

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería Química

### Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza

Autor: María Picón Sánchez

Tutores: Mónica Rodríguez Galán

José Fernando Vidal Barrero

**Dpto. Ingeniería Química y Ambiental**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería Química

# **Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza**

Autor:

María Picón Sánchez

Tutor:

Mónica Rodríguez Galán

Profesor Contratado Doctor

José Fernando Vidal Barrero

Profesor Titular

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Grado: Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza

Autor: María Picón Sánchez

Tutor: Mónica Rodríguez Galán  
José Fernando Vidal Barrero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis maestros*



# Agradecimientos

---

Respecto a las colaboraciones recibidas para este trabajo, mis agradecimientos a Fernando y Mónica, mis tutores en este proyecto, por la atención recibida y sus innumerables consejos y correcciones. Agradecer también, al conjunto de alumnos y profesorado del curso de ciencia y tecnología de elaboración de la cerveza, las experiencias, conocimientos y opiniones cerveceras compartidas que han servido como orientación en la realización de este texto.

En cuanto a mi formación como ingeniero, agradecer a los profesores de la ETSI el trabajo realizado, en especial, a aquellos que enseñan con verdadera pasión por lo que hacen, pues al menos a mí, me la transmitieron en sus clases, animándome a continuar el camino. Ejemplo de ello son profesores como Custodia Fernández Baco, Luis Vilches, Teodoro Álamo o Isidoro Lillo entre otros que he tenido la suerte de conocer. Para finalizar el ámbito académico, infinitas gracias a quien me recordó lo importante que es disfrutar el camino y no su fin.

Por último, este trabajo está dedicado a:

A los bares, los lugares en los que trabajé, y a las personas que conocí en ellos, porque hay cosas que no se aprenden dando clase.

A mis compañeros, por las interminables horas de estudio, los proyectos, los cafés y la compañía durante todo este tiempo. Especialmente a Silvia Parrilla, por vivir este camino conmigo de principio a fin, darme apoyo y mucho café. Tía, eres lo mejor.

A las pepis, por un último año inolvidable.

A mis cotorras, porque siempre creyeron que lo conseguiría y me han hecho sentir participe de cada momento, aunque no pudiera quedar a menudo. Recuperaremos el tiempo perdido.

A mi familia, por su comprensión, apoyo y fe en que esta etapa acabaría. Bibiana, gracias por ese “vas bien”.

A David, porque te has leído este proyecto casi tantas veces como yo. Por ser mi compañero, por amarme y cuidarme como solo tú sabes, por apoyarme siempre en mis metas y meterte en mis líos. Mil gracias.

Finalmente, a mi madre, Rosario, por ese “no te veo acabar la carrera” y por darme todas las herramientas. Gracias por educarme como lo has hecho, por dedicarme tu tiempo, por enseñarme a no rendirme, a ser valiente y constante como tú. Gracias a ti, hoy pongo fin a este texto.

*María Picón Sánchez*  
*Grado Ingeniería Química*  
*Sevilla, 2020*



# Resumen

---

En el presente trabajo, se muestra en primer lugar y dando una visión global, el proceso de elaboración de cerveza, así como las distintas prácticas habituales posteriores a la obtención del producto final. Posteriormente, se dan a conocer los criterios usados para la clasificación de este producto. Ambos puntos deben ser entendidos por el lector como preámbulo al contenido principal de este texto.

El contenido principal, explica los distintos parámetros a analizar en la cerveza que se han considerado esenciales u oportunos, mostrando por qué es necesario su conocimiento, así como las técnicas y procedimientos de análisis empleados para ello. Este texto se centra en los análisis que se pueden realizar con operaciones físicas o químicas dejando de lado aquellos propios del campo de la microbiología.

A continuación, se plantea la creación de un laboratorio de análisis para este producto, con la finalidad de ofrecer sus análisis a la cervecería artesana que no dispone de las herramientas para realizarlos. Se dan a conocer su orientación, principales funciones y análisis realizados, elegidos entre los métodos expuestos. Además, se realiza una estimación del coste de la inversión inicial mediante los costes de los distintos equipos necesarios para realizar los análisis ofertados, de los que se muestran las especificaciones técnicas en forma de anexos al documento.

Por último, se exponen las principales conclusiones obtenidas tras la realización de este proyecto.



# Abstract

---

The following paper will begin by giving an overview of the process of beer production, as well as discussing the different techniques which are usually employed after the final product has been obtained. Subsequently, the criteria used for the classification of this product will also be detailed. Both points should be understood by the reader as a preamble to the main content of this text.

This main content will explain the different parameters considered to be appropriate for the analysis of beer, justifying why they should be used, whilst also explaining the analysis techniques and procedures employed. This paper focuses on analyses which can be obtained through physical or chemical procedures, without aiming to discuss those procedures associated with the field of microbiology itself.

Hereafter, the paper will propose the creation of a laboratory designed to analyze this product in order to make this analysis available to craft beer producers who currently lack the equipment necessary to carry out such research. The guidelines and most important functions of the chosen methods, as well as the analyses performed, will also be detailed. Furthermore, an investment cost estimation is made based up on the individual cost of each of the different pieces of equipment required to obtain the analysis offered, the technical specifications of which can be found in the annexes of the present document.

Lastly, the paper will state the principal conclusions drawn from this project.

Agradecimientos .....	i
Resumen.....	iii
Abstract .....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Ilustraciones .....	xi
Notación .....	xiii
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>PRODUCCIÓN DE CERVEZA</i> .....	2
1.1.1 Malteado.....	3
1.1.1.1 Recepción del cereal .....	4
1.1.1.2 Remojo .....	4
1.1.1.3 Germinación .....	4
1.1.1.4 Secado y tostado .....	5
1.1.2 Obtención del mosto cervecero fermentable .....	6
1.1.2.1 Etapa previa.....	6
1.1.2.2 Maceración.....	7
1.1.2.3 Filtración y lavado.....	8
1.1.2.4 Cocción .....	9
1.1.2.5 Limpieza y enfriamiento.....	10
1.1.3 Elaboración de la cerveza .....	11
1.1.3.1 Preparación para la fermentación.....	12
1.1.3.2 Fermentación principal .....	13
1.1.3.3 Maduración y reposo .....	14
1.1.4 Tratamientos complementarios .....	15
1.1.4.1 Clarificación química .....	15
1.1.4.2 Clarificación física .....	15
1.1.4.3 Estabilización biológica.....	16
1.1.4.4 Estabilización organoléptica.....	16
1.1.4.5 Tratamientos propios de la cerveza artesanal .....	16
1.1.5 Elaboración de cerveza sin y de bajo contenido alcohólico .....	17
1.2 <i>CLASIFICACIÓN DE CERVEZAS</i> .....	17
1.2.1 Clasificación según BOE-A-2016-11952 .....	19
1.2.2 Clasificación según fermentación .....	19
1.2.2.1 Ale. Fermentación alta. ....	19
1.2.2.2 Lager. Fermentación baja.....	22
1.2.2.3 Wild o Lambic. Fermentación espontánea. ....	24
1.2.2.4 Fermentación Mixta .....	25
<b>2 OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO .....</b>	<b>27</b>
<b>3 ANÁLISIS DE LA CERVEZA .....</b>	<b>29</b>

3.1	<i>Grado alcohólico</i> .....	30
3.1.1	Determinación del grado alcohólico .....	30
3.1.1.1	Destilación y densimetría.....	30
3.1.1.2	Espectroscopía de infrarrojo cercano NIR .....	32
3.1.1.3	Cromatografía de gases .....	34
3.2	<i>pH</i> .....	38
3.2.1	Determinación de pH: Potenciometría .....	38
3.3	<i>Densidad y masa volúmica</i> .....	40
3.3.1	Determinación de densidad y masa volúmica .....	40
3.4	<i>Extracto real y extracto seco primitivo</i> .....	43
3.4.1	Determinación de Extracto real: Densimetría y cálculos .....	43
3.4.2	Determinación de Extracto seco primitivo: Densimetría y fórmula de Balling .....	44
3.5	<i>Color</i> .....	45
3.5.1	Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm .....	45
3.6	<i>Amargor</i> .....	47
3.6.1	Determinación de amargor .....	47
3.6.1.1	Espectrofotometría a 275 nm.....	48
3.6.1.2	HPLC.....	49
3.7	<i>Anhídrido carbónico</i> .....	50
3.7.1	Determinación de anhídrido carbónico: Volumetría y cálculos .....	51
3.8	<i>Anhídrido sulfuroso</i> .....	53
3.8.1	Determinación de anhídrido sulfuroso: Destilación y espectrofotometría a 415 nm.....	54
3.9	<i>Turbidez</i> .....	56
3.9.1	Determinación de turbidez: Turbidimetría .....	56
3.10	<i>Contenido de metales (Pb Cd As Cu Zn)</i> .....	57
3.10.1	Determinación de metales: Espectroscopía de absorción atómica. (EAA) .....	58
<b>4</b>	<b>LABORATORIO</b> .....	<b>61</b>
4.1	<i>Análisis que realiza</i> .....	61
4.2	<i>Materiales y costes</i> .....	61
4.2.1	Material de vidrio .....	62
4.2.2	Equipos .....	63
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>67</b>
	<b>Glosario</b> .....	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>73</b>
7.1	<i>Anexo A – Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de cerveza y bebidas de malta (4)</i> .....	74
7.2	<i>Anexo B – Contenido en alcohol expresado en % para densidades medidas a 20 °C/20 °C (26)</i> .....	79
7.3	<i>Anexo C – Grado Plato y Grado Baumé para densidades medidas a 20 °C/20 °C y a 20 °C/4 °C (26)</i> ...	84
7.4	<i>Anexo D – Especificaciones técnicas de equipos</i> .....	102



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.1 Propiedades deseadas en el grano. (6)	3
Tabla 1.2 Composición extracto soluble. (13)	8
Tabla 1.3 Clasificación cerveza.	18
Tabla 1.4 Clasificación de cerveza en BOE. (4)	19
Tabla 1.5 Cervezas Pale Ale. (13)	20
Tabla 1.6 Cervezas IPA. (13)	20
Tabla 1.7 Cervezas Amber. (13)	21
Tabla 1.8 Cervezas Porter y Stout. (13)	21
Tabla 1.9 Cervezas Strong Ale. (13)	21
Tabla 1.10 Cervezas de Abadía. (13)	22
Tabla 1.11 Cervezas Ale de trigo y/o centeno. (13)	22
Tabla 1.12 Cervezas Pilsner. (13)	23
Tabla 1.13 Cervezas Amber Lager. (13)	23
Tabla 1.14 Cervezas Dark Lager. (13)	24
Tabla 1.15 Cervezas Bock. (13)	24
Tabla 1.16 Estilos Lambic.	25
Tabla 3.1 Parámetros y análisis BOE-A-2016-11952. (4)	29
Tabla 3.2 Otros parámetros y análisis. (5)	30
Tabla 3.3 Color EBC y SRM. (13)	45
Tabla 3.4 Sulfitos en cerveza. (51)	54
Tabla 3.5 Unidades de turbidez. (55)	56
Tabla 3.6 Límites metales pesados BOE. (60)	58
Tabla 3.7 Longitud de onda de distintos átomos.	59
Tabla 4.1 Análisis del laboratorio.	61
Tabla 4.2 Costes de material de vidrio.	62
Tabla 4.3 Costes de equipos básicos	63
Tabla 4.4 Costes de equipos específicos.	63
Tabla 4.5 Costes equipos Anton Paar. (74)	64
Tabla 7.1 Balanza de precisión 0,1 mg. (67)	102
Tabla 7.2 Balanza de precisión 0,1 g. (68)	103
Tabla 7.3 Termómetro de contacto. (67)	104
Tabla 7.4 Baño termostático. (66)	105
Tabla 7.5 Manto calefactor. (67)	106
Tabla 7.6 Agitador magnético. (67)	107

Tabla 7.7 Agitador mecánico. (67)	108
Tabla 7.8 Centrífuga. (70)	109
Tabla 7.9 pHmetro. (67)	110
Tabla 7.10 Cromatógrafo de gases GL. (71)	111
Tabla 7.11 Espectrofotómetro UV-VIS. (72)	112
Tabla 7.12 Equipo de perforación medidor de CO <sub>2</sub> . (73)	113
Tabla 7.13 Turbidímetro. (72)	114
Tabla 7.14 Espectrofotómetro de absorción atómica. (71)	115
Tabla 7.15 Sistema PBA-B-M Alkolyzer beer. (74)	116

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1.1 Etapas del proceso productivo de la cerveza.	2
Ilustración 1.2 Partes del Grano. (9)	3
Ilustración 1.3 Tina de remojo. (10)	4
Ilustración 1.4 Depósito de germinación. (10)	5
Ilustración 1.5 Maltas con distinto malteado. (12)	5
Ilustración 1.6 Etapas de la obtención del mosto fermentable.	6
Ilustración 1.7 Fases Maceración. (13)	8
Ilustración 1.8 Recipiente con cocedor interno. (13)	10
Ilustración 1.9 Etapas elaboración de la cerveza.	12
Ilustración 3.1 Destilación.	31
Ilustración 3.2 Equipo NIR para líquidos.	34
Ilustración 3.3 Cromatograma.	35
Ilustración 3.4 Esquema cromatógrafo. (32)	37
Ilustración 3.5 pHmetro.	39
Ilustración 3.6 Picnómetro.	40
Ilustración 3.7 Aerómetro.	41
Ilustración 3.8 Espectrofotómetro.	46
Ilustración 3.9 Elementos básicos de un espectrofotómetro.	46
Ilustración 3.10 Componentes Cromatógrafo HPLC.	50
Ilustración 3.11 Equipo perforación y bureta de absorción. (49)	52
Ilustración 3.12 Montaje instrumental para destilación SO <sub>2</sub> .	55
Ilustración 3.13 Turbidímetro portátil. (56)	57
Ilustración 3.14 Esquema equipo EAA.	59



# Notación

---

Aprox.	Aproximadamente
p.e.	Por ejemplo
% v/v	Porcentaje en volumen
% p/p	Porcentaje en peso
Alc. % vol.	Porcentaje de alcohol en volumen
N	Normalidad
M	Molaridad
A275	Absorbancia a 275 nm
A470	Absorbancia a 470 nm
A435	Absorbancia a 435 nm
ppm	Partes por millón
ppb	Partes por billón



# 1 INTRODUCCIÓN

---

*Cerveza: Alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales BOE-A-2016-19952*

Gobierno de España, 2016

A partir del sentido amplio de la definición de cerveza, resulta de especial interés conocer que propiedades diferencian la multitud de productos asociados a este sector, cuáles son los distintos tipos de cerveza que se pueden considerar, cómo se pueden clasificar y cuáles son sus propiedades entre otros aspectos para determinar qué diferencia una cerveza de otra. Por ello, es importante conocer que métodos y equipos son necesarios para conocer, medir y actuar sobre sus propiedades, obteniendo un producto único y diferente al resto, que puede ser reproducido de forma segura y estable. El análisis de cerveza es, por tanto, una herramienta de la que todo maestro cervecero debe valerse si pretende conseguir unas características concretas en su producto, además de tener la posibilidad de obtener una repetibilidad en él, ofreciendo al cliente la calidad y características deseadas.

En la actualidad está emergiendo un sector de cervecería artesanal en España, donde en 2018 ya eran 538 las cerveceras registradas, siendo Cataluña con 111 y Andalucía con 85 las comunidades autónomas con mayor número. (1) Cataluña ha contribuido en gran medida a la extensión del fenómeno de la cerveza artesanal, al establecerse allí las primeras micro cerveceras y cerveceros artesanales del territorio español, acogiendo además desde 2013 el Barcelona Beer Festival, evento más popular de la cerveza artesanal en España, donde cada año se reúnen artesanos y consumidores de este producto. (2)

Aunque es claro el crecimiento en la producción y consumo de cerveza artesanal, artesanos y consumidores siguen afrontando grandes retos a la hora de producir y consumir este producto.

Por una parte, se encuentran los artesanos/micro cerveceros, cuya normativa a aplicar en el producto ofrecido a veces no resulta clara y en otras ocasiones es demasiado restrictiva o con poca oportunidad de negocio. Hay que destacar que, por ejemplo, España es uno de los pocos países de la Unión Europea que no aplica la directiva 92/83/EEC que permite reducir hasta la mitad el impuesto sobre la cerveza a cerveceras de pequeño tamaño independientes que produzcan menos de 200.000 hectolitros de producto al año. (2)

La distribución del producto puede suponer también un problema, dado que a medida que la demanda aumenta su distribución es más complicada, requiriendo más gastos. Así como el acceso al mercado hostelero, que abarca más del 60% del total de consumo en el país, también es restrictivo para los pequeños productores, debido a dos factores. (1) En primer lugar, no pueden ofrecer su producto al mismo coste que las grandes cerveceras. En segundo lugar, ese acceso está influido por el compromiso de los establecimientos de satisfacer una cuota de ventas con grandes cerveceras a cambio de ciertos beneficios, como puede ser una rebaja en el precio del producto o infraestructura para los establecimientos. (2)

Por otra parte, desde el punto de vista de los consumidores, se encuentra una ‘doble moral’ a la hora de escoger una cerveza artesana. Esto consiste en que según la propia definición de la producción de la cerveza artesana el producto es individualizado y no estandarizado. Entonces, los consumidores esperan tomar un producto único e innovador, aunque no desean sorprenderse al tomarlo en otra ocasión y encontrar un sabor distinto.

Este problema está siendo afrontado de distintas formas según el profesional. Algunos cerveceros artesanales y micro cervecerías que han conseguido suficiente volumen de ventas y reconocimiento por parte de los consumidores, están siendo absorbidos por grandes cerveceras, que ven en ellos la posibilidad de ofrecer un producto diferente, de forma menos costosa que innovando en sus propios departamentos de I+D+i. De este

modo, los cerveceros aprovechan la tecnología de las grandes cerveceras y ellas sus recetas únicas e innovación. (3)

Aun así, los cerveceros artesanales que se resisten a ser absorbidos por empresas de mayor tamaño y, además, están dentro de los límites de producción para seguir siendo considerados productores de cerveza artesanal, tienden cada vez más a profesionalizarse, estandarizando en la medida justa el proceso de elaboración de la cerveza artesana, no pretendiendo conseguir un producto ‘industrial’ altamente estandarizado, pero si un proceso productivo con unas pautas mínimas que agilice el trabajo de los artesanos, dándoles seguridad en su negocio y posible aumento de su consumo ya que su producto aunque ‘escaso’, entendiéndolo como único y no fabricado en masa, sea de producción controlada y aportando sabor y propiedades iguales de un lote a otro. (3) Para ello, los artesanos necesitan herramientas de las que normalmente no disponen.

De este modo resulta una posibilidad de negocio la creación de laboratorios de análisis de cerveza, donde se pone a disposición de cerveceros artesanos, faltos de ciertos recursos, las herramientas para la estandarización y repetitividad de su producto sin tener altos costes de inversión en sus propios medios para este objetivo. El análisis de este producto en España actualmente está regulado según el BOE-A-2016-11952, que es de obligado cumplimiento. (4) Aun así, es frecuente la aplicación de otras normativas no obligatorias. Suelen ser normas de reconocido prestigio, propuestas por distintas organizaciones, que aportan un distintivo de calidad, como, por ejemplo, la realización del análisis del producto bajo normas UNE e ISO entre otras.

## 1.1 PRODUCCIÓN DE CERVEZA

Para situar en este texto a cualquier lector especializado o no en el sector cervecero resulta fundamental definir de forma general el proceso de producción de cerveza. Se debe recalcar que es muy probable que a partir del proceso ‘básico’ de elaboración de cerveza cada productor realice modificaciones a lo largo de este para obtener una cerveza de características propias y diferenciadas. Esto es muy habitual en el proceso de elaboración de cerveza artesana, producto al que se dedica este estudio.

Es fundamental comprender que el proceso se realiza en etapas, en serie una tras otra, siendo necesario la finalización de la anterior para dar comienzo a la siguiente.

En este apartado se presentarán las distintas etapas del proceso de elaboración de cerveza, diferenciando al malteado como una etapa externa al proceso de elaboración. Esto es así debido a que la mayoría de los productores comienzan el proceso productivo a partir de un cereal que ya ha sido malteado, procedente de algún proveedor que no se dedica a la elaboración de cerveza, si no la producción de malta como producto intermedio para fabricantes del producto final. A modo de curiosidad puede aportarse que hay cervezas cuyo grano usado en su elaboración está poco o nada malteado.

En ocasiones es habitual que en cerveceras industriales la maltería esté en el interior de sus propias instalaciones, y aunque perteneciendo a empresas externas normalmente, proporcionan la malta con características deseadas al productor de la cerveza final. (5)

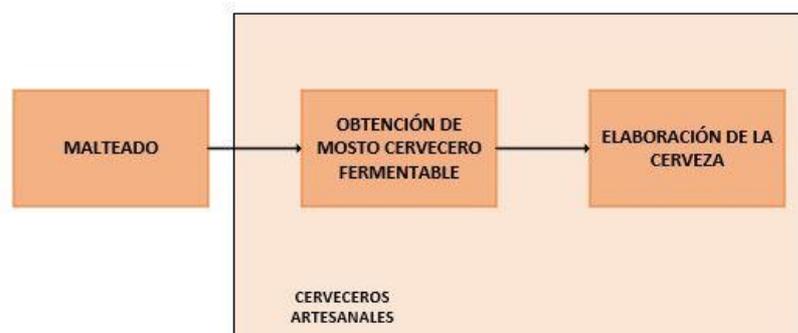


Ilustración 1.1 Etapas del proceso productivo de la cerveza.

### 1.1.1 Malteado

El malteado es el proceso en el que se germina y tuesta el cereal, normalmente este cereal es la cebada, aunque también suele maltearse trigo y con menor frecuencia centeno y sarraceno entre otros.

Distintos granos de cereal tienen distintas propiedades. Por lo que resulta necesario comentar el grano usado y sus puntos clave. Las cualidades buscadas en el grano a maltear se presentan en la Tabla 1.1

Propiedades deseadas en el grano a maltear
Granos de igual tamaño
Granos sin germinación previa al malteado
Alta actividad enzimática
Bajo contenido proteico (<10%)
Bajo nivel de gomas (p.e. $\beta$ -glucanos)

Tabla 1.1 Propiedades deseadas en el grano. (6)

La cebada se usa con mayor frecuencia debido a que es el grano de mayor actividad enzimática, además de tener bajo nivel de proteínas y color y olor adecuados. La actividad enzimática del cereal escogido es crucial ya que de esta depende la conversión del almidón en azúcar que posteriormente, fermentará para generar alcohol. (7)

Dentro de la cebada existen distintos tipos de grano, dependiendo de distintos factores, dos de ellos son determinantes. En primer lugar, depende del momento del año en que se ha sembrado, distinguiendo cebada de invierno, otoño o primavera, este factor se ve condicionado por el clima. En segundo lugar, se distingue según la cantidad de granos fértiles por espigas, la cebada de dos carreras y cebada de seis carreras, estas se diferencian en que el grano de dos carreras o hileras es más grueso y su cáscara más delgada. La cebada de dos carreras es la más usada de las dos, debido a que la cantidad de extracto obtenido es mucho mayor, con lo que se necesita una menor cantidad de producto para la producción. (8)

Una vez escogido el grano, el proceso de malteado básicamente consiste en la germinación interrumpida del grano, el grano se germina y cuando el avance de la germinación es el deseado, se realizan los procesos de secado y tostado para obtener el grano malteado.

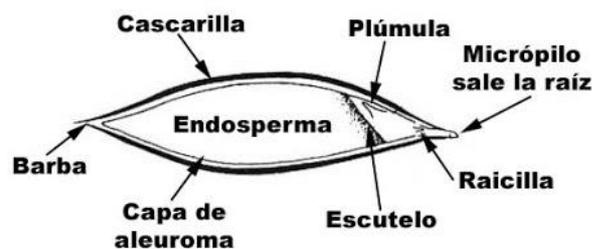


Ilustración 1.2 Partes del Grano. (9)

Aunque el proceso parece sencillo, hay tres factores determinantes que deben ser cuidadosamente escogidos y controlados según el resultado que se espera en la malta.

Los parámetros a tener en cuenta son: (6)

1. Tipo de grano
2. Tiempo que pasa el grano en cada fase
3. Humedad
4. Temperatura

A continuación, se muestra etapa tras etapa el proceso de malteado.

### 1.1.1.1 Recepción del cereal

Desde la recepción de la mercancía para el malteado se realiza un exhaustivo control de calidad, en el que se comprueba el olor, color y tamaño del grano, así como también se eliminan los posibles cuerpos extraños que pueda traer el cereal tras su recolecta y transporte.

Los granos más pequeños serán desechados, conservando únicamente los granos más grandes.

En esta etapa el parámetro más importante de los anteriormente comentados es la humedad, esta debe ser menor a 15%, siendo sometido a secado el grano si es necesario. (8) Además, el grano no suele ser almacenado durante más de seis semanas para evitar la inactividad del germen. (10)

### 1.1.1.2 Remojo

Para la activación enzimática se debe aumentar los niveles de humedad hasta un 35-45%, en este proceso se sumergen los granos a una temperatura aproximada de 15°C. (10) Cuando la humedad es la adecuada se inicia el proceso germinativo y la cantidad de oxígeno demandada por el grano aumenta, así como la producción de dióxido de carbono. Para que el embrión no muera es crucial airear el agua de remojo para oxigenarla, evitando que los embriones se ahoguen. (7)

El remojo se realiza en tinas, estas pueden ser de fondo cónico o plano.



Ilustración 1.3 Tina de remojo. (10)

Una vez se ha llegado al nivel de hidratación buscado, se drena toda el agua y comienza una etapa de “descanso” o etapa de aire, que durará entre dos o tres días y dónde también es crucial una ventilación correcta para evitar las altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. Además, en este descanso se controlará la humedad y temperatura, de modo que sean óptimas para la germinación.

### 1.1.1.3 Germinación

En el descanso final de la etapa de remojo, el embrión comienza a germinar y necesitará nutrientes para seguir creciendo.

Todos los nutrientes que necesita se encuentran en el endospermo (interior del grano), los contenidos nutritivos que se encuentran en este están en forma estable, de alto peso molecular e insolubles, por tanto, para que estas sustancias sean absorbidas deben degradarse a subproductos que estén formados de moléculas más pequeñas, las enzimas son las responsables de este cambio. (10)

Las reacciones que se llevan a cabo en el proceso de germinación pueden entenderse como las más importantes de la etapa de malteado. Se pueden distinguir entre procesos de crecimiento del grano, de generación de enzimas y otros cambios metabólicos. (8)

Durante la germinación hay que evitar la compactación, esto se conseguía antiguamente extendiendo la malta en grandes superficies y moviéndola continuamente con una pala. Actualmente, se realiza en depósitos, que poseen en su interior una chapa perforada, donde circula aire a contracorriente a una temperatura entre 14-18°C saturado en humedad. (11)

Al finalizar esta etapa, se tiene lo que se denomina “Malta verde”.



Ilustración 1.4 Depósito de germinación. (10)

#### 1.1.1.4 Secado y tostado

Una vez el grado de germinación alcanzado es el deseado se interrumpe el proceso aplicando calor, la malta verde se seca para convertirla en malta estable que pueda ser almacenada de forma segura. (10)

En el inicio se produce un pre-secado lento a una temperatura de 40-50 °C, donde tiempos prolongados producen efectos positivos en la estabilidad del sabor. Cuando la temperatura se eleva por encima de 90 °C se dan las conocidas reacciones de Maillard, que producen la formación de sustancias colorantes y aromáticas. (8)

En una malta usada para Lager, se requiere que sea poco desagregada, por lo que el secado comenzará antes, dejando el contenido de humedad final en de aproximadamente 4,5%. (10) Para la más desagregada usada para Ale, el proceso de secado comenzará más tarde, dejando una humedad final de 2-3%. (10) Además, si se pretende obtener una malta clara, la deshidratación será prolongada y a baja temperatura (de 80 a 85 °C) (8), por el contrario, para maltas oscuras, se realizará una deshidratación rápida y a temperaturas altas (aprox. 105-110 °C) (8), dando también una malta de menor actividad enzimática.

Ha de comentarse, que a veces se buscan maltas con características muy especiales, determinado aroma, sabor o color, sin importar la conservación de la actividad enzimática. Entonces, para estos casos, el modo en que se deshidrata el grano germinado puede ser completamente distinto, pudiendo cocer incluso la malta antes del tostado. (10)

Una vez finaliza el proceso de secado-tostado, se tamiza el producto, desprendiendo las raicillas y el tallo que se han formado durante la germinación. La malta producto tiene forma de grano seco, de color amarillento o más oscuro y es muy quebradiza.

Este proceso se realiza en tambores de secado, dónde únicamente se utilizan combinaciones variables de circulación de aire y calor, bajo control estricto para no desnaturalizar las enzimas, que son sensibles a la temperatura.

Las partes que se separan de la malta son vendidas desde hace algún tiempo como subproducto, usándose en la alimentación animal por su alto contenido en proteínas. La malta final se almacena por un periodo especificado y posteriormente se analiza y se usa en la elaboración, o, como en el caso de este texto, se vende y distribuye a empresas cerveceras que las usarán en la elaboración de este producto, pudiendo usar una o una combinación de varias maltas para la receta de su cerveza.



Ilustración 1.5 Maltas con distinto malteado. (12)

### 1.1.2 Obtención del mosto cervecero fermentable

En este punto, se parte de las distintas materias primas hasta la obtención de un mosto que posteriormente puede ser fermentado para la elaboración de la cerveza, este proceso en el que obtenemos el mosto puede dividirse en varias etapas. Al final de estas, se obtiene “mosto cervecero” que se define como el producto obtenido a partir de la malta molida o sus extractos mediante un proceso de extracción acuosa por sacarificación enzimática.



Ilustración 1.6 Etapas de la obtención del mosto fermentable.

#### 1.1.2.1 Etapa previa

En esta etapa se preparan los ingredientes para la fabricación del mosto verde o mosto de malta. Estos ingredientes son: malta, agua y adjuntos si los hubiese.

Respecto a la malta y los adjuntos, estos deben ser analizados a su recepción en planta para comprobar que el producto presenta las características deseadas, posteriormente, se almacena en las condiciones adecuadas.

Al comenzar el proceso se realiza una limpieza de los granos, en la que se separan por tamaño, se eliminan partículas extrañas (metales, piedras y otros) y se pesa la malta limpia a macerar. Una vez pesada la cantidad de malta requerida y los adjuntos (en su caso) necesarios, se procede a realizar una molienda de los granos. Esta molienda se realiza siempre en el momento de la maceración, ya que, si se realizase previamente y se almacenara el producto ya molido, este sería más sensible a su degradación, con la consecuente pérdida de materia prima.

En el proceso de molienda, se confiere a los granos la granulometría deseada, siendo determinantes dos aspectos en el resultado de la molienda, el nivel de finura de las partículas del endospermo amiláceo y el nivel de rotura (o integridad) de la cáscara o salvado. En general se prefiere que el nivel de finura sea alto, es decir, granulometría fina para las partículas del endospermo amiláceo, lo que favorece el contacto con el agua durante la maceración. Por lo contrario, las partículas de la cáscara no deben degradarse mucho, dando lugar a un filtro natural en la posterior etapa de filtración, aunque esto depende del equipo escogido para esta.

Los equipos usados en esta etapa previa para la preparación de la malta y adjuntos para la maceración son en la molienda molturadoras o molinos de martillo y para la posterior filtración se suele usar cuba filtro o filtro prensa.

Respecto a la preparación del agua, el único requisito que se exige es que sea “agua de consumo humano” o en su defecto que posea la autorización sanitaria correspondiente. Aun así, esta materia prima tan importante en el proceso de elaboración de cerveza puede ser sometida a distintos tratamientos mecánicos, físicos y químicos para alcanzar la calidad anteriormente mencionada siendo incluso posible la realización de tratamientos específicos para dotar al agua de unas propiedades determinadas que proporcione el resultado deseado en el producto final. (13)

### 1.1.2.2 Maceración

Esta etapa también es llamada etapa de “empaste” y es la principal etapa en la producción del mosto cervecero fermentable. En ella se mezcla la malta y /o adjuntos con agua caliente en una determinada proporción y se deja macerar durante algún tiempo, obteniendo tras esto el macerado. La maceración se realizará de forma conjunta siempre que el % de adjuntos no sea mayor del 20% si se usa malta de cebada de dos carreras.<sup>1</sup> (13)

En la maceración las enzimas que han sido liberadas por la malta o añadidas en forma de adjuntos se encargan de degradar los distintos componentes sólidos presentes en la malta dando lugar a compuestos solubles, estos forman una disolución principalmente compuesta por almidón. Esta disolución contiene una concentración específica de determinados compuestos, a los que a partir de este punto se les llamará extracto soluble. (13)

Los parámetros fundamentales a tener en cuenta en esta etapa son dos: tiempo y temperatura. Estos resultan determinantes, dado que las distintas enzimas liberadas por la malta en la maceración poseen temperaturas de actividad diferentes, con lo que regulando la temperatura de esta etapa se conseguirá mayor concentración de unas enzimas u otras.

Lo más habitual es realizar la maceración por fases, aplicando menor temperatura en las primeras fases y aumentándola conforme se va pasando de una fase a otra, siendo la última la de mayor temperatura. (5)

#### 1.1.2.2.1 Fase pre-degradativa del almidón

Se realiza a una temperatura de macerado inferior a 60 °C y no siempre se lleva a cabo. Se recomienda llevar a cabo esta fase cuando se tiene como materia prima maltas poco modificadas o agua de pH elevado. En cuanto al tiempo este dependerá de los resultados buscados.

Por una parte, en esta fase se produce la acidificación del macerado, dejando en reposo la mezcla a una temperatura de entre 30-50 °C, con esto se favorece la absorción del agua por parte de la malta. Por otra parte, se produce la degradación de proteínas y  $\beta$ -glucanos, dejando en reposo la mezcla entre 40-50 °C, existiendo un umbral en los 40 °C dado que si no se superan se verá favorecida la degradación de los  $\beta$ -glucanos, y en caso contrario, la degradación de las proteínas. (13)

#### 1.1.2.2.2 Fase de “sacarificación”

En esta fase la temperatura se mantiene en torno a 60-65 °C favoreciendo de este modo la actividad de la  $\beta$ -amilasa sobre el almidón, con una predominante formación de maltosa. Esta fase siempre es imprescindible sea cual sea el tipo de maceración por fases, debiendo permanecer en estas condiciones de reposo durante al menos 20 minutos. (13)

#### 1.1.2.2.3 Fase de “licuefacción”

La temperatura de la fase de licuefacción está entre los 70 y 75 °C favoreciendo así la actividad de la  $\alpha$ -amilasa sobre el almidón, degradándolo a distintos azúcares sencillos. Esta fase también es imprescindible en cualquier maceración por fases para controlar una reacción normal del yodo<sup>2</sup>. (13)

#### 1.1.2.2.4 Fase de “inactivación de las enzimas”

Última fase de la maceración, en la que la temperatura se mantiene entre 78 y 80 °C, reduciendo la viscosidad del líquido macerado y favoreciendo la liberación del extracto soluble desde los componentes sólidos del macerado. Aunque no es imprescindible se realiza de forma habitual con un tiempo de reposo de entre 10-15 minutos. A la temperatura de esta fase, temperatura de inactivación, se paraliza la actividad de las enzimas casi por completo, pero no se llega a la desnaturalización de las proteínas. (13)

---

<sup>1</sup> Se pueden alcanzar valores de 30 % de adjuntos en maceración conjunta si la cebada escogida es de seis carreras.

<sup>2</sup> Reacción que se da al añadir gotas de yodo a una muestra. Es normal si no adquiere color cercano a negro, indicando la presencia de almidón sin degradar.

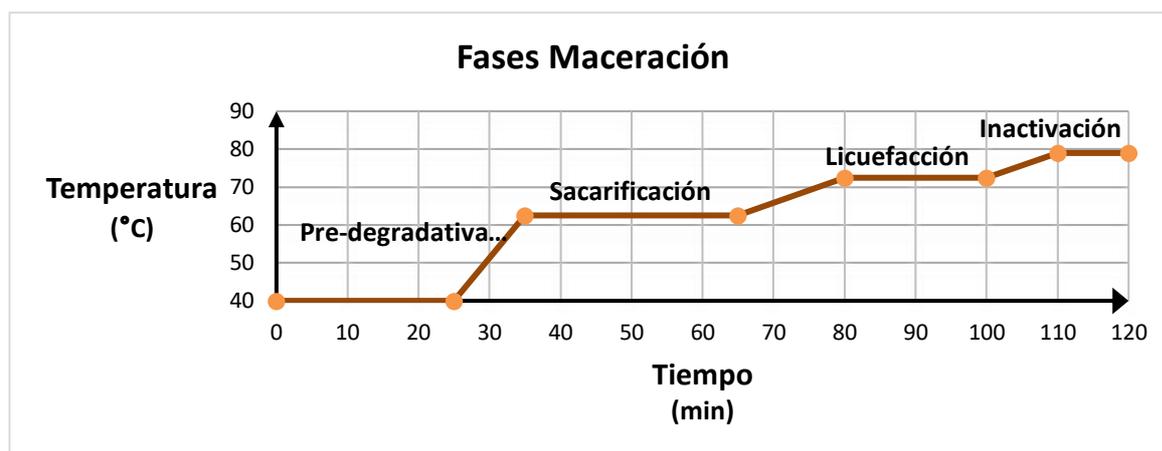


Ilustración 1.7 Fases Maceración. (13)

En cuanto al método de maceración, cambia según cual sea el proceso para la elevación de la temperatura entre una fase y otra, distinguiéndose principalmente según si el recipiente usado en ella es o no calentable.

Así se distinguen tres tipos de métodos para la maceración.; Infusión, dónde todas las fases se realizan en un único recipiente calentable; Decocción, dónde las fases se realizan en un recipiente no calentable, del que se va extrayendo parte del mosto a otro calentable y posteriormente es devuelto al no calentable aumentando así la temperatura del conjunto; Adición, en el que las fases se realizan en un recipiente no calentable al que se le va añadiendo agua caliente para conseguir el aumento de temperatura deseado. (13)

En cada método anteriormente mencionado se realizarán distinto número de fases según cual se escoja, siendo siempre imprescindibles como ya se ha mencionado las fases de sacarificación y licuefacción. Además, cada método tendrá unos tiempos distintos en las fases correspondientes. El porcentaje de materia puesta a macerar que se obtiene como extracto soluble es de un 75-80 % (5) en cerveceras industriales, mientras que en cerveceros artesanales estos valores disminuyen, debido a la menor cantidad de recursos para el control de la maceración y la gestión/manejo de la molienda. (5)

Por último, como resultado, la maceración da el producto deseado, extracto soluble, y residuo sólido, que se puede vender como subproducto, a este se le llama heces o bagazo.

Respecto al extracto soluble, se presenta en la Tabla 1.2 la composición media de este, resultante tras la etapa de obtención del mosto y las consecuencias de sus componentes en el producto final.

Componente	%	Compuestos	Parámetro afectado
<b>Azúcares fermentables</b>	60-70	Maltosa (65.5%)	Potencial máximo de alcohol que se puede obtener
		Maltotriosa (17.5%)	
		Glucosa (10%)	
		Otros (7,0%)	
<b>Azúcares no fermentables</b>	15-25	Moléculas de glucosa	Cuerpo
<b>Otros compuestos</b>	15-20	Sustancias albuminoideas o proteicas	Estabilidad de la espuma
		$\beta$ -glucanos	Posibles "gelificaciones del líquido"
		Zinc	Afecta a levaduras en la fermentación

Tabla 1.2 Composición extracto soluble. (13)

### 1.1.2.3 Filtración y lavado

En esta etapa se separa la disolución que lleva la mayoría de los compuestos solubles presentes en el mosto generado, realizando además un lavado del residuo sólido que permite separar o arrastrar gran parte de los compuestos que aún no se habían desprendido del sólido que queda atrapado en la filtración. En esta etapa por tanto se dan dos operaciones básicas: Filtrado y Lavado, en la que se obtiene, tras la suma de las disoluciones

recogidas en las dos operaciones, el mosto verde, también llamado mosto de malta.

#### 1.1.2.3.1 Filtración

Consiste en la separación de la infusión realizada en la anterior etapa de los residuos sólidos, esto se consigue filtrando la mezcla, reiteradamente, de modo que las partículas sólidas van quedando atrapadas en el filtro y cada vez la infusión recogida tiene un aspecto más transparente y limpio. A este resultado se le llama el mosto “limpio”, primer mosto, primera colada o colada principal y contiene la mayor concentración de extracto soluble, que varía entre los 15-20 °P<sup>3</sup>.

La limpieza del primer mosto se decide en base a la experiencia, a veces queriendo obtener determinados valores de NTU<sup>4</sup>. (13)

#### 1.1.2.3.2 Lavado

Tras la operación básica de filtrado se realiza el lavado. Esto consiste en hacer pasar agua caliente por el filtro donde han quedado retenidas las partículas sólidas que contenía el mosto, de esta forma, se extraen más compuestos solubles generados en la maceración evitando su pérdida. Es importante controlar el lavado del filtro, debido a que en las partículas retenidas quedan compuestos solubles deseables en el primer mosto final, aunque otros no deseados, por lo que al realizar el lavado sucesivamente, se va obteniendo menos extracto soluble deseado y más compuestos solubles indeseados como por ejemplo compuestos ácidos del bagazo. El agua en la operación de lavado es importante para determinados resultados, que dependen de las características del agua empleada, así como de la cantidad. Respecto a las características debería tenerse en cuenta los valores de pH y temperatura de esta.

En cuanto a la cantidad, existen distintos parámetros en los que apoyarse para escogerla. Algunos son; La cantidad de cerveza que se quiere obtener al final del proceso, dejando pasar agua a través del filtro hasta una cantidad determinada de mosto verde; La graduación alcohólica, que para ser mayor necesita más cantidad de extracto en el mosto verde; El contenido de extracto en la última agua de lavado, dejando pasar agua hasta obtener el valor deseado.

Los equipos usados en la filtración ya fueron comentados en apartados anteriores. En cuanto a las técnicas de lavado, se pueden diferenciar técnicas de lavado en continuo o en discontinuo.

La operación en continuo se emplea normalmente cuando el equipo escogido para la filtración es una cuba filtro, donde se va agregando volumen de agua a la vez que se retira volumen de mosto manteniendo un nivel aproximadamente constante. Por el contrario, el lavado en discontinuo se usa cuando el equipo de filtrado es un filtro prensa, donde tras la primera retirada de mosto, primera colada, se va añadiendo agua y realizando la segunda colada, repitiéndose cuantas veces se quiera hasta obtener la colada final. (13)

#### 1.1.2.4 Cocción

También conocida como *wort boiling* es la etapa donde el mosto verde se somete a ebullición junto con el lúpulo para obtener mosto cocido o mosto caliente. La operación maneja tiempos de entre 35-120 minutos, pudiendo superarse el mayor tiempo en algunos casos, según el resultado que se pretende conseguir. (13)

Existen diversas técnicas de cocción, la elección entre una u otra dependerá de distintos factores, siempre dependientes, de nuevo, del mosto esperado, aunque en todas ellas se tiene lugar la búsqueda del ahorro energético, debido al alto empleo de energía en esta operación. Otra forma habitual de realizar esta operación es operando a presiones distintas a la atmosférica, permitiendo un menor aumento de temperatura para la cocción, consecuentemente, menos energía, aunque estas técnicas son más especializadas y quedan más cerca del ámbito industrial y fuera del ámbito de este proyecto.

Pese a que sean posibles diversas técnicas, el proceso puede definirse con una serie de pasos a seguir independientemente de la técnica de cocción escogida. Estos pasos son:

1. Carga del mosto en el recipiente de cocción.
2. Calentamiento e inicio de ebullición del mosto.

---

<sup>3</sup> Grados Plato (°P): Porcentaje en masa de gramos de extracto por gramos de disolución.

<sup>4</sup> Unidad de Turbidez Nefelométrica: Unidad utilizada para medir la turbidez de un fluido. A partir de esta se puede estimar una concentración de sólidos totales en suspensión.

3. Adición de lúpulo para el aporte de amargor.
4. Control de la ebullición del mosto y sus condiciones.
5. Descarga del mosto resultante hacia *Whirlpool* habitualmente.

En el proceso de cocción se pretenden conseguir tres cambios químicos importantes en el mosto:

1. La aportación de amargor que se produce al añadir el lúpulo durante la cocción. Las resinas que posee, sobre todo los  $\alpha$ -ácidos (AA), son liberados al mosto. En su forma inicial estos compuestos son insolubles, pero en la ebullición se transforman en isómeros, iso  $\alpha$ -ácidos solubles (iso AA). Estos isómeros, además, tienen propiedades antisépticas y son agentes tensioactivos que aportan estabilidad a la espuma de la cerveza.

La aportación de amargor es un aspecto crucial en la cocción, esta puede verse afectada por la cantidad y tipo de lúpulo añadido, así como las características del mosto verde, del que se puede obtener menos cantidad de iso AA e iso BA si su densidad es muy alta, al contener mayor cantidad de extracto seco. Otros factores como el valor de pH, tiempo y temperatura de cocción también afectan a la isomerización de los ácidos del lúpulo. Cabe destacar, que la adición del lúpulo con fines distintos al aporte de amargor, aporte de aromas, por ejemplo, se puede realizar en otros pasos del proceso de elaboración, no necesariamente en la cocción.

2. La formación de trub, que son flóculos de turbios separables del mosto. Al retirar estos flóculos se aporta transparencia al mosto cervecero. A menudo, el grado de formación de estos es el determinante del final del proceso de cocción.
3. La separación de compuestos volátiles indeseables, de especial importancia el DMS (Sulfuro de dimetilo), a causa del olor desagradable que aporta a la cerveza, que recuerda a maíz cocido o incluso huevo podrido. Esta última sustancia, el DMS, se ha producido durante la etapa anterior de obtención del mosto, proviene de la malta, que contiene un aminoácido concreto SMM (S- Metilo Metionina), generado durante la germinación de la cebada, y que degrada a DMS en la maceración. (13)

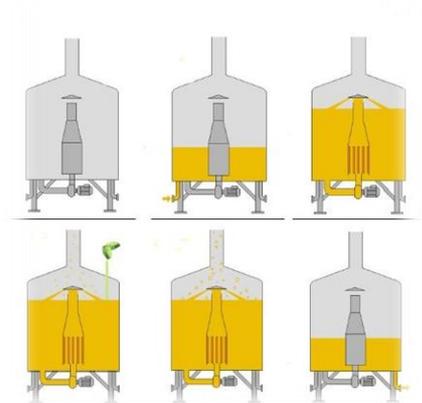


Ilustración 1.8 Recipiente con cocedor interno. (13)

#### 1.1.2.5 Limpieza y enfriamiento

Tras la cocción el mosto caliente es sometido a un proceso de separación, *wort whirlpooling*, donde se separa el mosto caliente limpio, las heces del lúpulo y el *trub*, este último puede diferenciarse en trub frío y trub caliente o grueso.

Las heces del lúpulo se dan cuando en el proceso de cocción se ha usado lúpulo en flores enteras, su eliminación puede hacerse extrayendo la bolsa permeable donde se incorporan o junto al trub grueso. Las heces retiradas pueden contener bastante mosto, siendo exprimidas normalmente en cervecerías a nivel industrial mediante distintas técnicas que pueden recuperar hasta un 60% del mosto retenido. (13)

En cuanto al trub grueso, cuya formación se ha mencionado en la etapa de cocción, está constituido por partículas de entre 30-80  $\mu\text{m}$  que se acumulan en flóculos. El mosto caliente puede contener del orden de 6-8g de este residuo. Tras la eliminación el contenido de estas partículas inestables en el mosto suele ser  $< 1 \text{ g/l}$ . La eliminación de este trub no suele ser complicada usando normalmente un equipo *Whirlpool*, aunque en plantas

industriales puede ser realizada mediante separadoras centrífugas. (13)

En la eliminación de trub grueso mediante Whirlpool, el mosto se introduce de forma tangencial en el equipo, en condiciones de alto caudal y baja velocidad. En el interior del recipiente, se produce un remolino donde las partículas más gruesas se ven sometidas a una fuerza centrípeta y tienden a depositarse en el centro del remolino. Tras esto, el mosto se descarga, bien por aperturas oportunamente ubicadas o por la parte alta, usando un sistema de bombeo y aspiración. Se tiene especial cuidado al final de la operación, para que el cono de trub acumulado no salga disuelto en la parte final de mosto. Al finalizar, se retira el trub acumulado.

Finalizado el proceso de separación el mosto caliente limpio debe enfriarse cuanto antes, en un proceso conocido como *wort cooling*. En él se baja la temperatura del mosto limpio hasta coincidir con la temperatura de actividad de las levaduras que se le añadirán en la posterior fermentación del mosto. La urgencia en el enfriamiento del mosto es debida a la proliferación de DMS que no se detendrá hasta que la temperatura del mosto baje, además de la posible aparición de microorganismos que contaminen posteriormente la levadura.

La temperatura a la que se enfría el mosto, la de posterior fermentación, es aproximadamente de media de 20 °C para cervezas de fermentación alta y 10 °C para cervezas de fermentación baja. (5) Este enfriamiento se realiza habitualmente usando un intercambiador de placas, en el que se pasa a contracorriente el mosto y agua fría. En algunos casos se usan intercambiadores tubulares, aunque dan resultados de menor rendimiento energético y mayor espacio necesario.

El trub frío aparece tras el enfriamiento, por la aparición de nuevas partículas formadas por la unión de proteínas y polifenoles, las partículas de este trub tienen tamaños de 0,5 µm. Pese a su eliminación para evitar un “enlodamiento” en las levaduras, se recomienda mantener al menos 150 mg/l de estas partículas porque favorecen la adquisición de diversas propiedades en el producto final, como cuerpo, aromas o estabilidad en la espuma. Se usan diversos sistemas convencionales para la eliminación de estas partículas, sistemas de flotación, filtración o separación centrífuga. (13)

Para finalizar, se hace evidente que el volumen de mosto limpio obtenido es menor al del mosto verde al inicio del proceso de cocción. Las causas de esta pérdida de mosto son las pérdidas por evaporación de agua durante la ebullición y la retención de mosto en el trub grueso.

### **1.1.3 Elaboración de la cerveza**

En este apartado se abarca el conjunto de procesos que se llevan a cabo para la transformación del mosto cervecero en la cerveza final. Estos procesos se realizan normalmente en una instalación, independiente del resto de equipos, denominada cava de elaboración. Esta zona facilita el manejo de la temperatura ambiente, el manejo higiénico de productos, el transporte de líquidos y la evacuación de CO<sub>2</sub>. (13) El protagonista es la levadura, diferenciándose principalmente dos tipos, levaduras de fermentación alta y de fermentación baja, aunque indistintamente los procesos llevados a cabo en la cava de elaboración siguen unas etapas comunes.

En cuanto a los equipos pueden usarse cubas abiertas, más habitual en elaboración artesanal, o tanques cilindro-cónicos, que suelen llevar camisa de refrigeración, debido a la exotermicidad del proceso, pudiendo ser isotermos o incluso isobáricos. Cuando se usan cubas se extreman las condiciones de higiene y se suele pasar la fermentación a un recipiente cerrado tras su inicio en cuba abierta. En ambas técnicas es importante el control de la temperatura, especialmente una vez iniciado el proceso de fermentación. (13)



Ilustración 1.9 Etapas elaboración de la cerveza.

### 1.1.3.1 Preparación para la fermentación

Una vez se tiene el mosto limpio frío a la temperatura de fermentación se debe airear con la cantidad adecuada de oxígeno, puro o con el aire, además se añaden las levaduras para el posterior proceso de fermentación. (13)

#### 1.1.3.1.1 Adición de oxígeno

Aunque se puede creer que es algo negativo la oxigenación del mosto, que puede dar lugar a su oxidación, esta es necesaria para el inicio de la fermentación. Esto es causado por dos factores principales. En primer lugar, el oxígeno es requerido para que las levaduras inicien el proceso metabólico de respiración, con él se obtiene un alto rendimiento en la degradación de azúcares fermentables. La segunda causa, aunque no menos importante, es la necesidad de oxígeno para la síntesis de ácidos grasos, fundamentales para el desarrollo de la membrana celular de las células formadas.

La cantidad de oxígeno presente en esta etapa debe ser de al menos 8-9 mg/l mosto, esto se puede extrapolar en caso de añadir aire en lugar de oxígeno puro a una cantidad de 0,4 l aire/l mosto. (13) Un exceso de oxígeno no es un problema en esta etapa, de hecho, se recomienda superar el umbral mínimo ya que todo el oxígeno no se disolverá en el mosto, debido a que la temperatura y presión sobre la superficie del líquido determinarán la cantidad absorbida.

Las aportaciones pueden hacerse mediante distintos métodos. A nivel industrial, existen casos en los que la adición tanto de oxígeno como de levadura se realiza mediante “inyección” en la línea que va camino al fermentador. Otra técnica, consiste en realizar la adición en tanques de mezcla, antes de pasar esta al tanque de fermentación, así se pretende conseguir una correcta homogeneización.

A nivel artesanal la adición de oxígeno suele realizarse por aireación del mosto. La aireación se lleva a cabo de distintas formas “rudimentarias”, moviéndolo de forma enérgica en dirección ascendente y/o descargándolo desde altura a un tanque, de forma que el chorro esté en contacto con el aire y de esta forma se absorba el oxígeno. (5)

#### 1.1.3.1.2 Adición de levaduras

El formato en el que suelen presentarse las levaduras es en forma de líquido, que contiene una cantidad mínima de células viables. El formato de la levadura difiere en el tratamiento de esta, como las condiciones de conservación, pero no en el método de adición al mosto.

Como se ha comentado, a nivel industrial la adición de las levaduras se realiza en forma de inyección en la línea de tubería que va al tanque de fermentación. En este tipo de plantas normalmente se usan levaduras de fermentación baja.

A nivel artesanal, esta adición se realiza directamente sobre el mosto, siendo necesario agitar la mezcla para su homogeneidad e incluso aireación. En este tipo se usan indistintamente levaduras de fermentación baja y alta.

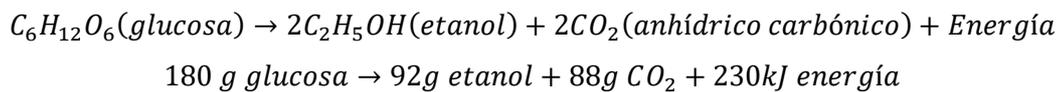
Al ser la levadura uno de los ingredientes más importantes en el proceso de fabricación, existen multitud de

tipos y mezclas posibles para conseguir resultados concretos. (5)

### 1.1.3.2 Fermentación principal

La fermentación del mosto cervecero se compone de etapas por las que pasan las levaduras, la fermentación es la más interesante, aunque tanto las etapas anteriores como posteriores son necesarias en la realización del proceso. A esto se le llama “Ciclo de la levadura”. (13)

En esta etapa se transforman la mayor parte de los azúcares fermentables, dando lugar a etanol, dióxido de carbono y calor, obteniendo cerveza verde. Esto se puede expresar mediante la fórmula de Gay-Lussac: (8)



#### 1.1.3.2.1 Acimatación

También conocida como fase de adaptación, fase lag, *lag time* o latencia. En esta fase tienen lugar dos fenómenos importantes que en condiciones normales no tardan más de 12 horas en producirse, tiempos de más de 24 horas indicarían la existencia de algún tipo de problema en la adaptación de la levadura al mosto. (14)

Las levaduras al llegar al nuevo entorno evalúan las condiciones ambientales como la cantidad de azúcares, oxígeno y nutrientes. En este periodo la levadura se aclimata a su nuevo ambiente y comienza a usar los nutrientes, compuestos por minerales y aminoácidos (nitrógeno), para construir proteínas. La mayoría de las vitaminas y minerales necesarios ya están en el mosto. (14)

En esta etapa destaca el papel del oxígeno, la cantidad es importante. Incluso si el mosto es denso, es posible la adición de más oxígeno tras la activación de las levaduras. La levadura lo absorbe rápidamente, lo usará para reproducirse y juega un papel fundamental para la pared celular. Es usado para producir los ácidos grasos insaturados y esteroides necesarios para que las paredes se vuelvan permeables a los nutrientes del mosto y se generen nuevas membranas para su descendencia. (15) La energía necesaria para esta operación, la aporta la misma levadura, procedente de sus reservas de glucógeno, aunque también puede tomar aminoácidos y esteroides del mosto. Las reservas de glucógeno, en las condiciones adecuadas, se descomponen en glucosa y produce la energía necesaria para las funciones metabólicas de la célula. (14)

#### 1.1.3.2.2 Respiración

También denominada fase de crecimiento exponencial o atenuativa., dura aproximadamente desde un día de la siembra de la levadura hasta el cuarto día de fermentación. (15)

Las células aclimatadas y en condiciones favorables de oxígeno, concentración de azúcares en el mosto y temperatura, desarrollan el proceso de respiración (glicólisis aerobia), del que obtienen energía que almacenan en forma de ATP<sup>5</sup>, necesaria para su crecimiento, y subproductos que las células devuelven al mosto. Las células se reproducen por gemación<sup>6</sup> de forma muy rápida, dada la abundancia de nutrientes, creciendo en número durante varias generaciones. (13)

#### 1.1.3.2.3 Fermentación

En la fase anterior las células han consumido gran cantidad de oxígeno presente en el mosto y por tanto dejan de reproducirse. Comienza así un proceso de fermentación alcohólica (glicólisis anaerobia), donde las células crecen y van consumiendo azúcares fermentables, con un menor almacenamiento en forma de ATP y liberando alcohol, calor y dióxido de carbono. (14) Lo complejo de esta fase reside en que a medida que son liberados los distintos compuestos se desfavorece la actividad metabólica de la célula pudiendo llegar a la desactivación de esta.

En esta glicólisis anaerobia, mediante reacciones enzimáticas, la levadura convierte la glucosa en piruvato, y después, con el oxígeno suficiente, oxida el piruvato generando CO<sub>2</sub> y agua. (14)

El orden en el que la levadura va consumiendo los distintos azúcares siempre es el mismo, comienza con los azúcares más sencillos, primero consume la glucosa, fructosa, la sacarosa, que es dividida en glucosa y

---

<sup>5</sup> Trifosfato de Adenosín: Nucleótido fundamental en la obtención de energía celular. Formado por una base nitrogenada unida al carbono 1 de un azúcar tipo pentosa.

<sup>6</sup> Proceso en el que la levadura se reproduce de forma asexual dividiéndose en células hijas.

fructosa mediante la enzima invertasa, y por último la maltosa, el azúcar más abundante en el mosto, con gran influencia en la formación de compuestos de sabor. Cabe destacar que algunas cepas de levadura no asimilan bien este último compuesto. (14) (15)

#### 1.1.3.2.4 Precipitación

Conforme se va reduciendo el contenido en azúcares, las condiciones se hacen más hostiles, por el aumento de alcohol y dióxido de carbono, es entonces cuando las levaduras precipitan y mueren. (13)

Al final de la fase de fermentación, las levaduras llegan a un pico máximo de temperatura, tasa de crecimiento y generación de espuma. En este punto las levaduras reducen su actividad, y para el caso de fermentación baja, precipitan al fondo del recipiente. Estas levaduras precipitadas sobreviven un tiempo, produciendo algunos compuestos que pueden afectar al cuerpo y redondez del producto final positivamente, lo que explica que esta levadura se conserve durante un tiempo en el recipiente. (13)

#### 1.1.3.2.5 Degradación

Las levaduras muertas depositadas en el fondo del recipiente con el paso del tiempo necesario sufren una autólisis, lo que significa que se auto degradan, dando lugar a compuestos no favorables en la cerveza que cambian las características del producto final en muchos aspectos, pH, color, olor y un largo etcétera. Es por esto por lo que la retirada de las levaduras muertas debe realizarse a tiempo antes de que estas se auto degraden tras finalizar la fermentación.

Al finalizar la fermentación el producto que se tiene es la “Cerveza verde”. (13)

### 1.1.3.3 Maduración y reposo

Respecto a la maduración o guarda y reposo, esta es considerada en multitud de casos como un periodo de tiempo en el que entre otros fenómenos suele producirse una fermentación secundaria, donde se fermentan los azúcares residuales aún presentes en la cerveza verde. Esto es obligatorio cuando se fermenta con levadura tipo Lager (fermentación baja). (13)

Normalmente el periodo de maduración dura al menos una semana y la temperatura a la que se mantiene la cerveza durante este periodo es inferior a la mantenida durante el proceso de fermentación. (13) En esta etapa deben tenerse en cuenta dos aspectos importantes, además, de la segunda fermentación si la hubiera.

En primer lugar, se consigue parte del nivel de CO<sub>2</sub> de la cerveza final, este contenido dependerá tanto de la temperatura como de la presión a la que se realice la maduración de la cerveza. (8)

Además, se transforman los compuestos denominados bouquet de cerveza verde, como son diacetilo, aldehídos y compuestos de azufre, y precipitan gran parte de los componentes inestables del líquido.

En segundo lugar, se produce una clarificación de la cerveza. Se trata de la precipitación de las posibles partículas en suspensión que quedan en la cerveza, principalmente restos de *trub* frío y levaduras. Para que sea posible, el reposo se realiza a menor temperatura que la fermentación y en tanques con formas específicas que favorecen la formación de precipitado. (8) Tras esta etapa se tiene la cerveza madura.

Por último, esta etapa se realiza en instalaciones concretas dentro del centro de producción denominadas “cavas”. En las cavas es determinante la temperatura ambiente, que influye en el coste de refrigeración del producto durante estos periodos, por lo tanto, una temperatura baja de la cava de maduración será un buen factor en cuanto a costes económicos. Hay que destacar que, tanto los equipos auxiliares como los tanques de almacenamiento que se encuentran en la cava de maduración deben ser herméticos evitando pérdidas de compuestos como CO<sub>2</sub> y oxígeno, permitiendo controlar la temperatura, presión y contenido de CO<sub>2</sub> en el líquido para el caso de tanques. (13)

Hay que comentar que, en algunos casos, sobre todo a nivel industrial, puede acompañarse el periodo de reposo de una limpieza, disminuyendo así el tiempo de este dado que no hay que esperar una decantación natural. Añadir, que, aunque se realice una decantación natural, en la industria y cada vez con más adeptos entre los cerveceros artesanales, es habitual realizar una última filtración eliminando las posibles partículas aún en suspensión. (5)

### 1.1.4 Tratamientos complementarios

A partir del apartado anterior, ya se considera que se tiene la cerveza madura como producto final. Aun así, es habitual en la cervecería industrial la aplicación de tratamientos complementarios. Estos tratamientos se aplican al final del proceso productivo. Se usan para evitar los cambios que pueden producirse en el producto final con el tiempo, que se pueden clasificar en tres tipos.

- Coloidales: Las partículas presentes en el líquido en suspensión pueden tender a unirse formando floculos mayores que den lugar a un enturbiamiento.
- Biológicos: Aparición de microorganismos que den lugar o modifiquen algunos compuestos dejando compuestos no deseados.
- Organolépticos: Fenómenos como golpes de luz u oxidaciones. Es decir, modificación de algunos compuestos por causas no biológicas.

#### 1.1.4.1 Clarificación química

Entendida como el conjunto de técnicas en las que no se emplea un equipo que realice una separación física de los componentes, se trata de la eliminación de partículas que podrían precipitar a lo largo del tiempo dando un aspecto turbio al producto. Es en su mayoría necesaria en cervezas claras o que se consumirán tras un largo periodo de tiempo.

Esta clarificación puede obtenerse mediante decantación natural, combinando tiempo y geometría del recipiente, viéndose favorecida en recipientes de poca altura y almacenamiento a temperatura ambiente baja y sin variaciones.

Por otra parte, existen distintos productos que provocan una decantación forzada, al encargarse de arrastrar ciertos componentes facilitando su separación. Estos productos son muy específicos, y se aplica uno u otro según el objetivo que se desee alcanzar. Continuamente aparecen en el mercado nuevas formas de clarificar el producto, con compuestos que permiten obtener los resultados deseados si se usan de la forma correcta

Algunos clarificantes conocidos son:

- Isinglass o “cola de pescado”: Para una separación de la levadura sobrante tras la maduración, que se encuentra disuelta en la cerveza y que con el paso del tiempo podría dar lugar a una segunda fermentación en botella o enturbiamiento de la cerveza al precipitar tras la misma.
- Alga Irish Mosh (k-carrageno): Para evitar la formación de una neblina o velo en el producto, llamado enturbiamiento por frío o *chill haze*, que se produce por fenómenos de agrupación de las partículas al enfriar la cerveza. Esta sustancia se añade habitualmente durante la cocción para evitar el fenómeno, aunque no asegura que se elimine. De todos modos, es posible que la formación de esta neblina, si el tamaño de los coloides es menor a 1  $\mu\text{m}$ , desaparezca al aumentar la temperatura, si esto no ocurre, se trata de una neblina permanente que puede ser tratada con distintos productos como los Taninos, Dióxido de silicio, PVPP (polivinilpolipirrolidona) o gelatina alimentaria. (13)

#### 1.1.4.2 Clarificación física

Se trata de la estabilización de la cerveza mediante limpieza dinámica. Se hace pasar la cerveza por algún equipo que mediante operaciones físicas elimina las partículas que podrían provocar un posterior enturbiamiento. Estos métodos deben practicarse con especial cuidado debido al posible contacto con aire, con la consecuente pérdida de  $\text{CO}_2$  y posible oxidación. (13)

Algunos métodos son:

- Filtración: Sucesivas filtraciones, en las que se comienza eliminando partículas de tamaños en torno a 10  $\mu\text{m}$  y se termina eliminando aquellas menores de 0,4  $\mu\text{m}$ . Normalmente las partículas eliminadas son levaduras en suspensión y bacterias.
- Centrifugación: Mediante separadoras centrífugas, equipos en los que la ubicación de sus distintas partes y velocidades de giro permiten separar distintos tamaños de partículas. (13)

Ambos métodos son menos usados en cervecería artesanal debido al coste que implican los equipos necesarios

para obtener los resultados que se pretenden.

#### 1.1.4.3 Estabilización biológica

Se trata de la eliminación o control de distintos microorganismos presentes en la cerveza madura. Estas partículas orgánicas, pueden manifestarse en algún momento entre la obtención del producto final y su consumo debido a cambios en las condiciones ambiente, provocando efectos no deseados en la cerveza. La estabilización biológica es más común a nivel industrial, donde se usan tratamientos térmicos y procesos de filtración amicrobica. (13) Aun así, debe mencionarse que es crucial evitar la proliferación de microorganismos, realizando una correcta manipulación e higiene meticulosa durante el proceso de elaboración, siendo esta una de las premisas más importantes en la fabricación de cerveza. (8)

- Tratamientos térmicos (Pasteurización): Son tratamientos que provocan la muerte de los microorganismos presentes en soluciones acuosas mediante calor. (8) Se usan dos técnicas habituales de pasteurización en la industria.
  - Pasteurización de la cerveza envasada: La cerveza ya envasada se eleva a temperaturas de 60-62 °C durante periodos de tiempo de 10-20 minutos. (8) Se realiza en túneles en los que los envases son rociados con agua a distintas temperaturas conforme avanzan a lo largo de este, obteniendo un calentamiento que poco a poco los lleva a las temperaturas de pasteurización, donde se mantiene hasta tener el resultado deseado. (13)
  - Pasteurización flash: La cerveza, antes de ser envasada, se expone a temperaturas muy elevadas cercana a 68-72 °C durante periodos de tiempo muy cortos de 10-15 segundos, seguido de un enfriamiento brusco. (8) Es mejor en cuanto a costes y tiempos respecto a la pasteurización comentada anteriormente, pero requiere un tratamiento del producto posterior muy cuidadoso para evitar su contaminación antes del envasado. (13)
- Filtración amicrobica: Se realiza con filtros que disponen de tamaños de poros muy pequeño, menor que el de los microorganismos que se pretenden separar. Este método es menos usado para la estabilización biológica debido a los altos costes que presenta, con filtros de tamaño de poro menor a 0,45 µm. (13)

#### 1.1.4.4 Estabilización organoléptica

Como se ha comentado en los aspectos que podían requerir un tratamiento posterior, es posible que durante su almacenamiento la cerveza esté expuesta a condiciones ambientes que provoquen una variación en sus propiedades. La procedencia de estos problemas puede ser muy distinta, contacto con oxígeno debido a que no está bien guardada, exposición a la luz, cambios bruscos de temperatura ambiente u otros. Para evitar este posible deterioro se puede añadir ácido ascórbico o SO<sub>2</sub> antes del envasado, retardando el envejecimiento por oxidación. (13)

#### 1.1.4.5 Tratamientos propios de la cerveza artesanal

Son tratamientos con objetivos muy concretos cada vez más usados por cerveceros artesanos e incluso industriales. El único de estos tratamientos que merece especial atención es el conocido como *dry hopping*. Aun así, puede encontrarse que algunos textos también atribuyen a cerveceros artesanos técnicas como el degüelle, habitualmente usada en productos como vino o champagne para asegurar el contenido de CO<sub>2</sub> del producto en cuestión. Si se consulta a cerveceros artesanos puede comprobarse que esta técnica realmente no es habitual, debida a su complejidad y el elevado coste que presenta, aplicado a un producto al que se le atribuye menor valor añadido que a ciertos productos enológicos en los que si se practica. (5)

En cuanto al *dry hopping* se define como la técnica con la que cerveceros artesanales tratan de darle a su producto aromas muy concretos. Consiste en la adición de lúpulo, en cualquiera de sus formatos, durante la maduración del producto, aunque a veces es añadido al final de la fermentación. Se añade y se deja reposar durante un tiempo, durante el cual a veces es removido para facilitar la liberación de aceites esenciales del lúpulo. Es importante controlar esta adición para que se liberen únicamente los componentes deseados y no otros que puedan contaminar la cerveza. (13) Por último, hay que señalar que es cuidadosamente elegido el tipo, tiempo que está en contacto con la cerveza y cantidad de lúpulo por el cervecero en cuestión, ya que hace

que aporte su “toque” personal. (5)

### 1.1.5 Elaboración de cerveza sin y de bajo contenido alcohólico

Por último, respecto al proceso de elaboración, resulta interesante señalar aquellas particularidades en el proceso productivo que dan estos dos productos tan específicos caracterizados por el contenido final de alcohol. En España, con porcentaje de alcohol para las de bajo contenido del 1-3% v/v, las sin alcohol menor de 1% v/v y las cada vez más frecuentes, de contenido 0,0% alcohol. (4)

Aunque el proceso de elaboración es el mismo que el comentado en los anteriores apartados, se dan una serie de cambios en algunas de las etapas o se añaden otras que permite conseguir este tipo de producto final.

Para cervezas de bajo contenido alcohólico la reducción de alcohol se realiza normalmente mediante un control en el proceso de obtención del mosto, en el que se trata cuidadosamente la maceración de la malta, disminuyendo la cantidad de extracto soluble o de azúcares fermentables que esta “cede” al mosto sin fermentar. Esto se realiza mediante un control exhaustivo de la temperatura de maceración. Otra opción en este tipo es la adición de levaduras muy específicas o la interrupción de la fermentación una vez obtenido el grado alcohólico deseado. (13)

Para cervezas sin alcohol, el proceso es muy distinto. Esto quiere decir que en lugar de actuar sobre ciertas etapas del proceso de elaboración este no varía, sino que se realiza una desalcoholización del producto final. Esta desalcoholización que permite rebajar el contenido final de alcohol hasta valores 0,0% se realiza mediante operaciones de separación. (13)

En primer lugar, puede mencionarse la destilación, en la que se separa el alcohol del resto de componentes mediante la ebullición. Normalmente se realiza en condiciones de presión baja o a vacío con la cerveza descarbonatada permitiendo de este modo bajar la temperatura de la operación.

La otra técnica de separación posible es la ósmosis inversa que consiste en el uso de un filtro o membrana cuyo tamaño de poro dejará pasar los componentes de forma selectiva. Ejerciendo presión sobre la cerveza con alcohol, parte del líquido pasará al otro lado de la membrana, quedando el alcohol retenido en el lado opuesto. Este método es complicado, ya que deja como resultado una especie de pasta de cerveza muy concentrada que necesitará de la adición del agua que ha perdido durante el proceso. Aun así, es capaz de eliminar mayor cantidad de alcohol que el proceso anterior. (13)

Cabe mencionar, que no es una práctica habitual en los cerveceros artesanales. Algunas posibles razones son la pérdida de sabores o aromas durante la desalcoholización, parámetros muy valorados por cerveceros, o el coste de equipos y la poca accesibilidad a ellos. Aun así, desde hace un tiempo a la actualidad, cada vez son más los artesanos que se atreven a “probar”.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DE CERVEZAS

*Existen tantos tipos de cervezas como cerveceros hay en el mundo.*

Anónimo.

Realizando una investigación bibliográfica puede llegarse a la conclusión de que existen múltiples formas de clasificar la cerveza. La variedad de ingredientes, métodos de producción y otras condiciones hace posible la existencia de multitud de tipos de cerveza y formas de clasificarlas.

En primer lugar, el estilo, es el parámetro más usado para la distinción. Así pues, esta distinción de estilos normalmente está determinada por el tipo de levaduras, y por tanto la fermentación, los ingredientes usados, sabor, color, región de la que procede o hasta por la fecha de elaboración.

Dentro de cada estilo, se diferencian distintos tipos o familias, para diferenciar bien la cerveza se usan parámetros medibles en ellas. Estos parámetros son la densidad del mosto inicial, la densidad de la cerveza

final, el grado alcohólico, el amargor, medido en IBU (*International Bitterness Unit*), y el color, medido en distintas unidades, SRM (*Standard Reference Method*), grados Lovibond o EBC (*European Brewery Convention*). (13) De estas propiedades se hablará más adelante.

Algunas de las posibles clasificaciones según distintos parámetros se han recogido en la Tabla 1.3. En este texto la clasificación se realizará partiendo del tipo de fermentación y nombrando aquellos estilos o tipos, dentro de cada familia, de los que se mencionarán los distintos parámetros mostrados en la Tabla 1.3 que se consideren oportunos. Aun así, primero se presentará la clasificación según el documento BOE-A-2016-11952. (4)

Por su reconocido prestigio, ha de comentarse que muchos de los cerveceros experimentados se guían según las pautas de estilo de la BJCP<sup>7</sup> (*Beer Judge Certification Program*), creada en el año 2015 por esta organización con el fin de recoger y clasificar los distintos tipos de cerveza existentes en el mundo entre otras funciones que realiza. La BJCP define cuatro grupos principales. Tres de los grupos dividen la cerveza según fermentación alta, baja o espontánea, el último engloba otras cervezas *specialty*. Dentro de estos grupos el programa presenta distintas familias según parámetros específicos y dentro de ellas las cervezas se ordenan según el contenido alcohólico. Reconoce 23 familias y un total de 81 estilos. (16)

Criterio	Tipos
<b>Fermentación</b>	Alta ( <i>Ale</i> )
	Baja ( <i>Lager</i> )
	Espontánea ( <i>Lambic, Wild</i> )
	Mixta
<b>Ingredientes</b>	Cebada
	Trigo
	Maltas de otros cereales
	Adjuntos
	Otros (frutas, café, hierbas, miel...)
<b>País de procedencia</b>	Centro Europa (Alemania y República Checa)
	Bélgica
	Reino Unido
	USA
<b>Fortaleza (Contenido alcohólico)</b>	Con alcohol
	Bajo contenido alcohólico
	Sin alcohol
<b>Color</b>	Rubia
	Tostada
	Roja
	Negra
	Otros
<b>Método de producción</b>	Artisanal
	Industrial
<b>Era</b>	Estilos desaparecidos
	Estilos tradicionales
	Estilos reinterpretados
	Nuevos estilos

Tabla 1.3 Clasificación cerveza.

<sup>7</sup> Beer Judge Certification Program: Organización mundial de certificación para jueces de cerveza y productos fermentados relacionados.

### 1.2.1 Clasificación según BOE-A-2016-11952

En el boletín oficial del estado, anexo al documento (Anexo A), se muestra de forma indirecta una clasificación de los distintos tipos de cerveza en España. Se trata de una tipificación en la que se deben encontrar las cervezas fabricadas en el país. Esta clasificación se encuentra en el Artículo 3 del BOE-A-2016-11952 “Definiciones relativas a los productos y a los métodos de fabricación”.

Por lo tanto, midiendo valores de parámetros y apoyándose en la definición del BOE, se puede conocer el “tipo legal” de producto, debiendo emplearse en ese caso la denominación legal que corresponda al producto a la hora de su etiquetado y comercialización. Los parámetros medidos llevan a conocer el Extracto Seco Primitivo (ESP) o Extracto de Mosto original, que se trata de la cantidad de componentes orgánicos presentes en el mosto antes de fermentar. Este parámetro proporciona, por tanto, información acerca de la cantidad de azúcares fermentables presentes en el mosto y, en consecuencia, la cantidad de alcohol que se puede obtener.

Dada la extensión de las directrices que dan lugar a las distintas denominaciones legales, se presentan a modo de resumen en la Tabla 1.4 . (4)

criterio BOE-A-2016- 11952 Art.3	Rango	Denominación legal
Ingrediente	Malta de cebada < 50% Malta Total	Cerveza de cereales <i>Cerveza de “cereal con mayor %”</i>
Extracto seco primitivo	$ESP \geq 15\% P/P$	Cerveza extra
	$13\%P/P \leq ESP < 15\%P/P$	Cerveza especial
Color	Unidades de color EBC > 50	Cerveza negra
Contenido alcohólico	$1\%V/V > \text{Grado alcohólico} > 3\%V/V$	Cerveza de bajo contenido alcohólico
	Grado alcohólico < 1%V/V	Cerveza sin alcohol

Tabla 1.4 Clasificación de cerveza en BOE. (4)

### 1.2.2 Clasificación según fermentación

Esta clasificación es la más general y a partir de ella después se comienza a concretar otras propiedades que tiene el producto para definirlo con distintas familias y tipos. La clasificación según fermentación, es decir, tipo de levadura usada, tiene su origen en los cerveceros artesanales, que llaman a sus cervezas Ale, si se usa una levadura de fermentación alta, Lager, si usa levadura de fermentación baja, y Wild o Lambic si su fermentación es espontánea, llevada a cabo mediante levaduras salvajes, aunque en algunos casos la fermentación realmente no es espontánea, dando lugar a cervezas de fermentación mixta donde normalmente se inoculan las cepas de levaduras salvajes no *Saccharomyces* junto con otras *Saccharomyces* en el mosto a fermentar.

#### 1.2.2.1 Ale. Fermentación alta.

El nombre acapara a todas las cervezas de fermentación alta, lo que quiere decir que el proceso de fermentación tiene lugar en la superficie del líquido, aunque una vez muere la levadura, desciende al fondo. Aun así, esta alta fermentación da lugar a que las cervezas tipo Ale sean más “sucias” que las Lager. La levadura usada para la fermentación se llama *Saccharomyces cerevisiae*, un tipo muy común de levadura que también es usada para la elaboración de otros productos como pan y vino. (17)

La fermentación con este tipo de levaduras es rápida, en un periodo de aproximadamente una semana ya se ha realizado la primera fermentación del producto. (17) Las condiciones de esta fermentación varían según la fuente encontrando distintos datos, lo cierto es que el valor de un parámetro tan determinante como la

temperatura podría situarse entre los 16 y 22 °C (5), obteniendo mayor rendimiento conforme más cerca del punto superior de temperatura se opere.

Respecto a la levadura, conforme se produce el alcohol, esta es resistente al contenido alcohólico, por lo que pueden atribuirse a la familia Ale las cervezas de alto grado alcohólico, dado que la levadura es capaz de seguir fermentando. (17) Aunque, por otra parte, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* no es capaz de fermentar la totalidad de los azúcares en el mosto, teniendo el producto final un sabor más dulce, además de afrutado, y en general considerado más elaborado en esta familia de cervezas. Por último, la temperatura de consumo de esta cerveza se recomienda que sea de unos 6-10 °C. (5)

#### 1.2.2.1.1 Pale Ale

La primera parte del nombre de esta familia de cervezas pale, hace referencia al aspecto de esta, pálida o clara. Se trata de una familia de cervezas de color claro, que varían desde el pajizo hasta el marrón/dorado claro. Suelen ser limpias y bebibles fácilmente. Aunque tienen distintas características según el país de procedencia, puede decirse que el contenido alcohólico tiene valores de bajo a medio y el amargor suele ser también bajo o moderado. (13)

Se encuadran en esta familia distintos estilos que se muestran en la Tabla 1.5.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Golden Ale British</b>	3.8 – 5.0	20 – 45	4 – 12
<b>Blonde Ale American</b>	3.8 – 5.5	15 – 28	6 – 12
<b>Cream Ale American</b>	4.2 – 5.6	8 – 20	5 – 10
<b>Kölsch</b>	4.4 – 5.2	18 – 30	7 – 10
<b>Golden Ale Pampas</b>	4.3 – 5.5	15 – 22	6 – 10
<b>Sparkling Ale Australian</b>	4.5 – 6.0	20 – 35	8 – 15
<b>Pale Ale American (APA)</b>	4.5 – 6.2	30 – 50	10 – 20
<b>Pale Ale Belgian (BPA)</b>	4.8 – 5.5	20 – 30	16 – 28
<b>Saison Ale</b>	5.0 – 7.0	20 – 35	10 – 45
<b>Blond Belgian Ale</b>	6.0 – 7.5	15 – 30	8 – 14

Tabla 1.5 Cervezas Pale Ale. (13)

#### 1.2.2.1.2 Indian Pale Ale “IPA”

Familia de cervezas de colores claros, al igual que en el caso anterior. Aun así, se diferencia de la familia anterior por su valor de amargor de moderado a alto, teniendo además un contenido alcohólico medio-alto. Esta familia tan característica surgió en Inglaterra, donde para enviar cervezas a sus colonias en la India añadían gran cantidad de lúpulo para mejorar la conservación en el transporte. (13)

Encajan en esta familia los distintos estilos que se muestran en la Tabla 1.6.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>IPA Argentine</b>	5.0 – 6.5	35 – 60	12 – 30
<b>IPA English</b>	5.0 – 7.5	40 – 60	12 – 28
<b>IPA American</b>	5.5 – 7.5	40 – 70	12 – 28
<b>IPA Specialty</b>	5.5 – 10.0	40 – 100	10 – 79
<b>IPA Double</b>	7.5 – 10.0	60 – 120	12 – 28

Tabla 1.6 Cervezas IPA. (13)

#### 1.2.2.1.3 Brown Ale / Amber / Red

Familia de cervezas de colores que como su propio nombre indica pasan por el marrón, rojo y ámbar. Son características por su color tostado, en general son poco lupuladas y de contenido de alcohol bajo. (13)

Se diferencian entre ellas por su procedencia y nivel de amargor, quedando representadas en la Tabla 1.7.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Ale Scottish</b>	2.5 – 6.0	10 – 30	26 – 44
<b>Milk Dark British</b>	3.0 – 3.8	10 – 25	24 – 50
<b>Bitter British</b>	3.2 – 6.2	25 – 50	22 – 36
<b>Red Ale Irish</b>	3.8 – 5.0	18 – 28	18 – 28
<b>Brown Ale “Oud Bruin”</b>	4.0 – 8.0	20 – 25	30 – 44
<b>Brown Ale British</b>	4.2 – 5.4	20 – 30	24 – 44
<b>Altbier “Düsseldorf”</b>	4.3 – 5.5	25 – 50	22 – 34
<b>Brown Ale American</b>	4.3 – 6.2	20 – 30	36 – 70
<b>Amber Ale American</b>	4.5 – 6.2	25 – 40	20 – 34
<b>Red Ale Flanders</b>	4.6 – 6.5	10 – 25	20 – 32
<b>Bière de Garde</b>	6.0 – 8.5	18 – 280	12 – 38

Tabla 1.7 Cervezas Amber. (13)

#### 1.2.2.1.4 Porter / Stout

La denominación de esta familia significa en su traducción al español “Trabajador” y “Robusto”. Se trata de cervezas de color oscuro a muy oscuro, incluyendo el negro. Son de sabores intensos a tostado o café, y aromas también intensos, mientras que el contenido alcohólico que pueden presentar es muy variable. (13)

El tipo porter, tiene su origen en el consumo por parte de los trabajadores portuarios que se dedicaban a trabajos muy pesados. Las Stout por su parte reciben el nombre de líquido robusto por ser cervezas con mucho cuerpo. (18)

Se diferencian entre ellas en el nivel de amargor que presenta, ingredientes añadidos y país de procedencia. Se muestran los distintos estilos de Porter / Stout en la Tabla 1.8.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Dry Stout Irish</b>	4.0 – 4.5	25 – 45	50 – 79
<b>Brown Porter English</b>	4.0 – 5.4	18 – 35	40 – 60
<b>Sweet / Milk Stout</b>	4.0 – 6.0	20 – 40	60 – 79
<b>Oatmeal Stout</b>	4.2 – 6.0	25 – 40	44 – 79
<b>Robust Porter American</b>	4.8 – 6.5	25 – 50	44 – 79
<b>Stout American</b>	5.0 – 7.0	35 – 75	60 – 79
<b>Tropical Stout</b>	5.5 – 8.0	30 – 50	60 – 79
<b>Extra-Stout Foreign</b>	6.3 – 8.0	50 – 70	60 – 79
<b>Strong Porter Baltic</b>	6.5 – 9.5	20 – 40	34 – 60
<b>Imperial Stout “Russian”</b>	8.0 – 12.0	50 – 90	60 – 79

Tabla 1.8 Cervezas Porter y Stout. (13)

#### 1.2.2.1.5 Strong Ale

Esta familia hace referencia a cervezas de carácter fuerte. Sus características principales son un alto contenido alcohólico y cuerpo, sin ser demasiado tostadas pese a estas. (13)

Algunas son consideradas incluso un “vino”. Se suelen diferenciar según procedencia y se muestran los principales estilos en la Tabla 1.9.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Old / Strong Ale British</b>	5.5 – 9.0	30 – 60	16 – 44
<b>Strong Ale American</b>	6.3 – 10.0	50 – 100	14 – 38
<b>Strong Ale Scotch</b>	6.5 – 10.0	17 – 35	28 – 50
<b>Goldem Strong Ale Belgian</b>	7.5 – 10.5	22 – 35	6 – 12
<b>Barleywine English</b>	8.0 – 12.0	35 – 70	16 – 44
<b>Barleywine American</b>	8.0 – 12.0	50 – 100	20 – 38

Tabla 1.9 Cervezas Strong Ale. (13)

### 1.2.2.1.6 Abbey / Trappist

Familia de cervezas de producción típica en sus orígenes en monasterios o abadías, también llamadas trapenses.

Gran variedad dentro de la misma familia en las distintas cervezas debido a que cada abadía tenía su propia receta de elaboración. Aun así, una característica muy común a todas las cervezas de esta familia es que incorporan una segunda fermentación en botella y que mantienen sus propiedades estables por mucho tiempo. (13)

Los estilos más conocidos en esta categoría se muestran en la Tabla 1.10.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Trappist Single</b>	4.8 – 6.0	25 – 45	6 – 10
<b>Dubbel o Duvel Belgian</b>	6.0 – 7.6	15 – 25	20 – 34
<b>Tripel Belgian</b>	7.5 – 9.5	20 – 40	9 – 14
<b>Dark Strong Belgian</b>	8.0 – 12.0	20 – 35	24 – 44

Tabla 1.10 Cervezas de Abadía. (13)

### 1.2.2.1.7 Wheat / Rye Beer

Se trata de cervezas de fermentación alta, aunque de levaduras específicas que fermentan a temperaturas más altas. Se caracterizan en sus ingredientes por ser de cereales, ya que usan un 50% de malta de cereales como trigo (*wheat*) o centeno (*rye*). De colores turbios, debidos a levaduras presentes en el producto final y/o proteína en suspensión procedentes de la malta de cereal en el líquido. Sobre todo, en cervezas alemanas pertenecientes a esta familia, donde es más habitual una segunda fermentación en botella. (13)

Se diferencian distintos estilos, principalmente según el cereal usado y el país de procedencia. Estos se presentan en la Tabla 1.11.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Weisse Berliner</b>	2.8 – 3.8	3 – 8	4 – 6
<b>Wheat / Rye American</b>	4.0 – 5.5	15 – 30	6 – 12
<b>Gose</b>	4.2 – 4.8	5 – 12	6 – 10
<b>Weissbier / Hefeweizen</b>	4.3 – 5.6	8 – 15	4 – 12
<b>Dunkel weizen</b>	4.3 – 6.0	10 – 18	28 – 40
<b>Witbier Belgian Ale</b>	4.5 – 5.5	8 – 20	4 – 8
<b>Weizenbock</b>	6.5 – 9.0	15 – 30	12 – 50
<b>Wheatwine</b>	8.0 – 12	30 – 60	16 – 30

Tabla 1.11 Cervezas Ale de trigo y/o centeno. (13)

### 1.2.2.2 Lager. Fermentación baja.

Este nombre engloba a todas las cervezas de fermentación baja, lo que significa que el proceso de fermentación tiene lugar en la parte baja del tanque, en el seno del líquido. Cuando muere, la levadura al igual que en las cervezas tipo Ale, se deposita en el fondo del recipiente. La levadura usada en esta fermentación se denomina *Saccharomyces pastorianus*, también llamada *Saccharomyces carlsbergensis*, dado que la industria danesa de elaboración de cerveza Carlsberg fue la precursora en el uso de esta levadura. Esta levadura es un híbrido entre la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la *Saccharomyces eubayanus*. (19)

El proceso de fermentación para la obtención de cervezas tipo Lager es más lento que para tipo Ale, manejando tiempos de una a tres semanas para la primera fermentación. Además, este tipo de cervezas, sufren un periodo de maduración largo, de una duración de dos a seis meses, con un tratamiento en forma de almacenamiento en frío, en el que se hace la cerveza más clara y se asientan las levaduras y proteínas. (17) Este último, fue descubierto accidentalmente y hoy en día se realiza casi de forma obligatoria en la elaboración de una Lager. (20) Una vez mencionado el proceso de elaboración, se puede intuir, que las condiciones de esta fermentación son en cuanto a temperatura más frías que para una cerveza Ale. Para los rangos de temperatura, de nuevo al igual que en Ales, se encuentran distintos datos según la fuente. Se considerará un rango de temperaturas de 7 - 14 °C (5), menor que en tipo Ale, por lo que también son llamadas cervezas de

fermentación en frío. La capacidad de las levaduras usadas a fermentar con baja temperatura las hace cervezas muy populares en regiones de centro Europa donde en invierno se alcanzan temperaturas muy bajas. (17)

En cuanto al comportamiento de la levadura, esta es más exigente que la *Saccharomyces cerevisiae* usada en Ale. Esta levadura tolera menos el alto contenido alcohólico, fermentando menos y más lento los azúcares que el tipo *cerevisiae* y dando lugar por tanto a cervezas más dulces. (17) Para finalizar, respecto al consumo, puede mencionarse que las cervezas Lager se consumen más frías que las Ale, aunque esto depende del tipo concreto de Ale o Lager.

#### 1.2.2.2.1 Pale Lager / Pilsner

De nuevo Pale hace referencia al aspecto pálido o claro de esta familia de cervezas. Son limpias y al igual que su análoga de levadura Ale, fáciles de beber, aunque más carbonatadas y servidas a menor temperatura lo que les aporta un efecto saciante y refrescante. Respecto al color varía en un amplio espectro desde colores pajizos hasta dorados claros.

En concreto las Pilsner, también llamadas Pilsen, pilsner o simplemente pils, se caracterizan por las propiedades del agua usada, en su origen de una región alemana que recibe el mismo nombre. Suelen tener maltas específicas de la zona y lúpulos de tipo Saaz. (13)

Dentro de esta familia se ubican los siguientes estilos en Tabla 1.12.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Leichtbier German</b>	2.4 – 3.6	15 – 28	4 – 10
<b>Light – LiteLager American</b>	2.8 – 4.2	8 – 12	4 – 6
<b>Pale Lager Czech</b>	3.0 – 4.1	20 – 35	6 – 12
<b>Standard Lager American</b>	4.2 – 5.3	8 – 18	4 – 8
<b>Pilsner “Premium” Czech</b>	4.2 – 5.8	30 – 45	7 – 15
<b>Pilsner German</b>	4.4 – 5.2	22 – 40	4 – 10
<b>Pale Lager International</b>	4.6 – 6.0	18 – 25	4 – 12
<b>Helles Munich-München</b>	4.7 – 5.4	16 – 22	6 – 10
<b>Pale / Amber Kellerbier</b>	4.7 – 5.4	20 – 40	6 – 34
<b>Helles Exportbier German</b>	4.8 – 6.0	20 – 30	8 – 15

Tabla 1.12 Cervezas Pilsner. (13)

#### 1.2.2.2.2 Amber Lager

En español conocida como Rubia Lager. Se trata de una familia de cervezas de fermentación de levaduras tipo Lager, con colores rubios hasta alcanzar intensidades de color cobre o marrón. El contenido en alcohol es moderado al igual que en la familia anterior, con la que comparte muchas características excepto los colores entre los que se mueve el resultado. (13)

Se presentan en Tabla 1.13 los distintos estilos presentes en esta familia, entre los cuales la principal diferencia es el país de origen de esta.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Amber Lager Czech</b>	4.4 – 5.8	20 – 35	20 – 32
<b>Common Bier Californian</b>	4.5 – 6.2	30 – 45	20 – 28
<b>Amber Lager International</b>	4.6 – 6.0	8 – 25	14 – 28
<b>Lager Vienna</b>	4.7 – 5.5	18 – 30	18 – 30
<b>Rauchbier</b>	4.8 – 6.0	20 – 30	24 – 44
<b>Festbier Oktoberfest / Märzern</b>	5.8 – 6.3	18 – 25	8 – 34

Tabla 1.13 Cervezas Amber Lager. (13)

#### 1.2.2.2.3 Dark Lager

Familia bien diferenciada del resto de las cervezas de fermentación tipo Lager debido a su color. Este varía desde colores marrones o cobre hasta negros. (13)

Dentro de esta familia se encuentran estilos muy concretos y bien diferenciados, estos se muestran en Tabla 1.14.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Dark Lager International</b>	4.2 – 6.0	8 – 20	28 – 44
<b>Schwarzbier</b>	4.4 – 5.4	20 – 30	34 – 70
<b>Dark Lager Czech</b>	4.4 – 5.8	18 – 34	28 – 70
<b>Dunkel Munich - München</b>	4.5 – 6.5	18 – 28	28 – 66

Tabla 1.14 Cervezas Dark Lager. (13)

#### 1.2.2.2.4 Bock “Strak”

Familia muy diferenciada al tratarse de las cervezas tipo lager con carácter más fuerte, intensas y de colores más oscuros. Respecto al contenido alcohólico este es alto. El cuerpo también es alto y robusto. En cuanto al nombre, Bock, según la fuente, proviene de la región con mayor auge en este estilo, Einbeck, ciudad alemana, aunque también corresponde con la traducción a este mismo idioma de “macho cabrío” y Strak corresponde a “fuerte”. (13)

Son escasos los estilos que se diferencian en esta familia, todos ellos de características muy distintas entre sí, sobre todo respecto a contenido alcohólico, compartiendo algunos posibles valores comunes en cuanto a color y amargor como puede verse en la Tabla 1.15.

Denominación	Alcohol (%ABV)	Amargor (IBU)	Color (EBC)
<b>Hellesbock / Dunkelsbock</b>	6.3 – 7.4	23 – 35	12 – 44
<b>Dopplebock</b>	7.0 – 10.0	16 – 26	12 – 50
<b>Eisbock</b>	9.0 – 14.0	25 – 35	36 – 60

Tabla 1.15 Cervezas Bock. (13)

#### 1.2.2.3 Wild o Lambic. Fermentación espontánea.

Este nombre hace referencia a cervezas muy concretas y desconocidas por gran cantidad de consumidores, que son especiales e interesantes por el proceso de fermentación. La fermentación es espontánea estando el mosto en contacto con el aire, de forma que la levadura no se añade, si no que “aparece”, está presente en el ambiente. Aunque a nivel industrial, en otras zonas, ya se hace inoculando levaduras salvajes en mosto.

Como se ha comentado, esta cerveza es especial. Su nombre, Lambic, se debe a la región belga Lembeek, donde principalmente se elabora esta cerveza, en el valle del Senne concretamente. En este lugar hay presente en el aire levadura salvaje de la familia de los *Brettanomyces* (Brett), que se asientan en el mosto y fermentan los azúcares presentes en él. (17) Curiosamente, las levaduras y bacterias presentes en el valle donde se produce hacen que la cerveza Lambic esté considerada patrimonio inmaterial de la humanidad por la UNESCO. (21)

La fermentación se realiza, al menos en las primeras etapas, en cubas abiertas, para que el mosto esté en contacto con las levaduras salvajes presentes en el aire, en una piscina de unos 30 cm de profundidad y forma rectangular a la que se le llama *coolship*. (22) Este método de fermentar difiere de los tipos Ale y Lager realizado en tanques cerrados herméticamente, cilíndricos y en posición vertical. Tras las primeras etapas la levadura y las bacterias, principalmente *Lactobacillus*, se han adherido al mosto y además se libera gran cantidad de CO<sub>2</sub>. Al pasar 24 horas desde esta primera etapa, el proceso se continua en barricas de roble o castaño normalmente. En estas barricas pueden envejecer hasta periodos de tres años y en ellas la cerveza se oxigena gracias a la porosidad de la madera. (23)

Las cervezas lambic, se caracterizan por su sabor ácido y agrio, con niveles de alcohol de entre 5-7%. Estas cervezas, están hechas a partir de un mosto de cebada y trigo con una proporción de 70:30 o 60:40, normalmente con trigo sin maltear. Otro ingrediente habitual en este tipo de cerveza es la fruta, que además añadidas en la maduración pueden dar lugar a una re-fermentación. Por último, para equilibrar el sabor amargo, habitual por las bacterias presentes en el aire y adheridas durante la fermentación, se suele usar lúpulo de añadas anteriores que no tenga tanto aroma y amargor, pero si propiedades conservantes. Para equilibrar acidez, puede añadirse azúcar o fruta en las últimas etapas. (22)

En la Tabla 1.16 se muestran los tipos más conocidos de Lambic y su característica o ingrediente “principal” todo esto partiendo del estilo “Straight Lambic”, cerveza sin mezclar, sin carbonatación, poco lupulada y de

una maduración menor a 6 meses, siendo esta la más básica a partir de la cual se pueden distinguir y elaborar el resto, combinándola con frutas o lambic de más maduración. (23) También se le llama Pura Lembeek. (13)

Estilo	Característica
<b>Straight Lambic</b>	Menos 6 meses maduración
<b>Gueuze</b>	Mezcla distintas antigüedades 15-70% madura
<b>Framboisa</b>	Frambuesa
<b>Kriek</b>	Cerezas
<b>Faro</b>	Azúcar

Tabla 1.16 Estilos Lambic.

#### 1.2.2.4 Fermentación Mixta

Método de fermentación relativamente nuevo cada vez con mayor expansión.

Las cervezas pertenecientes a esta familia se fermentan mediante una mezcla de dos tipos distintos de levaduras, que se pueden añadir a la misma vez o de forma consecutiva. Las dos levaduras encargadas de esta fermentación son de tipo *Saccharomyces* y *Brettanomyces*, habitualmente tipo Ale las *Saccharomyces*, y bacterias como lactobacilos, que aportan acidez característica a la cerveza. A veces, a esta fermentación también se añaden frutas y zumos para conseguir distintos resultados.

Estas cervezas son las apodadas “Ale salvajes”, que se desarrollan cada vez más gracias a la disponibilidad en el mercado de levaduras *Brettanomyces*. (24)



## 2 OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO

---

El objetivo de este trabajo de fin de grado consiste en el estudio del proceso de elaboración de cerveza, conocimiento de los productos resultantes y de las propiedades que se pueden medir en ellos. De estas propiedades se darán las pautas básicas necesarias para su análisis y los distintos métodos disponibles, así como el procedimiento para realizar cada uno de los análisis. Por último, se planteará la creación de un laboratorio de análisis de cerveza mediante algunos de los métodos previamente presentados.

El alcance abarcará desde propiedades que son obligatorias, hasta otras que son habituales o importantes como parámetros de control en el producto, siempre siendo estas propiedades medibles mediante técnicas de análisis físico o químico. No se profundizará especialmente en el laboratorio de análisis, considerando únicamente sus funciones y un presupuesto aproximado del mismo a partir de los costes principales que implican los análisis elegidos.



# 3 ANÁLISIS DE LA CERVEZA

En base a lo recogido en los apartados anteriores, este apartado justifica algunos parámetros físicos y químicos que se deben y/o pueden medir en la cerveza final, dejando de lado aquellos parámetros o métodos de análisis biológicos que quedan fuera del alcance de este texto. Estos parámetros sirven para “encajar” la cerveza en los distintos estilos existentes, además de proporcionar información legal que debe aportarse para la comercialización del producto.

En España, se aceptan distintos métodos para la obtención de los parámetros determinados, ya sea de forma cuantitativa, proporcionando valores completos, o de forma cualitativa, determinando la presencia o ausencia de ciertos componentes. Los métodos aceptados para el análisis en el país se mencionan en el Artículo 9 del BOE-A-2016-11952, “Los métodos de análisis utilizados en los controles oficiales conforme con esta normativa son los recomendados por la European Brewery Convention (EBC) o, en su defecto, aquellos métodos de organismos nacionales e internacionales de reconocida solvencia”. (4)

Es decir, el BOE reconoce los métodos de análisis para distintos parámetros mostrados en la Tabla 3.1, pero, aun así, deja abierta a elección del fabricante o laboratorio en cuestión los métodos a realizar, siempre que se aporte la información de los parámetros que es necesaria, y el método esté avalado por un organismo de relevancia en el sector cervecero, aportando rigor al análisis realizado.

Algunos de los organismos reconocidos son: MEBACK *Mitteleuropäische Brautechnische Analysekommission* (Comisión centroeuropea de análisis de técnicas cerveceras), BD *Institute of Brewing & Distilling* (Instituto de elaboración de cerveza y destilación), RBIM *Research Institute of Brewing and Malting* (Instituto de investigación y elaboración de cerveza y malta), ASBC *American Society of Brewing Chemists* (Sociedad estadounidense de cerveceros químicos). (4)

Parámetro	Método
<b>Grado alcohólico</b>	Destilación y densimetría
	Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIR)
	Cromatografía de gases <sup>8</sup>
	Enzimático <sup>9</sup>
<b>pH</b>	Potenciometría
<b>Densidad y masa volúmica</b>	Densimetría
<b>Extracto real</b>	Densimetría y cálculos
<b>Extracto seco primitivo</b>	Densimetría y cálculos <sup>10</sup>
<b>Color</b>	Espectrofotometría a 430nm
<b>Amargor</b>	Espectrofotometría a 275nm
	Iso- $\alpha$ -ácidos del lúpulo: HPLC

Tabla 3.1 Parámetros y análisis BOE-A-2016-11952. (4)

Además de aquellos parámetros cuya determinación es necesaria para cumplimiento de BOE, se explicará la determinación de otros parámetros que se han considerado importantes para el contenido de este texto, permitiendo obtener más información acerca del producto. Estos parámetros y sus métodos de análisis se muestran en la Tabla 3.2.

<sup>8</sup> Para cervezas de bajo contenido alcohólico o sin alcohol

<sup>9</sup> Para cervezas de bajo contenido alcohólico o sin alcohol

<sup>10</sup> Mediante fórmula de Balling

Parámetro	Método
Anhídrido carbónico	Volumetría y cálculos <sup>11</sup>
Anhídrido sulfuroso	Destilación y Espectrofotometría a 415nm
Turbidez	Turbidimetría
Contenido de metales	Espectroscopía de absorción atómica (EAA)

Tabla 3.2 Otros parámetros y análisis. (5)

### 3.1 Grado alcohólico

El grado alcohólico de una bebida, en este caso la cerveza, es la expresión del porcentaje en volumen de alcohol presente en ella. Cada 1%v/v alcohol/cerveza corresponde con 1 grado alcohólico. Aunque puede encontrarse expresado en “% ABV” donde ABV son las siglas de *Alcohol By Volume*.

El contenido de alcohol habitual en bebidas fermentadas oscila entre 3-12 % ABV, excluyendo las sin alcohol o de bajo contenido alcohólico, cuyo grado alcohólico es incluso menor. Presentan valores de aprox. 1% ABV para bajo contenido alcohólico y de 1-3% ABV para sin alcohol, como se menciona anteriormente.

Hay que recalcar que es una práctica prohibida, al menos en España, la adición de alcohol al producto para la elevación del contenido de este. Por lo que el contenido alcohólico debe proceder únicamente de procesos de fermentación, ya sean principales o secundarias, que convierten los azúcares en alcohol. (4)

Además, si el grado alcohólico es mayor a 1,2% en volumen debe aparecer según legislación en el envase del producto y queda expresado con el número y un decimal acompañado de “% vol.” o también apareciendo en algunos casos precedido de la abreviatura alc. “alc. %vol”. (25)

De esta forma, queda clara la importancia de la determinación del contenido alcohólico dado que es una información requerida en el producto.

#### 3.1.1 Determinación del grado alcohólico

A continuación, se consideran los distintos métodos fisicoquímicos reconocidos por BOE para la determinación del grado alcohólico, así como la forma de proceder en ellos. Es crucial la determinación de este parámetro para conocer si es obligatorio la declaración del grado alcohólico en el envase del producto. (25) Además, en función del valor del contenido alcohólico la denominación legal del producto será distinta. (Tabla 1.4)

##### 3.1.1.1 Destilación y densimetría

Para la determinación del grado alcohólico se realiza, primero, una destilación para separarlo del resto de componentes de la cerveza y posteriormente, mediante densimetría en el destilado, se conoce la graduación alcohólica.

El principio físico de la separación por destilación es la diferencia de temperaturas de ebullición. Es decir, la distinta tendencia de los componentes para distribuirse en las fases líquido y vapor.

El proceso consiste en calentar un líquido hasta que se separan los componentes con distinta tendencia a cambiar de fase. Los componentes más volátiles saldrán por la parte superior del recipiente en forma gaseosa y los de menor volatilidad quedarán retenidos en la fase líquida. El producto deseado de la destilación, en este caso, es el vapor que sale por la corriente superior, que se enfría y pasa a fase líquida mediante condensación. Midiendo la densidad de la muestra inicial y del destilado, se conoce cuál era la fracción del componente volátil en la muestra inicial.

Para el caso de la mezcla alcohol-agua, al subir la temperatura a presión atmosférica, se llega a un punto en el

<sup>11</sup> Procedimiento reconocido por ASBC.

que se forma una mezcla azeotrópica<sup>12</sup>. Esta mezcla azeotrópica tiene un punto de ebullición de 78,2 °C, cuando esa temperatura se mantiene en el termómetro sabemos que ha llegado el momento en que no se obtendrá más separación del componente volátil.

La densimetría se realizará mediante método picnométrico, aunque se considerará también la medición de la densidad mediante aerometría. Ambos métodos pueden encontrarse en el apartado 3.3 Densidad y masa volúmica.

### **Materiales**

- Matraz de destilación de 500 ml.
- Tubo refrigerante Liebig de aprox. 400 mm.
- Picnómetro aforado de 50 ml.
- Termómetro graduado de 0,1 °C.
- Baño termostatzado a 20 °C.
- Balanza analítica sensible a 0,0001 g.
- Matraz erlenmeyer 500 ml.

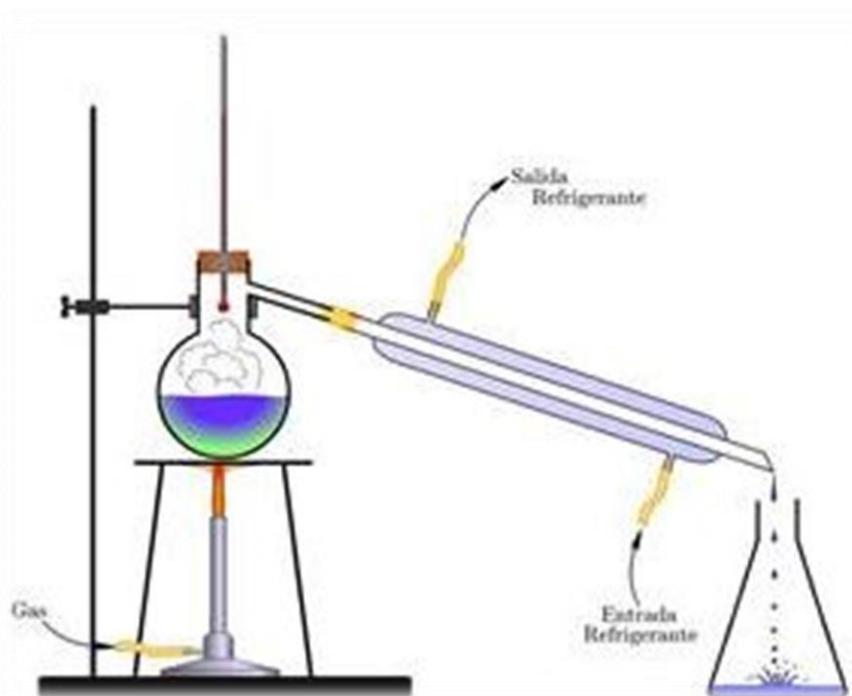


Ilustración 3.1 Destilación.

### **Procedimiento**

El procedimiento para medir el contenido alcohólico de una muestra de cerveza se detalla a continuación. Para ello el laboratorio debe encontrarse en unas condiciones de temperatura adecuadas, que según legislación debe ser de 20 °C. (25) Esta temperatura debe ser considerada para los cálculos posteriores en caso de que fueran necesarios.

---

<sup>12</sup> Mezcla Azeotrópica: Mezcla líquida de composición definida (única) entre dos o más compuestos químicos que hierve a temperatura constante y que se comporta como si estuviera formada por un solo componente, por lo que al hervir la fase vapor tiene la misma composición que la fase líquida.

Debe de tenerse preparado el dispositivo de destilación, que consta de tubo de refrigerante Liebig, fuente de calor, tapón y termómetro para matraz de destilación y matraz aforado de 150 ml, en baño termostático a 20 °C, para la recogida del destilado. La entrada y salida de agua refrigerante del tubo deben estar respectivamente conectadas a la fuente de agua y ubicada en lavabo para desagüe o donde proceda. La fuente de calor será en este caso una manta calefactora facilitando la correcta distribución de la temperatura aplicada a la muestra. Por último, el tapón debe tener acoplado el termómetro con sensibilidad de al menos 0,1 °C y el erlenmeyer debe de estar correctamente ubicado asegurando que la salida del destilado esté lo más dentro del matraz que sea posible.

Se requiere previa preparación de la muestra. Para ello, se vierten 400 ml de cerveza en un matraz erlenmeyer de capacidad superior, p.e. 500 ml. La muestra se agita con la mano o en agitador mecánico, de forma que se elimine el contenido de CO<sub>2</sub> que permanecía disuelto en ella. Después, se filtra la muestra a través de un papel de filtro seco sobre un embudo, recogiendo el filtrado en un matraz erlenmeyer de 500 ml. (26)

Para la destilación, se pesan 100 g de muestra, en matraz de destilación de 500 ml, del cual se debe considerar el peso para conocer realmente la cantidad de muestra pesada. Tras esto, se le añade aprox. 50 ml de agua destilada.

Se tapa el matraz de destilación con el tapón y se ubica el termómetro de forma que esté en contacto con el vapor que pasará a condensar, se conecta al resto del montaje y se calienta suavemente. Debido a la diferencia entre las temperaturas de ebullición de alcohol y agua, el alcohol se evaporará, ascenderá y pasará por el tubo de refrigeración, donde condensará dejando caer el alcohol condensado sobre el matraz aforado, al que se le han añadido previamente aprox. 10 ml de agua destilada, ubicado en baño frío a 20 °C.

Cuando la temperatura llega al valor en que la mezcla es azeotrópica, 78,2 °C, y se han recogido entre 80-90 ml de destilado, se detiene la destilación. Posteriormente, se homogeniza la muestra y se enrasa con agua destilada el matraz aforado de 150 ml.

En este punto ya se tiene el destilado. Es una mezcla hidroalcohólica que contiene todo el volumen de alcohol que contenía el volumen de cerveza utilizado en un inicio, sin solutos no volátiles que influyan en la densidad.

A continuación, se procede a determinar su densidad mediante picnometría. Mientras se prepara el picnómetro, el matraz aforado con el destilado se mantendrá en el baño termostático para que no varíe su temperatura. El procedimiento por seguir se encuentra en el apartado 3.3.1 Determinación de densidad y masa volúmica donde la muestra utilizada será la mezcla hidroalcohólica resultante de la destilación. A partir de los datos de densidad obtenidos y mediante las tablas del Anexo B, se conoce la graduación alcohólica. (26)

Si para la determinación de la densidad se usara el método Aerométrico, se optaría por el empleo de un aerómetro para mezclas de alcohol agua, que se usará a la temperatura para la cual este calibrado. De nuevo mediante cálculos o el empleo de tablas puede conocerse la graduación alcohólica de la cerveza.

### 3.1.1.2 Espectroscopía de infrarrojo cercano NIR

La espectroscopía de infrarrojo cercano permite de forma menos rudimentaria, la determinación del contenido en alcohol, gracias a la energía vibracional de las moléculas de etanol.

Se basa en el fenómeno de absorción de radiación por parte de átomos o moléculas y la posterior liberación de la energía para volver a su estado habitual. La absorción de energía se realiza por unas especies u otras en función de la longitud de onda, de esta forma las moléculas absorberán varias longitudes de onda y los átomos longitudes concretas. En concreto, en la espectroscopía de infrarrojo cercano, el intervalo espectral va desde los 780 nm a 2500 nm, habitualmente expresado en unidades de número de ondas, en cm<sup>-1</sup>. (27)

Los equipos NIR permiten trabajar con distintos registros de espectros; Transflectancia, reflectancia y transmitancia. El modo que resulta interesante para la determinación del grado alcohólico es la transmitancia. (27) En este caso, el espectroscopio emite una radiación a la longitud de onda determinada. Las moléculas presentes en la muestra absorben parte de la radiación que les llega, por lo que la radiación que llega a la muestra que contiene la cubeta y la que sale de ella no será la misma. A partir de la diferencia de radiación, se obtienen parámetros como Transmitancia (ecuación (3-1)) y Absorbancia (ecuación (3-2)), valores que serán tratados por el equipo que mediante la ley de Beer (ecuación (3-3)) proporcionando el valor de concentración

de alcohol en la muestra. (28)

$$T = \frac{P}{P_0} \cdot 100 \quad (3-1)$$

Dónde:

- T: Transmitancia. Porcentaje de radiación que se recoge respecto a la emitida.
- P: Potencia de la radiación recibida.
- P<sub>0</sub>: Potencia de la radiación emitida.

$$A = -\log T \quad (3-2)$$

Dónde:

- A: Absorbancia.
- T: Transmitancia.

La forma en que la radiación absorbida por la muestra puede dar a conocer la concentración en analito de esta se basa en la ley de Beer. Esta ley se cumple en la mayoría de los casos, relacionando de forma lineal la longitud de onda usada con la absorbancia medida, y a partir de ahí, proporciona un valor de concentración del analito en la muestra. (28)

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (3-3)$$

Dónde:

- A: Absorbancia.
- a: Absortividad molar. Constante de proporcionalidad característica para cada especie.
- b: Espesor recorrido por la radiación en la cubeta.
- c: Concentración molar de analito en la muestra.

### **Materiales**

Además de aquellos materiales necesarios para la preparación de la muestra, similares a los del apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría, se necesitan otros materiales para la realización del análisis :

- Erlenmeyer 250 ml.
- Pipeta aforada de 1, 5, 10 y 20 ml.
- Solución etanol a 99,9%.
- Cubetas para fotómetro de filtro de 1 cm.
- Fotómetro de filtro.

Respecto al espectroscopio NIR, el equipo usado es un fotómetro de filtro, dado que es el único que permite obtener resultados cuantitativos. En él, la fuente de radiación suele ser una lampara de tungsteno. El selector de longitud de onda habitualmente es de tipo dispersivo o discontinuo, existiendo gran variedad de filtros. El recipiente para la muestra será de cloruro de sodio, evitando interferencias con las distintas longitudes de onda emitidas. En cuanto al detector, es de tipo térmico debido a que la radiación infrarroja no consigue el transporte de los electrones, el más utilizado es el PbS para rangos entre 900 - 2600nm y InAs 600 - 1900 nm. Al aumentar la temperatura del detector, este emitirá una señal eléctrica que será transformada en un valor de absorbancia a partir del sistema de tratamiento de la señal. (28)



Ilustración 3.2 Equipo NIR para líquidos.

### **Procedimiento**

Para medir la absorción de la muestra en el fotómetro es necesario que a esta se le aplique un tratamiento previo similar al del resto de análisis. Esta preparación sigue las mismas pautas que en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría. En este caso se realiza en un erlenmeyer de 250 ml, dado que se necesita menos volumen de muestra para el análisis. La muestra debe quedar sin CO<sub>2</sub> ni espuma.

Se requiere previa preparación del equipo, para ello se escoge el rango de longitudes de onda en el que se quiere medir, que para etanol es de 1670-1740 nm. (29) Además, se selecciona la variable de las que propone el equipo que se desea conocer. Los resultados que suelen proporcionar son: Absorbancia, transmitancia y concentración. En este caso se selecciona absorbancia.

Para obtener datos cuantitativos, es necesario realizar patrones de soluciones de etanol con concentración conocida para calibrar el equipo. Se preparan patrones de concentraciones que varíen entre 3,0% v/v y 7,0% v/v de alcohol, de esta forma se tiene información de valores cercanos al de la muestra, al encontrarse las cervezas habituales en ese tramo con un contenido habitual de alcohol que en este producto oscila entre 4,3 % y 5,9%. (8) Si la cerveza a analizar tuviera un grado alcohólico que no se ubique entre los valores habituales, se variaría la concentración de los patrones a utilizar.

Para la obtención del patrón, se toma el volumen de muestra necesario mediante pipeta y se vierte en la cubeta o viales del equipo. Esto se repite con cada muestra de distinta concentración, de forma que, siguiendo las instrucciones, se mide la absorbancia de las distintas muestras y el equipo genera el patrón con el que comparará la muestra de interés.

Finalmente, se repite el proceso, pero con la muestra de la que queremos conocer la cantidad de alcohol. El equipo, proporcionará mediante su sistema de tratamiento de señal, directamente el valor de concentración de alcohol presente en ella. (30)

### **3.1.1.3 Cromatografía de gases**

El tercer método reconocido en BOE para la determinación del grado alcohólico consiste en la realización de una cromatografía de gases, en concreto, una cromatografía del tipo gas-líquido. Es menos habitual la determinación de grado alcohólico por este método, a no ser que se requieran resultados muy precisos, como es el caso de cervezas de bajo contenido alcohólico o sin alcohol. (4) Esto se debe al elevado coste de los equipos, aunque resulta un método fiable y de elevada sensibilidad, capaz de proporcionar buenos resultados.

La operación se basa en la interacción de distintos componentes de la mezcla y dos fases, una móvil (gas) y otra estacionaria, líquido en este caso, fijada a una base de sólido inerte o columna, separando los componentes de una mezcla compleja. Este tipo de cromatografía se basa principalmente en equilibrios de distribución y se denomina cromatografía de partición o reparto. (31)

Al pasar la fase móvil con la muestra volatilizada por la columna, los compuestos se desplazarán a distinta velocidad por la misma, al ir quedando adheridos a la fase estacionaria en diferentes zonas debido a la polaridad del líquido y puntos de ebullición de los analitos. La polaridad de la fase estacionaria determinará la interacción con el analito por fuerzas electroestáticas. Por otra parte, la distinta volatilidad o puntos de ebullición se usa como método de separación ubicando la columna en un horno, en el que se realiza una rampa de temperatura aumentándola progresivamente, de forma que, los compuestos más volátiles llegarán antes al final de la columna al incorporarse al gas de arrastre. (32)

De este modo, en el análisis se introduce un cierto volumen de gas de arrastre, de forma isocrática o en

gradiente, hasta que los compuestos a analizar salgan de la columna. Al salir de la columna, los componentes pasan por el detector, el cual produce una señal, distinta para cada componente. Si esta señal se representa frente al tiempo que tarda en realizarse la prueba se obtiene un cromatograma (Ilustración 3.3).

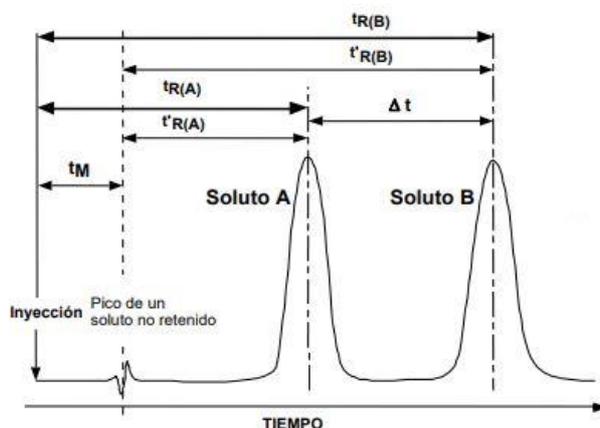


Ilustración 3.3 Cromatograma.

A partir del cromatograma, se extraen los datos que proporcionan el valor de concentración del analito. Los primeros que deben considerarse son los distintos tiempos en los que se da la señal. Estos quedan relacionados mediante la ecuación (3-4).

$$t_r = t_m + t_{r'} \quad (3-4)$$

Dónde:

- $t_r$ : Tiempo de retención. Tiempo total que tarda la fase móvil en atravesar la columna. Está relacionado con el volumen de fase móvil empleado.
- $t_m$ : Tiempo muerto. Tiempo que tarda en aparecer un pico, es decir, en llegar un componente al detector y, en consecuencia, la fase móvil.
- $t_{r'}$ : Tiempo de retención corregida. Tiempo en fase estacionaria, es decir, momento en que llega al detector un componente retenido en la fase estacionaria.

Tanto los distintos tiempos que proporciona el cromatograma como la anchura de los picos es importante para la determinación cuantitativa del compuesto en la mezcla, que se mide trazando una tangente en el punto de inflexión hasta la línea de la base, cortando en el valor de ancho de pico,  $W$  o  $W_b$ .

A partir del ancho de pico, una teoría aceptada para entender el funcionamiento de la cromatografía es la teoría de platos. Dice que, si se considera una columna cromatográfica como una serie de platos teóricos en los que se da el equilibrio entre fase móvil y estacionaria conforme el soluto avanza por la columna, se intuye, que, a mayor número de platos teóricos, mejor separación entre las fases. A partir de este hecho se llega a la influencia de la fase móvil en la cromatografía.

En la ecuación (3-5) se observa que se tiene mejor separación al disminuir la anchura de los picos ya que aumenta el número de platos teóricos equivalentes.

$$N = 16 * \left( \frac{t_r}{W_b} \right)^2 \quad (3-5)$$

Dónde:

- $N$ : Número de platos teóricos.
- $t_r$ : Tiempo de retención.
- $W_b$ : Ancho de pico.

Para una columna de longitud dada, a menor altura equivalente de plato mejor es la separación, dado que existen más equilibrios en menos longitud.

$$h = \frac{L}{N} \quad (3-6)$$

Dónde:

- h: Altura equivalente de plato.
- L: Longitud de la columna.
- N: Número de platos teóricos.

A partir de esta relación Van Deemter describió la influencia de la fase móvil en la columna cromatográfica.

$$h = A + \frac{B}{u} + C \cdot u \quad (3-7)$$

Dónde:

- h: Altura equivalente de plato.
- u: Velocidad de la fase móvil a lo largo de la columna.
- A: Difusión del remolino. Representa que cada molécula tomará distinto camino hasta llegar al detector.
- B: Difusión longitudinal. Componentes concretos se depositan en determinadas bandas ya que las partículas de soluto se mueven en distintas direcciones en la fase estacionaria, la causa es la distinta porosidad de las partículas que forman esta fase. A mayor velocidad el componente se asienta antes, pero la banda también es más estrecha.
- C: Resistencia a la transferencia de materia. Se refiere a que no todos los solutos se distribuyen a la misma velocidad entre las fases en cada plato teórico. Con un desplazamiento rápido de la fase móvil menos posibilidades hay de alcanzar el equilibrio de distribución, se necesita más tiempo para que el componente se transfiera de una fase a otra. (28)

### Materiales

- Erlenmeyer de 250 ml.
- Pipeta aforada de 0,2 y 1,0 ml.
- Microjeringa.
- Solución etanol 99,9 %.
- Cromatógrafo de gases. Gas-Líquido. (33)

Respecto al equipo, el cromatógrafo, tendrá como gas portador gas inerte con el analito a medir. Normalmente, el gas es helio, argón o nitrógeno y su elección también depende del tipo de detector. Las válvulas del cromatógrafo controlarán el flujo del gas de arrastre. La inyección de la muestra en el equipo se realiza mediante microjeringa, en el portal de inyección, donde se produce la evaporación de la muestra para su posterior arrastre con la fase móvil. Respecto a la columna cromatográfica, preferentemente será capilar debido a su alta eficacia. (28) En cuanto al sistema de detección y registro, lo más habitual es el empleo de un detector de ionización de llama, que emite señal ante los compuestos que presentan enlaces C-H, justificando su amplio uso. Este detector quema el gas procedente de la columna en una cámara con exceso de aire, generando iones que se recogen en un colector polarizado, de forma que se obtiene corriente entre un electrodo situado en la llama y este mismo. Esta señal eléctrica, es la que constituye la señal del cromatograma.

Debe mencionarse que la fase estacionaria juega un papel fundamental, al ser la que interacciona con los analitos de la muestra permitiendo su determinación. Como características generales debe tener un rango de uso de temperaturas amplio, ser químicamente inerte, térmicamente estable, de una volatilidad muy baja y es esencial que sea selectiva respecto los compuestos a separar. Para la determinación de etanol en la cerveza, se usa un líquido polar, que tenderá a interaccionar reteniendo el compuesto en la fase estacionaria. (32)

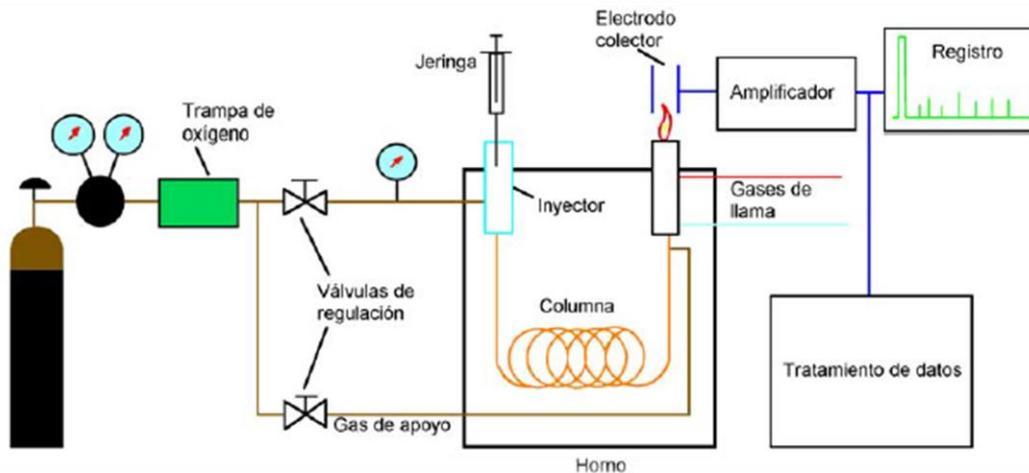


Ilustración 3.4 Esquema cromatógrafo. (32)

### **Procedimiento**

Al igual que en otros métodos se requiere preparación de la muestra de cerveza, de la misma forma que en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría. Debe quedar exenta de CO<sub>2</sub> y turbidez. En este método la muestra habitualmente es de cerveza sin alcohol o de bajo contenido en alcohol.

En el método cromatográfico, para la determinación de la concentración de analito a partir del cromatograma, es necesaria la confección de una curva patrón mediante disolución de concentración conocida en el componente.

Se preparan disoluciones de etanol 0,2% 1,0% y 1,4%. v/v. A partir de etanol al 99,9 % y agua destilada. Estas disoluciones se inyectan en el cromatógrafo mediante microjeringa, se volatilizan en el horno y se desplazan con la fase móvil a lo largo de la columna, dónde por mecanismo de partición el analito se retiene durante determinado tiempo en la fase estacionaria. Tras esto abandona la columna y pasa por el detector que emite señal obteniéndose el cromatograma respectivo. Después, a partir del área bajo los picos del cromatograma y los valores de concentración se calculan los coeficientes para obtener una ecuación lineal.

$$Y = m \cdot x + C \quad (3-8)$$

Dónde:

- Y: Valor del área bajo el pico.
- m: Pendiente.
- x: Contenido etanol en patrón en vol.
- C: Ordenada en el origen.

Tras esto se realiza el mismo procedimiento para la muestra en la que se quiere determinar la concentración de etanol y se obtiene cromatograma.

### **Cálculos**

Mediante patrón se obtienen los parámetros m y C usando la ecuación (3-8). De la que a partir de datos de área bajo el pico en el cromatograma de la muestra se puede calcular el contenido de etanol en ella en % v/v. (33)

$$\%(v/v) = \frac{Area - C}{m} \quad (3-9)$$

Dónde:

- %(v/v): Contenido de etanol en la muestra en vol.
- C: Constante procedente de la curva patrón. Ordenada en el origen.

→ m: Constante procedente de la curva patrón. Pendiente.

## 3.2 pH

El pH expresa la concentración de iones de  $H^+$  disueltos en una solución, lo cual sirve para medir el grado de alcalinidad o acidez de esta. Los valores pueden oscilar entre 0 y 14, encontrándose el punto medio en el valor 7, lo que se conoce como pH neutro. A partir de ahí, soluciones con valores de pH menores de 7 son llamadas ácidas, por el contrario, valores mayores de 7 corresponden a soluciones básicas. (28)

El agua es el ingrediente que afecta principalmente al valor de pH en todo el proceso productivo de la cerveza, dado que constituye alrededor del 95% en peso del producto final. (13) Desde el momento inicial, en el que se dispone del agua para la maceración, habitualmente tratada para conseguir valores específicos de pH, de entre 6,5-7, dado que valores más altos provocaría problemas en la conversión enzimática esperada durante el macerado. (5) (8) Hasta el final, con el agua añadida en otras partes del proceso productivo, como puede ser el agua de lavado, usada en las filtraciones, que también afecta al valor de pH del producto final. El agua de lavado suele tener mayor efecto, dado que no es “alterada” posteriormente, como la usada en la maceración, que al interactuar con la malta variará los valores de pH, obteniéndose pH más ácidos conforme más tostada sea la malta. (13) El valor de pH necesario para la fermentación del mosto varía levemente según el tipo de levadura usada, con valores que se encuentran entre 5,3 y 5,6. Independientemente del estilo, se busca que el valor de este parámetro oscile en la cerveza final entre 4,2 y 4,3. (8)

### 3.2.1 Determinación de pH: Potenciometría

La determinación de pH es fundamental, por legislación, para que un producto sea reconocido como cerveza según BOE del estado, el pH de este debe ser menor o igual a 5,5. (4) Aun así, no es un parámetro que se requiera en el etiquetado del producto. (25)

El método usado para medir el pH, aceptado según BOE es la potenciometría. (4) Es un método analítico basado en la diferencia de potencial que se crea entre dos celdas electroquímicas en ausencia de corriente. Tiene como objetivo determinar la concentración de los analitos, que son especies electroactivas de la solución, a partir de la diferencia de potencial o FEM que se crea entre los electrodos. (28)

El pHmetro es el instrumento utilizado para medir la concentración de iones  $H^+$ . Es un instrumento que posee dispositivo de medida de potencial, normalmente con sensor de temperatura, y dos electrodos, que suelen ir unidos en un mismo cuerpo. Uno de los electrodos se denomina electrodo de referencia, normalmente de plata/cloruro de plata, que no cambia de potencial independientemente de la muestra. El otro es el electrodo indicador, de membrana de vidrio habitualmente, que cambia su potencial en función de la concentración del ion  $H^+$ . En el exterior posee una pantalla en la que se pueden visualizar los datos. El valor del pH obtenido se relaciona con la concentración de iones  $H^+$  según la ecuación de Sørensen.(3-10)

$$pH = -\log[H^+] \quad (3-10)$$

Aun así, el fundamento teórico en el que se apoya el funcionamiento del pHmetro tiene su origen en el análisis termodinámico de la definición del potencial de una celda mediante la ecuación de Nernst. (3-11)

$$E = E^\circ - \left(\frac{RT}{nF}\right) * \ln(Q) \quad (3-11)$$

Dónde:

- $E^\circ$ : Constante. Potencial celda cuando reactivos y productos tienen actividad=1.
- Q: Cociente de actividades productos/reactivos.
- R: Constante de los gases ideales. En unidades J/mol·K.
- T: Temperatura.
- n: Número de moles de electrones que participan en la reacción.

→ F: Constante de Faraday.  $F=96500$  (Coulomb/mol) ( $J/V \cdot mol$ ).

Mediante el estudio de las reacciones ocurridas en los electrodos de medida y la consideración de los distintos potenciales que se pueden dar en el recipiente, se llega a la ecuación (3-12), que permite relacionar directamente la concentración de iones  $H^+$  a partir de la diferencia de potencial medida. (28)

$$E = L - 0.059 \cdot \log(H^+) = L + 0,059 \cdot pH \quad (3-12)$$

Dónde:

→ E: Potencial medido.

→ L: Constante. Considera los distintos potenciales de referencia y condiciones de temperatura y presión.

→  $H^+$ : Concentración de iones  $H^+$ .

### Materiales

- pHmetro.
- Solución Tampón pH=4,0.
- Solución Tampón pH=7,0.
- Vaso de precipitados de 100 ml.



Ilustración 3.5 pHmetro.

### Procedimiento

Se requiere previa preparación de la muestra. Se realiza de la misma forma que en el procedimiento del apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría.

El pHmetro, debe estar previamente calibrado, lo cual suele realizarse de forma diaria o previo a su uso. Se calibra usando soluciones tampón, que pueden prepararse en laboratorio o soluciones tampón comerciales. Lo más habitual es usar dos puntos de calibración con disoluciones tampón de pH igual 7 y pH igual a 4 o 9, en este caso se usa tampón de pH igual a 4, dado que el pH del producto se encuentra en zona ácida. (34) Se introducen también los datos de temperatura y potencial de asimetría requeridos por el pHmetro. Tras esto se enjuaga con agua destilada y se mantiene hidratado hasta su uso.

Se vierte la cantidad suficiente de muestra en un vaso de precipitados de 100 ml, sin llegar a completarlo. Se introduce pHmetro y se realiza lectura, el resultado suele expresarse con una cifra decimal. Tras realizar la medida es frecuente volver a calibrar el pHmetro para comprobar que no se han producido desviaciones en la medida. (26)

Debe comentarse que el uso de un agitador magnético para la muestra mientras se realizan las medidas, tanto

las de pH de muestras como el calibrado con soluciones tampón, mejora la rapidez y reproducibilidad de las respuestas. (34)

### 3.3 Densidad y masa volúmica

La masa volúmica se refiere al peso del mosto o cerveza en relación con su volumen, es decir, aquello que conocemos como densidad y que siguiendo el sistema internacional de unidades se mide en  $\text{kg/m}^3$ . Se expresa como  $\rho_{20^\circ\text{C}}$ .

Por otra parte, la densidad entendida en el ámbito que ocupa a este texto se refiere a la densidad relativa. Es decir, la densidad entre la masa volúmica del mosto o cerveza final y la del agua en las mismas condiciones de presión y temperatura. En este texto se ha expresado como  $D_{r,m}$ , aunque es habitual encontrarla expresada como  $\rho_{20^\circ\text{C}}^{20^\circ\text{C}}$  donde las temperaturas superior e inferior indican correspondientemente la temperatura a la que se determina la densidad relativa y la temperatura a la que se ha considerado la densidad el agua. (35)

#### 3.3.1 Determinación de densidad y masa volúmica

Tanto densidad como masa volúmica son conceptos que aparecen a determinar según BOE, a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  y presión atmosférica. (4) Aun así, lo que resulta importante de la determinación de ambos conceptos es la información que puede extraerse de ellos. Es decir, no es obligatorio dar a los consumidores información acerca de los valores de densidad o masa volúmica, pero si es necesario su conocimiento para la determinación de la mayoría de parámetros, como, por ejemplo, el grado alcohólico (Apartado 3.1.1) o extracto seco primitivo (Apartado 3.4). (25)

El fundamento es distinto según el material utilizado para la determinación de la densidad relativa y/o masa volúmica de la muestra, pudiendo utilizarse el método picnométrico o el aerométrico por la precisión que proporcionan en los resultados. Con precisiones en la medida de 0,0001 para el picnómetro y 0,0003 para el aerómetro.

La densimetría mediante método picnométrico o método del frasco, conocido de este modo por la forma del picnómetro, consiste en la comparación de la masa de un volumen de muestra con otro de referencia en las mismas condiciones de presión y temperatura. De la comparación se obtiene la densidad relativa de la muestra respecto a la referencia y mediante cálculos se conocerá la densidad o masa volúmica desconocida.

Por otra parte, la densimetría mediante el empleo de un aerómetro de precisión proporciona también el valor de densidad relativa. Se fundamenta en el principio de Arquímedes y es de fácil aplicación debido a la existencia de aerómetros calibrados para distintas mezclas que evitan la realización de cálculos.

#### Materiales

- Picnómetro aforado de 50 ml.
- Balanza analítica sensible a 0,0001 g.
- Probeta de 100 ml.
- Aerómetro.

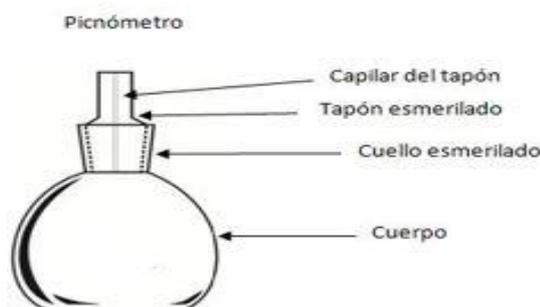


Ilustración 3.6 Picnómetro.

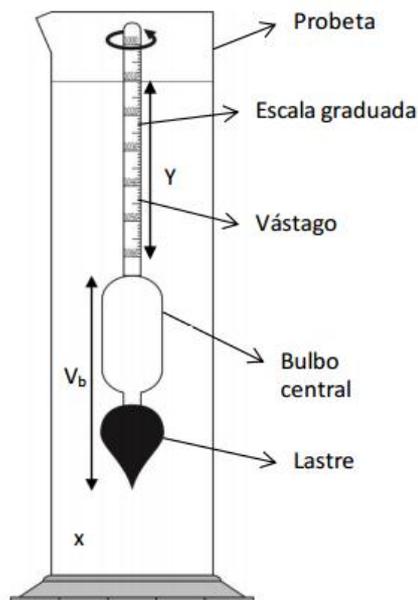


Ilustración 3.7 Aerómetro.

### Procedimiento

Se requiere acondicionamiento previo de la muestra al igual que en el resto de los apartados. Tras esto, preferentemente usa el método picnométrico para determinar la densidad o masa volúmica de la muestra, debida a la mayor sensibilidad de este frente a la aerometría.

En primer lugar, se pesa el picnómetro de 50 ml vacío y se anota la pesada. Se toma agua destilada y se vierte en el interior del picnómetro sin tapón, removiendo de modo que se bañen todas las paredes del instrumento, de este modo se “ambienta”. Posteriormente se descarta el contenido vaciando el picnómetro.

Se rellena el picnómetro de agua destilada, si es necesario con la ayuda del capilar, se coloca sobre la balanza y se pesa, anotando el resultado de este valor menos el peso del picnómetro vacío como  $m_w$ , está será la masa de la muestra de referencia.

Se vacía el contenido del picnómetro y se repite el proceso, en este caso con la muestra a analizar. Se rellena el picnómetro con la muestra, se tapona y enrasa, para obtener un volumen exacto de muestra. Entonces, se toma el frasco y se pesa, anotando el valor de esta medida menos el peso del picnómetro vacío, como  $m_m$ .

A partir de los datos de  $m_w$  y  $m_m$  y conociendo el valor de la densidad del agua en las condiciones existentes, 20 °C y 1 atm,  $\rho_w=1$  mg/ml se pueden conocer los parámetros  $Dr_m$  y  $\rho_m$  de la muestra, realizando distintos cálculos para ello.

Si se opta por el empleo de un aerómetro de precisión, se tomarían 50 ml de muestra que se vierten en una probeta de 100 ml. Se introduce el aerómetro y mediante lectura del vástago se conoce la densidad relativa de la mezcla. Posteriormente se obtiene la densidad de la mezcla o masa volúmica realizando los cálculos oportunos.

### Cálculos

La densidad relativa de la muestra respecto a la del agua es  $Dr_m$ .

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} \quad (3-13)$$

Dónde:

- $Dr_m$ : Densidad relativa muestra-agua.
- $\rho_m$ : Densidad de la muestra.
- $\rho_w$ : Densidad del agua.

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m} \quad (3-14)$$

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad (3-15)$$

Dónde:

- $m_d$ : Masa de agua.
- $m_m$ : Masa de muestra.
- $V_m$ : Volumen de muestra.
- $V_w$ : Volumen de agua.

A partir de las ecuaciones (3-13), (3-14) y (3-15) se llega a la conclusión de que para volúmenes iguales el valor de la densidad relativa corresponde con el cociente de la masa de muestra, respecto a la masa de referencia, en este caso agua (ecuación (3-16)).

Si  $V_m = V_w$  entonces:

$$Dr_m = \frac{m_m}{m_w} \quad (3-16)$$

Dada la capacidad del picnómetro de medir volúmenes exactos y conocida la densidad del agua en las condiciones de realización de la técnica (20 °C, 1atm), se puede conocer la densidad relativa de la muestra respecto al agua.

A partir de ahí, siendo conocida la densidad de la referencia,  $\rho_w$ , se puede conocer la densidad de la muestra,  $\rho_m$ . (28)

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} = \frac{m_m/V_m}{m_w/V_w} = \frac{m_m}{m_w} \quad (3-17)$$

$$\rho_m = \rho_w * Dr_m \quad (3-18)$$

A continuación, conocida la densidad,  $\rho_m$ , y mediante las tablas del Anexo B se puede obtener la graduación alcohólica. Es importante comentar que los datos de las tablas presentes en el Anexo B son válidos a la temperatura de 20 °C, siendo posible extrapolarlos a otras temperaturas. (26)

Por otra parte, el método aerométrico se basa en el principio de Arquímedes (ecuación (3-19)) que menciona que el empuje que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen del líquido desalojado por ese cuerpo, equivalente al peso del cuerpo.

$$P_{Aerómetro} = E = \rho_m * V_{sumergido} \quad (3-19)$$

Dónde:

- $P_{Aerómetro}$ : Peso del Aerómetro.
- E: Empuje recibido por el Aerómetro sumergido en la muestra.
- $\rho_m$ : Densidad de la muestra.
- $V_{sumergido}$ : Volumen de aerómetro sumergido en el líquido.

Aunque puede calcularse el volumen de aerómetro sumergido y mediante este la densidad de la mezcla, lo habitual es que los distintos aerómetros estén diseñados para distintas mezclas de modo que se determine directamente el valor de la densidad relativa respecto al fluido al que esté calibrado y de forma similar al método picnométrico, pueda calcularse la masa volúmica del mismo.

### 3.4 Extracto real y extracto seco primitivo

Antes de definir tanto extracto real como extracto seco primitivo, resulta crucial la definición del extracto soluble y otros conceptos que se mencionan en este apartado.

El extracto soluble, se define como el contenido, o la concentración de compuestos solubles presentes en una disolución. (13) Es un concepto del que se puede comenzar a hablar desde la etapa de maceración, donde se solubilizan los distintos compuestos de la malta., hasta la cerveza final.

Hay que saber que la cantidad de extracto suele expresarse de dos formas distintas. La primera consiste en expresarlo mediante el porcentaje de compuestos solubles en unidades de masa, para ello se definen las unidades °P (grado plato) o °Bx (grados Brix). La segunda forma de expresar este valor es mediante el porcentaje de masa de compuestos solubles por volumen, para lo que se usan los grados Baumé (°B).

Para ambas formas de expresar el extracto soluble es necesaria la previa determinación de la densidad de la muestra según los métodos de análisis de densidad que se ha explicado en el apartado 3.3.1 Determinación de densidad y masa volúmica.

La consideración inicial para establecer ambas unidades de medida consiste en asumir que, para cada gramo porcentual de masa de extracto, la densidad de la solución que lo contiene aumenta 4 gramos por litro. De esta forma la densidad de la muestra aumenta a razón de cuatro veces la cantidad de compuesto soluble por volumen que contiene. Si se considera la densidad del agua medida a 20 °C, la densidad de la muestra varía según la ecuación (3-20). Es importante la temperatura a la que se determina este aumento en la densidad debido a la variación de la densidad del agua, que para 4 °C es de 998 g/l. (13)

$$\rho_m = 1000 + \text{°P} \cdot 4 \quad (3-20)$$

Reordenando esta misma ecuación los grados Plato o Brix pueden calcularse mediante la ecuación (3-21).

$$\text{°P} = \frac{\rho_m - 1000}{4} \quad (3-21)$$

Dónde:

- $\rho_m$ : Densidad en g/l de la muestra a 20°C.
- °P: Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.

Por otra parte, el contenido de extracto en grados Baumé puede estimarse según la ecuación (3-22).

$$\text{°B} = \frac{\rho_m \cdot \text{°P}}{1000} \quad (3-22)$$

Dónde:

- $\rho_m$ : Densidad en g/l de la muestra a 20 °C.
- °P: Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.
- °B: Masa de extracto (g) por cada 100 ml de muestra.

#### 3.4.1 Determinación de Extracto real: Densimetría y cálculos

El extracto real, o extracto soluble real, hace referencia a la cantidad de extracto que se tiene en la cerveza final, exceptuando el contenido de alcohol y agua de esta. Si se midiera la densidad de la cerveza final, esta

estaría afectada por el contenido alcohólico de la cerveza, por lo que la densidad medida será menor que la que correspondería a la del extracto real, obteniendo en ese caso el extracto aparente. Las unidades en que se suele expresar el extracto real son °P. (8)

### **Materiales**

Los mismos empleados en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría.

### **Procedimiento**

El procedimiento inicial es idéntico al mostrado en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría.

Una vez realizada la destilación y separado el alcohol de la muestra de cerveza, se enfría hasta 20 °C el residuo de la destilación y se completa con agua destilada hasta llegar a 100 g. Posteriormente se determina la densidad de la muestra mediante método picnométrico, siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 3.3.1 Determinación de densidad y masa volúmica. (26)

Por último, mediante las ecuaciones (3-21) y (3-22) o las tablas del Anexo C, se conoce los grado Plato o grados Baumé, es decir, el porcentaje de extracto presente en la cerveza final.

## **3.4.2 Determinación de Extracto seco primitivo: Densimetría y fórmula de Balling**

En España se define el extracto seco primitivo (ESP) como el conjunto de ingredientes orgánicos presentes en el mosto final, a excepción del agua, antes de su fermentación. (8) También se le conoce como, extracto de mosto original, o extracto primitivo. Este parámetro, no es más que una forma de conocer el extracto soluble presente en el mosto final a partir de análisis en la cerveza terminada.

La determinación de este parámetro es obligatoria según la clasificación de cervezas de BOE. (4) Este documento diferencia para valores de ESP > 13°P la cerveza extra y la cerveza especial. Si esto ocurriese, la denominación debe aparecer en el etiquetado según normativa. (25)

### **Materiales**

Los mismos empleados en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría.

### **Procedimiento**

El ESP se calcula de forma reconocida según las normas de calidad de cervecería mediante la fórmula de Balling (3-23), en la que se obtiene el valor de este parámetro en unidades de grado plato (g extracto / 100 g disolución). (8)

$$ESP = \frac{(Ar \cdot 2,0665 + Er)}{100 + (Ar \cdot 1,0665)} \cdot 100 \quad (3-23)$$

Dónde:

- ESP: Extracto seco primitivo. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de mosto final (°P).
- Ar: Contenido de alcohol en la cerveza. Expresado en g de alcohol por 100 g de cerveza.
- Er: Contenido de extracto soluble real en la cerveza final. Expresado en masa de extracto por cada 100 gramos de cerveza (°P).

La forma de la fórmula de Balling incluye dos constantes. Estas se basan en la estimación de que, por cada 2,0665 g de extracto soluble presente en el mosto final, 1g de los mismos será producto en forma de alcohol tras la fermentación, mientras que la masa restante, 1,0665 g serán dióxido de carbono y levaduras. (8)

Por otra parte, como puede observarse en la fórmula de Balling, es necesario determinar primero el Extracto real y el contenido de alcohol para poder calcular el valor de ESP. El contenido de alcohol se determinará según alguno de los métodos del apartado 3.1.1 Determinación del grado alcohólico. Por otra parte, el extracto real, se determinará según el procedimiento descrito en el apartado 3.4.1 Determinación de Extracto real: Densimetría y cálculos.

### 3.5 Color

El color es una de las propiedades más características de las distintas cervezas y depende, entre otros factores, del grado de malteado del cereal, el cual se mide en MCU's (*Malt Color Units*). Esta materia prima es determinante en el resultado del color en el producto final. (13)

Para la cerveza, se usan distintas unidades en la definición del color. En un origen, se medía esta propiedad mediante grados Lovibond, donde usando una serie de filminas coloreadas y graduadas se determinaba el color de la cerveza mediante comparación. Debido a la distinta percepción del color de las personas comenzaron a usarse métodos más exactos y escalas de medida como SRM o EBC, asignando a los valores numéricos de estas unidades distintos colores. (36) Realizando la medición del valor de color en la cerveza, se pueden clasificar las gamas de colores que presentan, desde el negro propio de cervezas tipo Stout, hasta el amarillo pálido de cervezas Weisser, y de este modo caracterizar aún más el producto. A modo de resumen, en la Tabla 3.3 se muestran algunos de los posibles colores que puede presentar la cerveza junto con el valor de este en unidades SRM y EBC.

Denominación	Color	SRM	EBC
Amarilla		< 4	< 8
Rubia		4 – 6	8 – 12
Dorada		6 – 10	12 – 20
Ámbar-Rojiza		10 – 15	20 – 30
Caramelo-Cobrizo		15 – 20	30 – 40
Tostada-Marrón		20 – 30	40 – 60
Negra		>30	>60

Tabla 3.3 Color EBC y SRM. (13)

#### 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm

La determinación de color en la cerveza en España únicamente resulta obligatoria si el parámetro se indica en el etiquetado o si se debe emplear la definición de “cerveza negra” para el producto, en cuyo caso hay que comprobar que la cerveza tiene un color > 50 EBC. (4)

El valor del parámetro en Europa suele darse en unidades EBC, al ser el sistema más extendido. Aun así, existen correlaciones que permiten expresar este parámetro en unidades SRM. Aunque, como se ha comentado anteriormente, la determinación puede hacerse de forma visual por comparación de color en discos estandarizados de colores, para evitar influencias subjetivas al observador, se realiza de forma más exacta mediante espectrofotometría. (8)

La técnica usada para la determinación de las unidades de color es una espectrofotometría UV-VIS a 430 nm, que se define como la reducción que sufre un haz de luz monocromática de longitud de onda 430 nm al atravesar una muestra de cerveza de 1 cm. (36) (28) El fundamento teórico de este método se basa en la distinta absorción molecular de radiación de la muestra. El equipo emite una radiación en forma de luz UV-VIS y mide la radiación y, a su vez, la cantidad de luz absorbida, que llega al otro lado del equipo. Mediante la ley de Lambert Beer, al igual que en el apartado 3.1.1.2 Espectroscopía de infrarrojo cercano NIR, el equipo determina el valor de la radiación absorbida por la muestra, y, en consecuencia, la absorbancia.

#### Materiales

Se requieren aquellos materiales propios para la preparación de la muestra e inserción en el espectrofotómetro para su análisis. Estos son:

- Erlenmeyer de 250 ml.
- Pipetas de 1, 5, 10 y 20 ml.
- Cubetas para espectrofotómetro de 1 cm.
- Espectrofotómetro UV-VIS doble haz.

Respecto al espectrofotómetro, será de región visible y ultravioleta, con doble haz, para mayor comodidad evitando largos tiempos de análisis. El haz doble divide la radiación emitida por la fuente, de forma que existen dos cubetas, una con blanco y otra con muestra, por las que pasará la radiación. En este tipo de equipos se lee alternadamente la radiación procedente de la muestra y el blanco o muestra de referencia. Para el caso de radiación UV-VIS se usarán cubetas de sílice o cuarzo y la fuente de radiación serán lámparas intercambiables, de deuterio para la parte del espectro ultravioleta y tungsteno o wolframio para el espectro visible. (28)



Ilustración 3.8 Espectrofotómetro.

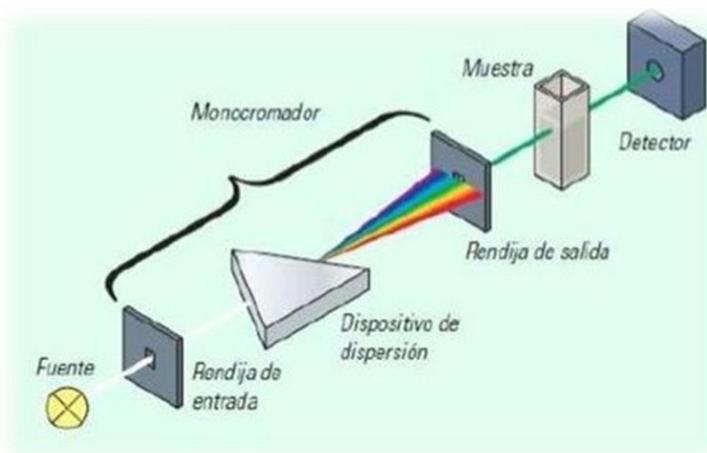


Ilustración 3.9 Elementos básicos de un espectrofotómetro.

### **Procedimiento**

Para medir la absorción de la muestra en el espectrofotómetro es necesario que a esta se le aplique un tratamiento previo similar al del resto de análisis. Esta preparación sigue las mismas pautas que en el apartado 3.1.1.1 Destilación y densimetría, realizándose en este caso en un erlenmeyer de 250 ml, dado que se necesita menor volumen para el análisis. La muestra debe quedar sin CO<sub>2</sub> ni espuma, y a ser posible, exenta de turbidez.

Se requiere previa preparación del equipo, para ello se escoge la fuente de luz para el espectro visible y se selecciona la longitud de onda de 430 nm.

Se toman los volúmenes de muestra necesarios mediante pipeta, del volumen oportuno, y se insertan en las cubetas. Al ser de doble haz, una de las cubetas se llenará con el blanco, que será agua desionizada, de forma que únicamente la cubeta absorba radiación. La otra cubeta se llenará con la muestra. El llenado de ambas debe realizarse primero ambientando la cubeta. Durante el proceso las cubetas deben sostenerse de forma correcta por los lados opacos de las mismas. (37)

Posteriormente, se introducen en el equipo y siguiendo las instrucciones de este se obtienen los datos de absorbancia a una longitud de onda de 430 nm, A<sub>430</sub>. Cada muestra debe analizarse 3 veces según las directrices de MEBACK.

Es necesario determinar si la turbidez de la muestra es la adecuada. Si el sistema usado es EBC la muestra se considerará turbia cuando la absorbancia a 430 nm sea tan baja que dé como resultado una unidad EBC de color, esto ocurre cuando  $A_{430}=1/25$ . Si fuera el caso, la muestra se filtrará tantas veces como sea necesario. (38) Por último, debe mencionarse que para valores de absorbancia muy altos ( $SRM >30$  ó  $EBC >60$ ), es decir,

cervezas muy oscuras, la muestra se diluirá, y se tendrá en cuenta el factor de dilución para la determinación de la nueva unidad de color, SRM o EBC. (36)

### Cálculos

Para obtener el valor de unidades EBC a partir del valor de A430, se emplea la ecuación (3-24), donde se define la unidad EBC como la absorbancia multiplicada por 25. (8) La definición de las unidades SRM es similar, la única diferencia es el factor que multiplica la absorbancia, que para el caso de las unidades SRM es 12,7 (ecuación (3-25)). De esta forma resulta sencilla la conversión de unidades EBC a SRM (ecuación (3-26)) y viceversa.

$$EBC = 25 \cdot D \cdot A430 \quad (3-24)$$

$$SRM = 12,7 \cdot D \cdot A430 \quad (3-25)$$

$$EBC = SRM \cdot 1,92 \quad (3-26)$$

Dónde:

- EBC: Valor numérico del color en escala EBC.
- SRM: Valor numérico del color en escala SRM.
- A430: Absorbancia a 430nm.
- D: Factor de dilución (D=1 sin diluir; D=2 dilución 1:1 etc.)

## **3.6 Amargor**

El amargor es una propiedad presente en mayor o menor medida en todas las cervezas, independientemente del estilo o familia al que pertenezcan. Esto ocurre porque amargar la cerveza resulta necesario desde sus orígenes para enmascarar el sabor de los azúcares que pueden quedar disueltos tras la fermentación (39).

El lúpulo es el ingrediente principal que proporciona este sabor a la cerveza. Aporta el amargor a partir de los  $\alpha$ -ácidos presentes en la resina del lúpulo, que durante la cocción son isomerizados. El amargor se mide en unidades IBU, de forma que 1 unidad IBU equivale a 1 ppm de  $\alpha$ -ácidos. (13)

Aunque el amargor procedente de iso- $\alpha$ -ácidos contribuye en un 80% aprox. al sabor amargo, este también puede proceder de taninos, proteínas y levaduras. (40) (8) Este hecho hace que la determinación del amargor de la cerveza mediante IBU se encuentre actualmente en debate, dado que no considera otras posibles contribuciones a este sabor. Cervezas pesadas con un contenido en IBU alto pueden resultar menos amargas que otras más ligeras con bajo contenido en IBU. Es más, en cervezas pesadas se recomienda añadir gran cantidad de IBU para equilibrar el sabor. Además, casi todas las familias comparten valores medio de IBU similares, por lo que no resulta un parámetro fiable a la hora de asociar unas características concretas al producto.

Cada vez más expertos en materia cervecera demandan el desarrollo de una fórmula empírica, que, basándose en pruebas de cerveza, correlacione el amargor percibido en un valor que represente la totalidad de compuestos amargos de la cerveza y no los aportados únicamente por el lúpulo. (39)

### **3.6.1 Determinación de amargor**

Los métodos de análisis miden la cantidad de IBU para determinar el amargor de la cerveza. Su determinación es obligatoria, ya que según BOE se requiere un amargor superior a 5 mg/l de iso-alfa-ácidos en cervezas, que, mediante definición del mismo documento puede entenderse también como un contenido en amargor de 5 IBU. (4)

Para la determinación el boletín oficial del estado reconoce dos métodos: La espectrofotometría a 275 nm y la HPLC (*high-performance liquid chromatography*). (4)

### 3.6.1.1 Espectrofotometría a 275 nm

La medición del amargor se realiza mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 275 nm. Para ello se realiza una extracción, poniendo en contacto la muestra con iso-octano que extrae los iso-alfa-ácidos en presencia de un medio acidificado. Tras esto, se mide la absorbancia de la muestra tratada frente a la de iso-octano puro. El valor de absorbancia,  $A_{275}$ , determina el IBU de la muestra mediante cálculos.

#### Materiales

- Erlenmeyer 250 ml.
- Ácido clorhídrico 3 N.
- Iso-octano (2, 2, 4 trimetilpentano) para espectroscopía UV<sup>13</sup>.
- Pipetas Pasteur de vidrio.
- Tubos de centrifuga 50 ml.
- Centrifuga 3000 rpm.
- Pipeta aforada de 1 , 5 , 10 y 20 ml.
- Agitador mecánico.
- Cubetas espectrofotómetro 1 cm.
- Espectrofotómetro UV-VIS doble haz.

Respecto al equipo, espectrofotómetro utilizado, se trata de un espectrofotómetro de doble haz, similar al del apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm.

#### Procedimiento

Se prepara la muestra de cerveza degasificándola en matraz erlenmeyer de 250 ml. En este caso, no es necesario filtrar la muestra y no se debe perder espuma. Para la degasificación se recomienda el uso de un agitador magnético a baja velocidad.

En un tubo de muestra para centrifuga de 50 ml, se insertan 5 ml de muestra, 1 ml de ácido clorhídrico y 10 ml de iso-octano. Para esto se usan las pipetas aforadas de las capacidades correspondientes. Los tubos, correctamente cerrados, se agitan durante 15 minutos aprox. en agitador mecánico, y después, se centrifuga durante 3 minutos a 3000 rpm para romper la emulsión. La fase transparente que aparece en la superficie es la que debe verterse en la cubeta de muestra del espectrofotómetro, del mismo modo que en el apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm.

El blanco utilizado en este caso será una disolución de iso-octano en medio ácido. La preparación de esta se realiza pipeteando 0,5 ml de ácido clorhídrico y 10 ml de iso-octano en un tubo de centrifuga de 50 ml, tras esto se agita y centrifuga de igual forma que la muestra y se introduce en la cubeta de blanco del espectrofotómetro. (41) (42)

Una vez ambas cubetas se encuentran en el espectrofotómetro, se selecciona la lampara para espectro UV y la longitud de onda de 275 nm. Por último, siguiendo las instrucciones del equipo se determina la absorbancia de la muestra  $A_{275}$ , se recomienda realizar dos o tres mediciones por muestra. Existen equipos especializados en el análisis de cerveza que proporcionan el valor en unidades IBU directamente, si esto no es así, se realizarán cálculos para obtener el valor de IBU a partir de la absorbancia.

#### Cálculos

Para relacionar la  $A_{275}$  con el número de IBU se toma el valor promedio de las mediciones realizadas redondeando a la unidad decimal más próxima. Mediante la ecuación (3-27), conforme con métodos MEBACK y ASBC se determina el valor de IBU. (43)

---

<sup>13</sup> Absorbancia < 0,1 para longitud de onda 275 nm en cubeta de 10 mm con blanco de agua destilada

$$IBU(50) = 50 \cdot A275$$

(3-27)

Dónde:

- IBU(50): Bitterness Unit en función del lúpulo usado.
- 50: Constante propuesta por MEBACK y ASBC.
- A275: Absorbancia a 275 nm.

Aunque el objetivo de este texto es el análisis de la cerveza terminada, debe señalarse que el factor que multiplica la absorbancia es 100 para el caso en que se mida el amargor en una muestra de mosto. El procedimiento en cuanto a preparación de la muestra también cambiaría.

### 3.6.1.2 HPLC

La cuantificación de iso- $\alpha$ -ácidos procedentes del lúpulo puede realizarse por método HPLC, *high-performance liquid chromatography*, según reconoce BOE. (4)

La abreviatura HPLC hace referencia a cromatografía líquida de alta eficacia. En este tipo de cromatografía la fase móvil es un líquido, que actúa como disolvente de los compuestos o analitos presentes en la muestra. Los compuestos pasan con la fase móvil a través de la columna y se reparten entre esta y la fase estacionaria. (28)

Según las fuerzas que existen entre las fases estacionarias y los analitos se pueden distinguir distintos tipos de cromatografía líquida HPLC. Para la medición de los iso- $\alpha$ -ácidos liberados por el lúpulo, el proceso cromatográfico que le sigue es una HPLC de reparto o partición, en columna, del tipo fase reversa o inversa, llamada BPC-RP por sus siglas en inglés. (44) Se trata de una técnica instrumental usada para el análisis de proteínas y aminoácidos entre otros, siendo el método utilizado para más del 90% de los análisis en cromatografía líquida.

En esencia, el fundamento teórico en que se apoya es similar al del apartado 3.1.1.3 Cromatografía de gases. Aun así, resulta fundamental, resaltar el funcionamiento que sigue, el tipo HPLC BPC-RP. En este tipo de cromatografía tanto la fase móvil como la estacionaria son líquidos. El líquido de la fase estacionaria se inmoviliza mediante el uso de partículas de soporte sólido como gel de sílice, con elevada área superficial. Para evitar que las fases se mezclen, se usan líquidos de distinta polaridad. En el modo reverso, se usa un líquido polar en la fase móvil, utilizándose uno no polar en la estacionaria. La unión de los analitos a la fase estacionaria es de tipo hidrófobo, y se produce en la región no polar del analito. (45) Las moléculas de soluto tendrán distinta atracción a ambas fases.

Concretamente, la cromatografía HPLC de la cerveza, se realiza según ASBC, mediante elución por gradiente con solución tampón citrato con pH=7. (44) En este tipo la fase móvil cambia durante el análisis, de forma que favorece la interacción de los componentes presentes en la muestra con la fase estacionaria. (46) La fase reversa se determina por el radical presente en la fase estacionaria, con carácter apolar. En este caso la fase reversa tiene como grupo funcional cadenas C8 (n-octil). (44) Las cadenas de la fase estacionaria se acomodan a modo de peine en el soporte de la columna de forma que atrapan los iso-alfa-ácidos que pasan en la fase móvil.

#### Materiales

- Erlenmeyer de 250 ml.
- Cromatógrafo HPLC.
- Depósitos de vidrio de 1 l para fase móvil.
- Pipetas de 5, 10, 20 ml.
- Viales para muestreador automático.

Respecto al cromatógrafo HPLC, al menos se necesita un depósito para fase móvil que el sistema de bombeo introducirá en gradiente en la columna. El depósito suele poseer un degasificador, para no introducir gas en la columna evitando errores en el análisis. Por otra parte, el sistema de bombeo debe tener capacidad para trabajar a altas presiones, tratándose habitualmente de bombas de pistón, junto con un supresor de pulsos, eliminando los inconvenientes que pueden producir este tipo de bombas. Para el sistema de inyección de

muestra, se recomienda usar muestreador automático, que puede estar ubicado antes o después del sistema de bombeo (como en Ilustración 3.10), realizando la mezcla de la muestra con la fase móvil en baja o alta presión respectivamente. La columna será de relleno de sílice bañada en fase estacionaria C8. (44) Respecto al sistema de detección y registro, podría ser de tipo fotométrico, debido a que la mayoría de los compuestos orgánicos absorben radiación en alguna parte del espectro.

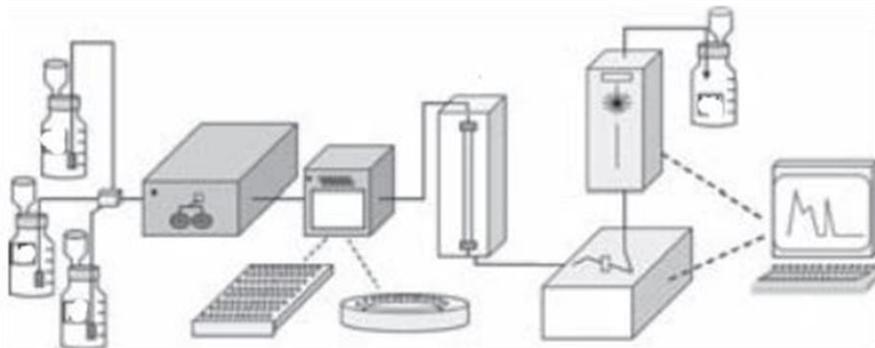


Ilustración 3.10 Componentes Cromatógrafo HPLC.

### **Procedimiento**

Se requiere previa preparación de la muestra, en matraz erlenmeyer de 250 ml al igual que en el apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm.

Se deposita la fase móvil en su recipiente y se rellenan mediante pipetas los viales del muestreador automático, proceso que se realiza tanto para patrón como para muestra. En lo demás el método para la obtención de resultados es idéntico al mencionado en el apartado 3.1.1.3 Cromatografía de gases. Se realizará mediante la obtención de recta de calibrado con patrones de concentración conocida y, a partir del área bajo los picos del cromatograma de la muestra, conocer la concentración en iso-alfa-ácidos de esta.

## **3.7 Anhídrido carbónico**

El contenido de anhídrido carbónico o dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , es uno de los criterios de calidad cruciales, ya que es necesario controlar el contenido de  $\text{CO}_2$  de la cerveza durante el proceso productivo, de forma que se garantice que el producto final tiene el contenido adecuado solubilizado en ella, que junto con otros componentes como tensioactivos y valores oportunos de pH permiten obtener la espuma deseada en el producto final. (13) El valor habitual de  $\text{CO}_2$  disuelto en la cerveza suele oscilar entre 0,45 y 1,00 g/l. (8)

El  $\text{CO}_2$  de la cerveza final puede proceder de varias fuentes o procesos. En la fermentación principal sólo un 15% aprox. del  $\text{CO}_2$  producido queda soluble en la cerveza. (8) Durante la maduración, dejando un contenido mínimo de azúcares fermentables, se consigue aumentar el anhídrido carbónico mediante fermentación de estos. Posteriormente, manteniendo condiciones adecuadas de presión y temperatura y con el correcto manejo del producto, queda en la cerveza mayor contenido de  $\text{CO}_2$ . También es habitual la re-fermentación en botella, incorporando más  $\text{CO}_2$  disuelto al producto final. Esta práctica se realiza habitualmente en cerveza artesanal. Por último, hay algunas técnicas más frecuentes a nivel industrial, como la adición de  $\text{CO}_2$  en la cerveza embotellada mediante carbonatación hasta alcanzar el contenido deseado, o la adición a presión en determinados envases para conseguir los niveles de presión adecuados, como ocurre al envasar la cerveza en barriles. (13)

El contenido de  $\text{CO}_2$  se regulaba según real decreto BOE-A-1981-16219, que declaraba un contenido en anhídrido carbónico de al menos 3 g/l. (47) Este decreto fue derogado y en la legislación actual no se contempla este parámetro como parámetro de calidad o requisito de la cerveza. (4) Si es cierto, aun así, que una cerveza que no posee el contenido en  $\text{CO}_2$  adecuado resulta insípida y no es de buen gusto para la mayoría de los consumidores, acostumbrados normalmente a cervezas carbonatadas.

### 3.7.1 Determinación de anhídrido carbónico: Volumetría y cálculos

La determinación del dióxido de carbono, aunque no es obligatoria, siempre se realiza a nivel industrial, tanto durante el proceso, como en el producto final. A nivel artesanal, no es habitual la determinación de este parámetro.

El método para conocer la cantidad de anhídrido carbónico no es del todo exacto. Históricamente, se empleaban tablas que relacionaban el contenido de CO<sub>2</sub> con la presión del envase. Actualmente existen fórmulas semi empíricas reconocidas por organismos reconocidos como la ASBC que permiten conocer el contenido de CO<sub>2</sub> soluble en la cerveza a partir de otros datos (48). Este contenido dependerá de la solubilidad, que, a su vez, es función de la composición de la cerveza, la presión y la temperatura.

Este método, consiste en la medición de la presión en el interior del envase. El gas que escapa del recipiente al agujerearlo se recoge en una bureta de absorción, rellena de solución que atrapa el dióxido de carbono que escapa del mismo. Mediante los datos del volumen de aire de la bureta, volumen del espacio que queda en la cabeza del recipiente y presión y temperatura de este, se calcula la cantidad de dióxido de carbono que contiene la cerveza, mediante ecuación que se fundamenta en la Ley de Henry: “A temperatura constante, la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión del gas sobre el líquido.”

$$S = K'_{H_i} \cdot P_i \quad (3-28)$$

Dónde:

→ S: Concentración del gas en el líquido en M.

→ K'<sub>Hi</sub>: Constante de Henry en M/atm.

→ P<sub>i</sub>: Presión parcial del gas en atm.

#### **Materiales**

- Equipo de perforación.
- Bureta de Absorción con divisiones a 0,05 ml.
- Botella de nivelación de 300 ml aprox.
- Balanza de 1000 g de capacidad y sensibilidad 0,1 g.
- Probeta graduada de 100 ml.
- Termómetro graduado 0,1 °C.
- Solución hidróxido de sodio 15%.

El equipo de perforación es un equipo muy específico. Este equipo asegura firmemente el tapón de la botella o la parte superior de la lata, posee una junta de goma que permite el cierre estanco y un dispositivo similar a una broca para perforar el envase, esta está conectada a un manómetro y una válvula de salida de gas. (Ilustración 3.11)



Ilustración 3.11 Equipo perforación y bureta de absorción. (49)

### **Procedimiento**

Para la determinación volumétrica se realiza en primer lugar el montaje del instrumental. Para esto se conecta la salida de gases del perforador con la bureta de absorción y con la botella de nivelación que debe ubicarse en el soporte adecuado. Tanto la bureta como la botella de nivelación estarán llenas de solución hidróxido de sodio al 15%.

Se requiere previa preparación de la muestra. En este caso es sencilla, pues sólo debe atemperarse la cerveza a 25 °C en el interior del envase. Dependiendo del tipo de envase se anotan distintas medidas. Si se trata de una botella se marcará en esta el nivel del contenido. Para el caso de latas se realizará una pesada anotando el valor de esta (menos el valor de peso de la lata vacía) como  $m_{\text{cerveza}}$ .

Con el montaje del instrumental preparado, por el que se habrá hecho pasar la solución de NaOH para asegurar que no queda aire en el circuito, se procede a perforar el envase de la cerveza.

En primer lugar, se perfora el tapón o lata y se agita la botella hasta que se registre un valor de presión máximo y constante en el manómetro. Esto se realiza con la válvula que da paso a los gases del perforador a la bureta cerrada y se anota la presión medida. Acto seguido, se deja de agitar el recipiente y se abre la válvula dejando pasar el gas a la bureta de absorción, esto se realiza hasta que el manómetro registre presión igual a cero, es decir, el recipiente quede a presión atmosférica.

Por último, se cierra la válvula que da paso al gas del dispositivo de perforación a la bureta y se agita o inclina la bureta hasta que el CO<sub>2</sub> haya sido absorbido por la solución que contiene y el volumen de gas contenido en la bureta sea mínimo. El dato de este volumen se considera volumen de aire ( $V_a$ ), entendido como compuestos que no son CO<sub>2</sub>, dado que este ha sido absorbido en la solución de hidróxido de sodio. (26)

### **Cálculos**

Para los cálculos debe conocerse la cantidad de cerveza que contiene cada envase. Se diferenciarán los casos de botellas y latas. Aun así, para ambos casos debe determinarse la densidad de la cerveza degasificada ( $\rho_{\text{cerveza}}$ ) siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado 3.3.1 Determinación de densidad y masa volúmica.

Para botellas, se desecha el contenido en cerveza y se rellena la botella usada con agua, después se vierte en una probeta la cantidad de líquido que sea necesario para que el nivel de agua quede en la marca que se hizo para el nivel de cerveza. A la cantidad de líquido vertido se le denomina volumen de espacio de cabeza.

Para latas, de nuevo se desecha el contenido de cerveza. Posteriormente se realizan pesadas de la lata vacía

( $m_{\text{vacío}}$ ) y de la lata llena de agua, donde restando el valor del peso de la lata vacía se tiene  $m_{\text{agua}}$ . En este caso mediante la ecuación (3-29) se obtiene el “espacio de cabeza”.

$$V_c = m_{\text{agua}} - \frac{m_{\text{cerveza}}}{\rho_{\text{cerveza}}} \quad (3-29)$$

Dónde:

- $V_c$ : Espacio de cabeza. Volumen que queda libre de líquido en el recipiente que contiene la cerveza.
- $m_{\text{agua}}$ : Masa de agua que ocupa el total de volumen del recipiente.
- $m_{\text{cerveza}}$ : Masa de cerveza que contenía el recipiente en su origen.
- $\rho_{\text{cerveza}}$ : Densidad de la cerveza degasificada contenida en el recipiente a 20/20 °C.

Por último, la ASBC reconoce la fórmula (3-30), basada en la ley de Henry, para la obtención del contenido de  $\text{CO}_2$  de la cerveza en unidades de g/l. Los datos necesarios para su aplicación son los obtenidos mediante cálculos anteriores y procedimiento experimental.

$$CO_2 = \left( p - \frac{V_a}{V_c} \cdot 1,0332 \right) \cdot 0,137 \cdot \frac{10}{\rho_{\text{cerveza}}} \quad (3-30)$$

Dónde:

- $p$ : Presión absoluta en  $\text{kg/cm}^2$ . Presión manométrica máxima medida más la presión atmosférica ( $1,0332 \text{ kg/cm}^2$ ).
- $V_a$ : Volumen de aire que queda en la cabeza de la bureta de absorción a presión atmosférica.
- $V_c$ : Volumen del espacio de cabeza.
- 1,0332: Presión atmosférica en  $\text{kg/cm}^2$ .
- 0,137: Masa de  $\text{CO}_2$  en gramos por cada  $\text{kg/cm}^2$  de presión.
- $\rho_{\text{cerveza}}$ : Densidad de la cerveza degasificada a 20 °C en unidades g/ml.

De este último cálculo se obtiene el contenido de  $\text{CO}_2$  en la cerveza en unidades de g/l.

### 3.8 Anhídrido sulfuroso

El  $\text{SO}_2$  es un antioxidante, por lo que hace que el producto conserve sus propiedades. En la cerveza surge como resultado colateral del proceso fermentativo que se produce en la elaboración del producto, formándose durante la última fase de la fermentación, y dependiendo su presencia del tipo de levadura y la aireación a la que se somete. (8) También influye en las propiedades finales de la cerveza, en concreto, en la estabilidad del sabor donde resulta un componente positivo, ya que posee capacidades antioxidantes que permiten extender la vida útil de la cerveza, evitando la formación de compuestos carbonilo que producen sabor rancio. (50) Aun así, una alta cantidad de este compuesto puede dar lugar a mal sabor en el producto. En otros alimentos es añadido por su propiedad como conservante con nº E-220, Dióxido de azufre, o en algunas de las otras formas de sulfito que pueda presentar, estos abarcan del nº E-221 a E-228. (51)

En el BOE A-2002-3366 del Real Decreto 142/2002, aparece el límite máximo de sulfitos que puede contener la cerveza. Esto queda reflejado en Tabla 3.4

CERVEZAS	Aditivo	Dosis máxima <sup>14</sup> mg/kg o mg/l
Cervezas, incluidas las cervezas bajas en alcohol y sin alcohol	SO <sub>2</sub> <sup>15</sup>	20
Cerveza de barril sin alcohol		20
Cerveza sometida a una segunda fermentación en barril		50

Tabla 3.4 Sulfitos en cerveza. (51)

### 3.8.1 Determinación de anhídrido sulfuroso: Destilación y espectrofotometría a 415 nm.

La determinación de este parámetro es obligatoria por legislación. Esto se debe a que son alérgenos que deben ser declarados si su concentración sobrepasa un determinado límite. Es importante comentar que legalmente no se considerará que exista un contenido declarable en el producto si el valor de concentración de SO<sub>2</sub> es inferior a 10 mg/kg o 10 mg/l. (51)

La EBC reconoce la destilación en medio ácido y la posterior espectrofotometría como método para la determinación del contenido de SO<sub>2</sub> en la cerveza terminada. Para ello, tras la destilación se mezcla el SO<sub>2</sub> destilado con una solución tamponada mediante corriente de nitrógeno y es la disolución formada la que se mide por espectrofotometría. (26)

Existen otros análisis alternativos al explicado en este apartado para medir la cantidad de SO<sub>2</sub>. Por ejemplo, la ASBC recomienda, el método de p-Rosanilina, que consiste en hacer reaccionar el dióxido de azufre con pararosanilina y formaldehído, formando una sustancia colorante que posteriormente se mide mediante espectrofotometría. (52)

#### Materiales

- Matraz de destilación (fondo redondo) de 3 bocas de 250 ml.
- Erlenmeyer 250 ml.
- Pipetas aforadas de 5,10 y 20 ml.
- Manto calefactor.
- Espectrofotómetro UV-VIS de doble haz.
- Montaje instrumental para destilación de SO<sub>2</sub>, compuesto por:
  - Embudo de decantación con forma de pera de 100 ml.
  - Tubo acodado con macho esmerilado longitud vástago aprox. 150 ml.
  - Refrigerante doble superficie. Longitud total 300 ml y longitud útil 200 ml.
  - Bola de retención de proyecciones, salida inclinada.
  - Colector acodado largo.
  - Tubo filtrante.
- Solución tampón de fosfato pH=8,0. (a partir de 2.27 g disodio hidrógeno fosfato anhidro y 0.245g potasio dihidrógeno fosfato en 1 l de agua, si es necesario ajustar pH con base o ácido).
- Solución DTNB. (a partir de 1g de ditiobis (Acido nitrobenzoico) en mezcla de 900 ml solución tampón y 100 ml etanol 96%).
- Solución Ácido clorhídrico 4N.

<sup>14</sup> Las dosis máximas se refieren a la cantidad total independientemente de las fuentes de la que proceda.

<sup>15</sup> Se refiere a dióxido de azufre y otros aditivos generadores de dióxido de azufre.

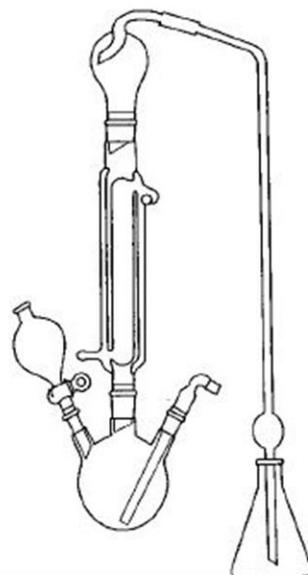


Ilustración 3.12 Montaje instrumental para destilación SO<sub>2</sub>.

### **Procedimiento**

Introducir en el matraz de destilación 50 ml de ácido clorhídrico y calentar mediante el manto calefactor durante 5 minutos. Al matraz se le hace llegar además una corriente de nitrógeno mientras se produce el calentamiento. Tras esto, añadir al matraz 25 ml de muestra de cerveza, empleando pipetas aforadas.

Se continúa el calentamiento del matraz de destilación durante aprox. 8 minutos. Durante la misma, el SO<sub>2</sub> caerá en el erlenmeyer destinado a recoger el destilado. A este recipiente se le habrán añadido previamente 50 ml de reactivo, solución DTNB. El tubo filtrante deberá permanecer inmerso en el erlenmeyer durante toda la operación.

Finalizada la operación desmontar el tubo filtrante y pasar el destilado a un matraz aforado de 100 ml, si es necesario se enrasa con agua destilada. Esta será la muestra que se mida por espectrofotometría a 415 nm.

La disolución de blanco usada en el espectrofotómetro se preparará mediante la mezcla de 50 ml de reactivo con 50 g de solución tampón.

Tanto muestra como blanco se introducen en el espectrofotómetro en el que se medirá la absorbancia, A<sub>415</sub>. (26)

Para la medición de la muestra por espectrofotometría se realizará un procedimiento similar al del apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm.

### **Cálculos**

Para conocer el contenido de SO<sub>2</sub> es necesario que previamente se realice una curva patrón, a partir de soluciones con concentración de SO<sub>2</sub> conocidas, para comparar datos de concentración con absorbancia. Con esto se conseguirá un factor que permita conocer el contenido de SO<sub>2</sub> en función de la absorbancia de la muestra. (26)

$$SO_2 = A_{415} \cdot f \quad (3-31)$$

Dónde:

- SO<sub>2</sub>: Concentración de SO<sub>2</sub> en mg/l.
- A<sub>415</sub>: Absorbancia a longitud de onda 415 nm.
- f: Factor corrector obtenido mediante curva patrón.

### 3.9 Turbidez

La turbidez, a veces nombrada por su análogo, la limpidez, es causada por las partículas en suspensión presentes en el líquido. Estas partículas normalmente son células de levaduras y formaciones de proteínas y taninos (polifenoles).

Pueden distinguirse distintos parámetros al hablar de turbidez en el ámbito cervecero:

- Turbidez en frío (chill haze): Turbidez presente cuando la cerveza se encuentra a baja temperatura, 0 °C o inferior. Se produce por la unión de proteínas y polifenoles mediante puentes de hidrógeno. Desaparece cuando la temperatura del producto es mayor.
- Turbidez permanente: Está presente tanto en la cerveza fría como atemperada. A veces procede de una turbidez en frío que persiste al aumentar la temperatura. (53)

La turbidez se mide en unidades NTU o FNU (Unidad de Formancia Nefelométrica) normalmente, y se determina según la presencia de partículas en suspensión en el líquido. La cantidad depende de distintos factores y está altamente influida por el nivel de filtrado al que se ha sometido la cerveza. Además, en cervezas de colores claros la presencia de turbidez se hace notar en mayor medida que en otras más oscuras. (13)

Normalmente las cervezas artesanales tienen una turbidez mayor que las industriales. Esto se debe a que la aplicación de las distintas técnicas de filtrado es menor o menos eficiente que en cervecería industrial.

Por último, antes de comentar la medición de la turbidez en la cerveza resulta crucial definir la falsa turbidez. La falsa turbidez o pseudo haze, es un nivel de turbidez que solo detecta el equipo de medición. Esto quiere decir que, al incidir el haz de luz, existen en el líquido pequeñas partículas que lo reflejan, aunque luego estas partículas no son perceptibles al ojo humano, donde la turbidez percibida es menor que en el equipo y por tanto estas pequeñas partículas no afectan a la claridad de la cerveza acabada. (53)

#### 3.9.1 Determinación de turbidez: Turbidimetría

Este parámetro se mide habitualmente para control de calidad del producto, pero no es obligatoria su declaración ni indicación en el etiquetado. (4)

La ASBC reconoce el método de turbidimetría con unidades de turbidez de formancia, FNU, cuyo significado es similar al de unidad de turbidez nefelométrica comentado en otros apartados. (54) Tanto el fundamento teórico de este método, así como los materiales y el procedimiento a seguir son similares a los del apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm.

En este caso, el análisis consiste en hacer incidir en la muestra un haz de luz perpendicular respecto la cubeta de muestra en un turbidímetro o espectrofotómetro UV-VIS. La longitud de onda a la que se emite la radiación difiere según la fuente, aunque el equipo, turbidímetro, proporciona el valor de la turbidez directamente en unidades NTU, FNU y/o sus valores equivalentes en escalas EBC y/o ASBC. (54)

	EBC	NTU / FNU	ASBC
EBC	1	0,25	0,014
NTU / FNU	4	1	0,057
ASBC	70	17,5	1

Tabla 3.5 Unidades de turbidez. (55)

#### Materiales

- Turbidímetro.
- Cubetas de muestra para turbidímetro.
- Baño termostaticado.
- Erlenmeyer de 500 ml.

- Pipeta aforada de 10 ml.
- Pipeta graduada de 10 ml.
- Termómetro graduado 0,1 °C.



Ilustración 3.13 Turbidímetro portátil. (56)

### **Procedimiento**

Se requiere tratamiento previo de la muestra de cerveza, similar al del apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm, aunque en este caso no se filtra dado que se pretende determinar su turbidez.

Se toma un volumen de 200 ml de muestra degasificada, sin espuma y atemperada a la temperatura del laboratorio, y usando una pipeta se rellenan los viales del turbidímetro. Tras esto, se agita la muestra, de forma que no queden sedimentos en ella, se introduce en el equipo y se realiza la medición de la turbidez siguiendo las instrucciones del turbidímetro. (5) De esta forma se obtiene el valor de la turbidez permanente de la muestra.

El equipo debe estar previamente calibrado y tanto las disoluciones usadas como patrón como la longitud de onda a la que realiza la medición varía según el equipo. Debe mencionarse que distintos turbidímetros realizan el análisis de forma diferente, por ejemplo, para el módulo de medición de turbidez de Anton-Paar la longitud de onda es de 650 nm en comparación con otro turbidímetro como el HI 93124 que usa una longitud de onda de 850 nm. (57) (55)

Para obtener el valor de turbidez fría, se realiza una nueva medición de la turbidez de las muestras en distintas condiciones.

En este caso se dejan reposar las muestras previamente, durante 1 hora aprox., en un baño termostatzado con hielo, hasta que la temperatura desciende hasta los -5 °C. Se limpian los recipientes de forma que no quede condensación en el exterior y se introducen las muestras en el turbidímetro. Con esta segunda lectura el turbidímetro proporciona el valor de la turbidez total, al estar presente tanto aquellas partículas que estarán en la cerveza atemperada como las procedentes de las agrupaciones que provocan una turbidez únicamente presente a baja temperatura.

### **Cálculos**

Se puede calcular a partir de los datos extraídos del procedimiento, mediante la ecuación (3-32), la turbidez total presente en la cerveza. (56)

$$Turbidez\ total = Turbidez\ fría + Turbidez\ permanente \quad (3-32)$$

## **3.10 Contenido de metales (Pb Cd As Cu Zn)**

El contenido en metales es importante en términos sanitarios, ya que, en concentraciones altas, puede ocasionar graves afecciones en el consumidor.

La fuente de contaminación por metales pesados en la cerveza suele ser el empleo de equipos de materiales no adecuados durante su elaboración. Otras fuentes de contaminación pueden ser las distintas materias primas y los envases, aunque ambos en menor grado.

En el tratamiento previo del agua usada para la elaboración, se controla este parámetro, de forma que, si el resto de las materias primas no están contaminadas por estos metales y el material usado para la elaboración es de acero inoxidable, material apto para contacto con productos alimenticios, no deben presentarse problemas en el producto con relación al contenido de metales pesados. (58)

Aun así, las células de la levadura tienen la capacidad de determinar la presencia de metales tóxicos para los humanos, debido a que no realizan la fermentación si encuentran un ambiente hostil, de elevada concentración en estos metales. Aunque debe comentarse que esta contaminación puede surgir en pasos posteriores, como por ejemplo la aparición de arsénico por el uso de arenas de diatomeas en la filtración. Problema cada vez menos frecuente por el auge del uso de membranas en filtración. (59)

Por último, el contenido de los metales citados no debe ser superior a los respectivos límites establecidos en BOE-A-1995-3394, estos se muestran en Tabla 3.6. Dónde además puede confirmarse que el contenido de Cadmio no se encuentra regulado. (60)

Metales pesados	Símbolo químico	Límite máximo
<b>Cobre</b>	Cu	1,0 ppm
<b>Zinc</b>	Zn	1,0 ppm
<b>Plomo</b>	Pb	0,2 ppm
<b>Arsénico</b>	As	0,1 ppm
<b>Cobalto</b>	Co	50 ppb

Tabla 3.6 Límites metales pesados BOE. (60)

### 3.10.1 Determinación de metales: Espectroscopía de absorción atómica. (EAA)

La determinación de metales pesados es obligatoria por los requisitos sanitarios que se establecen para la cerveza, publicados en BOE. (60)

El método de espectroscopía de absorción atómica es utilizado, normalmente, por los laboratorios para el análisis de los metales, principalmente por la sencillez de operación y su capacidad para analizar los distintos metales en un mismo equipo realizando variaciones en el procedimiento. Este método es reconocido por ASBC. (61)

Respecto al fundamento teórico de la EAA es similar al de la espectrofotometría mencionado en el apartado 3.5.1, con algunas diferencias. En este caso se trata de átomos y no de moléculas, en los que al incidir la radiación la excitación es distinta. Cuando los átomos absorben radiación, los electrones de la capa más externa interaccionan excitándose, devolviendo la energía absorbida al volver a su estado fundamental. Según la teoría cuántica, distintos átomos se excitan a una longitud de onda concreta, distinta para cada elemento. (28)

La EAA usada para la determinación se realiza con un espectrofotómetro de absorción atómica. En él, la muestra se nebuliza y atomiza mediante llama en una cámara de premezcla, dónde se alcanzan temperaturas de entre 1500 y 3000 °C. (62) Tras ello, el procedimiento realizado por el equipo es similar al del espectrofotómetro UV-VIS mostrado en apartados anteriores, haciendo pasar un haz de luz con una frecuencia determinada que puede ser absorbida por el analito, presente en forma de vapor atómico. La medición de la intensidad luminosa después de pasar por el vapor atómico en comparación con la emitida determina el porcentaje de absorción. Algunos componentes del equipo como el combustible de la llama y las lámparas de radiación cambian en función del metal que se quiere determinar. De este también depende la longitud de onda escogida para el análisis. (62)

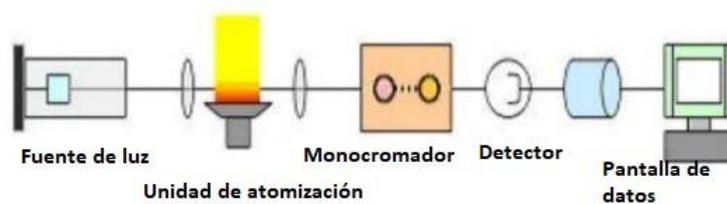


Ilustración 3.14 Esquema equipo EAA.

Elemento	Símbolo químico	Longitud de onda
<b>Cobre</b>	Cu	324,8 nm
<b>Zinc</b>	Zn	213,9 nm
<b>Plomo</b>	Pb	217,0 nm
<b>Arsénico</b>	As	193,7 nm
<b>Cobalto</b>	Co	240,7 nm

Tabla 3.7 Longitud de onda de distintos átomos.

### Materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica. Lámpara adecuada al metal a determinar.
- Matraz erlenmeyer de 1.000 ml.
- Matraz aforado de 100 y 1.000 ml con tapón de vidrio.
- Pipeta graduada de 10 ml con divisiones de 0,1 ml.
- Pipeta aforada de 10 ml.
- Solución patrón del metal a determinar.

En cuanto al espectrofotómetro de absorción atómica este equipo tiene características particulares además de otros componentes propios de un espectrofotómetro UV-VIS. En este caso, cambia la forma en la que la muestra se introduce en él, y la selección de lámparas, usándose lámparas intercambiables en función del elemento que se quiere determinar. Lo más común es el empleo de lámparas de cátodo hueco, que constan de un cilindro relleno de gas inerte en el que se ubican un ánodo y un cátodo, este último del metal que se quiere determinar. Respecto a la introducción de la muestra, esta se inyecta al equipo y se nebuliza y atomiza en una cámara de premezcla o quemador de premezclado. En él, la atomización se realiza mediante una llama, que se escoge en función del metal que se quiere determinar, buscando que sea lo más transparente posible al paso de la radiación. La llama de mezcla combustible/comburente de aire/acetileno permite un análisis correcto para la mayoría de los metales, aunque hay algunas excepciones como el uso de llama de hidrógeno/argón para la determinación de As y Zn. Por último, el monocromador permite escoger la longitud de onda, y mediante un detector fotomultiplicador se transmite la señal que proporcionará la información de la absorbancia para el metal a determinar. (62)

### Procedimiento

Es imprescindible la preparación de la muestra similar a la del apartado 3.5.1 Determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm. En este caso la muestra debe quedar completamente libre de sólidos en suspensión y degasificada. Si es necesario el filtrado, se debe comprobarse que no quedan metales retenidos en el papel de filtro.

Para la realización del análisis se requiere la preparación de patrones de concentraciones conocidas. Esto se hace pipeteando volúmenes conocidos de solución del metal a analizar en matraces aforados de 100 ml y se enrasan con la muestra de cerveza. El proceso se realiza para distintos volúmenes, por ejemplo, 0,2 0,4 y 0,6 ml. Las soluciones son diluidas 10 veces posteriormente pipeteando 10 ml en nuevos matraces de 100 ml, enrasando de nuevo con la muestra. De esta forma se obtienen las soluciones patrón para obtener cromatogramas de concentración conocida permitiendo el análisis cuantitativo en el equipo. Para conocer el contenido en metal de la muestra original también es necesario tener 100 ml de muestra sin metal a determinar añadido. (26)

Por último, se aspiran las muestras al espectrofotómetro, usando como blanco agua destilada, y se realiza el análisis a la longitud de onda adecuada para el metal a determinar. Finalmente, se obtiene la absorbancia de la muestra y en consecuencia la concentración del metal en ella.

### **Cálculos**

Se realiza curva patrón y el contenido en metal en la cerveza se conoce a partir de ella. Esto se hace conociendo la concentración de metal añadida a cada una de las soluciones patrón y teniendo en cuenta que para la muestra sin solución esta concentración es de 0,0 g/ml. Conociendo las distintas absorbancias y en consecuencia la concentración de metal de cada una de las soluciones patrón, a partir de la cantidad de metal añadido puede averiguarse la cantidad de metal original de la muestra.

Debe comentarse que en algunas fuentes puede aparecer la dilución de la muestra con agua desionizada tras la preparación de los distintos patrones. Si fuera el caso deberá tenerse en cuenta el factor de dilución empleado, para conocer la concentración de la muestra a partir de la obtenida mediante la espectrofotometría. (3-33)

$$C = C_{obtenida} \cdot 1/d \quad (3-33)$$

Dónde:

- C: Concentración de metal en la cerveza original.
- $C_{obtenida}$ : Concentración de metal que se obtiene de curva patrón.
- d: Factor de dilución.

# 4 LABORATORIO

En este capítulo se desarrolla, a partir de los análisis conocidos en capítulos anteriores, la creación de un laboratorio orientado al análisis de cerveza.

El laboratorio se dedicará a dar cobertura a las distintas micro cervecerías y/o cerveceros artesanos que no cuentan con las herramientas necesarias para obtener resultados suficientemente precisos de los análisis de determinadas propiedades de su producto, o bien, a realizar aquellos análisis que no pueden efectuar ellos mismos. La clientela del laboratorio de análisis podrán ser tanto particulares como empresas que requieran los servicios ofertados en él. Generalmente, estos clientes buscan obtener resultados analíticos con alguno de los siguientes fines:

- Conocimiento de los parámetros para su posicionamiento en el mercado.
- Respuesta a las posibles variaciones sufridas en el producto.
- Confirmación de la calidad apta del producto.
- Información de los distintos parámetros para su actuación sobre los mismos.

La actividad realizada por el laboratorio consta de :

1. Recepción de muestras.
2. Análisis de las muestras.
3. Entrega de resultados.

## 4.1 Análisis que realiza.

El laboratorio realiza los siguientes análisis fisicoquímicos:

Análisis	Método
<b>Grado alcohólico</b>	Destilación y densimetría
	Cromatografía de gases
<b>pH</b>	Potenciometría
<b>Extracto real</b>	Densimetría y cálculos
<b>Extracto seco primitivo</b>	Densimetría y fórmula Balling
<b>Color</b>	Espectrofotometría
<b>Amargor</b>	Espectrofotometría
<b>Anhídrido carbónico</b>	Volumetría y cálculos
<b>Anhídrido sulfuroso</b>	Destilación y espectrofotometría
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro
<b>Contenido en metales (Pb, Cd, As, Cu, Zn)</b>	Espectroscopía de absorción atómica

Tabla 4.1 Análisis del laboratorio.

Los métodos de análisis escogidos para el laboratorio se han seleccionado buscando la posibilidad de realizar el mayor número de análisis posibles con los mínimos equipos, reduciendo de esta forma la inversión inicial.

## 4.2 Materiales y costes

En este apartado se recoge el instrumental principal y los equipos de laboratorio mencionados en capítulos anteriores y se reflejan los costes asociados a ellos. El objetivo de esto es dar una idea inicial de cuál sería el

coste aproximado de un laboratorio respecto a su inversión en equipamiento para realizar los análisis mencionados.

#### 4.2.1 Material de vidrio

El material de vidrio para los distintos análisis se muestra a modo de resumen en la Tabla 4.2 Costes de material de vidrio., dónde aparecen las características deseadas para cada utensilio junto con el precio y unidades de venta de estos.

Material de vidrio	Características	Unidades <sup>16</sup>	Precio medio (€/ud) <sup>17</sup>
Vidrio de reloj	100 mm	10	2,43
Embudo	45-70 mm	10	13,03
Matraz de destilación fondo redondo + tapón	500 ml	10	17,14* <sup>18</sup>
Matraz de destilación fondo redondo con 3 bocas + tapón	500 ml	1	83,50* (63)
Tubo refrigerante Liebig	400 mm	1	19,85* (64)
Erlenmeyer graduado	250 ml	1	10,20
Erlenmeyer graduado	500 ml	1	12,03
Erlenmeyer graduado	1000 ml	1	20,09
Probeta graduada	100 ml	2	25,40
Pipeta graduada	10 ml ± 0,05 ml	1	8,72
Pipeta aforada clase AS	1 ml	2	3,60
Pipeta aforada clase AS	5 ml	2	6,00
Pipeta aforada clase AS	10 ml	2	6,93
Pipeta aforada	20 ml	2	8,70
Pipeta Pasteur	2 ml divisiones 0,5 ml	1.000	0.06*
Matraz aforado + tapón	50 ml	2	15,05
Matraz aforado + tapón	100 ml	2	19,47
Matraz aforado + tapón	1000 ml	2	45,33
Vaso de precipitados	100 ml	2	5,72
Alcohómetro	0 – 30 °	1	9,97*
Bureta de absorción	± 0,05 ml	1	291,39* (65)
Picnómetro Gay-Lussac	50 ml	1	26,62
Termómetro de mercurio (destilación)	± 0,1 °C	1	72,15 (66)
<b>Coste total material de vidrio<sup>19</sup>(€)</b>			<b>1.212,92</b>

Tabla 4.2 Costes de material de vidrio.

Estos costes se han tomado para algunos proveedores de instrumental de laboratorio. Los precios medios por unidad se han calculado para un mismo proveedor de instrumental considerando dos factores. El primero de ellos, es la diferencia de precios entre vidrios Pyrex y Duran, ambos de composición borosilicato de vidrio, aunque de costes distintos. El segundo factor, son las distintas características que se pueden presentar para un mismo producto. Por ejemplo, para el caso de matraces erlenmeyer, además de considerar los precios para vidrios Pyrex y Duran, se han considerado los distintos precios para cuello estrecho y cuello ancho. Esto mismo se ha hecho para otros productos.

Por último, el número de unidades se refiere al número mínimo de unidades que se tienen que adquirir en la empresa proveedora de instrumental. Este número de unidades estaría referido a un producto en concreto,

<sup>16</sup> Se refiere al número de unidades mínimas que se pueden obtener para el proveedor de instrumental escogido.

<sup>17</sup> Calculado para distintos proveedores, calidades y características de un instrumento concreto.

<sup>18</sup> Para aquellos precios marcados con \* solo se dispone de un único precio para el material.

<sup>19</sup> Calculado de la forma: Coste total=Σ(Coste medio número de unidades)

pudiendo existir variaciones en los precios. Estas cantidades de instrumental en combinación con los precios medios se usarán para la estimación del coste del laboratorio de análisis.

## 4.2.2 Equipos

En cuanto a los equipos necesarios para los análisis escogidos, estos se diferencian considerando equipos básicos a aquellos que se usan en distintos métodos, y específicos, a aquellos que se usan en la realización de análisis concretos. Estos equipos y sus costes aparecen en Tabla 4.3 y Tabla 4.4. Los precios de estos se han escogido realizando la consulta de distintas fuentes, comparando productos similares y escogiendo aquellos que se adaptan a los requerimientos de los métodos de análisis expuestos en el proyecto. Esto se hace optando por la mejor relación calidad precio entre aquellos que ofrecen las características deseadas. Las especificaciones relativas a los equipos escogidos se muestran en Anexo D – Especificaciones técnicas de equipos.

Equipos básicos	Precio (€/ud)
Balanza analítica de precisión $\pm 0,0001$ g	1082,83 (67)
Balanza hasta 1000 g de precisión $\pm 0,1$ g	125,00 (68)
Termómetro de contacto de precisión $\pm 0,1$ °C	30,13 (67)
Baño termostatzado al menos de precisión $\pm 1$ °C	3.000,00 (66)
Manto calefactor	99,90 (67)
Agitador magnético	154,90 (67)
Agitador mecánico	562,00 (69)
Centrífuga de al menos 3000 rpm y viales de 50 ml	1.558,00 (70)
<b>Coste total de equipos básicos (€)</b>	<b>6.612,76</b>

Tabla 4.3 Costes de equipos básicos

Equipos específicos	Precio (€/ud)
pHmetro	326,58 (67)
Cromatógrafo de gases	15.000,00 (71)
Espectrofotómetro UV-VIS	9.990,00 (72)
Equipo de perforación medidor de CO <sub>2</sub>	850,00 (73)
Turbidímetro	6.790,00 (72)
Equipo EAA	10.000,00 (71)
<b>Coste total de equipos de específicos (€)</b>	<b>42.956,58</b>

Tabla 4.4 Costes de equipos específicos.

Finalmente, el coste respecto a los equipos e instrumental principal del laboratorio de análisis de cerveza sería de 50.782,26 €.

Por último, debe comentarse la existencia de equipos muy concretos que en la actualidad lideran el análisis de cerveza en el sector industrial. Estos equipos, permiten evitar técnicas rudimentarias, dado que en un sistema modulable se recogen la mayoría de los análisis mencionados en este documento. Se trata del sistema Alkolyzer Beer comercializado por la marca Anton Paar. (5) Este sistema con distintos módulos acoplados permite el análisis de la cerveza evitando las tediosas preparaciones de muestras y sobre todo los largos tiempos de análisis. A continuación, en Tabla 4.5 se muestran los precios de los equipos del sistema modulable Anton Paar. Las especificaciones técnicas del sistema completo se encuentran al final del Anexo D – Especificaciones técnicas de equipos. (74)

Parámetro	Equipo	Precio (€/ud)
Grado alcohólico	Alkolyzer beer ME	17.710,00
pH	pH ME + electrodo pH	3.413,00
Densidad y masa volúmica, ESP y Extracto real	DMA 4500M	14.940,00
Color	OPTION COLOR	6.100,00
CO2	CARBO QC ME	10.150,00
Turbidez	HAZE QC ME	13.610,00
Sistema de llenado de muestras <sup>20</sup>	PFD FILLING DEVICE	4.452,00
<b>Coste total de equipos (€)</b>		<b>70.375,00</b>

Tabla 4.5 Costes equipos Anton Paar. (74)

Aunque el coste asociado a la adquisición de los equipos de Anton Paar para el análisis de cerveza es mayor al de los distintos equipos por separado, permite una gran disminución en los tiempos de análisis, proporcionando mayor rentabilidad si el laboratorio en cuestión está dedicado por completo al análisis de cerveza, analizando gran cantidad de muestras. Hay que mencionar que aún no disponen de módulos para realizar la medida de otros parámetros como amargor, sulfitos o contenido en metales, por lo que deberían adquirirse otros equipos adicionales para obtener esos parámetros, elevando el coste de la inversión realizada en este caso.

<sup>20</sup> Recomendado para la realización de análisis en el sistema modulado.

# 5 CONCLUSIONES

---

En este capítulo, a partir de la información recogida en los apartados anteriores, se muestran las principales conclusiones a las que se ha llegado tras el trabajo de investigación realizado para la confección de este documento:

- Respecto al proceso productivo de la cerveza se llega a la conclusión de que a partir de unos procesos “básicos” tanto cerveceros artesanales como industriales tienen pautas particulares para realizarlos, obteniendo distintos resultados. Además, ambos sectores interaccionan entre sí, realizándose cada vez más en la industria procedimientos propios de artesanos y tendiendo estos últimos a un equipamiento más propio del ámbito industrial.
- En cuanto a los tipos de cerveza, queda confirmada la cita “*Existen tantas cervezas como cerveceros hay en el mundo*” pues, aunque existen múltiples formas de clasificar las cervezas, resulta complicado tipificar este producto.
- Respecto a los análisis mencionados, existen multitud de parámetros que se pueden analizar en el producto, aunque en este texto únicamente se han dado a conocer aquellos de carácter obligatorio o de mayor interés. Aun así, debido a la versatilidad de los métodos y equipos de análisis mostrados, se concluye que estos equipos y métodos pueden ser extrapolados al análisis de otras propiedades o productos.
- En cuanto a los costes expuestos en el capítulo 4, se concluye que la inversión en equipos de laboratorio, que es de aproximadamente 50.000,00 €, es menor a la del equipo Alkolyzer Beer que suele utilizarse en la industria cervecera. Por tanto, la adquisición de este último no sería de interés. Dada la orientación del laboratorio, a un mercado artesanal en el que se analizan menor cantidad de muestras.



## 6 REFERENCIAS

---

1. **Asociación Cerveceros de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.** Informe socioeconómico del sector cervecero 2018. Madrid : Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018. NIPO: 003191624.
2. **Doncel, Carlos y Calleja, Juan.** El fenómeno de la cerveza artesanal se asienta en España. El País. 2 de Junio de 2019.
3. **García Aller, Marta y Monzón, Agustín.** El paradójico callejón sin salida de las cervezas artesanas. El Independiente. 29 de Julio de 2017.
4. **Gobierno de España.** Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta. 17 de Diciembre de 2016. 304.
5. **Centro de formación permanente. Universidad de Sevilla.** Curso experto en ciencia y tecnología de elaboración de cerveza. II Edición. Sevilla : Departamento de ingeniería química y ambiental ETSI, 2015.
6. **Maltas cerveceros.** Maltas cerveceros. La cerveza artesana desde el interior. [En línea] <http://www.maltascerveceros.com/el-malteado/>.
7. **Cerveza Artesana.** Cerveza Artesana. [En línea] 19 de Septiembre de 2014. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>.
8. **Kunze, Wolfgang.** Tecnología para cerveceros y malteros. [trad.] Claudio R. Bauer. Primera. Berlín : Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, 2006. ISBN 10: 3-921 690-54-4 / ISBN 13: 978-3-921690-54-3.
9. **Cerveza de Argentina.** Cerveza de Argentina. [En línea] 2020. <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm>.
10. Malteado. **Gigliarelli, Pablo.** 23 de Marzo de 2008, Revista Mash.
11. **Malteurop.** [En línea] <https://www.malteurop.com/es/intermalta>.
12. **Gonzalez Romero, Francisco.** Beer Paradise Mexico. [En línea] [Citado el: 18 de Febrero de 2020.] [https://www.google.com/search?q=maltas&tbm=isch&ved=2ahUKEwi8yKzk99vnAhXO44UKHdwBBZMQ2-cCegQIABAA&oq=maltas&gs\\_l=img.3..35i39j0i67j0l8.68966.69868..69997...0.0..0.126.676.1j5.....0....1..gws-wiz-img.M3DJIToaJl4&ei=c0hMXvzCOc7HlwTcg5SYCQ&bih=624&biw=683&r](https://www.google.com/search?q=maltas&tbm=isch&ved=2ahUKEwi8yKzk99vnAhXO44UKHdwBBZMQ2-cCegQIABAA&oq=maltas&gs_l=img.3..35i39j0i67j0l8.68966.69868..69997...0.0..0.126.676.1j5.....0....1..gws-wiz-img.M3DJIToaJl4&ei=c0hMXvzCOc7HlwTcg5SYCQ&bih=624&biw=683&r).
13. **Boto Fidalgo, Juan Antonio y Boto Ordóñez, María.** La cerveza. Ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración. León : Universidad de León, 2017. ISBN: 978-84-9773-884-2.
14. Fermentación. **Revista Mash.** 9 de Enero de 2013, Revista Mash.
15. La dura vida de las levaduras. **Cervezomicón.** 7 de Diciembre de 2017.
16. **BJCP Beer Judge Certification Program.** 2015 Style guidelines. s.l. : Gordon Strong & Kristen England, 2015.
17. **MALTOSAA.** MALTOSAA M. [En línea] 26 de Noviembre de 2017. <https://maltosaa.com.mx/diferencia-entre-una-cerveza-ale-y-una-lager/>.
18. **Cerveza Artesana.** Cerveza Artesana. [En línea] Octubre de 2013. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/porter-o-stout.html>.
19. **Wikipedia.** Wikipedia. [En línea] 2019. [https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces\\_carlsbergensis](https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_carlsbergensis).
20. **Barrado, Juan Antonio.** Cervecera independiente. [En línea] 2 de Octubre de 2014. <https://cerveceraindependiente.com/cultura-cervecera/tipos-de-cerveza-por-su-fermentacion/>.
21. **Sánchez, Fran.** LOOPULO. [En línea] <https://loopulo.com/conocer/cervezas-lambic-unicas-en-el-mundo/>.

22. **Cervezanía.** Cervezanía. [En línea] 16 de Mayo de 2017. <https://cervezania.com/blog/cervezas-lambic-n66>.
23. **MALTOSAA.** MALTOSAA. [En línea] 15 de Octubre de 2019. <https://maltosaa.com.mx/cerveza-lambic/>.
24. **Cerveza Artesana.** Cerveza Artesana. [En línea] 2017. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/brett-un-nuevo-estilo-de-cerveza.html>.
25. **Gobierno de España.** Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios. Palma de Mallorca : s.n., 1999.
26. **Panreac Química S.A.** Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza.
27. **Peguero Gutierrez, Anna.** Tesis doctoral. La espectroscopia NIR en la determinación de propiedades físicas y composición química de intermedios de producción y productos acabados. Bellaterra, Cataluña, España : Universitat Autònoma de Barcelona, 28 de Mayo de 2010.
28. **Escuela Técnica Superior de Ingenieros.** Análisis Químico. Sevilla, España : Universidad de Sevilla, 2015.
29. **Ayala, Carlos.** Determinación de grado alcohólico en bebidas alcohólicas por espectrometría FTIR, utilizando un sistema de flujo que incorpora una etapa de extracción líquido-líquido en línea. s.l. : Universidad de los Andes.
30. **NIR-Quimiometría.** Fundamentos. 2020.
31. **Universidad de Jaén.** Tema 6: Técnicas cromatográficas.
32. **CSIC.** Cromatografía de gases.
33. **Vega Viera, Jhonas Abner y Muñoz Rojas, Andrea Gisela.** Análisis instrumental de productos Agroind. [online]. Nuevo Chimbote, Perú : s.n., 2014.
34. **CRISON.** crisoninstruments. [En línea] Febrero de 2020. [http://www.crisoninstruments.com/index.php?module=11&seccio=34&lang=es#pH\\_0](http://www.crisoninstruments.com/index.php?module=11&seccio=34&lang=es#pH_0).
35. **Gobierno de España.** Reglamento (CEE) n°1108/82 de la Comisión, de 21 de abril de 1982, por el que se determinan métodos de análisis comunitario aplicables en el sector del vino y por el que se deroga el Reglamento (CEE) n°2984/74. 1982.
36. El Color de la Cerveza. **Gigliarelli, Pablo.** 2008, Revista Mash.
37. **Cinta González, Enrique, Torres Ortiz, Estela Estefanía y Martínez Sánchez, Kathia Marely.** Conocimiento y operación de un espectrofotómetro UV-VIS de absorción molecular. 2016.
38. **Cientisol.** Cientisol soluciones científicas. [En línea] <http://www.cientisol.com/blog/148-medicion-del-color-con-uv-vis-en-la-fabricacion-de-cerveza>.
39. **Cerveza Artesana.** Cerveza Artesana. [En línea] 2017. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/los-ibus-el-no-indicador-del-amargor-de-la-cerveza.html>.
40. **Suarez Díaz, María.** Cerveza: Componentes y propiedades. s.l., España : Unversidad de Oviedo, Julio de 2013.
41. **MEBAK Brautechnische Analysemethoden.** MANUAL Métodos de análisis para la industria cervecera. Cuarta 2002. Vol. II, pág. 114 y siguientes.
42. **Analítica-EBC.**
43. **Gimenez, Adriana, y otros.** Brindando por el amargor justo.
44. **ASBC.** High-Performance Liquid Chromatography Analysys of Tetrahydro-iso-alpha-acids in Beer. Journal of the ASBC. 2020.
45. **Universidad de Salamanca.** Introducción a los métodos cromatográficos. Tema 10.
46. **Bussi, Juan.** Cromatografía de líquidos de alta eficacia (HPLC). 2007.

47. **Gobierno de España.** Real Decreto 1456/1981, de 10 de abril, por el que se aprueba el nuevo texto, revisado, de la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza. BOE-A-1981-16219. 10 de Abril de 1981. 172.
48. **ASBC.** Carbon Dioxide Solubility in Beer. Journal of the ASBC. 2020.
49. **Labometric.** Medición de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.
50. **Supelco Analytical Products.** MANUAL Métodos de análisis para la industria cervecera. 2018.
51. **Gobierno de España.** Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización. BOE-A-2002-3366. 20 de Febrero de 2002.
52. **ASBC.** Métodos de análisis ASBC. Beer-21, dióxido de azufre total, A. Método de p-Rosanilina. 1975.
53. **Cerveza artesana.** La turbidez de la cerveza: Qué la provoca y cómo se puede solucionar. 2020.
54. **ASBC.** Métodos de análisis. Estándares de turbidez de formacina. 2015.
55. **InfoAgro.com.** Medidor y registrador de turbidez para la cerveza.
56. **Hach.** Determinación de turbidez de la cerveza. Medición de turbidez total, turbidez permanente y turbidez fría de la cerveza. 2016.
57. **Anton Paar.** Módulo de medición de la turbidez: HazeQC ME. 2020.
58. Determinación de metales pesados en cervezas expandidas en la ciudad de Cuenca, mediante anodic stripping. **Becerra Delgado, Jose, Tripaldi, Piercosimo y Pérez, Andrés.** Cuenca, Ecuador : s.n., 2014.
59. **Berkowitz, Rachel.** s.l. : Investigación y ciencia, Mayo de 2019.
60. **Gobierno de España.** Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida. BOE-A-1995-3394. 9 de Febrero de 1995.
61. **Peris Sanchis, Encarnación.** Determinación analítica de cobre y zinc en cervezas. 1997.
62. **Blago Razmilic. Merck Química Chilena Soc. Ltda.** Espectroscopía de absorción atómica.
63. **DDBiLab.** Consumibles e instrumentación para laboratorio. Barcelona, España : s.n., 2020.
64. **Labotienda.** Refrigerantes. 2020.
65. **Vidrafoc.** Bureta de sobremesa enrase por absorción. 2020.
66. **Fisher Scientific.** 2020.
67. **PCE Ibérica.** Equipos de medida - Balanzas - Regulación y control.
68. **BalanzasDigitales.com.** Badajoz, España : s.n., 2020.
69. **Labolan.** Soluciones para su laboratorio. Navarra, España : s.n., 2020.
70. **Durviz.** Diagnóstico e investigación. Valencia, España : s.n., 2020.
71. **Beijing Beifen-Ruili Analytical Instrument.** Fabricante, Empresa de trading.
72. **Hach.** Instrumentos de laboratorio. 2020.
73. **Adendorf.** Equipos y suministros para la industria.
74. **Anton Paar.** Instrumentos de precisión para laboratorio. 2020.



# GLOSARIO

---

AA: Alfa-ácidos	10
ABV: Alcohol By Volume	30
ASBC: American Society of Brewing Chemists	29, 30, 48, 49, 51, 53, 56, 58
ATP: Adenosin trifosfato	13
BD: Institute of Brewing & Distilling	29
BJCP: Beer Judge Certification Program	18
BOE: Boletín Oficial del Estado	2, 18, 19, 29, 30, 34, 38, 40, 44, 47, 49, 50, 53, 58
BPC-RP: Bonded phase chromatography-reverse phase	49
BU: Bitternes Unit	48, 49
DMS: Sulfuro de dimetilo	10, 11
DTNB: 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid)	54, 55
EAA: Espectroscopía de Absorción Atómica.	30, 58
EBC: European Brewery Convention	17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 45, 46, 47, 54, 56
ESP: Extracto Seco Primitivo	19, 44, 64
FEM: Fuerza Electromotriz	38
FNU: Unidad de Formancia Nefelométrica	56
HPLC: High-performance liquid chromatography	47, 49, 50
I+D+i: Investigación, Desarrollo e innovación	1
IBU: International Bitterness Unit	17, 20, 21, 22, 23, 24, 47, 48
IPA: India Pale Ale	20
iso AA: iso alfa-ácidos	10
iso BA: iso beta-ácidos	10
ISO:International Organization for Standardization	2
MCU's: Malt Color Units	44
MEBACK: Mitteleuropäische Brautechnische Analysekommision	29, 46, 48, 49
NIR: Near InfraRed	32, 33, 34
NTU: Nephelometric Turbidity Unit	9, 56
°B: Grado Baumé.	43
°Bx: Grado Brix	43
°P: Grado Plato	43, 44
RBIM: Research Institute of Brewing and Malting	29
SMM: S Metilo Metionina	10
SRM: Standard Reference Method	17, 45, 46, 47, 54, 56, 58, 59, 61
UNE: Una Norma Española	2

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

24

## 7 ANEXOS

---

## 7.1 Anexo A – Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de cerveza y bebidas de malta (4)



### I. DISPOSICIONES GENERALES

#### MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES

**11952** *Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta.*

Hasta el momento actual, desde el punto de vista de la calidad alimentaria, la elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta en España han estado reguladas por la normativa horizontal de la Unión Europea en materia alimentaria, por el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, y por la Orden de 15 de octubre de 1985, por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de cerveza.

Ante el desarrollo de innovaciones tecnológicas, la evolución de los mercados y la modificación de las expectativas de los consumidores, resulta necesario actualizar la normativa nacional sobre elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta.

Por otra parte, el Real Decreto 176/2013, de 8 de marzo, por el que se derogan total o parcialmente determinadas reglamentaciones técnico-sanitarias y normas de calidad referidas a productos alimenticios, ha realizado una derogación parcial de la normativa nacional sobre elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta, anulando la mayor parte de los requisitos higiénico-sanitarios que figuraban en la misma.

La disposición final cuarta de la Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria, habilita al Gobierno para aprobar normas de calidad de productos alimenticios, con el objeto, entre otros, de adaptarse a la reglamentación de la Unión Europea, y de simplificar, modernizar y valorizar las normas existentes así como de mejorar la competitividad del sector, incluyendo los adelantos producidos por la innovación tecnológica.

En este contexto, se estima necesario aprobar una nueva norma de calidad para la cerveza y las bebidas de malta, actualizando su contenido a la realidad actual del mercado y derogando el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, y la Orden de 15 de octubre de 1985, con el fin de mejorar la seguridad jurídica, garantizar la leal competencia entre las industrias, dotar de las mismas condiciones a todos los productores, mejorar la competitividad del sector y proporcionar una información adecuada al consumidor que facilite su derecho a la elección de compra.

La adopción mediante real decreto de la presente regulación como normativa básica toma su asiento en la habilitación contenida en el artículo 149.1, regla 13.ª, de la Constitución Española. De conformidad con la doctrina del Tribunal Constitucional, se fundamenta en el carácter marcadamente técnico del objeto de la regulación y en la necesidad de establecer un marco normativo unitario, que sea de aplicación a todo el territorio nacional y asegure un tratamiento uniforme a todos los productores.

Este real decreto se ha sometido al procedimiento previsto en la Directiva (UE) 2015/1535 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se establece un procedimiento de información en materia de reglamentaciones técnicas y de reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información, así como a lo dispuesto en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información.

Asimismo, se ha sometido al procedimiento previsto en el Reglamento (UE) n.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 1924/2006 y (CE) n.º 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el

que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) n.º 608/2004 de la Comisión.

En el proceso de tramitación de este real decreto se ha consultado a las comunidades autónomas, las ciudades de Ceuta y Melilla y las entidades representativas de los sectores afectados, habiendo emitido informe favorable la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y de la Ministra de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 16 de diciembre de 2016,

DISPONGO:

**Artículo 1. Objeto.**

El objeto de este real decreto es establecer la normativa básica de calidad para la elaboración y comercialización de la cerveza y de las bebidas de malta.

**Artículo 2. Definiciones relativas a las materias primas.**

A los efectos de este real decreto, se establecen las siguientes definiciones relativas a las materias primas:

1. **Malta:** Producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometidos al proceso de malteo: Remojo, germinación y ulterior desecación y tostados en condiciones tecnológicamente adecuadas. Se designará con la denominación del cereal de procedencia.

2. **Mosto de malta:** Líquido obtenido por tratamiento de malta con agua potable para extraer los principios solubles en condiciones tecnológicamente apropiadas.

3. **Extracto de malta:** producto de consistencia siruposa o en polvo, obtenido por concentración del mosto de malta.

4. **Mosto cervecero:** Producto obtenido a partir de malta molida o sus extractos, mediante un proceso de extracción acuosa por sacarificación enzimática. A continuación se clarificará, se agregará el lúpulo o sus derivados en este punto o también en etapas posteriores y se seguirá con un proceso de cocción. Podrán utilizarse otros productos amiláceos o también azúcares siempre y cuando la malta represente, al menos, el 50 % en masa del total de la materia prima empleada.

**Artículo 3. Definiciones relativas a los productos y a los métodos de fabricación.**

A los efectos de este real decreto, se establecen las siguientes definiciones relativas a los productos y a sus métodos de fabricación:

1. **Bebida de malta:** Bebida no fermentada obtenida a partir de malta, sola o mezclada con otros productos amiláceos, sometida a un proceso de cocción, con o sin lúpulo o sus derivados. En todos los casos la malta representará, al menos, el 50 % del total de los productos amiláceos utilizados. Su graduación alcohólica será menor al 1 por 100 en volumen.

2. **Cerveza:** Alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales.

Según sus características, se distinguen los siguientes tipos de cerveza:

a) **Cerveza de cereales:** Cuando en el mosto cervecero la presencia de malta de cebada sea inferior al 50 % respecto al total de la malta llevará la denominación de «Cerveza de» seguida del nombre del cereal con mayor contenido en peso.



- b) Cerveza extra: Cerveza con un extracto seco primitivo superior o igual al 15 por 100 en masa.
- c) Cerveza especial: Cerveza con un extracto seco primitivo superior o igual al 13 por 100 en masa e inferior al 15 por 100 en masa.
- d) Cerveza negra: Cerveza que supere las 50 unidades de color, conforme al método analítico de la European Brewery Convention (EBC).
- e) Cerveza de bajo contenido en alcohol: Cerveza cuya graduación alcohólica esté comprendida entre el 1 y el 3 por 100 en volumen.
- f) Cerveza sin alcohol: Cerveza cuya graduación alcohólica sea menor al 1 por 100 en volumen.

3. Clara: Mezcla de cualquier tipo de cerveza con gaseosa, o con bebida refrescante aromatizada o bebida refrescante de zumos de frutas con carácter organoléptico exclusivamente de cítricos, en la que el porcentaje de cerveza sea superior al 50 por 100 o su graduación alcohólica sea superior a 0,5 por 100 en volumen.

4. Fabricación artesana: Elaboración conforme a lo establecido en la presente norma de calidad, mediante un proceso que se desarrolle de forma completa en la misma instalación y en el que la intervención personal constituye el factor predominante, bajo la dirección de un maestro cervecero o artesano con experiencia demostrable y primando en su fabricación el factor humano sobre el mecánico, obteniéndose un resultado final individualizado, que no se produzca en grandes series, siempre y cuando se cumpla la legislación que le sea aplicable en materia de artesanía.

#### Artículo 4. Prácticas prohibidas.

En la elaboración, manipulación y venta al consumidor final de la cerveza y de las bebidas de malta, se prohíben las siguientes prácticas:

1. La transformación del almidón en azúcares, mediante hidrólisis exclusivamente ácida.
2. Cualquier manipulación o trasvase fuera de las instalaciones productivas, salvo que se realice con autorización de la empresa cervecera elaboradora.
3. La adición de alcohol, excepto el procedente del propio proceso de fermentación y elaboración de la cerveza.
4. La sustitución del lúpulo o sus derivados por otros principios amargos.
5. La neutralización después del proceso de fermentación.

#### Artículo 5. Otros ingredientes.

En la elaboración de los productos comprendidos en el ámbito de esta norma de calidad podrá utilizarse, de conformidad con las buenas prácticas de elaboración, cualquier otro ingrediente utilizado en alimentación humana o, en su caso, autorizado de conformidad con la normativa relativa a nuevos alimentos, distinto de los propios de cerveza o de su proceso de elaboración, siempre que no exceda el 2 por 100 en peso del producto final.

El límite del 2 por 100 establecido en el párrafo anterior no incluye los aditivos, aromas, enzimas o coadyuvantes empleados en el proceso de fabricación.

#### Artículo 6. Características de los productos terminados.

Desde el punto de vista de la calidad alimentaria, además de los requisitos establecidos en sus respectivas definiciones, la cerveza y las bebidas de malta deberán presentar las siguientes características:

1. Un pH inferior o igual a 5,5.
2. Un amargor superior a 5 mg/l (1 mg/l de  $\alpha$  isoácidos en cervezas equivale a una unidad de amargor IBU), excepto en el caso de las bebidas de malta.

**Artículo 7. Información alimentaria facilitada al consumidor.**

1. La información alimentaria facilitada al consumidor sobre los productos objeto de este real decreto se regirá por lo dispuesto en las normas de ámbito comunitario y nacional aplicables en la materia.

2. La denominación legal será la establecida en el artículo 3 de esta norma, con las siguientes particularidades:

a) Los productos que satisfagan una de las definiciones establecidas en los apartados a) a f), ambos inclusive, del artículo 3.2, deberán emplear la denominación legal que les corresponda.

En caso contrario, deberán emplear la denominación legal «cerveza».

b) Los productos que satisfagan más de una de las definiciones establecidas en los apartados a) a f), ambos inclusive, del artículo 3.2, deberán emplear una denominación legal en la que se combinen las correspondientes denominaciones.

3. Las cervezas que se elaboren conforme al método de fabricación artesana podrán incluir la expresión «de fabricación artesana», como información alimentaria voluntaria.

4. En la información alimentaria facilitada al consumidor sobre los productos objeto de este real decreto, podrá incluirse otra información alimentaria voluntaria, siempre y cuando ésta sea conforme con las normas de la Unión Europea y nacionales aplicables en la materia.

En particular, se podrá indicar la variedad o estilo de cerveza, siempre y cuando éstos sean compatibles con la legislación en materia de regímenes de calidad, propiedad intelectual, incluidas marcas, y cualquier otra que pueda resultar aplicable.

**Artículo 8. Venta y despacho de cerveza de barril o de otros grandes formatos.**

1. En los dispositivos para el despacho de cerveza de barril o de otros grandes formatos, habrá de constar la marca o nombre comercial de la cerveza expedida mediante dicho dispositivo.

2. Cuando el gas propulsor que se utilice entre en contacto con la cerveza, sólo podrá utilizarse anhídrido carbónico u otro gas o mezcla de gases aptos para uso alimentario, de conformidad a los criterios de identidad y pureza legalmente aprobados. Los recipientes a presión que contengan dichos gases sólo podrán rellenarse en aquellas instalaciones que se adecuen a las condiciones previstas por la normativa aplicable a los equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

**Artículo 9. Métodos analíticos.**

Los métodos de análisis utilizados en los controles oficiales conformes con esta normativa son los recomendados por la European Brewery Convention (EBC) o, en su defecto, aquellos métodos de organismos nacionales e internacionales de reconocida solvencia.

1. Grado alcohólico. Se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Destilación y densimetría.
- b) Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR).
- c) Cromatografía de gases (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).
- d) Enzimático (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).

2. pH: Potenciometría.

3. Densidad y masa volúmica: Densimetría.

4. Extracto real: Densimetría y cálculos.

5. Extracto seco primitivo: Cálculo (mediante fórmula de Balling).

6. Color: Espectrofotometría a 430 nm.

7. Amargor. Se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Espectrofotometría a 275 nm (unidades IBU, International Bitterness Unit).
- b) Iso  $\alpha$  ácidos del lúpulo: HPLC.



En la determinación del extracto seco primitivo se admitirá una tolerancia de 0,3 unidades en el porcentaje calculado para la cerveza extra y de 0,2 unidades para las demás.

**Artículo 10. Régimen sancionador.**

El incumplimiento de lo establecido en esta norma de calidad se sancionará de acuerdo con la Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria, y con la normativa que regule las infracciones y sanciones en materia de defensa del consumidor.

**Disposición adicional primera. Cláusula de reconocimiento mutuo.**

Los requisitos de la presente reglamentación no serán de aplicación a los productos legalmente fabricados o comercializados en los otros Estados miembros de la Unión Europea, ni a los productores originarios de los países de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), partes contratantes en el Acuerdo del Espacio Económico Europeo (EEE), ni a los Estados que tengan un acuerdo de Asociación Aduanera con la Unión Europea.

**Disposición adicional segunda. Control del gasto público.**

Las medidas incluidas en esta norma no podrán suponer incremento de dotaciones ni de retribuciones ni de otros gastos de personal.

**Disposición transitoria única. Comercialización de existencias de productos.**

Los productos fabricados y las etiquetas y envases rotulados adquiridos antes de la entrada en vigor de este real decreto que cumplan las disposiciones aplicables en ese momento, podrán comercializarse hasta que se agoten las existencias.

**Disposición derogatoria única. Derogación normativa.**

Quedan derogados el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, y la Orden de 15 de octubre de 1985, por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de cerveza.

**Disposición final primera. Título competencial.**

Este real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.13.ª de la Constitución Española, que atribuye al Estado la competencia exclusiva sobre bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica.

**Disposición final segunda. Entrada en vigor.**

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 16 de diciembre de 2016.

FELIPE R.

La Vicepresidenta del Gobierno y Ministra de la Presidencia  
y para las Administraciones Territoriales,  
SORAYA SÁENZ DE SANTAMARÍA ANTÓN

cve: BOE-A-2016-1162  
Verificable en <http://www.boe.es>

7.2 Anexo B – Contenido en alcohol expresado en % para densidades medidas a 20°C/20°C (26)

TABLA 1.1

Contenido en alcohol expresado en tanto por ciento para densidades medidas a 20° / 20°C

Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%
1,00000	0,00	0,99926	0,40	0,99851	0,80	0,99777	1,20
0,99998	1	24	1	49	1	75	1
97	2	22	2	47	2	73	2
95	3	21	3	45	3	71	3
93	4	19	4	43	4	70	4
91	5	17	5	41	5	68	5
89	6	15	6	39	6	66	6
87	7	13	7	37	7	64	7
86	8	11	8	35	8	62	8
84	9	09	9	33	9	60	9
0,99982	0,10	0,99907	0,50	0,99832	0,90	0,99758	1,30
80	1	05	1	30	1	57	1
78	2	03	2	28	2	55	2
76	3	02	3	26	3	53	3
75	4	00	4	24	4	51	4
73	5	0,99898	5	22	5	49	5
71	6	96	6	20	6	47	6
69	7	94	7	19	7	46	7
67	8	92	8	17	8	44	8
65	9	90	9	15	9	42	9
0,99963	0,20	0,99888	0,60	0,99813	1,00	0,99740	1,40
61	1	87	1	11	1	38	1
60	2	85	2	09	2	37	2
58	3	83	3	08	3	35	3
56	4	81	4	06	4	33	4
54	5	79	5	04	5	31	5
52	6	77	6	02	6	29	6
50	7	76	7	00	7	28	7
49	8	74	8	0,99798	8	26	8
47	9	72	9	97	9	24	9
0,99945	0,30	0,99870	0,70	0,99795	1,10	0,99722	1,50
43	1	68	1	93	1	20	1
41	2	66	2	91	2	18	2
39	3	64	3	90	3	17	3
37	4	62	4	88	4	15	4
35	5	60	5	86	5	13	5
33	6	59	6	84	6	11	6
32	7	57	7	82	7	09	7
30	8	55	8	80	8	07	8
28	9	53	9	79	9	06	9
0,99926	0,40	0,99851	0,80	0,99777	1,20	0,99704	1,60

## Panreac

TABLA 1.1  
(continuación)

Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%
0,99704	1,60	0,99631	2,00	0,99559	2,40	0,99489	2,80
02	1	29	1	57	1	87	1
00	2	28	2	55	2	85	2
0,99698	3	26	3	53	3	83	3
97	4	24	4	52	4	81	4
95	5	22	5	50	5	80	5
93	6	20	6	48	6	78	6
91	7	19	7	46	7	76	7
89	8	17	8	44	8	75	8
87	9	15	9	42	9	73	9
0,99685	1,70	0,99613	2,10	0,99541	2,50	0,99472	2,90
84	1	11	1	39	1	70	1
82	2	10	2	37	2	68	2
80	3	08	3	35	3	67	3
78	4	06	4	33	4	65	4
76	5	04	5	32	5	63	5
74	6	02	6	30	6	62	6
72	7	00	7	28	7	60	7
71	8	0,99599	8	26	8	58	8
69	9	97	9	25	9	57	9
0,99667	1,80	0,99595	2,20	0,99523	2,60	0,99455	3,00
65	1	93	1	21	1	53	1
64	2	91	2	20	2	51	2
62	3	89	3	18	3	50	3
60	4	87	4	16	4	48	4
58	5	86	5	14	5	46	5
56	6	84	6	13	6	45	6
54	7	82	7	11	7	43	7
52	8	80	8	09	8	42	8
50	9	78	9	07	9	40	9
0,99649	1,90	0,99577	2,30	0,99506	2,70	0,99438	3,10
47	1	75	1	04	1	36	1
45	2	73	2	02	2	35	2
44	3	71	3	00	3	33	3
42	4	69	4	0,99499	4	31	4
40	5	67	5	97	5	30	5
38	6	65	6	95	6	28	6
36	7	64	7	94	7	26	7
35	8	62	8	92	8	24	8
33	9	60	9	90	9	23	9
0,99631	2,00	0,99559	2,40	0,99489	2,80	0,99421	3,20

TABLA 1.1  
(continuación)

Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%
0,99421	3,20	0,99352	3,60	0,99285	4,00	0,99220	4,40
19	1	50	1	83	1	18	1
17	2	49	2	82	2	16	2
16	3	47	3	80	3	15	3
14	4	45	4	79	4	13	4
12	5	43	5	77	5	12	5
11	6	42	6	75	6	10	6
09	7	40	7	74	7	09	7
07	8	38	8	72	8	07	8
05	9	37	9	70	9	05	9
0,99404	3,30	0,99335	3,70	0,99269	4,10	0,99203	4,50
02	1	33	1	67	1	02	1
00	2	32	2	65	2	00	2
0,99398	3	30	3	64	3	0,99199	3
96	4	28	4	62	4	97	4
95	5	27	5	60	5	96	5
93	6	25	6	59	6	94	6
91	7	23	7	57	7	92	7
89	8	21	8	55	8	90	8
88	9	19	9	54	9	89	9
0,99386	3,40	0,99318	3,80	0,99252	4,20	0,99187	4,60
84	1	16	1	51	1	85	1
83	2	14	2	49	2	84	2
81	3	13	3	47	3	82	3
79	4	11	4	46	4	81	4
77	5	09	5	44	5	79	5
76	6	08	6	42	6	77	6
74	7	06	7	41	7	75	7
72	8	04	8	39	8	74	8
70	9	03	9	37	9	73	9
0,99369	3,50	0,99301	3,90	0,99236	4,30	0,99171	4,70
67	1	0,99299	1	34	1	69	1
65	2	98	2	33	2	67	2
64	3	96	3	31	3	66	3
62	4	94	4	29	4	64	4
60	5	93	5	28	5	63	5
59	6	91	6	26	6	61	6
57	7	89	7	24	7	59	7
55	8	88	8	23	8	58	8
54	9	86	9	21	9	56	9
0,99352	3,60	0,99285	4,00	0,99220	4,40	0,99154	4,80

# Panreac

TABLA 1.1  
(continuación)

Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%
0,99154	4,80	0,99089	5,20	0,99026	5,60	0,98962	6,00
53	1	87	1	24	1	61	1
51	2	85	2	23	2	59	2
49	3	84	3	21	3	58	3
47	4	82	4	19	4	56	4
46	5	81	5	18	5	55	5
44	6	79	6	16	6	53	6
42	7	77	7	14	7	52	7
41	8	76	8	13	8	50	8
39	9	74	9	11	9	49	9
0,99138	4,90	0,99073	5,30	0,99010	5,70	0,98947	6,10
36	1	71	1	08	1	45	1
34	2	69	2	07	2	44	2
33	3	68	3	05	3	42	3
31	4	66	4	03	4	41	4
29	5	64	5	02	5	40	5
27	6	63	6	00	6	38	6
26	7	61	7	0,98999	7	36	7
24	8	59	8	97	8	34	8
23	9	58	9	85	9	33	9
0,99121	5,00	0,99057	5,40	0,98994	5,80	0,98931	6,20
19	1	55	1	92	1	29	1
18	2	54	2	90	2	28	2
16	3	52	3	89	3	26	3
14	4	51	4	87	4	24	4
13	5	49	5	86	5	23	5
11	6	47	6	84	6	22	6
10	7	45	7	83	7	20	7
08	8	44	8	81	8	18	8
06	9	42	9	80	9	17	9
0,99105	5,10	0,99041	5,50	0,98978	5,90	0,98915	6,30
03	1	40	1	76	1	13	1
02	2	38	2	74	2	12	2
00	3	37	3	73	3	10	3
0,99088	4	35	4	71	4	09	4
97	5	33	5	70	5	07	5
95	6	32	6	68	6	05	6
93	7	30	7	67	7	04	7
92	8	29	8	65	8	02	8
90	9	27	9	63	9	0,98901	9
0,99089	5,20	0,99026	5,60	0,98962	6,00	0,98899	6,40

TABLA 1.1

(continuación)

Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%	Densidad	%
0,98899	6,40	0,98837	6,80	0,98777	7,20	0,98717	7,60
97	1	35	1	76	1	16	1
96	2	34	2	75	2	14	2
94	3	32	3	73	3	13	3
92	4	30	4	72	4	11	4
91	5	29	5	70	5	10	5
89	6	27	6	68	6	08	6
88	7	26	7	67	7	07	7
86	8	24	8	65	8	05	8
85	9	23	9	64	9	04	9
0,98883	6,50	0,98821	6,90	0,98762	7,30	0,98702	7,70
82	1	20	1	60	1	00	1
80	2	19	2	59	2	0,98689	2
78	3	17	3	57	3	98	3
76	4	15	4	56	4	96	4
75	5	14	5	55	5	94	5
74	6	12	6	53	6	93	6
72	7	11	7	52	7	92	7
70	8	10	8	50	8	90	8
69	9	08	9	49	9	89	9
0,98867	6,60	0,98807	7,00	0,98747	7,40	0,98687	7,80
66	1	06	1	46	1	86	1
64	2	04	2	44	2	84	2
62	3	03	3	43	3	83	3
61	4	01	4	41	4	81	4
59	5	00	5	39	5	80	5
58	6	0,98798	6	38	6	78	6
56	7	97	7	36	7	77	7
55	8	95	8	35	8	75	8
53	9	94	9	33	9	74	9
0,98852	6,70	0,98792	7,10	0,98732	7,50	0,98672	7,90
50	1	91	1	30	1	71	1
49	2	89	2	29	2	69	2
47	3	88	3	27	3	68	3
46	4	86	4	26	4	66	4
44	5	85	5	24	5	65	5
43	6	83	6	23	6	63	6
41	7	82	7	22	7	62	7
40	8	80	8	20	8	60	8
38	9	79	9	19	9	59	9
0,98837	6,80	0,98777	7,20	0,98717	7,60	0,98657	8,00

### 7.3 Anexo C – Grado Plato y Grado Baumé para densidades medidas a 20°C/20°C y a 20°C/4°C (26)

TABLA 2.1

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
1,00000	0,00	0,99823	0,00	109	28	932	28
004	01	827	01	113	29	936	29
008	02	831	02	117	0,30	940	0,30
012	03	835	03	121	31	944	31
016	04	839	04	125	32	948	32
020	05	843	05	128	33	951	33
024	06	847	06	132	34	955	34
028	07	851	07	136	35	959	35
031	08	854	08	140	36	963	36
035	09	858	09	144	37	967	37
039	0,10	862	0,10	148	38	971	38
043	11	866	11	152	39	975	39
047	12	870	12	156	0,40	979	0,40
051	13	874	13	160	41	983	41
055	14	878	14	164	42	987	42
059	15	882	15	167	43	990	43
063	16	886	16	172	44	994	44
067	17	890	17	176	45	998	45
070	18	893	18	180	46	1,00002	46
074	19	897	19	184	47	006	47
078	0,20	0,99901	0,20	187	48	009	48
082	21	905	21	191	49	013	49
086	22	909	22	195	0,50	017	0,50
089	23	912	23	199	51	021	51
093	24	916	24	1,00203	52	025	52
097	25	920	25	207	53	029	53
1,00101	26	924	26	211	54	033	54
105	27	928	27	215	55	037	55

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
219	56	041	56	394	01	216	01
223	57	045	57	398	02	220	02
226	58	048	58	1,00401	03	223	03
230	59	052	59	405	04	227	04
234	0,80	056	0,80	409	05	231	05
238	61	060	61	413	06	235	06
242	62	064	62	417	07	239	07
246	63	068	63	421	08	243	08
250	64	072	64	425	09	247	09
254	65	076	65	429	1,10	251	1,10
258	66	080	66	433	11	255	11
262	67	084	67	437	12	259	12
265	68	087	68	440	13	262	13
269	69	091	69	444	14	266	14
273	0,70	095	0,70	448	15	270	15
277	71	099	71	452	16	274	16
281	72	1,00103	72	456	17	278	17
285	73	107	73	460	18	282	18
289	74	111	74	464	19	286	19
293	75	115	75	468	1,20	290	1,20
297	76	119	76	472	21	294	21
1,00301	77	123	77	476	22	298	22
304	78	126	78	479	23	1,00301	23
308	79	130	79	483	24	305	24
312	0,80	134	0,80	487	25	309	25
316	81	138	81	491	26	313	26
320	82	142	82	495	27	317	27
324	83	146	83	499	28	321	28
328	84	150	84	1,00503	29	325	29
332	85	154	85	508	1,30	329	1,30
336	86	158	86	512	31	333	31
340	87	162	87	516	32	337	32
343	88	165	88	519	33	340	33
347	89	169	89	523	34	344	34
351	0,90	173	0,90	527	35	348	35
355	91	177	91	531	36	352	36
359	92	181	92	535	37	356	37
363	93	185	93	539	38	360	38
367	94	189	94	543	39	364	1,40
371	95	193	95	547	1,40	368	41
375	96	197	96	551	41	372	42
379	97	1,00201	97	555	42	376	43
382	98	204	98	558	43	379	44
386	99	208	99	562	44	383	45
390	1,00	212	1,00	566	45	387	46

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
570	46	391	47	745	91	566	92
574	47	395	48	749	92	570	93
577	48	398	49	753	93	574	94
581	49	1,00402	1,50	757	94	578	95
585	1,50	406	51	761	95	582	96
589	51	410	52	765	96	586	97
593	52	414	53	769	97	590	98
597	53	418	54	773	98	594	99
1,00601	54	422	55	777	99	598	2,00
605	55	426	56	781	2,00	1,00602	01
609	56	430	57	785	01	606	02
613	57	434	58	789	02	610	03
616	58	437	59	792	03	613	04
620	59	441	1,60	796	04	617	05
624	1,60	445	61	1,00800	05	621	06
628	61	449	62	804	06	625	07
632	62	453	63	808	07	629	08
636	63	457	64	812	08	633	09
640	64	461	65	816	09	637	2,10
644	65	465	66	820	2,10	641	11
648	66	469	67	824	11	645	12
652	67	473	68	828	12	649	13
655	68	476	69	831	13	652	14
659	69	480	1,70	835	14	656	15
663	1,70	484	71	840	15	660	16
667	71	488	72	844	16	664	17
671	72	492	73	848	17	668	18
675	73	496	74	852	18	672	19
679	74	1,00500	75	856	19	676	2,20
683	75	504	76	860	2,20	680	21
687	76	508	77	864	21	684	23
691	77	512	78	868	22	688	24
694	78	515	79	871	23	691	25
698	79	519	1,80	875	24	695	26
1,00702	1,80	523	81	879	25	699	27
706	81	527	82	883	26	1,00703	28
710	82	531	83	887	27	707	29
714	83	535	84	891	28	711	2,30
718	84	539	85	895	29	715	31
722	85	543	86	899	2,30	719	32
726	86	547	87	1,00903	31	723	33
730	87	551	88	907	32	727	34
733	88	554	89	910	33	730	35
737	89	558	1,90	914	34	734	36
741	1,90	562	91	918	35	738	37

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
922	36	742	38	099	81	919	84
926	37	746	39	1,01103	82	923	85
930	38	750	2,40	106	83	926	86
934	39	754	41	110	84	930	87
938	2,40	758	42	114	85	934	88
942	41	762	43	118	86	938	89
946	42	766	44	122	87	942	2,90
950	43	770	45	126	88	946	91
954	44	774	46	130	89	950	92
958	45	778	47	134	2,90	954	93
962	46	782	48	138	91	958	94
966	47	786	49	142	92	962	95
969	48	789	2,50	146	93	966	96
973	49	793	51	150	94	970	97
977	2,50	797	52	154	95	974	98
981	51	1,00901	53	158	96	978	99
985	52	805	54	162	97	982	3,00
989	53	809	55	166	98	986	01
993	54	813	56	169	99	989	02
997	55	817	57	173	3,00	993	03
1,01001	56	821	58	178	01	997	04
005	57	825	59	182	02	1,01001	05
008	58	828	2,60	186	03	005	06
012	59	832	61	190	04	009	07
016	2,60	836	62	194	05	013	08
020	61	840	63	198	06	017	09
024	62	844	64	1,01202	07	021	3,10
028	63	848	65	206	08	025	11
032	64	852	66	210	09	029	12
036	65	856	67	214	3,10	033	13
040	66	860	68	218	11	037	14
044	67	864	69	222	12	041	15
048	68	868	2,70	226	13	045	16
052	69	872	71	230	14	049	17
056	2,70	876	72	234	15	053	18
060	71	880	73	238	16	057	19
064	72	884	74	242	17	061	3,20
067	73	887	75	245	18	064	21
071	74	891	76	249	19	068	22
075	75	895	77	253	3,20	072	23
079	76	899	78	257	21	076	24
083	77	1,00903	2,80	261	22	080	25
087	78	907	81	265	23	084	27
091	79	911	82	269	24	088	28
095	2,80	915	83	273	25	092	29

## Panreac

TABLA 2.1  
(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
277	26	096	3,30	454	71	273	76
281	27	1,01100	31	458	72	277	77
285	28	104	32	462	73	281	78
289	29	108	33	466	74	285	79
293	3,30	112	34	470	75	289	3,80
297	31	116	35	474	76	293	81
1,01301	32	120	36	478	77	297	82
304	33	123	37	482	78	1,01301	83
308	34	127	38	486	79	305	84
312	35	131	39	490	3,80	309	85
316	36	135	3,40	494	81	313	86
320	37	139	41	498	82	317	87
324	38	143	42	1,01502	83	321	88
328	39	147	43	506	84	325	89
332	3,40	151	44	510	85	329	3,90
336	41	155	45	515	86	333	91
340	42	159	46	519	87	337	92
344	43	163	47	523	88	341	93
348	44	167	48	527	89	345	94
352	45	171	49	531	3,90	319	95
356	46	175	3,50	535	91	353	96
360	47	179	51	539	92	357	97
363	48	182	52	542	93	360	98
367	49	186	53	546	94	364	99
371	3,50	190	54	550	95	368	4,00
375	51	194	55	554	96	372	01
379	52	198	56	558	97	376	02
383	53	1,01202	57	562	98	380	03
387	54	206	58	566	99	384	05
391	55	210	59	570	4,00	388	06
395	56	214	3,60	574	01	392	07
399	57	218	61	578	02	396	08
1,01403	58	222	62	582	03	1,01400	09
407	59	226	63	586	04	404	4,10
411	3,60	230	64	590	05	408	11
415	61	234	65	594	06	412	12
419	62	238	66	598	07	416	13
423	63	242	68	1,01602	08	420	14
427	64	246	69	606	09	424	15
431	65	250	3,70	610	4,10	428	16
435	66	254	71	614	11	432	17
439	67	258	72	618	12	436	18
442	68	261	73	622	13	440	19
446	69	265	74	626	14	444	4,20
450	3,70	269	75	630	15	448	21

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
634	16	452	22	812	61	630	69
638	17	456	23	816	62	634	4,70
641	18	459	24	820	63	638	71
645	19	463	25	824	64	642	72
649	4,20	467	26	828	65	646	73
653	21	471	27	832	66	650	74
657	22	475	28	836	67	654	75
661	23	479	29	840	68	658	76
665	24	483	4,30	844	69	662	77
669	25	487	31	848	4,70	666	78
673	26	491	32	853	71	670	79
677	27	495	33	857	72	674	4,80
681	28	499	34	861	73	678	81
685	29	1,01503	35	865	74	682	82
689	4,30	507	36	869	75	686	83
693	31	511	38	873	76	690	84
697	32	515	39	877	77	694	85
1,01701	33	519	4,40	881	78	698	86
705	34	523	41	885	79	1,01702	87
709	35	527	42	889	4,80	706	88
713	36	531	43	893	81	710	89
717	37	535	44	897	82	714	4,90
721	38	539	45	1,01901	83	718	91
725	39	543	46	905	84	722	92
729	4,40	547	47	909	85	726	93
733	41	551	48	913	86	730	94
737	42	555	49	917	87	734	95
741	43	559	4,50	921	88	738	96
745	44	563	51	925	89	742	98
749	45	567	52	929	4,90	746	99
753	46	571	53	933	91	750	5,00
757	47	575	54	937	92	754	01
760	48	578	55	941	93	758	02
764	49	582	56	945	94	762	03
768	4,50	586	57	949	95	766	04
772	51	590	58	953	96	770	05
776	52	594	59	957	97	774	06
780	53	598	4,60	960	98	777	07
784	54	1,01602	61	964	99	781	08
788	55	606	62	968	5,00	785	09
792	56	610	63	972	01	789	5,10
796	57	614	64	976	02	793	11
1,01800	58	618	65	980	03	797	12
804	59	622	66	984	04	1,01801	13
808	4,60	626	67	988	05	805	14

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
992	06	909	15	172	51	989	62
996	07	913	16	176	52	993	63
1,02000	08	917	17	180	53	997	64
004	09	921	18	185	54	1,02001	65
008	5,10	925	19	189	55	005	66
012	11	929	5,20	193	56	009	67
016	12	933	21	197	57	013	68
020	13	937	22	1,02201	58	017	69
024	14	941	23	205	59	021	5,70
028	15	945	25	209	5,60	025	71
032	16	949	26	213	61	029	72
036	17	953	27	217	62	033	73
040	18	957	28	221	63	037	74
044	19	961	29	225	64	041	76
048	5,20	965	5,30	229	65	045	77
052	21	969	31	233	66	049	78
056	22	973	32	237	67	053	79
060	23	977	33	241	68	057	5,80
064	24	981	34	245	69	061	81
068	25	985	35	249	5,70	065	82
072	26	989	36	253	71	069	83
076	27	993	37	257	72	073	84
080	28	997	38	261	73	077	85
084	29	1,01901	39	265	74	081	86
088	5,30	905	5,40	269	75	085	87
092	31	909	41	273	76	089	88
096	32	913	42	277	77	093	89
1,02100	33	917	43	281	78	097	5,90
104	34	921	44	285	79	1,02101	91
108	35	925	45	289	5,80	105	92
112	36	929	46	293	81	109	93
116	37	933	47	297	82	113	94
120	38	937	48	1,02301	83	117	95
124	39	941	49	305	84	121	96
128	5,40	945	5,51	309	85	125	97
132	41	949	52	313	86	129	98
136	42	953	53	317	87	133	6,00
140	43	957	54	321	88	137	01
144	44	961	55	325	89	141	02
148	45	965	56	329	5,90	145	03
152	46	969	57	333	91	149	04
156	47	973	58	337	92	153	05
160	48	977	59	341	93	157	06
164	49	981	5,60	345	94	161	07
168	5,50	985	61	349	95	165	08

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
353	96	169	09	535	41	350	56
357	97	173	6,10	539	42	354	57
362	98	178	11	544	43	359	58
366	99	182	12	548	44	363	59
370	6,00	186	13	552	45	367	6,60
374	01	190	14	556	46	371	61
378	02	194	15	560	47	375	62
382	03	198	16	564	48	379	63
386	04	1,02202	17	568	49	383	64
390	05	206	18	572	6,50	387	66
394	06	210	19	576	51	391	67
398	07	214	6,20	580	52	395	68
1,02402	08	218	21	584	53	399	69
406	09	222	23	588	54	1,02403	6,70
410	6,10	226	24	592	55	407	71
414	11	230	25	596	56	411	72
418	12	234	26	1,02600	57	415	73
422	13	238	27	604	58	419	74
426	14	242	28	608	59	423	75
430	15	246	29	612	6,60	427	76
434	16	250	6,30	616	61	431	77
438	17	254	31	620	62	435	78
442	18	258	32	624	63	439	79
446	19	262	33	628	64	443	6,80
450	6,20	266	34	632	65	447	81
454	21	270	35	636	66	451	82
458	22	274	36	640	67	455	83
462	23	278	37	644	68	459	84
466	24	282	38	648	69	463	85
470	25	286	39	652	6,70	467	87
474	26	290	6,40	656	71	471	88
478	27	294	41	660	72	475	89
482	28	298	42	665	73	480	6,90
486	29	1,02302	43	669	74	484	91
490	6,30	306	45	673	75	488	92
494	31	310	46	677	76	492	93
498	32	314	47	681	77	496	94
1,02502	33	318	48	685	78	1,02500	95
506	34	322	49	689	79	504	96
510	35	326	6,50	693	6,80	508	97
514	36	330	51	697	81	512	98
519	37	334	52	1,02701	82	516	99
523	38	338	53	705	83	520	7,00
527	39	342	54	709	84	524	01
531	6,40	346	55	713	85	528	02

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
717	86	532	03	1,02900	31	714	51
721	87	536	04	904	32	718	52
725	88	540	05	908	33	722	53
729	89	544	07	912	34	726	54
733	6,90	548	08	916	35	730	55
737	91	552	09	920	36	734	56
741	92	556	7,10	924	37	738	57
745	93	560	11	928	38	742	58
749	94	564	12	932	39	746	59
753	95	568	13	936	7,40	750	7,60
757	96	572	14	940	41	754	61
761	97	576	15	944	42	758	62
766	98	581	16	948	43	763	64
770	99	585	17	953	44	767	65
774	7,00	589	18	957	45	771	66
778	01	593	19	961	46	775	67
782	02	597	7,20	965	47	779	68
786	03	1,02601	21	969	48	783	69
790	04	605	22	973	49	787	7,70
794	05	609	23	977	7,50	791	71
798	06	613	24	981	51	795	72
1,02802	07	617	26	985	52	799	73
806	08	621	27	989	53	1,02803	74
810	09	625	28	993	54	807	75
814	7,10	629	29	997	55	811	76
818	11	633	7,30	1,03001	56	815	77
822	12	637	31	005	57	819	78
826	13	641	32	010	58	824	79
830	14	645	33	014	59	828	7,80
834	15	649	34	018	7,60	832	82
838	16	653	35	022	61	836	83
842	17	657	36	026	62	840	84
846	18	661	37	030	63	844	85
850	19	665	38	034	64	848	86
855	7,20	669	39	038	65	852	87
859	21	673	7,40	042	66	856	88
863	22	677	41	046	67	860	89
868	23	682	42	050	68	864	7,90
872	24	686	43	054	69	868	91
876	25	690	45	058	7,70	872	92
880	26	694	46	062	71	876	93
884	27	698	47	066	72	880	94
888	28	1,02702	48	071	73	885	95
892	29	706	49	075	74	889	96
896	7,30	710	7,50	079	75	893	97

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
083	76	897	98	267	21	080	46
087	77	1,02901	8,00	271	22	084	47
091	78	905	01	275	23	088	48
095	79	909	02	279	24	092	49
099	7,80	913	03	283	25	096	8,51
1,03103	81	917	04	287	26	1,03100	52
107	82	921	05	291	27	104	53
111	83	925	06	296	28	109	54
115	84	929	07	1,03300	29	113	55
119	85	933	08	304	8,30	117	56
123	86	937	09	308	31	121	57
127	87	941	8,10	312	32	125	58
132	88	946	11	316	33	129	59
136	89	950	12	320	34	133	8,60
140	7,90	954	13	324	35	137	61
144	91	958	14	328	36	141	62
148	92	962	15	332	37	145	63
152	93	966	17	336	38	149	64
156	94	970	18	340	39	153	65
160	95	974	19	344	8,40	157	67
164	96	978	8,20	348	41	161	68
168	97	982	21	352	42	165	69
172	98	986	22	357	43	170	8,70
176	99	990	23	361	44	174	71
180	8,00	994	24	365	45	178	72
184	01	998	25	369	46	182	73
189	02	1,03002	26	373	47	186	74
194	03	007	27	377	48	190	75
198	04	011	28	381	49	194	76
1,03202	05	015	29	385	8,50	198	77
206	06	019	8,30	389	51	1,03202	78
210	07	023	31	393	52	206	79
214	08	027	32	398	53	211	8,80
218	09	031	34	1,03402	54	215	81
222	8,10	035	35	406	55	219	83
226	11	039	36	410	56	223	84
230	12	043	37	414	57	227	85
234	13	047	38	418	58	231	86
238	14	051	39	422	59	235	87
242	15	055	8,40	426	8,60	239	88
246	16	059	41	430	61	243	89
250	17	063	42	434	62	247	8,90
255	18	068	43	439	63	252	91
259	19	072	44	443	64	256	92
263	8,20	076	45	447	65	260	93

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
451	66	264	94	636	11	448	42
455	67	268	95	640	12	452	43
459	68	272	96	644	13	456	45
463	69	276	97	648	14	460	46
467	8,70	280	99	652	15	464	47
471	71	284	9,00	656	16	468	48
475	72	288	01	660	17	472	49
479	73	292	02	665	18	477	9,50
483	74	296	03	669	19	481	51
487	75	1,03300	04	673	9,20	485	52
491	76	304	05	677	21	489	53
495	77	308	06	681	22	493	54
1,03500	78	313	07	686	23	498	55
504	79	317	08	690	24	1,03502	56
508	8,80	321	09	694	25	506	57
512	81	325	9,10	698	26	510	59
516	82	329	11	1,03702	27	514	9,80
520	83	333	12	706	28	518	61
525	84	337	13	710	29	522	62
529	85	341	15	714	9,30	526	63
533	86	345	16	718	31	530	64
537	87	349	17	722	32	534	65
542	88	354	18	727	33	539	66
546	89	358	19	731	34	543	67
550	8,90	362	9,20	735	35	547	68
554	91	366	21	739	36	551	69
558	92	370	22	743	37	555	9,70
562	93	374	23	747	38	559	71
566	94	378	24	751	39	563	72
570	95	382	25	755	9,40	567	74
574	96	386	26	750	41	571	75
578	97	390	27	763	42	575	76
583	98	395	28	768	43	580	77
587	99	399	9,30	772	44	584	78
591	9,00	1,03403	31	776	45	589	79
595	01	407	32	780	46	592	9,80
599	02	411	33	784	47	596	81
1,03603	03	415	34	788	48	1,03600	82
607	04	419	35	792	49	604	83
611	05	423	36	796	9,50	608	84
615	06	427	37	1,03800	51	612	85
619	07	431	38	804	52	616	86
624	08	436	39	809	53	621	88
628	09	440	9,40	813	54	625	89
632	9,10	444	41	817	55	629	9,90

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
821	56	633	91	007	01	818	39
825	57	637	92	011	02	822	10,40
829	58	641	93	016	03	827	41
833	59	645	94	020	04	831	42
837	9,60	649	95	024	05	835	44
841	61	653	96	028	06	839	45
845	62	657	97	032	07	843	46
850	63	662	98	037	08	848	47
854	64	666	99	041	09	852	48
858	65	670	10,00	045	10,10	856	49
863	66	674	01	049	11	860	10,50
867	67	678	03	053	12	864	51
872	68	683	04	057	13	868	52
876	69	687	05	061	14	872	53
880	9,70	691	06	065	15	876	54
884	71	695	07	069	16	880	55
888	72	699	08	073	17	884	57
892	73	1,03703	09	078	18	889	58
896	74	707	10,10	082	19	893	59
1,03900	75	711	11	086	10,20	897	10,60
904	76	715	12	090	21	1,03901	61
908	77	719	13	094	22	905	62
913	78	724	14	099	23	910	63
917	79	728	15	1,04103	24	914	64
921	9,80	732	17	107	25	918	65
925	81	736	18	111	26	922	66
929	82	740	19	115	27	926	67
933	83	744	10,20	119	28	930	68
937	84	748	21	123	29	934	69
941	85	752	22	127	10,30	938	10,71
945	86	756	23	131	31	942	72
949	87	760	24	135	32	946	73
954	88	765	25	140	33	951	74
958	89	769	26	144	34	955	75
962	9,90	773	27	148	35	959	76
966	91	777	28	152	36	963	77
970	92	781	10,30	156	37	967	78
975	93	786	31	161	38	972	79
979	94	790	32	165	39	976	10,80
983	95	794	33	169	10,40	980	81
987	96	798	34	173	41	984	82
991	97	1,03802	35	177	42	988	84
995	98	806	36	181	43	992	85
999	99	810	37	185	44	996	86
1,04003	10,00	814	38	189	45	1,04000	87

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
193	46	004	88	381	91	191	37
198	47	008	89	385	92	195	38
1,04203	48	013	10,90	390	93	1,04200	39
207	49	017	91	384	94	204	11,40
211	10,50	021	92	398	95	208	41
215	51	025	93	1,04402	96	212	42
219	52	029	94	406	97	216	43
224	53	034	95	411	98	221	44
228	54	038	97	415	99	225	45
232	55	042	98	419	11,00	229	47
236	56	046	99	423	01	233	48
240	57	050	11,00	427	02	237	49
245	58	055	01	432	03	242	11,50
249	59	059	02	436	04	246	51
253	10,60	063	03	440	05	250	52
257	61	067	04	444	06	254	53
261	62	071	05	448	07	258	54
265	63	075	06	452	08	262	55
269	64	079	07	456	09	266	56
273	65	083	08	460	11,10	270	57
277	66	087	11,10	464	11	274	58
281	67	091	11	468	12	278	11,60
286	68	096	12	473	13	283	61
290	69	1,04100	13	477	14	287	62
294	10,70	104	14	481	15	291	63
298	71	108	15	485	16	295	64
1,04302	72	112	16	489	17	299	65
307	73	117	17	494	18	1,04304	66
311	74	121	18	498	19	308	67
315	75	125	19	1,04502	11,20	312	68
319	76	129	11,20	506	21	316	69
323	77	133	22	510	22	320	11,70
328	78	138	23	515	23	325	72
332	79	142	24	519	24	329	73
336	10,80	146	25	523	25	333	74
340	81	150	26	527	26	337	75
344	82	154	27	532	27	341	76
348	83	158	28	537	28	346	77
352	84	162	29	541	29	350	78
356	85	166	11,30	545	11,30	354	79
360	86	170	31	549	31	358	11,80
364	87	174	32	553	32	362	81
369	88	179	33	558	33	367	82
373	89	183	35	562	34	371	84
377	10,90	187	36	566	35	375	85

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
570	36	379	86	758	81	567	35
574	37	383	87	762	82	571	36
578	38	387	88	766	83	575	37
582	39	391	89	770	84	579	38
586	11,40	395	11,90	774	85	583	39
590	41	399	91	778	86	587	12,40
594	42	1,04403	92	782	87	591	41
599	43	408	93	787	88	596	43
1,04603	44	412	94	791	89	1,04600	44
607	45	416	96	795	11,90	604	45
611	46	420	97	799	91	608	46
615	47	424	98	1,04803	92	612	47
620	48	429	99	808	93	617	48
624	49	433	12,00	812	94	621	49
628	11,50	437	01	816	95	625	12,50
632	51	441	02	820	96	629	51
636	52	445	03	824	97	633	52
641	53	450	04	829	98	638	54
645	54	454	05	833	99	642	55
649	55	458	06	837	12,00	646	56
653	56	462	08	841	01	650	57
657	57	466	09	845	02	654	58
662	58	471	12,10	850	03	659	59
666	59	475	11	854	04	663	12,60
670	11,60	479	12	858	05	667	61
674	61	483	13	862	06	671	62
678	62	487	14	867	07	675	63
683	63	492	15	872	08	680	65
687	64	496	16	876	09	684	66
691	65	1,04500	17	880	12,10	688	67
695	66	504	19	884	11	692	68
699	67	508	12,20	888	12	696	69
1,04704	68	513	21	893	13	1,04701	12,70
708	69	517	22	897	14	705	71
712	11,70	521	23	1,04901	15	709	72
716	71	525	24	905	16	713	73
720	72	529	25	909	17	717	74
725	73	534	26	914	18	722	76
729	74	538	27	918	19	726	77
733	75	542	28	922	12,20	730	78
737	76	546	29	926	21	734	79
741	77	550	12,31	930	22	738	12,80
746	78	555	32	935	23	743	81
750	79	559	33	939	24	747	82
754	11,80	563	34	943	25	751	83

## Panreac

TABLA 2.1  
(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
947	26	755	84	136	71	944	34
951	27	759	85	140	72	948	35
956	28	764	87	145	73	953	36
960	29	768	88	149	74	957	37
964	12,30	772	89	153	75	961	38
968	31	776	12,90	157	76	965	39
972	32	780	91	161	77	969	13,40
977	33	785	92	166	78	974	42
981	34	789	93	170	79	978	43
985	35	793	94	174	12,80	982	44
989	36	797	95	178	81	986	45
993	37	1,04801	96	182	82	990	46
998	38	806	97	187	83	995	47
1,05002	39	810	99	191	84	999	48
006	12,40	814	13,00	195	85	1,05003	49
010	41	818	01	199	86	007	13,50
014	42	822	02	1,05204	87	011	51
019	43	827	03	209	88	016	53
023	44	831	04	213	89	020	54
027	45	835	05	217	12,90	024	55
031	46	839	06	221	91	028	56
035	47	843	07	225	92	032	57
040	48	848	09	230	93	037	58
044	49	852	13,10	234	94	041	59
048	12,50	856	11	238	95	045	13,60
052	51	860	12	242	96	049	61
056	52	864	13	247	97	054	63
061	53	869	14	251	98	058	64
065	54	873	15	256	99	063	65
069	55	877	16	260	13,00	067	66
073	56	881	17	264	01	071	67
077	57	885	18	268	02	075	68
082	58	890	13,20	273	03	080	69
086	59	894	21	277	04	084	13,70
090	12,60	898	22	281	05	088	71
094	61	1,04902	23	285	06	092	73
098	62	906	24	289	07	096	74
1,05103	63	911	25	294	08	1,05101	75
107	64	915	26	298	09	105	76
111	65	919	27	1,05302	13,10	109	77
115	66	923	28	306	11	113	78
119	67	927	29	310	12	117	79
124	68	932	13,31	315	13	122	13,80
128	69	936	32	319	14	126	81
132	12,70	940	33	323	15	130	82

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
327	16	134	84	517	61	324	33
331	17	138	85	512	62	328	35
336	18	143	86	526	63	333	36
340	19	147	87	530	64	337	37
344	13,20	151	88	534	65	341	38
348	21	155	89	539	66	345	39
352	22	159	13,90	544	67	350	14,40
357	23	164	91	548	68	354	41
361	24	168	92	553	69	359	42
365	25	172	94	557	13,70	363	43
369	26	176	95	561	71	367	45
373	27	180	96	565	72	371	46
378	28	185	97	570	73	376	47
382	29	189	98	574	74	380	48
386	13,30	193	99	578	75	384	49
390	31	197	14,00	582	76	388	14,50
394	32	1,05201	01	586	77	392	51
399	33	206	02	591	78	397	52
1,05403	34	210	04	595	79	1,05401	53
407	35	214	05	599	13,80	405	55
411	36	218	06	1,05603	81	409	56
416	37	223	07	607	82	413	57
420	38	227	08	612	83	418	58
425	39	232	09	616	84	422	59
429	13,40	236	14,10	620	85	426	14,60
433	41	240	11	624	86	430	61
437	42	244	12	629	87	435	62
442	43	249	13	633	88	439	63
446	44	253	15	638	89	444	65
450	45	257	16	642	13,90	448	66
454	46	261	17	646	91	452	67
458	47	265	18	650	92	456	68
463	48	270	19	655	93	461	69
467	49	274	14,20	659	94	465	14,70
471	13,50	278	21	663	95	469	71
475	51	282	22	667	96	473	72
479	52	286	23	671	97	477	74
484	53	291	25	676	98	482	75
488	54	295	26	680	99	486	76
492	55	299	27	684	14,00	490	77
496	56	1,05303	28	688	01	494	78
1,05500	57	307	29	692	02	498	79
505	58	312	14,30	697	03	1,05503	14,80
509	59	316	31	1,05701	04	507	81
513	13,60	320	32	705	05	511	82

## Panreac

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
709	06	515	84	1,05802	51	707	34
714	07	520	85	906	52	711	35
718	08	524	86	911	53	716	36
723	09	529	87	915	54	720	37
727	14,10	533	88	919	55	724	38
731	11	537	89	923	56	728	39
735	12	541	14,90	928	57	733	15,41
740	13	546	91	932	58	737	42
744	14	550	92	937	59	742	43
748	15	554	94	941	14,60	746	44
752	16	558	95	945	61	750	45
756	17	562	96	949	62	754	46
761	18	567	97	954	63	759	47
765	19	571	98	958	64	763	48
769	14,20	575	99	962	65	767	49
773	21	579	15,00	966	66	771	15,51
777	22	583	01	970	67	775	52
782	23	588	03	975	68	780	53
786	24	592	04	979	69	784	54
790	25	596	05	983	14,70	788	55
794	26	1,05600	06	987	71	792	56
799	27	605	07	992	72	797	57
1,05803	28	609	08	996	73	1,05801	58
808	29	614	09	1,06001	74	806	15,60
812	14,30	618	15,10	006	75	810	61
816	31	622	11	009	76	814	62
820	32	626	13	013	77	818	63
825	33	631	14	018	78	823	64
829	34	635	15	022	79	827	65
833	35	639	16	026	14,80	831	66
837	36	643	17	030	81	835	67
841	37	647	18	034	82	839	68
846	38	652	19	039	83	844	15,70
850	39	656	15,20	043	84	848	71
854	14,40	660	22	047	85	852	72
858	41	664	23	051	86	856	73
863	42	669	24	056	87	861	74
867	43	673	25	060	88	865	75
872	44	678	26	065	89	870	76
877	45	682	27	069	14,90	874	78
881	46	686	28	073	91	878	79
885	47	690	29	077	92	882	15,80
890	48	695	15,30	082	93	887	81
894	49	699	32	086	94	891	82
898	14,50	1,05703	33	090	95	895	83

TABLA 2.1

(continuación)

Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml	Densidad 20° / 20°	% de ext. g / 100 g	Densidad real 20° / 4°	% de ext. g / 100 ml
094	96	899	84	245	31	049	24
099	97	1,05904	85	250	32	054	25
1,06103	98	908	87	254	33	058	26
108	99	913	88	259	34	063	27
112	15,00	917	89	263	35	067	28
116	01	921	15,90	267	36	071	29
120	02	925	91	271	37	075	16,30
125	03	930	92	276	38	080	32
129	04	934	93	280	39	084	33
133	05	938	94	284	15,40	088	34
137	06	942	95	288	41	092	35
141	07	946	97	292	42	096	36
146	08	951	98	297	43	1,06101	37
150	09	955	99	1,06301	44	105	38
154	15,10	959	16,00	305	45	109	39
158	11	963	01	309	46	113	16,41
163	12	968	02	314	47	118	42
167	13	972	03	318	48	122	43
172	14	977	04	323	49	127	44
176	15	981	06	327	15,50	131	45
180	16	985	07	331	51	135	46
184	17	989	08	335	52	139	47
189	18	994	09	340	53	144	48
193	19	998	16,10	344	54	148	16,50
197	15,20	1,06002	11	348	55	152	51
1,06201	21	006	12	352	56	156	52
206	22	011	13	357	57	161	53
211	23	015	15	361	58	165	54
216	24	020	16	366	59	170	55
220	25	024	17	370	15,60	174	56
224	26	028	18	374	61	178	57
228	27	032	19	378	62	182	58
233	28	037	16,20	383	63	187	16,60
237	29	041	21	387	64	191	61
241	15,30	045	22				

## 7.4 Anexo D – Especificaciones técnicas de equipos

Especificaciones técnicas	Balanza de precisión PCE-ABT 220
	
Rango	0-220 g
Resolución	0,1 mg
Precisión	±0,5 mg
Repetibilidad	± 0,2 mg
Linealidad	±0,5mg
Calibración	Interna
Dimensiones del plato de pesado	Ø 80 mm, de acero inoxidable
Tiempo de estabilización	< 4s
Unidades	g, oz, ct, mg
Condiciones ambientales	10-40 °C, < 85 H.r., sin condensación
Pantalla táctil	5"
Interfaz	RS232
Alimentación	220 V AC
Dimensiones	340 x 215 x 350mm
Peso	8,5 kg

Tabla 7.1 Balanza de precisión 0,1 mg. (67)

Especificaciones técnicas	Balanza precisión digital Baxtran DSN3
	
Capacidad	3 kg
Resolución	0,1 g
Plato	Acero inoxidable
Dimensiones del plato	290 x 230 mm
Protección	IP44
Pantalla	LCD retroiluminada
Unidades de peso	g, kg, lb y oz.
Alimentación	230 V
Temperatura de funcionamiento	De 0 a 40 °C
5 dígitos de 24 mm	
7 símbolos de indicación de funciones	
7 teclas	
Protección contra sobrecargas	
Nivel burbuja	
Pies regulables en altura	
Batería interna recargable	

Tabla 7.2 Balanza de precisión 0,1 g. (68)

Especificaciones técnicas	Termómetro de contacto PCE-ST 1
	
Rango de medición	-40...+250 °C
Resolución	0,1 °C
Precisión	±1,5 °C ±2 °C
Sensor	NTC
Punta del sensor	Acero inoxidable, Ø 3,8 mm, longitud = 120 mm, punta aguada
Tiempo de respuesta	2 segundos
Temperatura operativa	0...+50 °C
Tiempo de almacenamiento	-10...+60 °C
Pantalla	LCD
Alimentación	Batería de 1,5 V LR44
Tiempo operativo de la batería	Aprox. 5000 horas
Dimensiones	211 x 19 x 32 mm
Material de la carcasa	ABS
Normativa	No cumple la normativa HACCP
Peso	Aprox. 130 g
Tipo de protección	IP 65

Tabla 7.3 Termómetro de contacto. (67)

Especificaciones técnicas	Julabo™ Baños de recirculación refrigerados con compresor de aire Serie F
	
Certificaciones / conformidad	CE
Requisitos eléctricos	115/230 V, 60 Hz
Frecuencia	60 Hz
Longitud (métrico)	44 cm
Número	F500
Peso con embalaje (métrico)	49,44 kg
Estabilidad de la temperatura	±0,5 °C
Peso (métrico)	34 kg
Capacidad (métrico)	7,5 l
Capacidad de refrigeración	0,25 kW a 0 °C, 0,3 kW a 5 °C, 0,4 kW a 10 °C, 0,5 kW a 20 °C (etanol mediano)
Caudal	24 l/min
Altura (métrico)	59 cm
Presión máxima	7,25 psi
Refrigerante	R134A
Exactitud de temperatura	±0,5 °C
Voltaje	De 115 a 230 V
Anchura (métrico)	37,5 cm
Intervalo de temperatura	De 0 a 40 °C

Tabla 7.4 Baño termostático. (66)

Especificaciones técnicas	Manto calefactor PCE-HM 1000
	
Para balones de destilación	1000 ml
Tensión de alimentación	220 V / 50 Hz
Temperatura operativa máxima	0 - +380 °C
Potencia	350 W
Tiempo operativo	Continuo
Dimensiones (mm)	Ø 180 x 220 mm
Peso	Aprox. 4 kg

Tabla 7.5 Manto calefactor. (67)

Especificaciones técnicas	Agitador magnético PCE-MSR 150
	
Accionamiento del punto de agitación	Motor
Resolución	0,1 °C
Máx. cantidad a agitar	10 l
Rango de velocidad	200...2000 rpm
Rango del temporizador	1...999 minutos y modo infinito
Longitud recomendada de la varilla de agitación	25...60 mm
Material de la placa de agitación	Acero inoxidable
Resolución / Ajuste de la temperatura	1 °C
Superficie de agitación	Ø 115 mm
Clase de protección	IP21
Alimentación	Fuente de alimentación 24 V / 1,5 A DC
Entrada	5,5 W
Dimensiones	156 x 248 x 77 mm
Peso	Aprox. 1,4 kg

Tabla 7.6 Agitador magnético. (67)

Especificaciones técnicas	Agitador analógico PCE-MSR 150
	
Rango de velocidad	0 – 3000 rpm
Volumen máximo de agitación	20 litros
Potencia	120 W
Dimensiones	90 x 145 x 240 mm (Ancho x fondo x alto)
Peso	5,3 kg
Voltaje	230V / 50/60 Hz
Para trabajos con líquidos de viscosidad media	
Posición de la varilla ajustable en altura	
Sistema de seguridad en caso de sobrecalentamiento o disfunción del motor	
Portavarillas regulable hasta 10 mm	
Diversa gama de varillas agitadoras	

Tabla 7.7 Agitador mecánico. (67)

Especificaciones técnicas	Centrífuga de laboratorio LMC 3000
	
Intervalo de regulación de velocidad para tubos de centrifuga	100 – 3000 rpm (1700 x g)
Intervalo de regulación de velocidad para placas de microtitulación	100 – 2000 rpm (560 x g)
Ajuste de resolución	100 rpm
Diagnóstico de desequilibrio del rotor (parada automática, advertencia de “DESEQUILIBRIO”)	+
Pantalla	LCD, 16 x 2 caracteres
Ajuste de tiempo digital	1 – 90 min(incremento de 1 min)
Diámetro de la cámara	335 mm
Dimensiones generales (An. X Prof. x Al.)	495 x 410 x 235 mm
Peso	11,8 kg
Tensión nominal	230 V 50/60 Hz o 120 V 50/60Hz
Consumo eléctrico (230 V / 120 V)	110 W (0,5 A) / 120 W (1 A)

Tabla 7.8 Centrífuga. (70)

Especificaciones técnicas	pH-metro PCE-228LIQ-ICA
	
Rango de pH	0,00-14,00 pH
Resolución	0,01 pH
Precisión	±(0,02pH + 2 dígitos)
Rango Redox	-1999 - 1999mV (solo con electrodo Redox opcional)
Resolución	1mV
Precisión	±(0,5 % +2 dígitos)
Rango de temperatura	0,0-65,0 °C (sólo sensor de temperatura)
Resolución	0,1 °C
Precisión (a 20 °C)	±0,5 °C
Calibración	Calibración automática de tres puntos
Compensación de temperatura	Automática de 0 a +65 °C o manual entre 0 - +100 °C retirando el sensor de temperatura
Electrodo	Electrodo de pH PCE-PH-LIQ para vinos, cerveza, sangra y productos lácteos / Conector BNC
Rango de temperatura	0 - +60 °C
Cuota de medición	Ajustable, entre 1 segundo y 8 horas, 59 minutos, 59 segundos
Pantalla	LCD de 52x38 mm
Memoria	Tarjeta SD de 1 a 16 GB
Interfaz	RS-232
Software	Opcional
Alimentación	6 pilas de 1,56 V, tipo AA / Adaptador de red 9 V (opcional)
Condiciones ambientales	0- +50 °C, máx. 85 % H.r.
Dimensiones	177x68x45 mm
Peso	490 g

Tabla 7.9 pHmetro. (67)

Especificaciones técnicas	SP-3420A GC Cromatógrafo de gas
	
<b>Horno de columna</b>	
Rango de temperatura de funcionamiento	T ambiente a 400 °C
Tiempo de enfriamiento	De 250 °C a 50 °C en 5 min
Tasa de programación de temperatura	0,1~ 50 °C/min
Doble apertura-puerta en la parte posterior del horno de columna	
Horno programable con control de temperatura de 4 rampa	
<b>Sistema de inyección</b>	
Rango de temperatura de funcionamiento	T ambiente a 400 °C
<b>Detector de conductividad térmica-TCD</b>	
Temperatura máxima	400 °C
Sensibilidad	10000 mV mL/mg (para butano)
Rango lineal	10 <sup>5</sup>
Rango de corriente	50 a 400 mA
Filamento de protección	Si el flujo de gas del transportador en la célula del detector se corta durante 4 minutos, la potencia del filamento se apaga automáticamente
<b>Detector de captura de electrones-ECD</b>	
Temperatura máxima	400 °C
Detectividad mínima	PG 0,1 pg/ml (& gama; -666)
Rango lineal	10 <sup>4</sup>
Fuente de emisión	11mC <sup>63</sup> Ni
<b>Detector fotométrico de llama-FPD</b>	
Temperatura máxima	400 °C
Detectividad mínima	[P] ≤ 2 x 10 <sup>-12</sup> g/s (fosfato de tributilo) [S] ≤ 2 x 10 <sup>-10</sup> g/s (p-metilsulfurfosoharoso)
Rango lineal	[P]: 10 <sup>5</sup> ; [S]: 10 <sup>3</sup>
Dos llamas de aire-hidrógeno	Para inyección de gran volumen o análisis de inyección de muestras de rastro
Llama única aire-hidrógeno	Se puede aumentar la sensibilidad del azufre
Producción directa	Para análisis de fósforo o azufre
Producción de raíz cuadrada	Para análisis de azufre
Luz expuesta con protección	Cuando la corriente de luz expuesta supera los 12 A, el alto voltaje se cortará automáticamente
<b>Detector de nitrógeno-fósforo-TSD</b>	
Temperatura máxima	400 °C
Detectividad mínima	[N] ≤ 2 x 10 <sup>-13</sup> (azobenceno) [P] ≤ 1 x 10 <sup>-13</sup> (malatión)
Rango lineal	[N]: 10 <sup>5</sup> ; [P]: 10 <sup>4</sup>

Tabla 7.10 Cromatógrafo de gases GL. (71)

Especificaciones técnicas	DR 6000 Espectrofotómetro UV-VIS con tecnología RFID
	
Modo de visualización	Absorbancia, transmitancia (%), concentración
Sistema óptico	Lámpara de deuterio (UV), lámpara halógena (VIS), monocromador Czemy-Turner, detector de fotodiodo de silicio
Rango de longitud de onda	190 – 1100 nm
Exactitud de longitud de onda	± 1 nm (200 – 900 nm)
Reproducibilidad de longitud de onda	< 0,1 nm
Resolución de longitud de onda	0,1 nm
Velocidad de escaneado	900 nm/min (en incrementos de 1 nm)
Anchura de banda espectral	2 nm (1,5 – 2,9 nm en 656 nm, 1 nm en la línea D2)
Rango de medida fotométrica	± 3 Abs (200 – 900 nm)
Exactitud fotométrica	5 mAbs en 0,0 – 0,5 Abs, < 1% en 0,5 – 2,0 Abs en 546 nm
Linealidad fotométrica	< 0,5 % hasta 2 Abs, ≤ 1% a > 2 Abs con vidrio neutro en 546 nm
Luz difusa	Solución KI a 220 nm < 3,3 Abs / < 0,05%
Deriva fotométrica	± 0,0034 Abs
Estabilidad a largo plazo	Punto cero a 546 nm para 10 horas ≤ 0,0034 Abs
Tecnología de medida	Tecnología del haz de referencia para compensación del envejecimiento de la lámpara y fluctuaciones de la red
Módulos	Adaptador para cubetas rectangulares (10 mm, 20 mm, 50 mm, 1”) y cubetas circulares (1”); carrusel de muestras para siete cubetas rectangulares (10 mm), p. ej. Para aplicaciones enzimáticas; módulo “Sipper” para cubetas de flujo continuo
Reconocimiento de test	IBR + sistema de lectura de código de barras para el reconocimiento automático de cubetas-test de código de barras 2D
Almacenamiento de datos	5000 valores de medida, 50 escaneados, 50 escaneados en función del tiempo
Programas de usuario	200
Dimensiones / Peso	215 x 500 x 460 mm (Altura x Anchura x Profundidad) / 11 kg
Interfaces	2 x USB tipo A, 1 x USB tipo B, 1 x Ethernet

Tabla 7.11 Espectrofotómetro UV-VIS. (72)

Especificaciones técnicas	Medidor digital de CO <sub>2</sub> para bebidas CI-BCC-200
	
Capacidad de medición de CO <sub>2</sub>	2,5 – 9,99 g/l
Resolución de CO <sub>2</sub>	± 0,10 g/l
Temperatura de medición	-10 °C a + 60 °C
Resolución de temperatura	± 0,2 °C
Presión	-1 a +6 bar
Resolución de presión	± 0,1 bar
Voltaje	200 – 250 V, 50/60 Hz
Dimensiones (alt x anc x prof)	550 x 170 x 250 mm
Peso	2,8 kg
Altura mínima envase	50 mm
Altura máxima envase	360 mm
Diámetro máximo	110 mm

Tabla 7.12 Equipo de perforación medidor de CO<sub>2</sub>. (73)

Especificaciones técnicas	Turbidímetro de sobremesa TL2360 ISO
	
Método de medición	Nefelométrico
Normativa	Cumple las normas ISO 7027, DIN EN 27027, DIN 38404 y NFT 9033
Pantalla	Pantalla táctil a color de 17,8 mm
Fuente de luz	Diodo emisor de luz (LED) a $860 \pm 30$ nm
Unidades	FNU, FAU, NTU, EBC, Abs (absorbancia), %T (% transmitancia) y mg/l
Rango de medición	FNU (Ratio activado): 0 a 100 / FNU (Ratio desactivado): de 0 a 40 FAU (Rango automático): de 20 a 10000 NTU (Ratio activado): de 0 a 10000 auto decimal / NTU (Ratio desactivado): de 0 a 40 EBC (Ratio activado): de 0 a 2450 auto decimal / EBC (Ratio desactivado): de 0 a 9,8 Absorbancia (Rango automático): de 0 a 2,00 Transmitancia (%): de 1,0 a 100 Grado (mg/l): de 0 a 100
Exactitud	FNU: $\pm 2\%$ de la lectura + 0,01 FNU de 0 a 100 FNU FAU: $\pm 10\%$ de la lectura de 20 a 10000 NTU NTU: $\pm 2\%$ de la lectura + 0,01 NTU de 0 a 1000 NTU, $\pm 5\%$ de la lectura de 1000 a 4000 NTU, $\pm 10\%$ de la lectura de 4000 a 10000 NTU
Absorbancia	Absorbancia: $\pm 0,005$ Abs de 0 a 1 Abs a 860 nm Transmitancia: 0,12 % T de 10 a 100% T a 860 nm
Resolución	Turbidez: 0,001 NTU/EBC; absorbancia 0,001 Abs; transmitancia: 0,1% T
Repetibilidad	$\pm 1\%$ de la lectura o 0,01 NTU, lo que sea mayor (en condiciones de referencia)
Tiempo de respuesta	Promedio de la señal desactivado: 6,8 segundos/Promedio de la señal activado: 14 segundos (cuando se utilizan 10 mediciones para calcular la media)
Tiempo de estabilización	De inmediato
Modos de lectura	Rango manual o automático, promedio de la señal activado y ajustable o desactivado, Ratio activado o desactivado
Comunicación	USB
Interfaz	2 puertos USB-A para unidad flash USB, impresora externa, teclado y escáner de códigos de barras
Registro de datos	2000 registros totales, incluyendo registro de lectura, registro de verificación y registro de calibración
Purga de aire	Nitrógeno seco o aire de grado instrumental (ANSI MC 11.1, 1975) 0,05 l/s a 69 kPa (10 psig) Conexión en espiga para tubería de 1/8 de pulgada)
Compatibilidad celda de muestra	Cubetas redondas de 95 x 25 mm (3,74 x 1 pulg.) de cristal de borosilicato con tapón de rosca de goma. Nota: es posible utilizar cubetas de muestra más pequeñas (menos de 25 mm) cuando se utiliza un adaptador para cubetas
Requisitos de muestra	Cubeta de muestra de 25 mm: 20 ml mínimo de 0 a 70 °C (de 32 a 158 °F)
Certificaciones	CE, KC, RCM
Requisitos de alimentación	100 – 240 V CA, 50/60 Hz, 3,4 A

Tabla 7.13 Turbidímetro. (72)

Especificaciones técnicas	WFX-310 Espectrofotómetro de absorción atómica
	
Rango de longitud de onda	190-900 nm
Precisión de longitud de onda	± 0,5 nm
Resolución	Dos líneas espectrosas de Mn a 279,5 nm y 279,8 nm se pueden separar con el ancho de banda de 30 % nm
Base de la estabilidad	0,005A/30 min
Corrección de fondo	La capacidad de corrección de fondo de la lámpara D2 a es mejor que 30 veces
<b>Fuente de luz del sistema</b>	
Lámpara torreta	2 lámparas funcionan simultáneamente (1 precalentada)
Lámpara ajuste de corriente	0 ~ 20 mA
Lámpara de modo de fuente de alimentación	Pulso de onda cuadrada de 400 Hz
<b>Sistema óptico</b>	
Monocromador	Monocromador de rejilla de diseño de Cerny-Turner de haz único
Rejilla	1800 l/mm
Longitud Focal	277 mm
Cuerpo de longitud de onda	250 nm
Banda espectral	Nm, NM, cambio automático
Ajuste	Manual para longitud de onda y hendidura
<b>Llama del atomizador</b>	
Quemador	Quemador de titanio con ranura única de 10 cm
Cámara	Cámara de pulverización de plástico resistente a la corrosión
Nebulizador	Nebulizador de vidrio de alta eficiencia con funda metálica, tasa de succión: 6-7 ml/min
Ajuste de posición	Mecanismo de ajuste manual para posiciones verticales y horizontales y el ángulo de rotación del quemador
Línea de gas de protección	Alarma de fuga de gas combustible
<b>Sistema de detección y procesamiento de datos</b>	
Detector	Fotomultiplicador R928 con alta sensibilidad y amplio rango de espectro
Sistema electrónico y microordenador	Ajuste automático de la potencia de la fuente de luz. Energía ligera y autoequilibrio negativo de alto voltaje
Modo de visualización	Muestra de la energía y los valores de medición, lectura directa de la concentración
Modo de lectura	Transitorio, promedio de tiempo, altura de pico, hora integral se puede seleccionar en el rango de 0,1 ~ 19,9 s
Escala de expansión	0,1 ~ 99
Procesamiento de datos	Cálculo automático de media, desviación estándar y desviación estándar relativa. El número de informes oscila entre 1 y 99
Modo de medición	Ajuste automático de curva con 3-7 standars; Corrección automática de sensibilidad
Resultado de impresión	Se pueden imprimir datos de medición, curva de trabajo, perfil de señal y condiciones de análisis
Instrumento de auto-comprobación	Comprobar el estado actual de cada ecla de función
Concentración característica y límite de detección aire-acetileno	[Cu] ≤ 0,025 mg/l ; Límite de detección ≤ 0,0006 mg/l
Función de expansión	Se puede conectar un generador de vapor de hidruro para análisis de hidruro
Dimensiones y peso	102 x 49 x 54 cm 80 kg

Tabla 7.14 Espectrofotómetro de absorción atómica. (71)

Especificaciones técnicas	Sistema PBA-B M Alkolyzer Beer	
		
Rango de medición	Contenido de alcohol	De 0 % v/v a 12 % v/v
	Extracto original	De 0 °Plato a 30 °Plato
	Contenido de extracto	De 0 % p/p a 20 % p/p
	Densidad	0 g/cm <sup>3</sup> a 3 g/cm <sup>3</sup>
	Color	De 0 a 120 EBC
	Viscosidad	0,3 a 10.000 mPa·s
	pH	0 pH a 14 pH
	Turbidez	De 0 a 100 EBC (se muestran valores hasta 200 EBC)
Repetibilidad (desviación estándar)	Contenido de alcohol	0,01 % v/v
	Extracto original	0,03 °Plato
	Contenido de extracto	0,01 % p/p
	Densidad	0,000001 g/cm <sup>3</sup>
	Color	0,1 EBC
	pH	0,02 pH (en el rango de 3 pH a 7 pH)
	Turbidez	0,02 EBC
	CO <sub>2</sub>	0,01 g/l (0,005 vol.)
Control de temperatura	Termostato Peltier integrado	
Control de temperatura, turbidez	Desviación estándar de la repetibilidad de solo 0,01 °C en el rango desde -5 °C hasta +40 °C	
Volumen de la muestra	120 ml a 150 ml	
Tiempo de medición típico por muestra	3 min a 4 min	
Suministro de gas presurizado	6 bar ±0,5 bar (87 psi ±7 psi) relativa	
<b>Características generales</b>		
Pantalla táctil	Pantalla táctil TFT PCAP de 10,4 " y 640 x 480 píxeles	
Memoria	1000 valores de medición con/sin fotos de cámara	
Interfaces	4 x USB (máxima velocidad 2,0), 1 x Ethernet (100Mbit), 1 x CAN Bus; 1 x RS-232; 1 x VGA	
Configuración de impresora RS-232	Interfaz: RS-232 C; Velocidad en baudios: 9600; paridad: ninguna; bit de parada: 1; bits de datos: 8	
Voltaje	CA 100 V a 240 V; 50 Hz a 60 Hz	
Condiciones ambientales (EN 61010)	Uso en interiores únicamente	
Temperatura ambiente	15 °C a 35 °C (59 °F a 96 °F)	
Humedad del aire	Sin condensación 20 °C, menos de 90 % de humedad relativa 25 °C, menos de 60 % de humedad relativa 30 °C, menos de 45 % de humedad relativa 35 °C, menos de 90 % de humedad relativa	
Grado de contaminación	2	
Categoría de sobretensión	II	

Tabla 7.15 Sistema PBA-B-M Alkolyzer beer. (74)

