

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
LIPA, LABORATORIO DE INVESTIGACION EN PRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES



Introducción a la elaboración de cerveza artesanal

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de cerveza es una de las prácticas biotecnológicas más antiguas de la humanidad. Aunque no se sabe con exactitud la fecha ni el lugar en el que se elaboró por primera vez esta bebida, se cree que fue territorio que hoy ocupa Irán e Irak hace unos 9.000 A.C; época en la cual el hombre comienza a cultivar cereales (**Figura 1**).

Aunque existen varias teorías acerca de la primera elaboración de cerveza todas concuerdan que probablemente se trató de un descubrimiento azaroso y que el hombre con posterioridad comenzó a repetir voluntariamente la técnica. Los egipcios también conocían bien la cerveza (**Figura 2**) y atribuían su efecto estimulante a Osiris, Dios de la agricultura. Conforme al paso del tiempo, la cerveza expandió sus fronteras y adquirió mayor relevancia. Tal es así, que en el siglo XVI el duque de Baviera Guillermo IV, promulgó una ley de pureza de cerveza; lo que refleja la importancia de la bebida para la época (**Figura 3**). Esta ley prescribía el

uso exclusivo de malta de cebada, agua y lúpulo en el proceso de elaboración. Las levaduras, no se adicionaban *ex profeso*, ya que los microorganismos, y por ende los procesos que ellos desencadenan, eran desconocidos.

Con el transcurso de los años, la producción de cerveza continuó su expansión en toda Europa. A fines del siglo XVIII con la Revolución Industrial aparecen grandes fábricas cerveceras, lográndose un gran aumento de producción. Los descubrimientos del químico francés Louis Pasteur a mediados del siglo XVIII sobre la microbiología y el famoso tratamiento térmico de “pasteurización” fueron avances muy importantes para la industria cervecera. Desde entonces se entiende que la cerveza es la **bebida resultante de la fermentación alcohólica de los azúcares provenientes de cereales,**



Figura 1: Se cree que la cerveza se originó en la Mesopotamia al igual que la agricultura.



Figura 2: El pan y la cerveza eran dos productos muy comunes en la dieta egipcia.



Figura 3: La ley de la pureza ("Reinheitsgebot") establecía que sólo podía emplearse en la elaboración de cerveza malta y agua.

malteados o no, sometido previamente a un proceso de cocción y adicionado de lúpulo.

2. MATERIAS PRIMAS

Agua, malta, lúpulo y levadura, son los insumos imprescindibles a la hora de producir cerveza; es decir que, la carencia de alguno de ellos imposibilita elaborar la bebida. No obstante, para estilos que lo requieran, puede utilizarse ingredientes adicionales denominados "adjuntos" como miel, azúcar, melazas, cereales no malteados, etc.

2.1. Malta

La malta se obtiene al germinar y secar los granos de cereales en condiciones controladas. El proceso es conocido como malteo y tiene por objeto obtener enzimas encargadas de la degradación total de almidón y proteínas. La cebada es por excelencia el cereal cervecero debido a su elevado contenido de hidratos de carbono y enzimas diastáticas, responsables de producir azúcares fermentables a partir del almidón; no obstante también puede maltearse otros cereales como trigo, centeno e incluso sorgo

Las maltas se dividen en dos grupos: *base* y *especiales*. Las primeras son responsables del aporte enzimático y representan la columna vertebral de cada receta; hay 4 maltas bases ampliamente difundidas: Pilsen, Pale, Viena y Múnich (agrupadas en orden creciente a la temperatura de secado)

Las maltas especiales en cambio, no aportan enzimas debido a que la temperatura de secado (100 a 250 °C) las inactiva; pero son utilizadas para dotar a las cervezas de colores específicos (**Figura 4**), sabores y aromas (caramelo, chocolate, tostado, café, etc.)

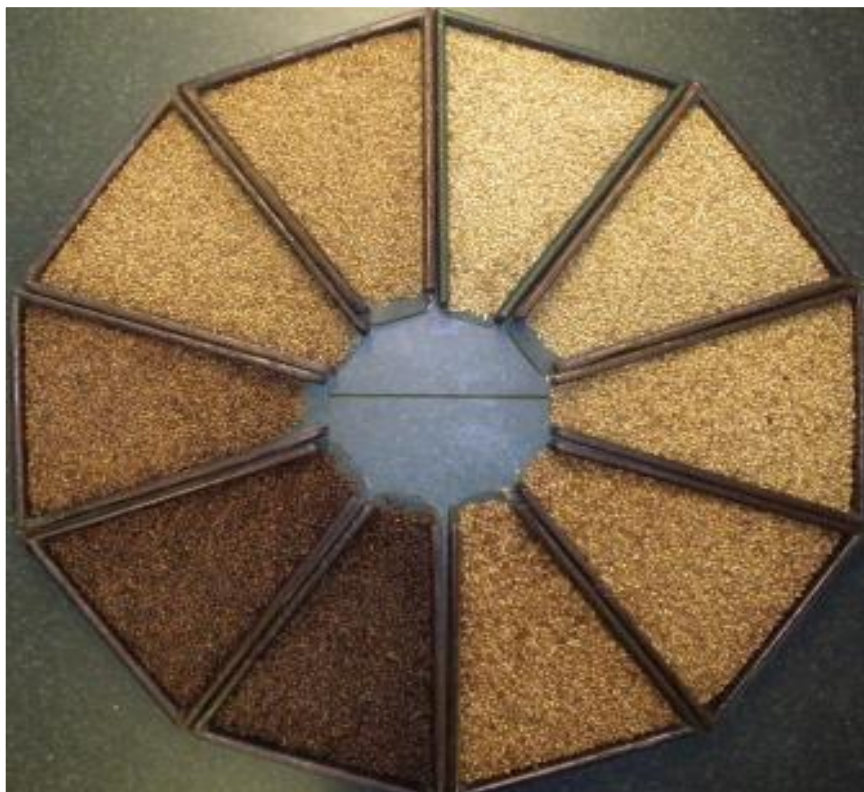


Figura 4: Coloración externa de la malta ante diferentes temperaturas de secado.

2.2. Agua

Cuantitativamente el agua es la materia prima utilizada en mayor proporción, es por ello que sus propiedades tendrán influencia decisiva en la calidad del producto. Muchos estilos de cerveza deben buena parte de sus características a la composición del agua; la ciudad de *Burton-on-Trent* en el centro de Inglaterra posee aguas muy duras ricas en sulfato de cálcico famosas por las cervezas Pale Ales, mientras que Múnich con aguas blandas es reconocida por las Lager oscuras. A fin de representar un estilo, los cerveceros experimentados modifican sus aguas mediante el agregado de sales. No obstante pueden obtenerse buena calidad de cervezas con agua de red previamente clorada, proceso que resulta clave debido a que la presencia de cloro, dará como resultado aromas indeseados, definidos como "medicinales" en el juzgamiento de cervezas. Es importante destacar, que el agua no sólo es materia prima en la elaboración de cerveza sino que cumple un rol preponderante en la limpieza y desinfección.



Figura 5: Formas, tamaños y colores de levaduras.

2.3. Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares de variados colores, formas y tamaños (**Figura 5**). Se encuentran representadas por más de 1.500 especies; muchas de ellas cumplen un rol preponderante para la industria alimentaria, biotecnología y farmacéutica entre otras. Aproximadamente unas 300 especies tienen la capacidad de fermentar, pero, en la elaboración de productos alcohólicos predominan especies del género *Saccharomyces spp.* debido a que presentan alta capacidad de producción de alcohol y toleran, (según la cepa) elevadas concentraciones de este compuesto. Para elaborar cerveza, pueden utilizarse dos tipos de levaduras "ale" (*Saccharomyces cereviceae*) o "lager" (*Saccharomyces pastorianus* o *S carlsbergensis*).

La levadura ale fermenta sobre la superficie del mosto, a una temperatura que va de los 15 a 24 °C durante 4 a 7 días. Dentro de este grupo, existe distintas cepas que dan a las cervezas características distintivas; por ejemplo, las utilizadas en cervezas alemanas de trigo, aportan fenoles similares al clavo y esteroides frutales como banana. Por otro lado, las levaduras americanas presentan un perfil neutro que realza los aromas de la malta y el lúpulo; mientras que las

Inglesas aportan mayor cantidad de esteres frutados y notas como a manteca aportadas por el diacetilo (intermediario de la fermentación).

Las levaduras lager se caracterizan por fermentar desde la base del tanque, con una temperatura que oscila los 8 y 15 °C. En estas condiciones la actividad metabólica es lenta e implica fermentaciones poco vigorosas que se extienden aproximadamente por 2 semanas. El perfil de estas cervezas es seco en boca y neutro en aroma.

Independiente al tipo que se emplee todas las levaduras siguen un patrón de crecimiento. A fin de comprender la multiplicación de estos microorganismos, se divide el proceso en cuatro etapas (**Figura 6**): 1) lag o de latencia; 2) logarítmica; 3) de desaceleración, y 4) fase estacionaria y de lisis.

Durante la fase de latencia, la levadura se aclimata al ambiente pero no hay crecimiento. A continuación, sigue la fase logarítmica donde las células crecen y se multiplican rápidamente; en este período tienen a su disposición gran cantidad de nutrientes que generan un medio propicio para la multiplicación. Cuando el contenido de nutriente empieza a limitarse y los desechos se acumulan progresivamente, el crecimiento celular disminuye. Finalmente las levaduras alcanzan la fase estacionaria que si sigue evolucionando puede resultar en un descenso del número de microorganismos por muerte y lisis debido a la alta concentración de residuos o a la deficiencia de nutrientes.

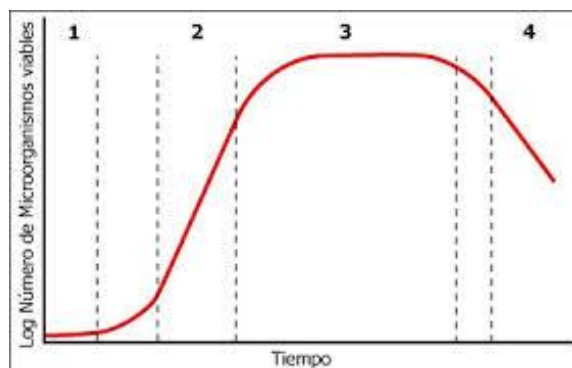


Figura 6: Fases de desarrollo de la levadura.

2.4. Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus* L.) es una planta trepadora de la familia de las *Canabináceas*; cuyas inflorescencias femeninas (**Figura 7**) tienen en la base glándulas de lupulina. Estas glándulas contienen resinas responsables del amargor y aceites esenciales asociados al sabor y aroma. Las resinas incluyen a los denominados alfa-ácidos y al igual que los aceites esenciales su contenido puede variar de forma considerable; dependiendo principalmente de la variedad y de las condiciones edafo-climáticas del cultivo.



Figura 7: Inflorescencias femeninas del lúpulo (conos).

Según su aporte, los lúpulos son conocidos como de amargor, de aroma y mixtos. Es importante destacar que, los alfa ácidos son insolubles en agua a temperatura ambiente; no obstante durante la cocción del mosto, la solubilidad aumenta a razón de un 50% debido a la formación de isómeros solubles (iso alfa-ácidos) que impartirán sabor amargo. A su vez, existen pérdidas durante la fermentación, de manera que la eficiencia rara vez excede el 40% y puede ser tan baja como 10%.

En el caso del aroma, muchos de los *aceites esenciales* se volatilizan y pierden durante el período de ebullición del mosto; a fin de recuperarlo, puede utilizarse lúpulo a finales del hervor o bien añadirse a la cerveza directamente en tanques de acondicionamiento; esta técnica se conoce como lupulado en seco o “*dry hopping*”. En la **Figura 8** se observa la variación de aroma, sabor y amargor durante el proceso de cocción por 90

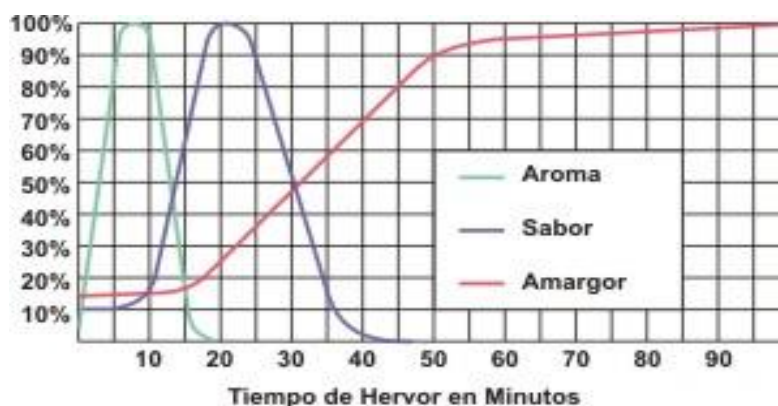


Figura 8: Variación del amargor, sabor y aroma en 90 minutos de hervor

2.5 Adjuntos

Los adjuntos, son ingredientes anexos a los 4 básicos, agregados en determinados estilos para modificar las características organolépticas de la cerveza. Pueden adicionarse en el proceso de macerado o en el hervor, según sea la naturaleza del ingrediente. Algunos ejemplos son la miel, el azúcar, los copos de cereal, los cereales no malteados, algunas especias.

3. ELABORACIÓN DE CERVEZA

El proceso de elaboración, consta de 5 etapas: molienda y maceración, lavado de granos, cocción, fermentación, maduración y acondicionamiento.

3.1 Molienda y maceración

La *molienda* procura romper el grano malteado, tal que, su interior quede expuesto a la hidratación en el proceso de macerado. Es importante que la molienda no sea excesiva ni tampoco queden granos enteros, ya que cualquiera de los dos extremos complicará la elaboración. En el primer caso, un exceso de harina dificultaría el filtrado, mientras que los granos enteros impedirán la extracción de azúcares.

La malta molida es posteriormente macerada a diferentes temperaturas. Si bien este proceso puede realizarse de diferentes formas, una de las técnicas más comunes resulta ser la infusión durante 1,5 a 2 horas período en el que se extrae la mayor parte de los azúcares. Esto puede llevarse a cabo de forma isotérmica (a una temperatura fija) o bien con escalonamiento de temperatura (normalmente se comienza a temperaturas de 65 °C para luego ir aumentándola hasta 75 °C). La temperatura del macerado tiene influencia directa sobre el cuerpo de la cerveza; a 65 °C la actividad de las enzimas beta-amilasas es máxima y degradan el almidón en azúcares fermentables. En cambio, una temperatura de 72°C será óptima para la actividad de las alfa-amilasas, enzimas que producen dextrinas a partir del almidón que no son fermentables por la levadura, por lo que quedan en la cerveza aumentando su cuerpo y maltosidad.

Finalizada la maceración se realiza el filtrado. Su objetivo es extraer las partículas que se encuentran en suspensión de manera tal de obtener un producto límpido. Para tal fin se utilizan las "cáscaras" de la malta, que forman un filtro natural compacto en el fondo del macerador. Luego de recircular el mosto sobre la cama de grano, las partículas quedan retenidas en los canalículos formados, y se obtiene un mosto limpio, libre de granos.

3.2 Lavado de granos

Tiene por objeto, extraer los azúcares adsorbidos en los granos. Idealmente se realiza 75 °C, ya que, una temperatura inferior aumenta la viscosidad de la solución dificultando la correcta extracción, mientras que temperaturas superiores, extraen compuestos astringentes de la cáscara de los granos.

3.3. Cocción

Esta etapa consiste en hervir de forma vigorosa el mosto, durante al menos 1 hora. Tiene varios objetivos que se detallan a continuación:

- Inactivación de enzimas de la malta: El tratamiento térmico provoca la desnaturalización de las enzimas activas en el macerado.
- Formación de turbios por coagulación de proteínas: Con la temperatura, las proteínas del mosto precipitan. Con el fin de mejorar la formación de turbio, muchos cerveceros agregan clarificantes electronegativos, cerca del final de la ebullición (4 ± 8 g/hL). Uno de los más comunes es el musgo irlandés "Irish moss" obtenido por secado de algas marinas rojas (*Chondrus crispus*).
- Esterilización del mosto: Es necesario brindar a las levaduras un ambiente no contaminado, que le permita fermentar libre de otros microorganismos que competirán por el sustrato. Hay que tener en cuenta que es un sustrato

rico en nutrientes, donde pueden desarrollarse hongos y bacterias que arruinarían la cerveza.

- Solubilización de los compuestos asociados al amargo: Como se mencionó anteriormente, los principales compuestos responsables del amargor son los denominados alfa ácidos que son aportados por el lúpulo. La solubilidad de estos compuestos aumenta a temperatura de hervor, con lo cual el grado de amargor estará ligado a tres factores: a) la cantidad de lúpulo adicionada, b) de la concentración de alfa ácidos en el lúpulo empleado y c) el porcentaje de utilización del lúpulo, factor claramente dependiente del tiempo de hervor.
- Fijación del color: El mosto previo al hervor, tiene un color que se debe a la proporción de maltas utilizadas. Durante el hervor, reaccionan proteínas y azúcares que fijarán el color del producto. Esta se conoce como reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático
- Eliminación de compuestos azufrados: Durante el hervor se volatilizan compuestos azufrados, principalmente DMS (di-metil sulfuro) que aporta a las cervezas notas a choclo o verduras cocidas.

Finalizada la cocción del mosto, se apaga el fuego y agita vigorosamente a fin de formar un remolino; esta acción es conocida como *Whirlpool* y tiene por objeto concentrar el precipitado en el centro de la base (**Figura 9**) para favorecer la extracción del mosto. Es necesario enfriar el mosto y prepararlo para el inóculo de las levaduras. A partir de este momento, será fundamental que el equipo esté perfectamente desinfectado y sanitizado a fin de evitar eventuales contaminaciones. Con similar objetivo, el enfriado debe demorar no más de 30 o 40 minutos pues caso contrario sería un riesgo para la proliferación de otros microorganismos.



Figura 9: Ubicación central del precipitado en el fondo de la olla (turbio caliente).

Cálculo de amargor, grados IBU de una cerveza: El amargor, se cuantifica en grados IBU (International Bitterness Units) lo que equivale a un mg de iso-alfa-ácido por litro de cerveza. La cantidad de lúpulo a agregar se calcula a partir del volumen de mosto (V), de los IBU deseados, del porcentaje de alfa-ácidos del lúpulo (%AA) y de la eficiencia teórica de la utilización (%U) según:

$$\text{Lúpulo (g)} = \frac{\text{IBU deseados} \times V(\text{L}) \times 10}{\%AA \quad \%U}$$

Los valores de alfa ácido para cada tipo de lúpulo son aportados por el proveedor mientras que los porcentajes de utilización para tiempos de hervor diferentes se obtienen de datos empíricos presentados en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Valores de utilización de lúpulos en función de la forma de presentación y del tiempo de cocción.

Cocción (min.)	Utilización (%)	
	Lúpulo seco	Pellets
0-10	5	6
10-20	12	15
20-30	15	19
30-45	19	24
45-60	22	27
60-75	24	30
>75	27	34

Esto es válido para cervezas con una densidad inicial menor a 1,05 g/mL. Por encima de ella se considera que existe menor utilización del lúpulo por lo que se corrige la fórmula multiplicándose por el siguiente factor (FC):

$$FC = 1 + \{[(DO / 1000) - 1,05] / 0,2\}$$

3.4. Fermentación

Luego de la cocción y enfriado, deben inocular las levaduras para que conviertan los azúcares en alcohol y CO₂. Es importante considerar que debido al desprendimiento de gas, el recipiente no debe ser con cierre hermético. Si se desea obtener una cerveza sin defectos de fermentación, es necesario respetar las temperaturas recomendadas por el fabricante para dicho proceso. Si por alguna razón, se superan las temperaturas máximas establecidas, las levaduras generarán ésteres con aromas afrutados o acetona y alcoholes superiores responsables del dolor de cabeza. En cambio, si la temperatura fuese inferior, las levaduras sedimentan e interrumpen la fermentación dando como producto cervezas dulces y con intermediarios de fermentación como diacetilo (aroma a manteca) y acetaldehído (olor a manzana verde). El tiempo de la fermentación es determinado por la levadura y la temperatura del proceso. Es por eso que una fermentación Ale (15-20°C) dura de 4 a 7 días, mientras una Lager (8-13°C) entre 10 y 14 días.

3.5 Maduración y acondicionamiento

Concluida la fermentación, es necesario precipitar polifenoles, proteínas y remanentes de levadura que enturbian la cerveza. Esto se logra al disminuir la temperatura (próxima a 0 °C) durante un período aproximado de 10 días. En el caso de las levaduras, algunas cepas flocculan rápidamente y forman un sedimento compacto en la base del fermentador lo que permite una anticipada extracción de la levadura; otras en cambio, quedan en suspensión requieren una mayor cantidad de días para ser extraídas. Por otro lado, los polifenoles y proteínas forman el turbio frío o *chill haze* que aparece en las cervezas, cuando la temperatura de servicio es inferior a la de madurado.

La cerveza obtenida luego del madurado, posee una cantidad de CO₂ reducida. Para obtener una gasificación apropiada, el cervecero, tapa las botellas a presión previo al agregado de azúcar fermentable (glucosa, azúcar de maíz, de caña, miel, etc.) a razón de 6 g/L. Las botellas son colocadas al abrigo de la luz y a la temperatura óptima de fermentación durante 20-25 días.

El acondicionamiento y tiempo de duración de una cerveza, estará relacionado a la cantidad de alcohol y lúpulo que contenga la bebida. Cervezas livianas de bajo tenor alcohólico (4-5%) y amargo (14-18 IBU) como Blond ale o Cream ale, tienen un corto período de vida; presentan un pico de calidad dentro de los 40-60 días de su elaboración; momento a partir del cual la calidad declina debido a reacciones oxidativas. Las cervezas alcohólicas (10-12%) y amargas (50-80 IBU) como el caso de Barley Wines o Imperial Stout pueden almacenarse por uno o dos años; de hecho las reacciones de oxidación aportan notas favorables para estos estilos.

Cabe destacar, que también puede adicionarse CO₂ envasado a fin de carbonatar la cerveza. Con esta técnica, se obtienen cervezas en menor tiempo debido a que no es necesaria la fermentación secundaria.