismos de reconocida solvencia. No obstante, se admitirá la aplicación de otros métodos de análisis, bajo la responsabilidad del director del laboratorio, siempre que la veracidad y precisión de dichos métodos sean, al menos, equivalentes a los de referencia. Se describen a continuación los métodos de referencia y usuales para la determinación del grado alcohólico volumétrico y de las sustancias volátiles y metanol.

Grado alcohólico volumétrico

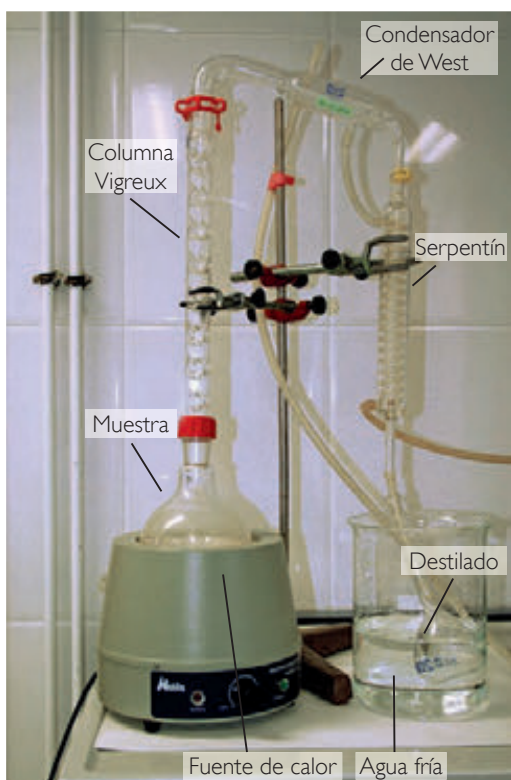
El grado alcohólico volumétrico real de una bebida espirituosa es igual al número de litros de etanol contenidos en 100 litros de la bebida una vez destilada, medidos ambos volúmenes a 20°C, y su símbolo es % vol. La destilación logra la separación de las sustancias no volátiles (extracto) de los componentes volátiles de la bebida. Para la determinación del grado alcohólico real es necesario, en primer lugar, obtener un destilado y, en segundo, determinar el grado alcohólico volumétrico del mismo*.

Obtención del destilado

Los destiladores utilizados deben garantizar la estanqueidad del sistema, disponer de un dispositivo que impida el arrastre de la muestra, asegurar el flujo regular de la destilación y lograr una condensación rápida y total de los vapores alcohólicos. Además, la fuente de calor debe impedir la pirogenación de la muestra y la destilación de una solución hidroalcohólica cercana al 50 % vol no deberá producir una pérdida superior al 0,1 % vol.

* En los destilados frescos, sin ningún aditivo ni envejecimiento, es posible evitar la destilación previa de la muestra y determinar un grado alcohólico aproximado, denominado aparente, por medición directa del grado alcohólico en el aguardiente. El grado aparente siempre será superior al real, ya que su medida se realiza en una bebida en la que no se han eliminado los componentes no volátiles del extracto.

El procedimiento para la obtención del destilado en bebidas espirituosas con grado alcohólico inferior al 50% vol consta de los siguientes pasos: medir 200 ml de la muestra en un matraz aforado; atemperar a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y anotar la temperatura; verter el contenido en el matraz de fondo redondo del aparato de destilación; lavar el matraz aforado tres veces con 20 ml de agua destilada, añadiéndola al matraz de destilación y, si fuera necesario, poner gránulos reguladores de la ebullición y algunas gotas de antiespumante para evitar el paso de espuma a la columna de destilación; a continuación, poner 20 ml de agua destilada en el matraz aforado (200ml), que se utilizará para recoger el destilado, y colocarlo en un baño con agua a temperatura inferior a 10°C ; comenzar la destilación, que se realiza hasta que el contenido del matraz de recogida esté ligeramente por debajo del enrase; dejar que el destilado alcance una temperatura igual a la inicial, con una diferencia máxima de $0,5^{\circ}\text{C}$; finalmente, enrasar con agua destilada y mezclar cuidadosamente. Sobre este destilado se realizará la de terminación del grado alcohólico volumétrico.



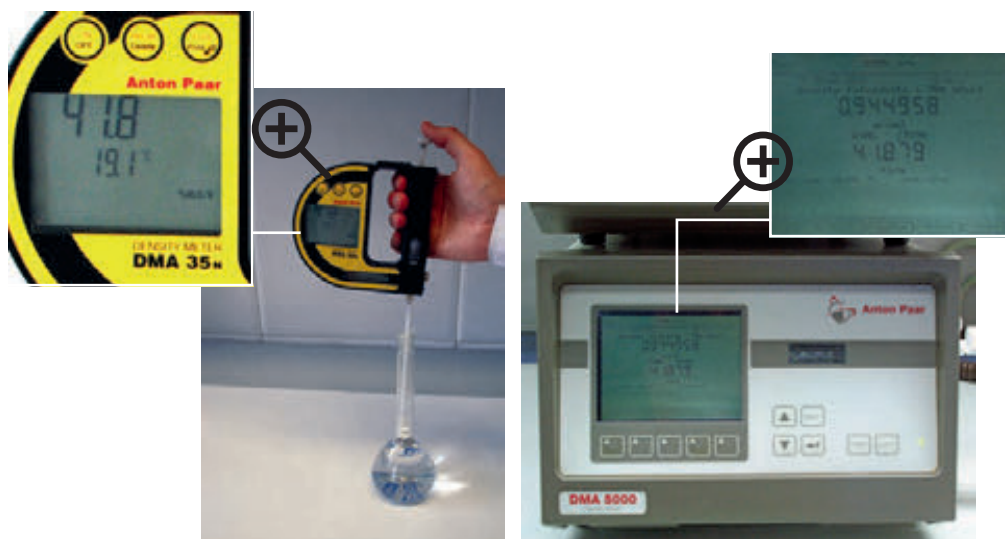
Equipo de destilación para la determinación del grado alcohólico en aguardientes

Si la bebida a destilar tiene un grado alcohólico superior a 50% vol se destilarán 100 ml de la muestra y se recogen 200 ml del destilado. En este caso, el grado alcohólico volumétrico de la bebida será el doble del obtenido en el destilado.

Determinación del grado alcohólico

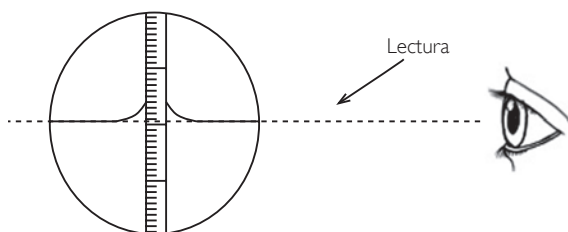
El agua y el alcohol son líquidos miscibles de distinta densidad, por lo que sus mezclas tendrán densidades comprendidas entre la densidad absoluta del agua (998,203 g/L a 20°C, grado alcohólico del 0% vol) y la densidad absoluta del etanol (0,78924 g/L a 20°C, grado alcohólico del 100% vol). Para una temperatura determinada, la densidad absoluta de una mezcla es constante, por tanto, la determinación del grado alcohólico (en el destilado), se limita a la medición de la densidad, y su relación con el grado alcohólico se encuentra tabulada.

Uno de los métodos de referencia para la determinación del grado alcohólico real de un destilado es la densimetría electrónica. Esta técnica se basa en la medida del periodo de oscilación de un tubo vibratorio en forma de U. En función de la muestra introducida, la frecuencia de oscilación específica se ve modificada por la masa añadida y, por lo tanto, su relación con el grado alcohólico es predecible. Estos equipos incluyen, dentro de su configuración, el software necesario para proporcionar el valor del grado alcohólico por conversión de la densidad absoluta medida.



Medida del grado alcohólico en el destilado por densimetría electrónica

Un método usual para la determinación del grado alcohólico de los destilados es la aerometría. Basada en el principio de Arquímedes, la aerometría permite determinar la densidad de los líquidos en función de la flotabilidad que presenta en ellos un cuerpo de peso constante (aerómetro). Los aerómetros, también llamados alcoholímetros o alcoholómetros, deben estar calibrados a 20°C, en escalas crecientes de decenas de grados y graduados en décimas. La técnica de la medida consiste en verter el destilado (200 ml) en una probeta de vidrio de 250 ml, colocada en una superficie horizontal y nivelada, introducir el alcoholómetro en el destilado varias veces, para que su bulbo y vástago queden perfectamente mojados, dejar caer el aerómetro en el interior del líquido, de forma que no toque las paredes de la probeta, y realizar la lectura en la escala graduada del vástago, por la parte inferior del menisco y después de 1 minuto de reposo del alcoholómetro. Se deben hacer al menos tres lecturas con una diferencia máxima de 0,1°.



Sustancias volátiles

Por convención, se consideran sustancias volátiles de una bebida espirituosa, distintas del etanol y metanol, a la suma de los compuestos citados a continuación:

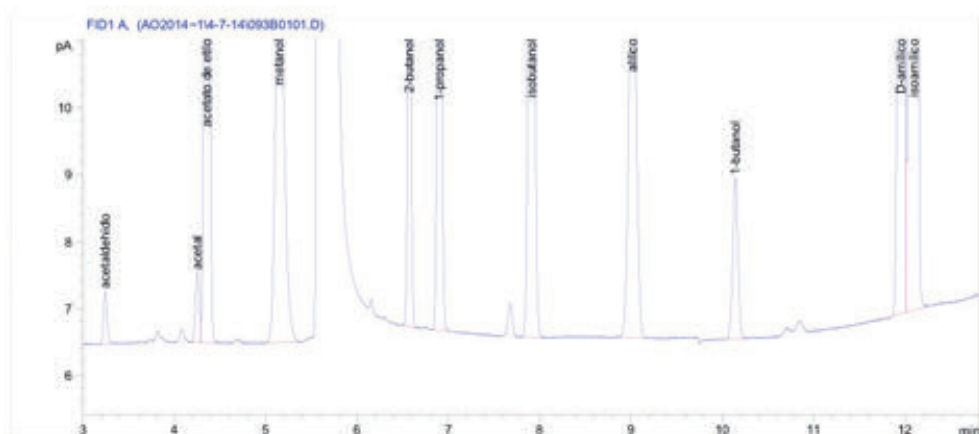
- aldehídos expresados en acetaldehído (etanal): acetaldehído y acetal, como la suma de acetaldehído y la fracción de etanal contenida en el acetal (1,1-dietoxietano).
- los alcoholes superiores: 2-butanol, 1-propanol, isobutanol (2-metil-1-propanol), 1-butanol, alcohol D-amílico (2-metil-3-butan-1-ol) y alcohol isoamílico (3-metil-3-butan-1-ol).
- acetato de etilo.
- ácidos volátiles, expresados en ácido acético.

Excepto estos últimos, que se determinan en la acidez volátil del aguardiente, el resto de los compuestos volátiles se analizan por cromatografía de gases (CG). Las sustancias volátiles se expresan en mg por 100 ml de alcohol absoluto.

Determinación de las sustancias volátiles y metanol

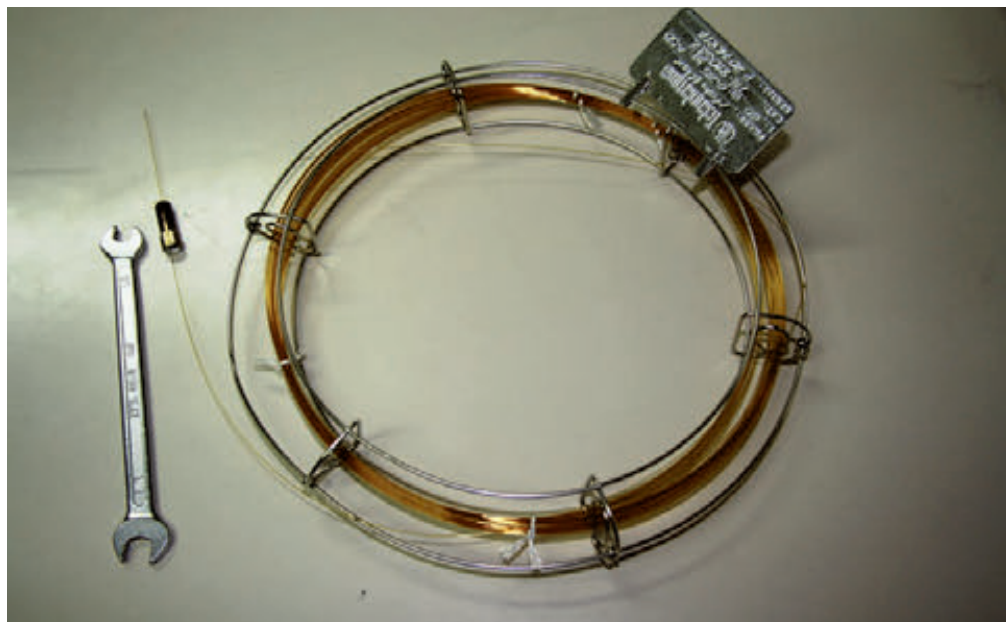
La cromatografía de gases es una técnica instrumental que permite la separación y cuantificación de los compuestos volátiles presentes en una muestra. Esta técnica se basa en la distribución de los compuestos a separar en la fase estacionaria (columna cromatográfica) por empuje con una fase móvil (gas inerte). El equipo utilizado para este análisis consta de una fuente de gas comprimido, un inyector; un horno con temperatura programable, una columna cromatográfica, un detector y un sistema de amplificación y recogida de la señal; señal que se registra en un cromatograma.

La muestra, pura, o diluida, es introducida en el inyector e inmediatamente se evapora, siendo arrastrada por el gas portador a alta presión (helio, hidrógeno o nitrógeno), para posibilitar su entrada en la columna cromatográfica. Actualmente, las columnas usadas para determinar los componentes volátiles en aguardientes son casi exclusivamente del tipo capilar; consistentes en un tubo de sílice fundida, relleno de un componente polar, o fase estacionaria, del tipo polietilenglicol o derivados.



Cromatógrafo de gases y cromatograma de un aguardiente de sidra

La interacción con la fase estacionaria será distinta para cada componente de la muestra, lo que, unido a la posibilidad de programar la temperatura del horno durante el análisis, permite separar los analitos de interés. Por lo general, el orden de elución de los analitos está relacionado con sus puntos de ebullición; de tal manera que los más volátiles (menor punto de ebullición) saldrán de la columna en primer lugar y serán los primeros que se detecten. El detector es el dispositivo que permite medir de manera continua una propiedad física del gas portador. La presencia de un analito modifica la composición de éste, y provoca un cambio en la señal eléctrica del detector. La señal será más o menos intensa dependiendo del tipo de compuesto y de su concentración, con lo que, conocido el tiempo de retención de un compuesto y la intensidad de la respuesta, podemos determinar dicha concentración.



Columna cromatográfica para el análisis de aguardientes

Acidez volátil

La acidez volátil la constituyen el ácido acético y el resto de ácidos grasos de la serie acética, ya estén en estado libre o combinados

La OIV define la acidez volátil como la diferencia entre los valores de la acidez total y fija, expresada en mg de ácido acético por 100 ml de alcohol absoluto; entendiéndose por acidez total, la acidez titulable, y por acidez fija, la acidez del extracto una vez evaporada la muestra.

$$\text{Acidez volátil} = \text{Acidez total} - \text{Acidez fija}$$

La técnica de la medida consiste en la desgasificación de la muestra, determinación de la acidez total por valoración directa de 25 mL del aguardiente y determinación de la acidez fija por valoración del residuo obtenido tras la evaporación a 100°C de 25 mL de la muestra. Se utiliza como reactivo valorante NaOH 0,05 M, y el punto final de la valoración (pH=7,5) puede ser determinado con indicador mixto (índigo de carmín/rojo de fenol) o por potenciometría.

$$\text{Acidez volátil} = 1200/A \times (V_{AT} - V_{AF})$$

En la fórmula anterior, la acidez volátil se expresa en g de acético por 100 L de alcohol puro, siendo V_{AT} y V_{AF} los volúmenes de NaOH, en mililitros, gastados en las determinaciones de la acidez total y fija, respectivamente, y A el grado alcohólico, expresado en % vol.

Análisis de sidras

Se recogen a continuación los métodos de referencia y más habituales para la determinación en sidras de los sólidos solubles, la acidez total, la acidez volátil, el pH y el grado alcohólico.

Preparación de la muestra

Antes de la realización de los análisis las muestras se atemperan a 20°C y se elimina el anhídrido carbónico (CO₂). Para ello se homogeneizará la muestra y se tomarán aproximadamente 60 ml en un matraz kitasato de 250 ml. A continuación, se desgasifica con agitación, durante 2 minutos, en trompa de agua.

Alternativamente, se puede filtrar por algodón hidrófilo, utilizando un embudo tipo Büchner o de vidrio, 250 ml de muestra en un erlenmeyer de un litro, eliminando el carbónico por agitación manual.

Masa volúmica

Los sólidos solubles constituyen el conjunto de sustancias diferentes del agua que se encuentran disueltas en la muestra. Teniendo en cuenta que en los mostos de manzana los azúcares fermentables pueden constituir más del 95% de los sólidos solubles, la determinación de éstos es un buen indicador del grado alcohólico probable de la sidra, y del curso de la fermentación alcohólica (Tabla 6). El contenido en sólidos solubles se determina mediante el análisis de la masa volúmica.

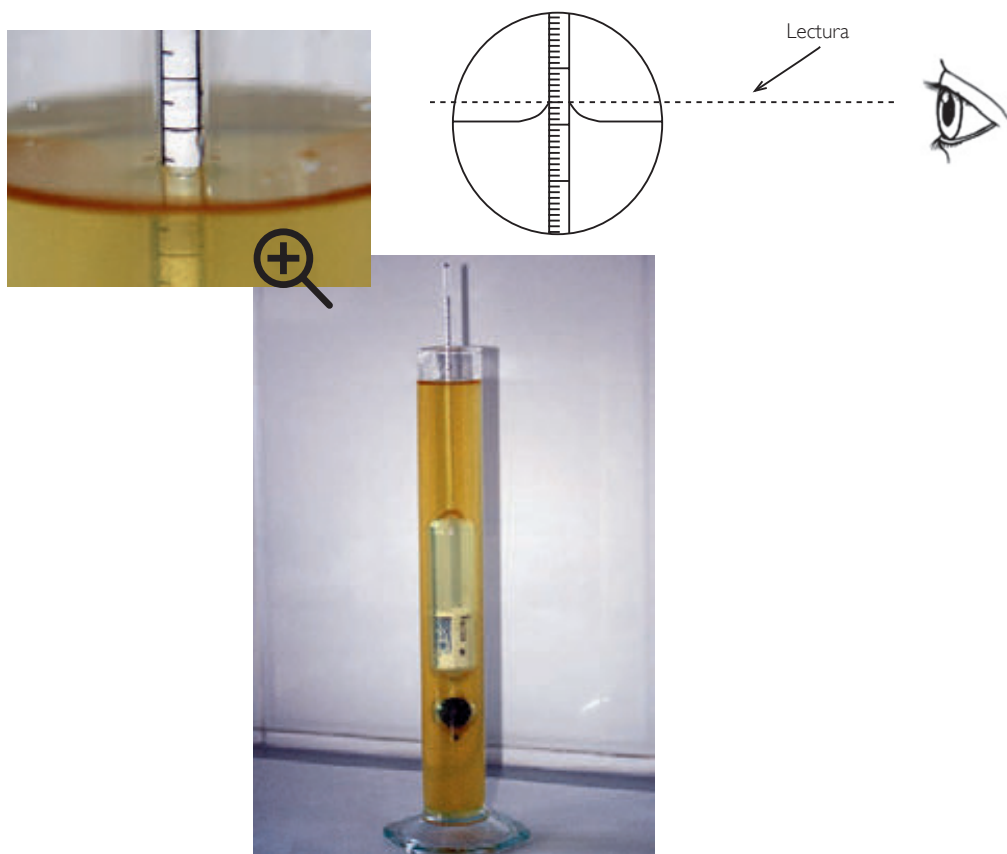
La masa volúmica, a 20°C, es la razón entre la masa y el volumen de la muestra medida a esa temperatura. Se expresa en gramos por mililitro (g/ml) y su símbolo es ρ 20°C.

Tabla 6. Contenido en azúcar de mostos y grado alcohólico potencial a 20°C

Masa volúmica	Grado Brix	Azúcar en g/L	Grado alcohólico potencial (% vol.)
1,0395	10,1	83,3	4,95
1,0399	10,2	84,3	5,01
1,0403	10,3	85,4	5,08
1,0407	10,4	86,5	5,14
1,0411	10,5	87,5	5,20
1,0415	10,6	88,6	5,27
1,0419	10,7	89,6	5,32
1,0423	10,8	90,7	5,39
1,0427	10,9	91,8	5,46
1,0431	11,0	92,8	5,52
1,0436	11,1	93,9	5,58
1,0440	11,2	95,0	5,65
1,0444	11,3	96,0	5,71
1,0448	11,4	97,1	5,77
1,0452	11,5	98,2	5,84
1,0456	11,6	99,3	5,90
1,0460	11,7	100,3	5,96
1,0464	11,8	101,4	6,03
1,0468	11,9	102,5	6,09
1,0472	12,0	103,5	6,15
1,0477	12,1	104,6	6,22
1,0481	12,2	105,7	6,28
1,0485	12,3	106,8	6,35
1,0489	12,4	107,8	6,41
1,0493	12,5	108,9	6,47
1,0497	12,6	110,0	6,54
1,0501	12,7	111,1	6,60
1,0506	12,8	112,2	6,67
1,0510	12,9	113,2	6,73
1,0514	13,0	114,3	6,79
1,0518	13,1	115,4	6,86
1,0522	13,2	116,5	6,92
1,0527	13,3	117,6	6,99
1,0531	13,4	118,7	7,05
1,0535	13,5	119,7	7,11
1,0539	13,6	120,8	7,18
1,0543	13,7	121,9	7,24
1,0548	13,8	123,0	7,31
1,0552	13,9	124,1	7,38
1,0556	14,0	125,2	7,44
1,0560	14,1	126,3	7,51
1,0564	14,2	127,4	7,57
1,0569	14,3	128,5	7,64
1,0573	14,4	129,6	7,70
1,0577	14,5	130,6	7,76
1,0581	14,6	131,7	7,83
1,0586	14,7	132,8	7,89
1,0590	14,8	133,9	7,96
1,0594	14,9	135,0	8,02

Uno de los métodos de referencia para la determinación de la masa volúmica es la densimetría electrónica. El fundamento de esta técnica es coincidente con el descrito para la determinación del grado alcohólico de los destilados por esta misma técnica.

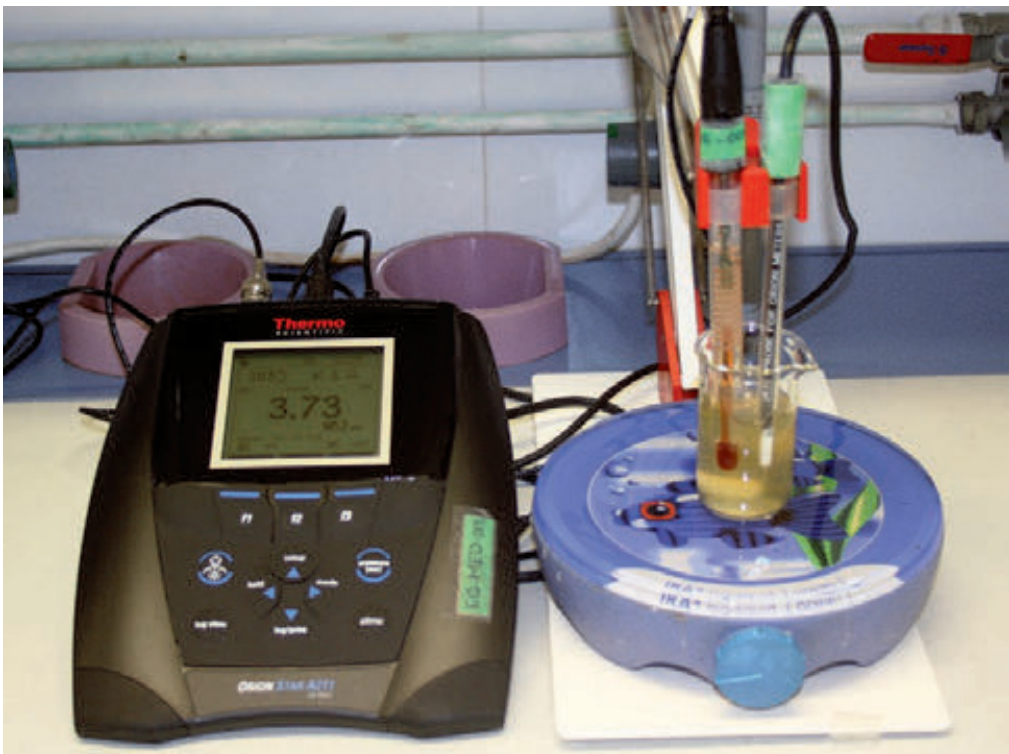
El método usual en bodega es la determinación de la masa volúmica por aerometría. Se determina por lectura en los denominados densímetros, que son aerómetros graduados en unidades de masa volúmica a 20°C. El procedimiento y la técnica de medida son similares a lo recogido en la determinación del grado alcohólico de los destilados por aerometría, sustituyendo los 200 ml del destilado por la sidra; con la salvedad que la lectura, en la escala del vástago del densímetro, se debe hacer en la parte superior del menisco.



pH

El pH de una sidra es una medida de los protones (H^+) cedidos al medio por parte de los compuestos con actividad ácida. Al pH se le conoce como acidez real y su valor está condicionado por la fuerza de los ácidos presentes en la muestra. Por ello, es un buen indicador de la evolución de la fermentación maloláctica.

El método de referencia para su determinación se basa en la medida de la diferencia de potencial entre dos electrodos (referencia y medida) sumergidos en la sidra, a 20°C. Una medida usual y cómoda puede ser el uso de tiras indicadoras de pH: la medida consiste en sumergir la tira indicadora en la sidra y compararla con una escala de color.



Medida del pH en una sidra con pHmetro

Acidez total

La acidez total, o valorable, es la suma de todos los ácidos presentes en la sidra.

El método de referencia consiste en una valoración de la sidra con NaOH 0,1N a pH=7,00. En el método usual se realiza la valoración ácido-base indicando el punto final por el viraje de la fenolftaleína (pH=8,2). Para su determinación se toman 10 ml de sidra, se añaden 2 gotas de fenolftaleína y se valora con la sosa hasta el viraje de color a rosa estable. La acidez total se puede expresar en miliequivalentes por litro o, más habitualmente, en gramos de ácido sulfúrico o tartárico por litro.

$$A_{\text{total}} = V_g \times 0,49 \text{ (g/l ácido sulfúrico)}$$

$$A_{\text{total}} = V_g \times 0,75 \text{ (g/l ácido tartárico)}$$

$$V_g = \text{Volumen gastado de sosa}$$

Acidez volátil

El conjunto de los ácidos grasos pertenecientes a la serie acética que se encuentren en la sidra, ya sea en estado libre o salificados, constituyen la acidez volátil. No están incluidos en este parámetro el ácido láctico, el ácido sórbico, ni el anhídrido sulfuroso, ya sea en estado libre o combinado. La acidez volátil es un parámetro ligado con la calidad y no debe de exceder por normativa de 2,20 gramos de acético por litro.

El método de referencia está basado en la separación de los ácidos volátiles por arrastre de vapor y valoración posterior del destilado con NaOH 0,1N y fenolftaleína como indicador. De acuerdo a este método, la acidez volátil se calcula aplicando la fórmula:

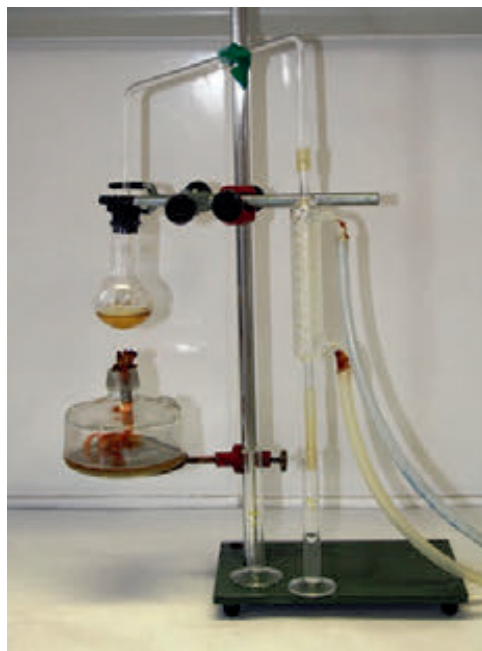
$$A_{\text{volátil}} = 0,3 \times V_g \text{ (g/l de ácido acético)}$$

$$V_g = \text{Volumen gastado de sosa}$$

El método usual en bodega es el García Tena, que consiste en la destilación directa de 1 l ml de sidra, recogiendo dos fracciones, una primera de 5,1 ml que se desecha y una segunda de 3,2 ml que se valora con NaOH 1/49N en presencia de fenolftaleína. Siguiendo este método, la acidez se calcula aplicando la fórmula:

$$A_{\text{volátil}} = 0,366 \times V_g \text{ (g/l de ácido acético)}$$

$$V_g = \text{Volumen gastado de sosa}$$



Equipos para la determinación de la acidez volátil. Método de referencia por arrastre de vapor (izquierda) y método García-Tena (derecha)

Grado alcohólico

El grado alcohólico volumétrico se define como el número de litros de etanol contenidos en 100 litros de sidra, medidos ambos volúmenes a 20°C. Su análisis es de utilidad para conocer el rendimiento alcohólico de la destilación.

Al igual que en la determinación del grado alcohólico de los aguardientes es necesario, en primer lugar, la obtención de un destilado y, en segundo lugar, la medida de su grado alcohólico. El método de referencia es similar al descrito para los destilados, salvo que la sidra antes de realizar su destilación debe ser neutralizada, para evitar el paso al destilado de sustancias ácidas que pudieran falsear el resultado.

De forma alternativa se puede determinar el grado alcohólico de la sidra por espectrofotometría en el Infrarrojo Cercano (NIR). Este método permite la medición del contenido en alcohol de forma rápida y sencilla, sin necesidad de la destilación previa de la muestra.



Grado alcohólico por espectrofotometría NIR



SERIDA

Servicio Regional de Investigación
y Desarrollo Agroalimentario



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERÍA DE AGROGANADERÍA Y
RECURSOS AUTÓCTONOS



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

