



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUYO

Facultad Don Bosco de Enología y Ciencias de
la Alimentación

Licenciatura en Enología

Análisis Químico y Organoléptico de Cerveza Fermentada con Diferentes Especies de Saccharomyces

Leandro Martín Ruiz Torres

Profesores

Asesor: Prof. Leonel Zufia

Revisión Formal: Mgter. Ing. Elena Caliguli

Tipo de Trabajo: Trabajo Final de Carrera

Lugar y Fecha: Mendoza, Rodeo del Medio, mes y año de Defensa Oral

Defensa Oral

Libro: Folio N°..... Acta N.....

Fecha: /...../.....

Calificación:

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE GRAFICOS	17
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
1.1 La Cerveza Y Sus Componentes.....	20
1.1.1 La Cerveza	20
1.1.2 Materias Primas.....	20
1.1.2.1 Agua	21
1.1.2.2 Cebada.....	23
1.1.2.3 Malta.....	25
1.1.2.4 Levadura.	26
1.1.2.5 Lúpulo.....	26
1.1.3 Las Levaduras	29
1.1.3.1 Introducción.....	29
1.1.3.2 Estructura Y Composición.	29
1.1.3.3 Metabolismo De La Levadura.	31
1.1.3.4 Reproducción Y Crecimiento.	32
1.1.3.5 Caracterización De Levaduras Para Cerveza.	35
1.2 Malteado De La Cebada.....	38
1.2.1 Introducción	38
1.2.2 Descripción Del Malteado	39
1.3 Producción del Mosto	46
1.3.1 Limpieza y Desinfección de los Equipos.	46
1.3.2 Tratamiento del Agua.....	47
1.3.3 Molienda de la Malta	48

1.3.4	Maceración	49
1.3.4.1	Propósito de la maceración..	50
1.3.4.2	Degradación del almidón.	50
1.3.4.3	La degradación de sustancias albuminoides.....	53
1.3.4.4	Proceso de la maceración.	54
1.4	Filtración del Mosto	55
1.4.1	Equipo de Filtración del Mosto.....	56
1.5	Cocción del Mosto	58
1.5.1	Reacción de Maillard.	58
1.5.2	Procesos importantes en la cocción.....	61
1.5.2.1	Disolución y transformación de componente de lúpulo.	62
1.5.2.2	Precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles.....	65
1.5.2.3	Destrucción de las enzimas.....	66
1.5.2.4	Descenso de pH.....	66
1.5.2.5	Evaporación de sustancias aromáticas indeseables.....	67
1.5.2.6	Adición de lúpulo.	69
1.5.2.7	Proceso de cocción del mosto.	72
1.5.3	Filtración del trub caliente.....	72
1.6	Enfriado del Mosto.....	73
1.6.1	Proceso de enfriado del mosto y aireación del mosto.	73
1.7	Transformación de Mosto a Cerveza.....	78
1.7.1	Adición de Levaduras.	78
1.7.1.1	Elaboración de levadura seca.....	78
1.7.1.2	Ciclo de la levadura:	78

1.7.2	Método de uso	80
1.7.3	Proceso de rehidratación.	81
1.7.4	Tasa de inoculación	82
1.7.4.1	Fuentes de levadura:	83
1.7.4.2	Densidad del mosto..	84
1.8	Fermentación	85
1.8.1	Introducción.	85
1.8.2	Etapas de la fermentación.	85
1.8.2.1	Fase Lag.	86
1.8.2.2	Fase de crecimiento exponencial o fase Log.	86
1.8.2.3	Fase estacionaria.	87
1.8.2.4	Fase de muerte..	87
1.8.3	Metabolismo de la levadura	88
1.8.3.1	Fermentación alcohólica como glicolisis anaerobia.....	89
1.8.3.2	Metabolismo proteico.....	92
1.8.3.3	Metabolismo de grasas.....	94
1.8.3.4	Metabolismo de hidratos de carbono.	95
1.8.3.5	Formación y degradación de productos secundarios de fermentación.....	96
1.8.3.6	<i>Otros procesos y transformaciones.</i>	99
1.8.4	Controles durante la fermentación.	103
1.8.4.1	Temperatura.....	103
1.8.4.2	Densidad..	105
1.9	Almacenaje, Guarda, Maduración o Segunda Fermentación.....	107

1.10	Filtración de la cerveza madurada	110
1.10.1	Cinco Tipos de Filtración.....	111
1.11	Embotellado y Embarrilado	112
CAPITULO II: Aspectos sensoriales de la cerveza		114
2.1	Los sentidos y los órganos de los sentidos.....	114
2.1.1	Sabor	115
2.1.1.1	Sabor dulce..	116
2.1.1.2	Sabor ácido.	116
2.1.1.3	Sabor amargo.....	116
2.1.1.4	Sabor salado..	117
2.1.1.5	Sabor umami.	117
2.1.1.6	Sabor graso.....	117
2.1.2	Olfato	118
2.1.3	Vista	118
2.2	Cata y degustación.....	119
2.2.1	Qué significa catar una cerveza.....	119
2.2.2	Diferencia entre catar y degustar	119
2.2.3	Análisis sensorial	120
2.2.3.1	Cata con fines educativos.....	121
2.2.3.2	Cata en competencias..	121
2.2.3.3	Cata como control de calidad.	121
2.2.4	Organización.....	121
2.2.4.1	Espacio físico..	121
2.2.4.2	Equipamiento.....	122
2.2.4.3	Preparación..	122
2.2.4.4	Cantidad de muestras.....	122

2.2.4.5	Ficha de cata y planilla de evaluación.....	122
2.2.5	Consideraciones	123
2.2.5.1	Servicio.....	123
2.2.5.2	Temperatura.....	123
2.2.6	Degustación y notas	123
2.2.7	Pasos de una cata	124
2.2.8	Fases de evaluación	126
2.2.8.1	Vista..	126
2.2.8.2	Aroma.....	130
2.2.8.3	Sabor.....	132
2.2.8.4	Sensación en boca.	135
2.2.8.5	Impresión general.....	136
2.3	Rueda de Aromas y Sabores de Meilgard	137
2.3.1	Niveles de la rueda de aromas y sabores de Meilgaard.....	139
2.3.2	Descriptorios más comunes.....	140
2.3.2.1	Alcohólico (0110).....	140
2.3.2.2	Solvente (0120)	141
2.3.2.3	Acetaldehído (0150)	141
2.3.2.4	Frutal (0130) y Ésteres (0140)	142
2.3.2.5	Granoso (0310)	142
2.3.2.6	Isovalérico (0613)	142
2.3.2.7	Diacetilo (0620)	143
2.3.2.8	Sulfuroso (0721)	143

2.3.2.9	Mercaptano (0722)	144
2.3.2.10	Zorrillo (0724)	144
2.3.2.11	Vegetales Cocidos (0730).....	145
2.3.2.12	Papel / Cartón (0820)	145
2.3.2.13	Mohoso (0840)	146
2.3.2.14	Agrio / Ácido (0900)	146
2.3.2.15	Amargo (1200).....	147
2.3.2.16	Metálico (1330).....	147
2.3.2.17	Astringente (1340)	148
2.3.2.18	Carbonatación (1360)	148
2.3.2.19	Cuerpo (1410)	149
2.3.3	Otras características	149
2.3.3.1	Color	149
2.3.3.2	Claridad	150
2.3.3.3	Retención de espuma.....	150
CAPITULO III: Materiales y Metodología del Análisis Químico		152
3.1	Párrafo introductorio	152
3.2	Caracterización del área de estudio	152
3.2.1	Ubicación:	152
3.2.2	Características climáticas:	152
3.3	Metodología y métodos	152
3.4	Confección de la receta.....	153
3.4.1	Tipos de cervezas a elaborarse según guía BJCP	153
3.4.1.1	Impresión general.	153

3.4.1.2	Aroma.....	154
3.4.1.3	Apariencia.	154
3.4.1.4	Sabor.....	154
3.4.1.5	Sensación en boca.	155
3.4.1.6	Ingredientes característicos.	155
3.4.1.7	Estadísticas vitales.	155
3.4.2	Ingredientes.....	155
3.4.2.1	Malta.	155
3.4.2.2	Lúpulo.....	158
3.5	Metodología	161
3.5.1	Descripción de proceso.	161
3.5.1.1	Molienda.....	162
3.5.1.2	Tratamiento del agua.....	164
3.5.1.3	Calentamiento del Agua	164
3.5.1.4	Maceración.....	165
3.5.1.5	Recirculado	169
3.5.1.6	Lavado del grano.....	170
3.5.1.7	Hervor.....	171
3.5.1.8	Enfriado	174
3.5.1.9	Oxigenación del mosto	174
3.5.1.10	Inoculación de levaduras	175
3.5.1.11	Fermentación.....	176

3.5.1.12	Carbonatación y embotellado	184
3.6	Análisis químicos.....	188
3.6.1	Análisis químicos del mosto.....	188
3.6.1.1	Densidad	188
3.6.1.2	Técnica de pH:	190
3.6.2	Análisis químico de la cerveza terminada	192
3.6.2.1	Determinación directa del grado alcohólico por equipo alcoholizer en laboratorio externo.....	192
3.6.2.2	Técnica de pH	194
3.7	Análisis microbiológico	195
3.7.1	Recuento de levaduras por Neubauer en laboratorio externo.	195
3.7.1.1	Fundamento.	195
3.7.1.2	Material y reactivos.....	195
3.7.1.3	Procedimiento.....	195
3.7.1.4	Resultados	196
CAPITULO IV: Materiales y Metodología del Análisis Organoléptico.....		197
4.1	Párrafo introductorio	197
4.1.1	Descripción.....	197
4.1.2	Panel de cata.....	197
4.1.2.1	Hoja de cata.	198
4.1.3	Test de aceptabilidad.....	200
4.1.3.1	Hoja de evaluación de aceptabilidad por atributos.....	200
4.2	Análisis de los resultados	202
4.2.1	Conocimiento del producto	202
4.2.2	Preparación de muestras	205
4.2.3	Cata.....	206

4.2.3.1 Aceptabilidad de la cerveza por atributos	208
CONCLUSIONES	209
ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de cebada.....	25
Figura 2. Conos de lúpulo recién recolectados	27
Figura 3. Formas comerciales de lúpulo	28
Figura 4. Imagen de microscopio de levadura seca.....	30
Figura 5. División celular	32
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de malteado	39
Figura 7. Malta Tipo Pilsner	42
Figura 8. Malta tipo Viena (ilustración1) y malta tipo Munich (ilustración 2)	42
Figura 9. Diferentes tostados de malta	44
Figura 10. Molino de dos rodillos	48
Figura 11. Detalle de diferentes tipos de rodillos	49
Figura 12. Temperaturas óptimas de las enzimas (α -amilasa y β -amilasa), porcentaje de azúcares fermentables y porcentaje de dextrinas en 1 hora de macerado	52
Figura 13. Mosto una vez finalizado la recirculación.....	56
Figura 14. Falso fondo con varillas triangulares.....	57
Figura 15.Reacción de Maillard y rearreglo de Amadori (R = aminoácido o proteína) ...	59
Figura 16. Degradación de aminoácidos de Strecker	60
Figura 17. Estructura propuesta de Melanoidinas basadas en carbohidratos, Glc= glicin, R = H, Glc, (Glc) _n	61

Figura 18. Humulonas y degradación oxidativa de iso- α -ácidos)	63
Figura 19. Evaporación de sustancias aromáticas de la cocción y la fermentación	69
Figura 20. Índice de amargor en base a la densidad inicial	70
Figura 21. Imagen ilustrativa de un intercambiador de calor de placas	76
Figura 22. Imagen ilustrativa intercambiador de calor de tubos de cobre revestido con material aislante	77
Figura 23. Elaboración de la levadura seca	78
Figura 24. Multiplicación de la levadura en el propagador	80
Figura 25. Diferencia en la membrana en el pasaje de levadura seca a líquida	81
Figura 26. Proceso de rehidratación de la levadura seca	82
Figura 27. Esquema sobre el bioquimismo de la fermentación alcohólica	90
Figura 28. Formación de alcoholes superiores	93
Figura 29. Percepción de los sabores básicos en boca	117
Figura 30. Escala de colores de la cerveza en escala de unidad EBC	128
Figura 31. Rueda de aromas y sabores de Meilgard	138
Figura 32. Diagrama de flujo para la producción de cerveza artesanal	162
Figura 33. Molienda de la malta en nuestra investigación desde molidor a rodillos	163
Figura 34. Filtros utilizados para nuestra agua a utilizar para cocción	164
Figura 35. Agregado de granos mediante homogeneización	165
Figura 36. Recirculado del mosto mediante bomba centrífuga	169
Figura 37. Lavado de granos mediante un sistema aspersión	170

Figura 38. Esquema de lavado continuo.....	171
Figura 39. Mosto en estado de ebullición vigorosa	171
Figura 40. Adición de lúpulos en etapa final	172
Figura 41. Difusor de acero inoxidable para la aireación del mosto	175
Figura 42. Representación de la rehidratación de LSA.....	176
Figura 43. Control en uno de los fermentadores de Elaboración Ale	177
Figura 44. Mosto una vez ya terminada la maduración.....	178
Figura 45. Recuento en cámara Neubauer	180
Figura 46. Microscopio utilizado para control microbiológico	182
Figura 47. Hojas de cata	199
Figura 48. Test de aceptabilidad.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del agua para fabricar cerveza	22
Tabla 2. Fases de propagación de la levadura	33
Tabla 3. Grado de aprovechamiento del lúpulo según el tiempo de hervor.....	71
Tabla 4. Criterios de inoculación de levaduras	84
Tabla 5. Evolución de las levaduras en el tiempo	86
Tabla 6. Temperaturas para Lagers y Ales en fermentación y maduración	105
Tabla 7. Extracto potencial típico de algunas maltas	156
Tabla 8. Grado de aprovechamiento del lúpulo según tiempo de hervor	158
Tabla 9. Datos previos a la maceración.....	166
Tabla 10. Control de calidad mosto finalizada la maceración	168
Tabla 11. Datos hervor	173
Tabla 12. Monitoreo de la fermentación alcohólica en elaboración Ale.....	179
Tabla 13. Control microbiológico Elaboración Ale.....	179
Tabla 14. Monitoreo de la fermentación alcohólica en elaboración Lager.....	181
Tabla 15. Control microbiológico Elaboración Lager.....	182
Tabla 16. Estilos de cerveza y volúmenes de CO ₂	184
Tabla 17. Volúmenes de CO ₂ disueltos luego de la fermentación.....	185
Tabla 18. Valores de densidad final de maceración.....	189
Tabla 19. Medidas de pH en mosto	191
Tabla 20. Grado de alcohol en cerveza Ale	193

Tabla 21. Grado de alcohol en cerveza Lager	193
Tabla 22. pH fin de fermentación alcohólica	194
Tabla 23. Recuento y viabilidad de levaduras en fermentación Ale	196
Tabla 24. Recuento y viabilidad de levaduras en fermentación Lager	196
Tabla 25. Atributos generales del panel de degustadores	207

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico sobre el conocimiento de la cerveza artesanal.....	202
Gráfico 2. Consumo de cantidad de cervezas semanalmente	203
Gráfico 3. Estilos de cerveza comerciales	204

INTRODUCCIÓN

En este trabajo intentará demostrar las principales características de la levadura *Saccharomyces*, y cómo estas afectan a las características químicas y organolépticas de la cerveza.

Se denomina cerveza a una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada u otros cereales cuyo almidón es fermentado en agua con levadura (básicamente *Saccharomyces cerevisiae* o *S. carlsbergensis*) y frecuentemente aromatizado con lúpulo, entre otras plantas.

El trabajo final de grado refiere a la producción de cerveza artesanal, donde se define a cerveza como una bebida alcohólica no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada u otros cereales cuyo almidón es fermentado en agua con levadura (básicamente *Saccharomyces cerevisiae* o *S. carlsbergensis*) y frecuentemente aromatizado con lúpulo, entre otras plantas.

En este trabajo vamos a demostrar el estricto control durante el paso de mosto a cerveza durante su fermentación, y así alcanzar un alto estándar de calidad del producto mismo. Es por esto por lo que se va a realizar un estudio profundo, influido de manera directa por la importancia del trabajo de las levaduras, ya que, en mayor medida es por ellas, que se puede destacar una mayor calidad en la cerveza, y así también para poder mostrarles, todo lo que conlleva este tipo de elaboración.

Los consumidores argentinos de cerveza promedio, desconocen en términos generales los atributos de la cerveza artesanal. Por este motivo se considera la acción de desarrollar en esta investigación, una capacitación tanto a los consumidores como a los maestros cerveceros; En el caso del consumidor con el motivo de elegir una cerveza de mayor calidad, por sobre otros

atributos como lo es, el reconocimiento de marca, publicidad o tradición, y para los maestros cerveceros, la enseñanza y profundización de temas esenciales de esta elaboración de cerveza artesanal, llamándolo así como “la guía de elaboración de cerveza artesanal según el tipo de levadura con cual se elabore”.

Para ello, se abordará el tema de la cerveza, sus materias primas: agua, cebada, malta, lúpulo, levaduras y se profundizará en la levadura, su estructura y composición, metabolismo, reproducción y crecimiento, fases, y caracterización. También se hará referencia a todos los procesos a lo que se someterá el mosto, y a su transformación en cerveza.

El método consiste llevar adelante el proceso de la elaboración de una cerveza rubia en nuestra fábrica ubicada en San Martín provincia de Mendoza¹, en la que, al momento de inocular levaduras para post arranque de fermentación, se va a dividir este mosto virgen en 8 lotes de 20lts, los que serán inoculados con distintas especies de *Saccharomyces*, 4 de ellos con levaduras ALE, y los 4 restantes con levaduras LAGER.

Los resultados son cuanti y cualitativos, que se obtienen por un lado de la evaluación química (Alcohol, pH, Acidez total, densidad, CO₂), y, por otro lado, el análisis organoléptico que incluye la definición de parámetros sensoriales como son (aroma, apariencia, sabor, sensación en boca), donde se involucró en la cata a estudiantes de la facultad Don Bosco para lograr así una opinión lo más objetiva posible.

Finalmente, para cerrar este trabajo se describe el proceso de envasado y la puesta en botella.

¹ Fábrica de cerveza propia ubicada en San Martín, provincia de Mendoza.

CAPITULO I: Fundamentos Teóricos

1.1 La Cerveza Y Sus Componentes

1.1.1 La Cerveza

Se denomina cerveza a una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada u otros cereales cuyo almidón es fermentado en agua con levadura (básicamente *Saccharomyces cerevisiae* o *S. carlsbergensis*) y frecuentemente aromatizado con lúpulo, entre otras plantas.

En el mundo existen muchas clases de cerveza y cada cual posee un particular aroma, sabor, color y cuerpo; muchas veces llevan el nombre de los pueblos de los cuales son originarias. Si bien todas se fabrican con los mismos ingredientes, cebada malteada, lúpulo, levadura y agua, lo que establece la diferencia entre una y otra son las variaciones de esas materias primas y el tipo de fermentación experimentada (Véase en Capítulo 2 “Caracterización de levaduras para cerveza”) (De Clerk, 1957, pág 53).

1.1.2 Materias Primas

Para la fabricación de la cerveza, son necesarios como mínimo el agua, la malta de cebada, el lúpulo y la levadura. Además, se pueden utilizar algunos cereales adjuntos para otorgar diferentes sabores y texturas, así como cualquier ingrediente que se quiera adicionar con la intención de aportar ciertos matices.

En el siguiente capítulo se van a ir describiendo las diferentes materias primas que se utilizan en la fabricación de la cerveza artesanal.

1.1.2.1 Agua. El agua es la materia prima en mayor proporción para la fabricación de cerveza, alrededor del 90% del contenido de la cerveza es agua y el tipo de agua utilizada en la elaboración es también determinante en la calidad de la cerveza. Además, esta decir, que otra parte del agua se requiere para limpieza, enjuague y otros propósitos.

El pH es el de más importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio.

El agua que se utiliza para la elaboración de la cerveza tiene que ser un agua pura, potable, libre de sabores y olores, sin exceso de sales y exenta de materia orgánica.

Al contener diferentes sales, la elección del agua es determinante en el producto final. Algunas cervecerías recurren a los métodos de corrección del agua para eliminar todos los minerales añadiendo, si es preciso, aquellos que se consideren necesarios para elaborar su cerveza.

Además de influir en el gusto, las sales que contiene el agua influyen de forma indirecta sobre las reacciones enzimáticas y coloidales que se producen durante el proceso de elaboración.

Así, por ejemplo, el sulfato contribuye a dar un sabor seco a la cerveza, el sodio y el potasio le confieren un sabor salado. Tiene mucha influencia sobre la percepción del lúpulo en la cerveza acabada. El calcio, componente muy habitual del agua, precipita los fosfatos del mosto, reduce el pH favoreciendo la actividad enzimática e incrementa el nitrógeno asimilable por la levadura mejorando la floculación de ésta. El rango varía entre 50- 150ppm. El magnesio, se comporta de forma similar a los iones de calcio, pero con menor eficacia. Importante para el metabolismo de la levadura en la reacción del piruvato descarboxilasa. El rango varía entre 10 – 30ppm. El sodio en concentraciones adecuadas contribuye al cuerpo y la sensación en boca de

la cerveza, redondea aromas y acentúa la dulzura de la malta. La concentración óptima es de 15ppm. El cloruro, en concentraciones inferiores a 250 ppm, acentúa los sabores a malta y sabor dulce, aumenta estabilidad de la cerveza y su clarificación. En concentraciones superiores a 250 ppm, se perciben aromas y sabores a medicamentos y plástico, debido a los componentes del clorofenol.

Para la elaboración de las cervezas más ligeras tipo Pilsen se utilizan aguas con bajo contenido de calcio, las denominadas aguas blandas. Las cervezas oscuras, en cambio, se pueden elaborar con aguas más duras. Pero son las aguas medianamente duras las preferidas para la elaboración de la cerveza, sobre todo si son ricas en sulfato cálcico, ya que producen un pH más ácido que potencia la acción enzimática y no disuelve los polifenoles que contribuyen a dar el sabor a la cerveza.

Tabla 1.

Composición del agua para fabricar cerveza

COMPONENTES	CERVEZA FUERTE (g/Hl)	CERVEZA LIGERA (g/Hl)
Dureza Total	14,8	1,57
Dureza no carbonatada	0,6	0,3
Dureza de carbonatos	14,2	1,27
CaO	10,6	0,98
MgO	3	0,12
Sulfatos	0,75	0,43
CO ₂	11,15	1
Nitratos	Trazas	Trazas
Cloruros	0,16	0,5

Fuente: <http://culturillacervecera.blogspot.com/2008/03/agua.html> (poner al pie de página)

1.1.2.2 Cebada: La cebada (*Hordeum vulgare*) es una planta de la familia de las gramíneas, su nombre procede del latín cibata y sus utilidades parten de un alto contenido de almidón y que la cáscara sigue adherida al grano aun después de haber sido procesada para ser transformada en malta, esta suministra el almidón necesario para la fabricación de cerveza, el cual es transformado posteriormente en la sala de cocción, en extracto fermentable por medio del complejo enzimático que posee la malta. También contiene proteínas, generalmente en cantidades más que suficiente para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura, y las sustancias nitrogenadas que desarrollan un papel importante en la formación de la espuma².

Tipos de Cebada. En la cebada se diferencia entre el tipo invernal (cebada de invierno), que es sembrado a mediados de septiembre, y el tipo estival (cebada de verano), sembrado de marzo a abril.

En ambos existen variedades según el ordenamiento de los granos sobre el raquis, pueden ser clasificadas en variedades de dos hileras o de seis hileras. Esto no es un aspecto solo estético, sino que influye en el contenido de proteínas y almidones del grano. La cebada que se cultiva en América normalmente es de seis hileras, con una capacidad diastática (que es la cantidad de enzimas, la capacidad de modificar el almidón) mucho más alta que la cebada de dos hileras. La cebada es el único cereal que una vez malteado conserva enzimas. La cebada americana de 6 hileras tiene un exceso de enzimas que permite el uso de otros cereales que carecen de enzimas, con los cuales no podríamos hacer cerveza. Aunque parece muy técnico, simplemente es una forma de decir que el grano de esta cebada tiene la capacidad de desdoblar mucho más almidón del que contiene en su interior, con lo cual le permite al cervecero emplear otros cereales malteados o sin maltear que contienen almidón, pero no enzimas. Los cereales

²Wolfgang Kunze (2006). Tecnología para cerveceros y malteros, pág. 35

no malteados que se utilizan con más frecuencia son el trigo en las cervezas belgas, maíz y arroz en Estados Unidos.

Las cebadas de dos hileras contienen relativamente más sustancias útiles y tiene menos cáscara, conteniendo así menos taninos y compuestos amargos. Los granos son todos muy uniformes. El contenido de extractos es comparativamente alto. Las cebadas de dos hileras son cultivadas preferentemente como cebada de verano y concentran en sí mismas todas las ventajas para la fabricación de malta y cerveza.

Aunque también se utilizan otros cereales en la elaboración de cerveza como el trigo, el grano de la cebada es el más rico en almidón y posee las proteínas suficientes para proporcionar el alimento necesario para el crecimiento de la levadura. Además, las sustancias nitrogenadas favorecen la formación de espuma.

No todas las variedades de cebada son óptimas para la elaboración de la cerveza. Es importante que la cebada para poder utilizarla en el proceso de elaboración de la cerveza debe estar malteada. De esta forma el almidón que no pueden ser metabolizado por la levadura, es reducido a carbohidratos más simples que si pueden ser metabolizados.

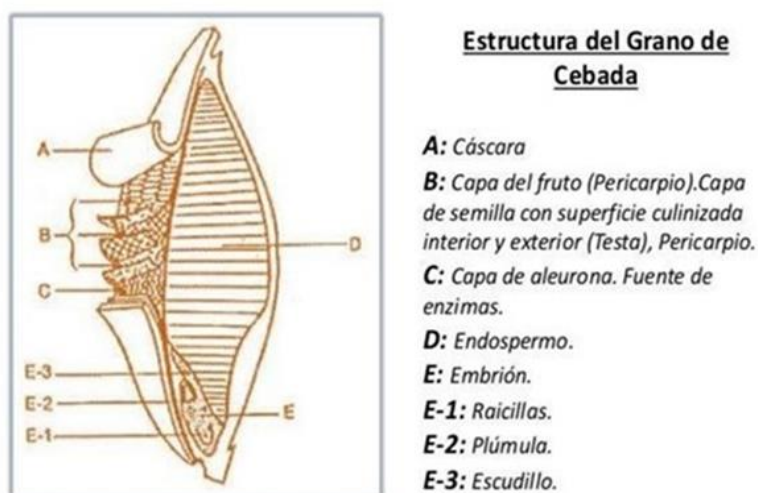
Se utilizan las denominadas cebadas cerveceras deben poseer una serie de características físicas y bioquímicas. Entre las físicas, el grano de la cebada debe ser grueso, uniforme, con forma redondeada y tener un color amarillo claro, con un olor fresco y pajoso y, obviamente, debe estar libre de infecciones de microorganismos. La cascarilla o glumilla a su vez debe ser fina y rizada.

En cuanto a las características bioquímicas, un factor importante es que el grano absorba bien al agua y que germine rápida y uniformemente produciendo la mayor cantidad de malta posible por unidad de peso de cebada. Además, el grano malteado debe estar desagregado al máximo y de forma uniforme, es decir, debe haber quedado liberado totalmente de su cadena de

hidrocarburos y proteínas para hacerse accesibles a la acción de las amilasas durante el proceso de macerado.

Figura 1.

Estructura del grano de cebada



Nota: En esta imagen se observa las diferentes partes que componen el grano de cebada.

Tomado en trabajo final de grado de Ruben Sancho S. 2015³.

1.1.2.3 Malta. Es el resultado de la germinación y secado, durante tiempos y temperaturas determinadas, de las semillas de los cereales. El motivo de germinar y secar las semillas es para que se formen, durante este proceso, las enzimas necesarias y se realicen los cambios necesarios en la estructura molecular de los diferentes componentes de la semilla para obtener de ella la mayor cantidad de moléculas de azúcares fermentables y nutrientes básicos para la levadura.

³ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 28

Se necesitan aproximadamente 100 kilos de cebada para obtener 80 kilos de malta pálida no tostada. Con estos 80 kilos de malta se obtienen aproximadamente 400 litros de cerveza.

La malta puede provenir de diferentes cereales, en nuestro caso mencionamos la cebada cervecera. Durante la fase del malteo los granos se secan. Cuanto más secos más tostados y más oscura la cerveza que se obtiene.

Aunque hay cervezas que se elaboran con solo un tipo de malta, hay otras que contienen varias para así obtener diferentes aromas, colores y sabores que caracterizan a cada cerveza de ahí que su fórmula sea un “secreto bien guardado”.

1.1.2.4 Levadura. Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol y CO₂ (gas) durante un proceso llamado fermentación que se realiza en ausencia de oxígeno.

Existen dos tipos de levaduras que se utilizan en la elaboración de cerveza, levadura ALE y levadura LAGER, la diferencian es que ALE fermentan a temperaturas que oscilan entre 14 y 25°C, mientras que LAGER fermenta a temperaturas más bajas, alrededor de 6 a 10 °C, otorgando sabores diferentes a las cervezas.

En el caso de la cerveza artesanal se producen dos fermentaciones: La primera en el fermentador Sparkling donde se genera cierta cantidad de alcohol, aproximadamente 3°GL y la segunda fermentación ocurre dentro de la botella donde gracias a la adición extra de azúcar se genera más alcohol y gas carbónico.

1.1.2.5 Lúpulo. (*Humulus lupulus* L.) es la planta perenne, trepadora, dioica. En la fábrica de cerveza, se utilizan únicamente las inflorescencias de las plantas femeninas, llamadas conos.

Estas le confieren el sabor amargo y el aroma tan característicos de la cerveza. Brota de una cepa enterrada cuya vida media es de unos 12 – 15 años, si bien hay plantaciones que pueden seguir produciendo después de 25 años.

Figura 2.

Conos de lúpulo recién recolectados



Al ser una especie dioica de la familia cannabácea, la planta puede ser masculina o femenina. Para la elaboración de la cerveza solo se cultivan los pies femeninos y por tanto se utilizan en ocasiones lúpulos femeninos fecundados.

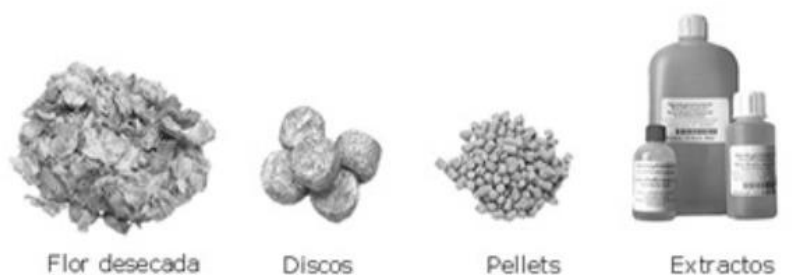
Estas flores tienen forma de conos o pinas que contienen en su interior glándulas que están llenas de una resina de color amarillento llamada lupulina con un gran contenido de componentes, los denominados ácidos alfa, que dan el sabor amargo a la cerveza, que contribuyen a la formación de espuma y ayudan también a su conservación. La lupulina contiene también ácidos beta que al oxidarse añaden también amargor a la cerveza, aunque no tanto como los alfa.

Aunque hay muchas variedades de lúpulo, los maestros cerveceros normalmente distinguen dos grandes categorías: lúpulos amargos y lúpulos aromáticos. Los primeros se caracterizan por la alta concentración de ácidos alfa que son los encargados de dar el sabor amargo a la cerveza. Los lúpulos aromáticos se caracterizan por contener aromas y sabores más refinados que los amargos.

La forma de comercialización del lúpulo tras su recolección y secado es: en conos o flores, pellets y extractos de lúpulo. En conos o flores, son secados mediante aire caliente a 60°C – 65°C durante 12 horas aproximadamente, después se envasan al vacío para evitar oxidación por parte del aire y luz. En pellets, es un método muy efectivo y de los más usados. El lúpulo es pulverizado y luego comprimido hasta obtener pellets, y finalmente es envasado al vacío en bolsas metálicas para evitar oxidaciones por aire y luz. Y, por último, extractos de lúpulo, se utiliza CO₂ o etanol como solventes para la fabricación de extracto de lúpulo. Ambos solventes son muy adecuados puesto que disuelven completamente las resinas de lúpulos y aceites.

Figura 3.

Formas comerciales de lúpulo



1.1.3 Las Levaduras

1.1.3.1 Introducción. La levadura es un sacaromiceto unicelular, el cual es capaz de cubrir su demanda de energía:

- en presencia de oxígeno (aerobio), por respiración, y
- en ausencia de oxígeno (anaerobio), por fermentación.

En la fabricación de cerveza, el azúcar del mosto es fermentado por la levadura a alcohol y CO₂. Para ello, en la fábrica de cerveza se utilizan hongos de levadura del tipo *Saccharomyces Cerevisae*. Cepas seleccionadas son aisladas y cultivadas de forma sistemática, como cultivos puros de levadura para cerveza.

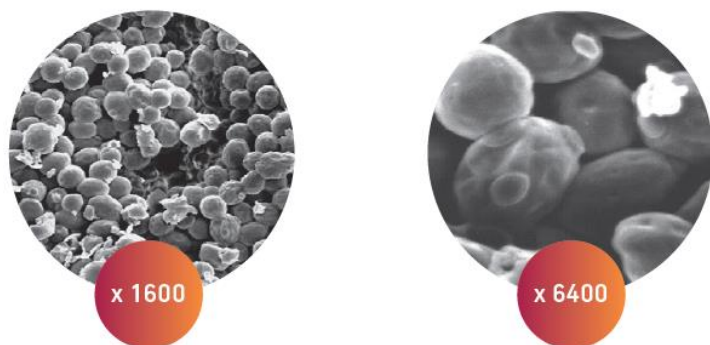
El término cepa se utiliza para describir la unidad taxonómica más pequeña: una subdivisión de la especie. En la industria de la producción de cervezas, se utilizan miles y miles de cepas, pero todas tienen material genético similar que permite clasificarlas dentro del mismo género o especie. La taxonomía de las levaduras ha estado, y sigue estando, bajo revisión continua, y a menudo está acompañada de cambios en la nomenclatura.

Dado que la levadura no realiza únicamente una fermentación alcohólica, sino que también tiene, debido a su metabolismo, una gran influencia sobre el sabor y el carácter de la cerveza es importante el conocimiento de las sustancias contenidas en la levadura, de su metabolismo y de su reproducción. Dentro de los tipos y razas de levadura de cultivo hay una serie de características diferenciales.

1.1.3.2 Estructura Y Composición. La levadura es procesada en forma de masa gruesa. Esta masa está formada por billones de células de levadura actuando independientemente unas de otras. Las células de levadura son ovaladas a redondas, con una longitud de 8 a 10 μm un ancho de 5 a 7 μm .

Figura 4.

Imagen de microscopio de levadura seca



Nota: La levadura, *Saccharomyces Cerevisae*, es un hongo unicelular. Una célula de levadura *Saccharomyces Cerevisae* mide entre 5 y 50 μm .⁴

La célula está compuesta en un 75% de Agua. La materia seca está compuesta, en forma variable, por: sustancias albuminoides 45% a 60%, hidratos de carbono 25 a 35 %, grasas (lípidos) 4 a 7%, sustancias minerales 6 a 9%, de las cuales estas sustancias están compuestas por: fosfatos, potasio, sodio, calcio, magnesio y cinc.

Además, la levadura cuenta con una cantidad de Vitaminas, en especial Tiamina (B1) 8 a 15 mg/100g de materia seca de levadura tiamina (B1) 8 a 15 mg/100 g de materia seca de levadura, riboflavina 2 a 8 mg, ácido nicotínico 30 a 100 mg, ácido fólico 2 a 10 mg, ácido pantoténico 2 a 20 mg, piridoxina 3 a 10 mg, biotina 0,1 a 1 mg.

⁴ Fermentis. Tips and Tricks (14/01/2020). Página 6.

1.1.3.3 Metabolismo De La Levadura. La levadura necesita energía y nutrientes, tal como cualquier otra célula. La energía es obtenida por la levadura preferentemente por respiración, donde la glucosa es descompuesta a CO_2 y H_2O , sin que queden residuos.

Con la respiración, los nutrientes ingeridos, por ejemplo, el azúcar, son degradados en CO_2 y agua, sin que queden residuos.

Ante la ausencia de aire, la levadura pasa a la fermentación alcohólica, como único ser viviente capaz de ello. Se forma aquí etanol y CO_2 , a partir de la glucosa.

El alcohol que se forma aquí contiene aún mucha energía, de manera que la energía obtenida por fermentación para la célula de levadura es mucho menor que la obtenida por respiración.

En esto, cada reacción es catalizada por una enzima especial. Estas enzimas están unidas en la célula de levadura a determinadas estructuras celulares. Así, las enzimas para la glucólisis y la fermentación alcohólica se encuentran en el citoplasma, mientras que la respiración tiene lugar por medio de enzimas en las mitocondrias.

La levadura tiene metabolismos complicados de:

- hidratos de carbono,
- sustancias albuminoideas,
- materia grasa, y
- sustancias minerales.

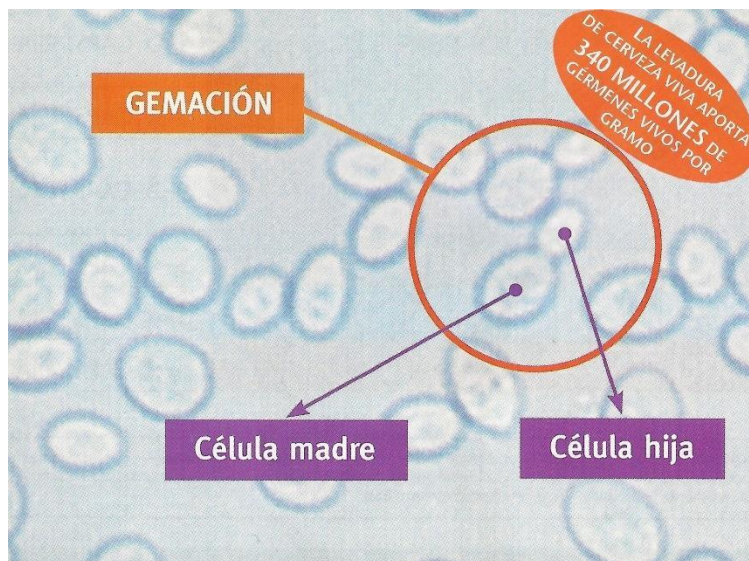
El metabolismo de hidratos de carbono sirve para la obtención de energía por respiración y fermentación, mientras que sólo una parte más pequeña de azúcares contenidos en el mosto es depositada como reserva, en forma de glicógeno y trehalosa.

1.1.3.4 Reproducción Y Crecimiento. La forma típica de reproducción de las levaduras es la gemación.

Es por ello por lo que se les llama hongo por gemación. En la gemación, la célula madre forma una pequeña protuberancia vesiculosa, en la cual entran una parte vesiculosa, en la cual entran una parte del citoplasma, así como también un núcleo hija, formado por división, dando forma a la célula hija completa.

Figura 5.

División celular



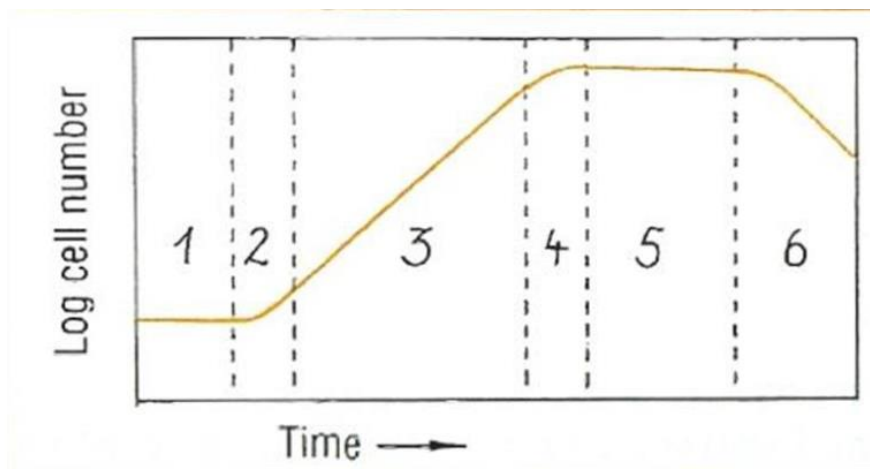
Nota: Se puede apreciar la división celular, que se inicia con la formación de una protuberancia en la célula que irá creciendo hasta desprenderse de la célula madre.

Si se transfieren levaduras a una solución nutritiva fresca, tal como sucede, por ejemplo, en la fábrica de cerveza, en el inicio de la fermentación del mosto de la levadura, estos comienzan a crecer.

No se desarrolla a una velocidad constante, sino que se diferencian 6 fases como se visualiza en la figura siguiente.

Tabla 2.

Fases de propagación de la levadura⁵



Nota: (1) fase de inducción, (2) fase de aceleración, (3) fase exponencial, (4) fase de deceleración, (5) fase estacionaria, fase declinante (6)

1. Fase de latencia o inducción.

En la fase de latencia, también llamada fase de inducción tiene lugar una activación del metabolismo. La duración de esta fase varía fuertemente. Depende del tipo de organismo, de la edad del cultivo y de las condiciones de cultivación. Esta etapa finaliza con la primera división celular.

⁵ Wolfgang Kunze, 2006. Tecnología para cerveceros y malteros. Página 99

2. Fase de aceleración.

En la fase de aceleración, que sigue a la fase de latencia, aumenta progresivamente la velocidad de división.

3. Fase exponencial.

En la fase de propagación exponencial o logarítmica, la velocidad de propagación es constante y máxima. El tiempo de generación – esto es, el período en que se duplica el número de células – alcanza un mínimo en esta fase. En esta fase, la levadura tiene su mayor vitalidad.

4. Fase de deceleración.

La fase exponencial está limitada temporalmente, debido a diferentes factores, por ejemplo, empobrecimiento de substrato de nutrientes o enriquecimiento en productos metabólicos que inhiben el crecimiento. Ella pasa a una fase de deceleración con velocidad de propagación decreciente.

5. Fase estacionaria.

En la fase estacionaria posterior, el número de microorganismos permanece constante. Hay un equilibrio entre la cantidad de células nuevas y las células que mueren.

6. Fase declinante.

En esta última fase, mueren más células que las nuevas que se forman por propagación. De esta manera, disminuye el número de células.

La duración y la intensidad de cada una de las fases de crecimiento son influidas esencialmente por el substrato, la temperatura y el estado fisiológico de la levadura. Son decisivos para el crecimiento el contenido de agua, el valor de pH y la concentración de oxígeno del substrato.

El agua es el componente principal de la materia viva y tiene una importancia absolutamente fundamental en los procesos de vida de los microorganismos. Los microorganismos se diferencian entre sí, respecto al valor del pH óptimo. Las levaduras crecen con valores ácidos de pH.

En la fábrica de cerveza, el crecimiento de la levadura es promovido por aireación del mosto antes del inicio de la fermentación.

La temperatura influye sobre el crecimiento de los microorganismos. Cada tipo de microorganismo está caracterizado por una temperatura óptima de desarrollo. Temperaturas entre 0 y 40°C para las levaduras de la especie *Saccharomyces*, siendo el óptimo para el crecimiento aproximadamente 25 a 30°C.

El estado fisiológico de la célula del microorganismo – edad y estado nutricional – determina la duración de la fase de latencia.

Un inicio rápido de fermentación se logra de la mejor manera con levaduras, que son extraídas en estado de fermentación principal y agregadas, sin almacenamiento intermedio, en el mosto al inicio de la fermentación.

1.1.3.5 Caracterización De Levaduras Para Cerveza. Dentro del tipo de levadura utilizada predominantemente como levadura de cultivo en la fábrica de cerveza, se diferencian numerosas cepas. En la práctica cervecera, estas cepas se dividen en dos grandes grupos:

- Levaduras de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisae*), y
- Levaduras de fermentación baja (*Saccharomyces carlsbergensis*).

Saccharomyces cerevisae se clasifican como levaduras ale, o levaduras de fermentación alta, y *Saccharomyces pastorianus* se clasifican como levaduras lager, o levaduras de fermentación baja. *Saccharomyces cerevisae* incluye un grupo muy diverso de levaduras ale,

que se considera doméstica, y que se utiliza para producir cerveza, vino, sidra, licores y otras bebidas fermentadas. Son distintas de las cepas de cerveza lager llamadas *Saccharomyces pastorianus* (un híbrido crio tolerante entre *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces eubayanus*). A veces las levaduras lager también se denominan *Saccharomyces carlsbergensis*.

Entre las levaduras de fermentación alta y las de fermentación baja existen diferencias morfológicas, fisiológicas y tecnológicas de fermentación, las cuales se van a describir a continuación.

1.1.3.5.1 Características Morfológicas. Las levaduras de fermentación alta y baja pueden ser diferenciadas bajo el microscopio por su comportamiento de gemación. Las levaduras de fermentación baja se encuentran casi exclusivamente como pares de células, mientras que las levaduras de fermentación alta forman cadenas.

En las levaduras de fermentación alta las células madre e hija permanecen unidas, por lo general, durante un tiempo más largo, por lo cual se forman cadenas celulares ramificadas. En las levaduras de fermentación baja, las células madre e hija se separan entre sí, luego finalizada la propagación. Ambos tipos de levaduras tienen igual forma celular.

1.1.3.5.2 Diferencias Fisiológicas. La característica de diferencia fisiológica más importante entre levaduras de fermentación baja y las de fermentación alta se encuentra en la fermentación del trisacárido rafinosa. Las levaduras de fermentación baja pueden, debido a su espectro enzimático, utilizar en forma completa la rafinosa, mientras que las levaduras de fermentación alta no fermentan el trisacárido o fermentan un tercio. Otras características de diferenciación son el metabolismo de respiración, respectivamente de fermentación, y la capacidad de formación de esporas. Mientras que en las levaduras de fermentación baja prepondera por lejos el metabolismo de fermentación, las levaduras de fermentación alta se caracterizan por un metabolismo más marcado de respiración. En correspondencia con ello, la cosecha de la levadura, después de la fermentación, es más abundante en levaduras de

fermentación alta que en cepas de fermentación baja. Las levaduras de fermentación baja son más pobres en enzimas que las cepas de fermentación alta. En las levaduras de fermentación baja, la capacidad de formación de ascosporas es restringida. Ellos esporulan más esporádicamente, en comparación con las cepas de fermentación alta, y la formación de esporas dura más tiempo. Bajo condiciones normales de fermentación, no se realiza una formación de esporas.

1.1.3.5.3 Diferencias Tecnológicas De Fermentación. La denominación fermentación alta en cepas de levadura para cerveza deriva de su apariencia característica durante la fermentación. Las levaduras de fermentación alta suben a la superficie en el transcurso de la fermentación; las levaduras de fermentación baja se depositan en el fondo, hacia el final de la fermentación. Las de fermentación alta, también bajan al fondo al terminar la fermentación, pero lo hacen de una forma más lenta que las de fermentación baja. Al momento de la cosecha de levadura, al final de la fermentación principal, se encuentra todavía arriba y son cosechadas ahí, siempre y cuando se trabaje con recipientes abiertos. Otra característica esencial de las levaduras de fermentación baja es el comportamiento diferenciado en la floculación. De acuerdo con esto, las levaduras para cerveza de fermentación baja se dividen en levaduras floculantes y levaduras no floculantes. En las levaduras no floculantes, las células quedan finamente distribuidas en el substrato de fermentación y recién descienden lentamente al fondo al final de la fermentación. Las células de levaduras floculantes se aglomeran, después de algún tiempo, formando flóculos grandes, depositándose entonces rápidamente. El poder de floculación de una levadura está condicionado genéticamente y es heredado. Las levaduras de fermentación alta no floculan. El poder de floculación de una cepa de levadura tiene gran importancia práctica. Con levaduras floculantes se obtiene una levadura clara, pero no tan altamente fermentada, mientras que con levaduras no floculantes y las de alta fermentación se obtienen cervezas con un grado de fermentación más alto. Las levaduras de fermentación alta se diferencian de las de

fermentación baja también en lo referente a la temperatura de fermentación. Con levaduras de fermentación baja se fermenta a temperaturas entre 4 y 12°C. Con cepas de levaduras de fermentación alta, se trabaja con 14 a 25°C. El control de la temperatura es determinado por el cervecero.

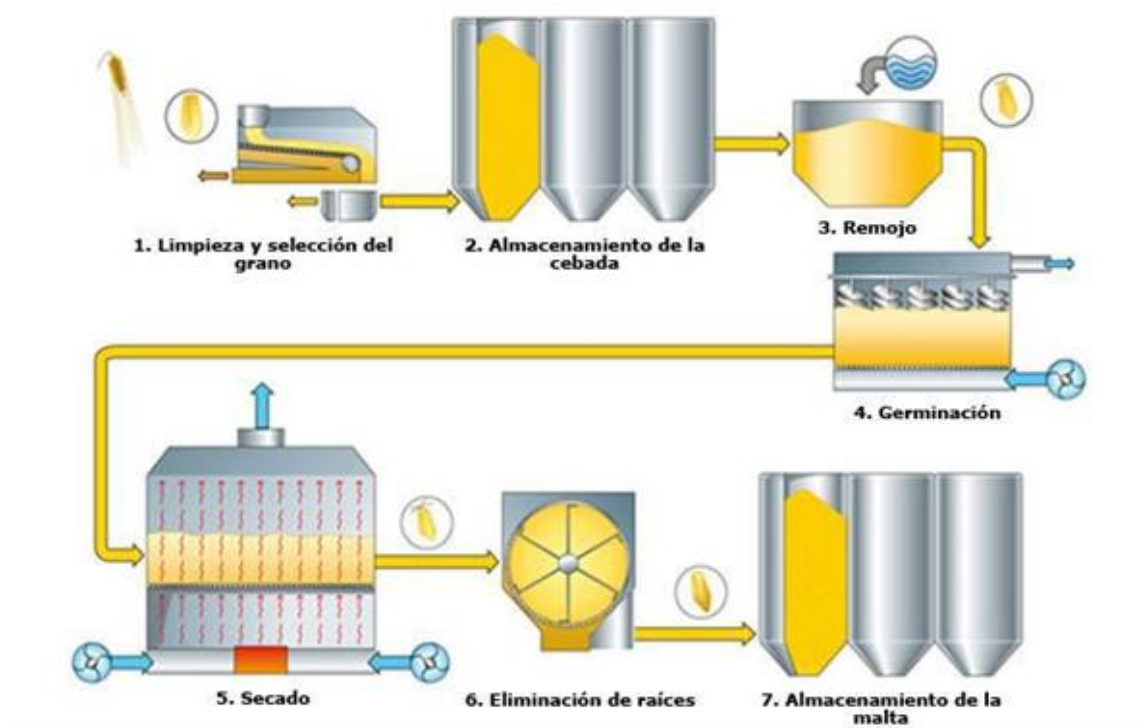
1.2 Malteado De La Cebada

1.2.1 Introducción

El malteado consiste en la obtención de un grano de cebada rico en enzimas y con una estructura del endospermo que permita el ataque enzimático del almidón. Consta de siete etapas en total, de las que se destacan las siguientes por su mayor trascendencia: remojo, germinación y secado (Kunze, 2006).

La mayoría de las fábricas de cerveza no poseen maltería o, si la poseen es una planta totalmente independiente de la de fabricación de cerveza.

Figura 6.

Diagrama de flujo del proceso de malteado⁶

Nota: Proceso completo por el que pasa la cebada para transformarse en malta.

1.2.2 Descripción Del Malteado

La malta puede provenir de diferentes cereales, en nuestro caso mencionamos la cebada cervecera.

La cebada cervecera se cosecha y se almacena durante un corto período de 6 a 8 semanas para que todas las semillas sean capaces de germinar, sacándolas de un estado parecido al de la hibernación. Las semillas están vivas y consumen oxígeno. Para que el almacenamiento de las semillas se realice en correctas condiciones habrá que oxigenar los silos

⁶ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 43

o almacenes debidamente. Esta oxigenación no deberá ser muy elevada para mantener las constantes vitales de la cebada en el punto justo donde el balance entre consumo de la propia glucosa, debida a la respiración de oxígeno de las semillas, y la producción de sustancias no deseadas por la respiración intramolecular que se produce por falta de oxígeno, las mantenga en el mínimo vital.

Cuanta menos humedad haya y menor temperatura se mantenga durante el almacenamiento menos se provocará la respiración excesiva de las semillas que a su vez producirá agua, que aumentará la humedad y también la temperatura con las consiguientes pérdidas de glucosa. Las condiciones ideales de conservación son manteniendo las semillas al 12 por ciento de humedad a temperaturas alrededor de los 10 grados centígrados.

A continuación, ha de limpiarse la cebada y han de eliminarse otros granos y objetos extraños que contenga. Las cebadas se sortearán en semillas de tamaños parecidos. El proceso de malteado comienza tras unas 8 semanas de almacenaje de la cebada recién cosechada. El primer paso es el de sumergir las semillas en agua, suficientemente oxigenada, para que sea absorbida y aumente el contenido de agua de estas hasta un nivel aproximado del 45 por ciento. La temperatura del agua y el tipo de cebada influirán en el tiempo que se necesite para alcanzar esta cifra (necesitará unos tres días a temperaturas alrededor de los 10 grados centígrados).

El efecto del agua provocará, por hidrólisis, que las enzimas hidrolíticas conviertan el almidón en azúcar y las proteínas en aminoácidos (proteólisis) que servirán como nutrientes a la semilla durante su germinación.

Ahora bien, nuestra intención al maltear las semillas no es la de germinar estas hasta crear una planta, sino la de convertir el almidón y las proteínas en subproductos que nos sirvan luego durante el proceso de elaboración de la cerveza. Para ello habremos de parar el proceso de germinación eliminando el agua que contienen las semillas reduciéndolo a un nivel de alrededor del 3 por ciento usando aire a altas temperaturas. Para no destruir las enzimas, el aire

a altas temperaturas se aplicará una vez que hayamos secado la semilla en su mayoría. Según la temperatura del aire que usemos, y el tiempo que apliquemos a las semillas esta temperatura, conseguiremos diferentes tipos de malta con diferentes tipos de secado, tostación, torrefacción o caramelización.

Estos diferentes tipos de malta se usarán para elaborar diferentes tipos de cervezas. Por ejemplo, si aplicamos una temperatura inicial de secado de 60 grados durante 30 minutos a las semillas en germinación, las enzimas convertirán los almidones en azúcar, si luego aumentamos la temperatura lo suficiente como para caramelizar estos azúcares conseguiremos malta caramelizada.⁷

Si empezamos el secado con temperaturas superiores a 80 grados, no se producirá el efecto de las enzimas sobre los almidones ni el efecto de caramelización.

La malta de uso básico es la malta tipo Pilsner, la temperatura de secado varía entre los 70 y 90 grados centígrados. Con estas temperaturas no muy altas no se elimina el poder enzimático de la malta y no se producen casi melanoidinas (color y sabor). Esta malta es la ideal para elaborar cervezas tipo pilsen y lager de colores muy claras.

⁷ Boris de Mesoës. Manual Práctico del Cervecer. Página 18

Figura 7.

Malta Tipo Pilsner



Para elaborar otros tipos de cerveza más oscuras se utilizarán maltas expuestas a temperaturas de secado más altas, que producirán niveles enzimáticos menores pero mayor cantidad de melanoidinas que darán color y sabor a las cervezas resultantes.

Los dos otros tipos de malta más usados son la malta tipo Viena y la malta tipo Munich.

Figura 8.

Malta tipo Viena (ilustración1) y malta tipo Munich (ilustración 2)



Ilustración 1



Ilustración 2

El secado de la malta tipo Viena se realiza a temperaturas ligeramente más altas que el tipo Pilsen, resultando en un poder enzimático ligeramente menor y superior contenido en melanoidinas. La malta tipo Munich se seca a temperaturas todavía más altas que el tipo Viena, pero no lo suficiente como para tostar las semillas y eliminar el poder enzimático, seguirá disponiendo del suficiente como para convertir a posteriori durante la maceración todos los almidones en azúcares fermentables.⁸

A estos tres tipos de malta básicos, que también se pueden combinar entre sí en diferentes proporciones, se les añaden pequeñas cantidades, entre el 1 y el 20 por ciento, de maltas especiales. Maltas especiales son aquellas cuyo secado se ha realizado bajo condiciones extremas que han producido sabores extraordinarios que son ideales siempre que no se excedan las cantidades añadidas.

La de mayor uso es la malta caramelizada, llamada en los países anglosajones -cristal malt- y cuyo proceso de elaboración no es exactamente igual que el de las maltas caramelizadas elaboradas en Alemania. Tras la conversión en azúcar de los almidones de la semilla a temperaturas alrededor de los 60 grados centígrados, los alemanes las caramelizan a temperaturas ligeramente más elevadas durante un período largo de tiempo. Los anglosajones las caramelizan a temperaturas más altas y durante un período más corto, lo que produce la cristalización del núcleo de la semilla, proceso que los alemanes consideran como un defecto.

Estas maltas, tienen un poder enzimático muy bajo, por lo cual habrán de usarse con moderación. La caramelización produce azúcares no fermentables, que luego en la cerveza elaborada, son los responsables del sabor dulce final.

Malta tipo chocolate es la usada en numerosas cervezas oscuras para impartir su sabor y color característico. La denominación chocolate no tiene nada que ver con el cacao. Estas

⁸ Boris de Mesoës. Manual Práctico del Cervecer. Página 18

maltas son secadas a temperaturas muy altas que producen casi una torrefacción total de los granos. Su poder enzimático es nulo.

Malta negra es aquella totalmente torrefacta que imparte sabores parecidos a los del café, de hecho, en tiempos de guerra, estas maltas eran los sucedáneos del café. También imparten un sabor ligeramente amargo al producto final por lo que hay que usarlas con mucha moderación.

No tienen poder enzimático y su aportación al mosto es únicamente en cuanto a sabor y color.

En la próxima imagen se observan la malta sometida a diferentes tipos de tostado⁹

Figura 9.

Diferentes tostados de malta



⁹ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 51

De estos tipos de malta básicos hay muchas variaciones dependiendo del país de elaboración y de los métodos usados para el secado y tostado. Algunas malterías han patentado algunos tipos de malta específicos como maltas tostadas sin cáscara para evitar el sabor astringente que imparten estas.

Para calibrar la calidad de diferentes maltas hay que tener en cuenta parámetros tales como, la diferencia del extracto obtenido moliendo finamente o a groso modo, la friabilidad de la malta como indicador de la -modificación (grado de germinación)- que ha sufrido la malta, el contenido en proteínas lo menor posible, siempre y cuando tenga el nivel suficiente de amino nitrógenos libres que sirvan como nutrientes a la levadura, nitrógeno soluble en cantidades suficientes, beta glucanos en pocas cantidades para que no dificulten la filtración de la maceración (beta glucanos son parecidos a las gomas), poder enzimático suficiente como para convertir todos los almidones en azúcares y contenido en agua menor del 5 por ciento, entre otras características.

En pequeñas micro cervecerías es posible producir uno mismo las maltas especiales.

Los resultados que se pueden conseguir son sorprendentes, se pueden conseguir maltas con sabores totalmente diferentes que las maltas especiales vendidas por las malterías. Estos sabores impartirán aromas muy originales y específicos a las cervezas.¹⁰

¹⁰ Boris de Mesoës. Manual Práctico del Cervecer. Página 19

1.3 Producción del Mosto

1.3.1 Limpieza y Desinfección de los Equipos.

La limpieza y desinfección de los equipos en la elaboración de cerveza es fundamental debido a la existencia de microorganismos que se mezclarán con el mosto, cerveza virgen o terminada en todo momento. Los microorganismos que sobrevivan al proceso de elaboración de cerveza contaminarán el producto final pero no son de carácter patógeno, es decir no afectan a la salud humana; aunque si afectarán de forma muy negativa a la calidad de la cerveza. Tener en cuenta que, en algunos factores como el pH, el nivel de Alcohol, el CO₂ y el amargor, del lúpulo, entre otros, inhiben el crecimiento de la mayoría de los microorganismos.

La fábrica tiene que estar siempre ventilada con tanques y tuberías secos. Todo tanque que se haya limpiado debe estar con sus puertas abiertas para que el agua restante se seque.

Ser muy cuidadoso con respecto al intercambiador de calor, es uno de las partes del equipo donde se multiplican las bacterias fácilmente, debido a que no se pueden eliminar bien los líquidos de su interior. Se debe limpiar en dirección contraria de flujo a la que ha sido transportado el mosto, arrastrando así partículas depositadas entre las placas.

Se comienza por el tanque de maceración junto con el intercambiador de calor, tras cada limpieza se comprueba con linterna. Luego pasa a limpiarse los fermentadores con todos sus respectivos accesorios, desmontarlos y lavarlos con esmero.

Se utilizan para lavar, soluciones alcalinas y luego soluciones ácidas para neutralizar. Es decir, una limpieza con solución alcalina a 80°C, con el objetivo de limpiar las incrustaciones, y desinfectar como 2da opción, pero su función de desinfección es casi nula ciertas veces, debido a que hay microorganismos que la resisten. Luego se hace un recirculado con agua limpia. Después del recirculado con agua, se agrega una solución de ácido peracético a 60 – 80°C, con

la función de anular cualquier resto de solución alcalina que haya quedado y desinfección. Luego como parte final hacer circular agua limpia, verificando con un papel indicador, para asegurar neutralidad completa de las soluciones. Dejar todo el equipo abierto hasta su uso, para evitar la proliferación de M.O.

Cabe recordar que, para trabajar con este tipo de soluciones para limpieza, necesitamos un equipo de protección especial para estos químicos (gafas, guantes, vestimenta y calzados adecuados).

1.3.2 Tratamiento del Agua

El agua utilizada para elaborar el mosto procederá de la red pública y debe ser fresca, no almacenada durante días.

Se utilizarán filtros de carbono y de partículas justo antes de su uso, con el objetivo de eliminar compuestos orgánicos presentes en el agua de la red.

El agua siempre contiene siempre un mínimo de oxígeno disuelto, para eliminar este oxígeno disuelto, que puede llegar a provocar la oxidación en caliente, se añadirán 5g de ácido ascórbico en polvo por cada hectolitro de agua. Éste reaccionará con el oxígeno y lo metabolizará, haciéndolo pasar desaparecer como reactivo.

Esta agua no debe tener deficiencias de Calcio, debido que es un ión esencial para que la levadura pueda llevar a cabo una fermentación correcta y sedimente al finalizar la misma (evitando turbidez).

Para lograr una mayor calidad en el producto a veces es necesario añadir al agua sales en pequeñas proporciones, según la receta que se quiera elaborar y la calidad del agua de la red. Para esto, en primer lugar, se realizará un estudio del agua de red a partir de los datos que nos brinde el laboratorio, para poder conocer los parámetros medios y como varían. Las sales

que se pueden añadir son, cloruro de calcio (para cervezas con mayor carácter de malta), sulfato de calcio (cerveza con mayor carácter de lúpulo) y ácido fosfórico, para regular el pH; todas ellas de grado alimentario.

Se debe ajustar el pH del agua tratada para lavar el grano posteriormente a la maceración a 5,7, para evitar extraer sustancias indeseadas de la malta que aportarían sabores ásperos y desagradables.

1.3.3 Molienda de la Malta.

Se debe moler la malta de la cebada para posibilitar que las enzimas que contienen actúen sobre sus componentes, descomponiéndolos durante la maceración. La molienda es un proceso de trituración mecánica, en donde las cáscaras deben ser tratadas cuidadosamente, dado que se las necesita como material filtrante del mosto. Es importante moler la malta justo antes de mezclarla con el agua en la maceración para evitar la oxidación de los ácidos grasos.

Figura 10.

Molino de dos rodillos¹¹

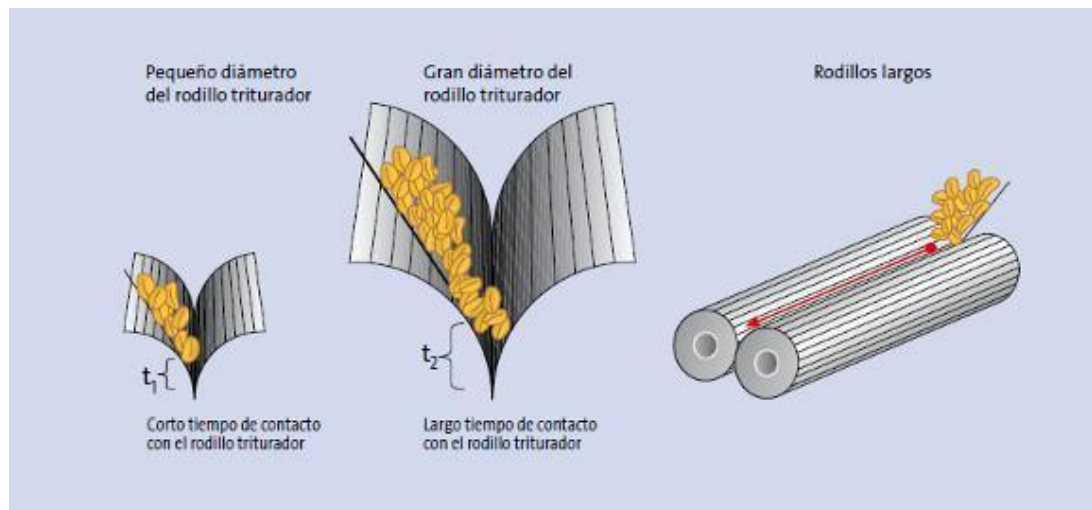


¹¹ Fuente: <http://micro-cervecerías.cervezartesana.es/>

Los molinos son de rodillos, el grano al pasar por estos rodillos es aplastado y descascarado. Los rodillos son estriados para aumentar la fricción y ruedan en sentido contrario uno del otro. La eficacia y capacidad de un molino depende de la longitud, diámetro, velocidad y separación de los rodillos. El aplastado tiene dos efectos, la compresión y el pelado del grano. La compresión está relacionada con la distancia entre los rodillos, y el pelado o descascarado depende de la velocidad de rotación de estos. Generalmente esa distancia entre rodillos debe ser de 1mm.

Figura 11.

Detalle de diferentes tipos de rodillos¹²



1.3.4 Maceración

La maceración es el proceso más importante en la fabricación del mosto. Es el proceso de combinación física del agua con la cebada malteada, las maltas especiales y los adjuntos

¹² <http://www.krones.com/>

preparados con almidones. Los componentes de la malta entran así en solución, y con ayuda de las enzimas, se los obtiene como extractos.

1.3.4.1 Propósito de la maceración. Solamente una pequeña parte de los componentes de la molienda son solubles. Pero a la cerveza solamente pueden pasar sustancias solubles. Por ello es necesario, que las sustancias insolubles de la molienda sean convertidas en sustancias solubles durante la maceración. Las sustancias que entran en solución son denominadas extracto. Son solubles los azúcares, las dextrinas, las sustancias minerales y ciertas proteínas. Son insolubles el almidón, la celulosa, una parte de proteínas con alto peso molecular y otros compuestos que forman parte del bagazo.

El propósito de realizar la maceración es para lograr la degradación completa del almidón para la obtención de azúcares y dextrinas que son solubles (límites no coloreables con yodo). Esta cantidad de extractos se consigue durante la maceración, por la actividad de las enzimas, las cuales deben actuar con sus temperaturas óptimas. A mayores temperaturas por encima de su óptima tiene lugar la inactivación, debido a un desdoblamiento tridimensional de la enzima (desnaturalización). Las enzimas trabajan también a menores temperaturas, pero su actividad se ve más lenta. Dado que la estructura tridimensional de las enzimas se modifica también en dependencia del valor del pH, resulta de ello una dependencia de la actividad enzimática del valor pH. La actividad enzimática alcanza un valor óptimo con un valor de pH, específico para cada enzima, y disminuye con mayores y menores valores de pH.

1.3.4.2 Degradación del almidón. Las enzimas amilasas degradan el almidón de la siguiente manera:

- La α –amilasa degrada las cadenas de almidón a dextrinas más pequeñas. Trabaja a temperaturas de 72 a 75°C, y es destruída rápidamente a 80°C. El valor de pH óptimo se encuentra de 5,6 a 5,8.

- La β – amilasa disocia maltosa de los extremos de cadena no reducidos, pero también se forman glucosa y maltotriosa. Actúan a temperaturas de 60 a 65°C, muy sensibles a temperaturas mayores, siendo inactiva a 70°C. El valor de pH óptimo es de 5,4 a 5,5.

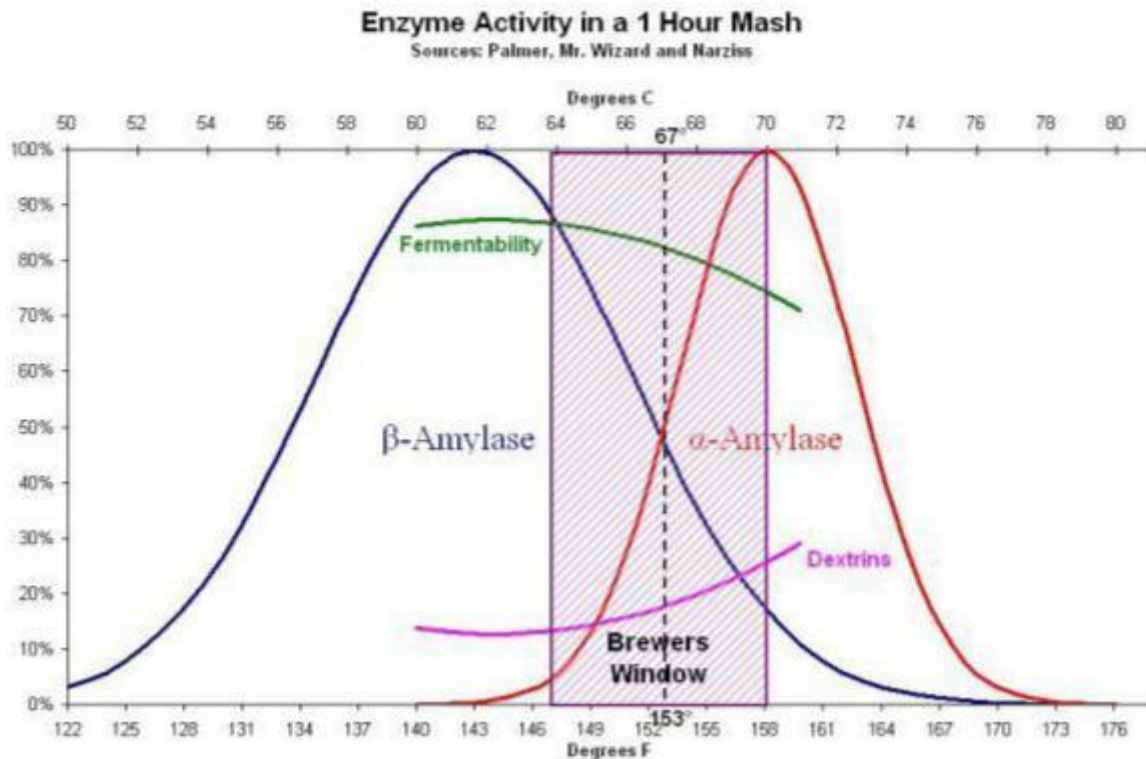
Es importante controlar la degradación del almidón, dado que si no se consigue su degradación causa un enturbiamiento en la cerveza. El control de la degradación del almidón se realiza por medio de la tintura de yodo. Este examen es llamado ensayo de yodo y se realiza siempre con la muestra enfriada de mosto. La solución de yodo produce una coloración de azul a rojo con almidón y dextrinas mayores, mientras que azúcares y dextrinas menores ya no causan coloración en la tintura de yodo. Este proceso de degradación de moléculas de almidón al estado de reacción normal al yodo es llamado sacarificación.

La fracción porcentual de azúcares fermentables en el extracto total del mosto determina la atenuación límite. Por medio de esta atenuación, se establece el contenido alcohólico de la cerveza y con ello se influye decisivamente sobre el carácter de la cerveza.

- Temperaturas de maceración. Macerando a temperaturas de 62°C a 64°C se obtiene el contenido más alto posible de maltosa y la mayor atenuación límite. Los mostos ricos en maltosa fermentan más rápido y mantienen durante más tiempo la levadura en suspensión. Macerando a temperaturas de 72 a 75°C se obtienen cervezas ricas en dextrinas con baja atenuación límite.

Figura 12.

Temperaturas óptimas de las enzimas (α -amilasa y β -amilasa), porcentaje de azúcares fermentables y porcentaje de dextrinas en 1 hora de macerado¹³



- Duración de la maceración. Se distinguen dos etapas en la actividad de las enzimas dependientes del tiempo: El máximo de actividad enzimática es alcanzado luego de 10 a 20 minutos. A temperaturas entre 62 a 64°C que a 67 a 68°C. Luego de 40 a 60 minutos, la actividad enzimática disminuye primeramente de forma rápida, pero la reducción de actividad decrece de forma continua. El proceso de maceración dura entre 60 y 90 minutos.

¹³ Fuente: <http://brewmasters.com.mx/>

- Valor de pH de la maceración. La actividad de las enzimas depende del pH. El pH es una medida numérica ya sea de acidez, neutralidad o alcalinidad. Neutral valor 7.0, menos de 7.0 ácido, más de 7.0 alcalino. El rango óptimo del pH es de 5,4 a 5,6 en la maceración, para ambas amilasas, incrementando así el contenido de extracto ya que se forman más azúcares fermentables y aumenta la atenuación límite.
- Valor del empaste (Relación kg de agua: kg malta). El empaste es la relación entre kg o litros de agua: kg de malta de cebada del primer mosto. En las maceraciones con una proporción de kg de malta mpas elevada, las enzimas están más protegidas de una activación térmica demasiado rápida. De esta manera aumenta la cantidad de azúcares fermentables y con ello la atenuación límite. Los valores más habituales de empaste son de 2,5: 1 a 3:1. Concentraciones de 2:1 retrasarían el proceso de filtración.

1.3.4.3 La degradación de sustancias albuminoides. Durante la cocción del mosto son precipitadas todas las proteínas de alto peso molecular, con excepción de reducidas cantidades. La degradación enzimática de las proteínas tiene objetivos como, eliminar un exceso de proteínas para evitar que se formen turbiedades en la cerveza final, y mantener las proteínas para conseguir que la cerveza final disponga de cuerpo y de espuma estable.

Para eso en nuestro caso, cervecería chica, empezaremos con maceraciones a 60°C puesto que al no filtrar el producto para eliminar la levadura son cervezas con turbiedad natural y, el hecho de que las proteínas provoquen turbiedad no es importante. Un exceso de proteínas no nos provocará inestabilidad del sabor de la cerveza a largo plazo debido a que vendemos la cerveza en menor cantidad de tiempo que industriales. El exceso de estas proteínas nos ayudará a entregar una cerveza con buen cuerpo y espuma cremosa diferenciándose de una cerveza industrial.

1.3.4.4 Proceso de la maceración. El primer paso es mezclar la malta molida con el agua tratada dentro del tanque de maceración. Debe realizarse de manera que el agua y la molienda sean mezcladas íntimamente entre sí y sin que se formen grumos. Para ello utilizaremos una pala cervecera con la que iremos revolviendo de forma lenta y constante. En este punto es importante evitar inclusión de oxígeno junto con la malta entrante.

Una vez todo mezclado, ajustaremos el pH a un valor de 5,2, en caso de corregir, lo haremos con ácido fosfórico en cantidades muy pequeñas, chequeando el pH hasta llegar al pH objetivo. Tener en cuenta que las maltas acidifican el mosto, siendo las maltas especiales las que mayor variación producen, por lo que se debe tener precaución con la cantidad que se adiciona.

Una vez ajustado el pH, comienza el proceso de maceración en el que se debe incrementar la temperatura de la mezcla hasta alcanzar las temperaturas óptimas de las enzimas que se desea dejar de actuar, así como mantener los tiempos de reposo a esa temperatura. No se debe macerar más de 120 minutos ni aumentar las temperaturas de las diferentes etapas a más de 1°C por minuto.

La temperatura de macerado va a ser entre 66 a 68°C, para lograr una cerveza con más cuerpo. Finalizado el macerado, se procede a trasegar toda la mezcla hasta el tanque de filtrado.

1.4 Filtración del Mosto

Al final el proceso de la maceración, se obtiene una mezcla acuosa de sustancias disueltas y no disueltas. La solución acuosa de los extractos se denomina mosto, mientras que las partes no disueltas se llaman bagazo. El bagazo está compuesto principalmente con cáscaras, embriones y otras sustancias que no entraron en solución durante la maceración. Para fabricar la cerveza lo que necesitamos es el mosto, por ende, debe ser separado.

Primero se filtra el mosto directo a la olla de cocción, por medio de un densímetro tomamos la densidad, para saber si nos encontramos en una densidad óptima para un arranque de cocción. En esta parte del proceso nos encontramos con elevadas densidades, debido a que queda extracto contenido, por ende, este extracto deber ser recuperado, para obtener un rendimiento óptimo. Es por esto por lo que pasamos a la segunda parte del proceso de filtración, que es el lavado del bagazo con agua caliente para lograr extraer como ya dijimos el extracto soluble. Para esto el primer mosto deberá tener un contenido de extracto del 4 a 6% mayor que la cerveza a fabricar, para que luego el mosto obtenido del lavado del bagazo no infiera demasiado.

El agua es gentilmente agregada en tandas, controlando la densidad permanentemente. El objetivo es reemplazar gradualmente el mosto con agua, deteniendo el lavado cuando la densidad es 1.008 o cuando se ha recolectado la cantidad suficiente de mosto, lo que suceda primero.

Para filtrar el mosto, se debe recircular extrayéndolo por la válvula inferior y enviándolo por la parte superior del tanque, generando por así decirlo una homogeneización de la masa. Este mosto, es controlado mediante un visor colocado junto a la manguera de succión de la bomba.

Figura 13.

Mosto una vez finalizado la recirculación



Nota: Se observa la claridad del mosto una vez finalizado el proceso de recirculación de este. Extraído de Sancho, 2015¹⁴.

1.4.1 Equipo de Filtración del Mosto.

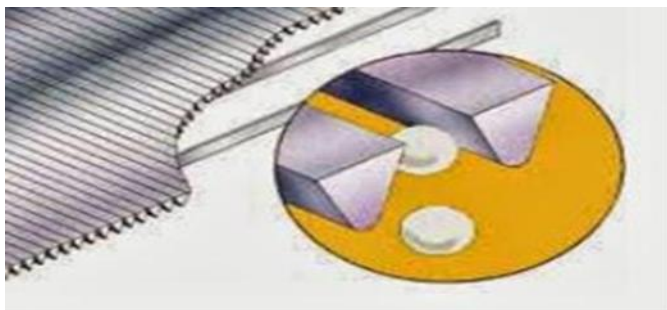
La cuba de filtración es un depósito con un mayor diámetro con respecto a la altura y con una capacidad de aproximadamente del 80% del total de litros que se pretende producir. El piso es plano y tiene una salida inferior en el centro. Posee un falso fondo desmontable, formado por unas varillas triangulares en forma de “v”. De esta forma es muy difícil que se atasque el filtro, reduciendo el tiempo de filtrado. Este falso fondo está formado de varias piezas para facilitar el desmontado a la hora de la limpieza.

Se puede observar en la siguiente imagen cómo debería ser un falso fondo para la recirculación del mosto.

¹⁴ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 72

Figura 14.

Falso fondo con varillas triangulares¹⁵



Dispone también de un agitador formado por unas cuchillas colgantes que permitan “cortar” la cama de grano filtrante de forma uniforme. Tiene una apertura superior y una lateral a la altura de la criba para poder sacar el grano una vez concluido el proceso de filtrado, así como desmontar y retirar el falso fondo para su limpieza. También incluye una bola de limpieza CIP en la parte superior¹⁶.

¹⁵ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 73.

¹⁶ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 71 a 74.

1.5 Cocción del Mosto

El mosto obtenido se cuece en un tiempo de alrededor de entre 60 y 90 minutos. A medida que transcurre este tiempo, se van adicionando los lúpulos. El lúpulo es una planta trepadora de la cual se utilizan las flores femeninas para dar el amargor. Al agregar lúpulo en el tiempo de cocción, éste le transfiere componentes amargos y aromáticos, al isomerizarse la α -ácido insoluble en iso- α -ácidos solubles. Al mismo van precipitando sustancias albuminoides.

La cocción del mosto ocurre en la olla de hervor, que está equipada con todo lo necesario para la cocción. El producto final de este proceso de hervor es llamado mosto caliente.

Es en este momento de calentamiento cuando se produce la reacción de Maillard y las reacciones asociadas, que son las que van a dar lugar al color de la cerveza.

1.5.1 Reacción de Maillard.

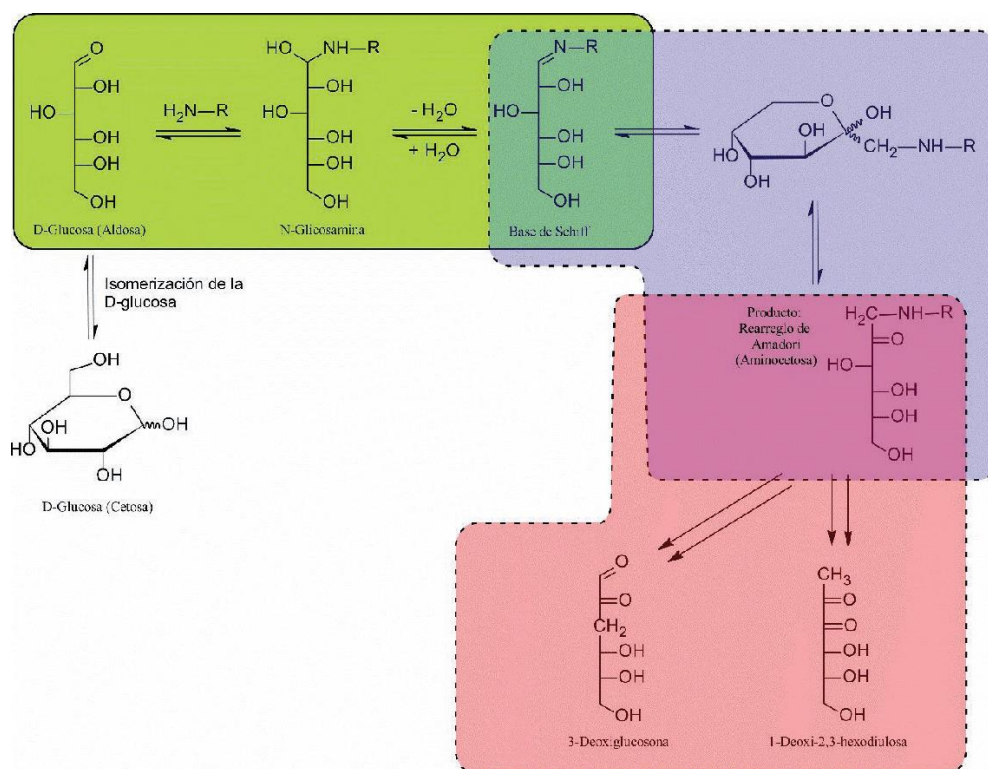
El reordenamiento de Amadori y la degradación de aminoácidos de Strecker: La reacción de Maillard es una reacción química entre aminas (aminoácidos o proteínas) y compuestos carbonílicos (carbohidratos, aldehídos y cetonas) para crear productos marrones insolubles llamados melanoidinas. Para que se produzca esta reacción, el grupo carbonilo reactivo del carbohidrato (cuando está en su forma aldosa) interacciona con un grupo amino nucleofílico libre de un aminoácido o de una proteína en una reacción que se conoce como condensación (**Figura 15**, parte en verde) y, de esta manera, se genera la pérdida de una molécula de agua para formar una glicosilamina *N*-sustituida (conocida como base de Schiff). Esta reacción es la base de la industria de aromatizantes.¹⁷

¹⁷ Martins, S.; Martins, S. I. F. S.; Jongen, W. M. F. *Trends Food Sci. Technol.* **2001**, 11, 364–373.

Los reordenamientos de las bases de Schiff dan lugar a la formación de aminocetosas mediante un proceso conocido como “reordenamiento de Amadori” (**Figura 15**, sección azul). La cetoamina que resulta del reordenamiento de Amadori es un intermediario importante en la química de Maillard pues puede degradarse y formar una variedad de compuestos carbonílicos como la 3-deoxiglucosona y la 1-desoxi-2,3-hexodiulosa (**Figura 15**, sección roja), que son mucho más reactivas que el carbohidrato original.¹⁸

Figura 15.

Reacción de Maillard y rearreglo de Amadori ($R = \text{aminoácido o proteína}$)¹⁹²⁰



Cuando un aminoácido libre como la valina reacciona con un compuesto α -dicarbonílico (como la 3-desoxiglucosona o 1-desoxi-2,3-hexodiulosa de la **Figura 15**, sección azul) se

¹⁸ Horvat, Š.; Jakas, A. *J. Pept. Sci.* **2004**, *10* (3), 119–137.

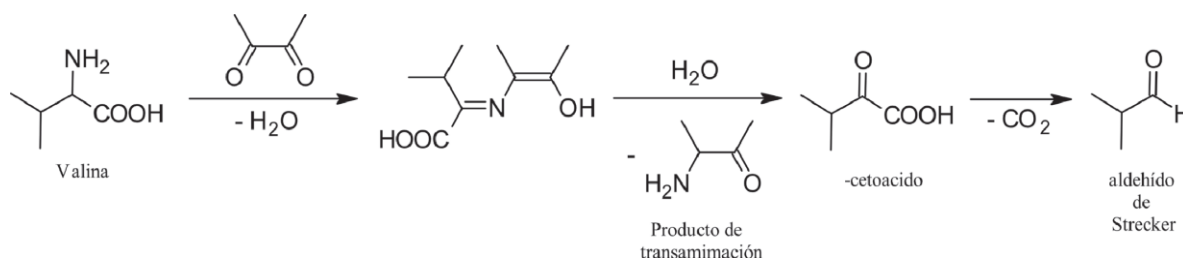
¹⁹ Kuchel, L.; Brody, A. L.; Wicker, L. *Packag. Technol. Sci.* **2006**, *19* (1), 25–32.

²⁰ Baert, J. J.; De Clippeleer, J.; Hughes, P. S.; De Cooman, L.; Aerts, G. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60* (46), 11449–11472.

produce la degradación de Strecker (**Figura 16**). Esta reacción implica un proceso de transaminación, seguido de la descarboxilación del α -cetoácido subsiguiente para producir CO_2 . El compuesto resultante es un aldehído con un átomo de carbono menos que el aminoácido de origen (**Figura 16**).

Figura 16.

Degradación de aminoácidos de Strecker²¹²²



La combinación de algunos de los productos generados en todas las reacciones mencionadas da lugar a la formación de las melanoidinas coloreadas, que son las responsables de las diferentes tonalidades de amarillo o marrón que observamos en los diferentes tipos de cerveza.

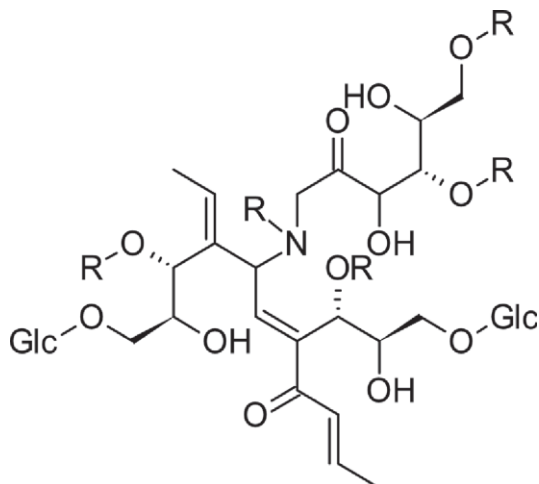
El mecanismo de formación de estas melanoidinas no está del todo claro, pero se sabe que son polímeros y copolímeros nitrogenados de color marrón cuyas estructuras no han sido definidas, aunque existen estructuras propuestas basadas en carbohidratos, como el de la **Figura 17**.

²¹ Kuchel, L.; Brody, A. L.; Wicker, L. *Packag. Technol. Sci.* **2006**, 19 (1), 25–32.

²² Baert, J. J.; De Clippeleer, J.; Hughes, P. S.; De Cooman, L.; Aerts, G. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, 60 (46), 11449–11472.

Figura 17.

Estructura propuesta de Melanoidinas basadas en carbohidratos, Glc= glicin, R = H, Glc, (Glc) n^{2324}



1.5.2 Procesos importantes en la cocción.

Durante la cocción del mosto ocurren los siguientes procesos de especial importancia:

- Disolución y transformación de componentes del lúpulo
- Formación y precipitación de proteínas y polifenoles
- Evaporación del agua
- Esterilización del mosto
- Destrucción de todas las enzimas
- Reducción del pH del mosto
- Evaporación de sustancias aromáticas indeseadas

²³ Cämmerer, B.; Jalyschko, W.; Kroh, L. W. *J. Agric. Food Chem.* **2002**, 50 (7), 2083–2087.

²⁴ Wang, H. Y.; Qian, H.; Yao, W. R. *Food Chem.* **2011**, 128 (3), 573–584.

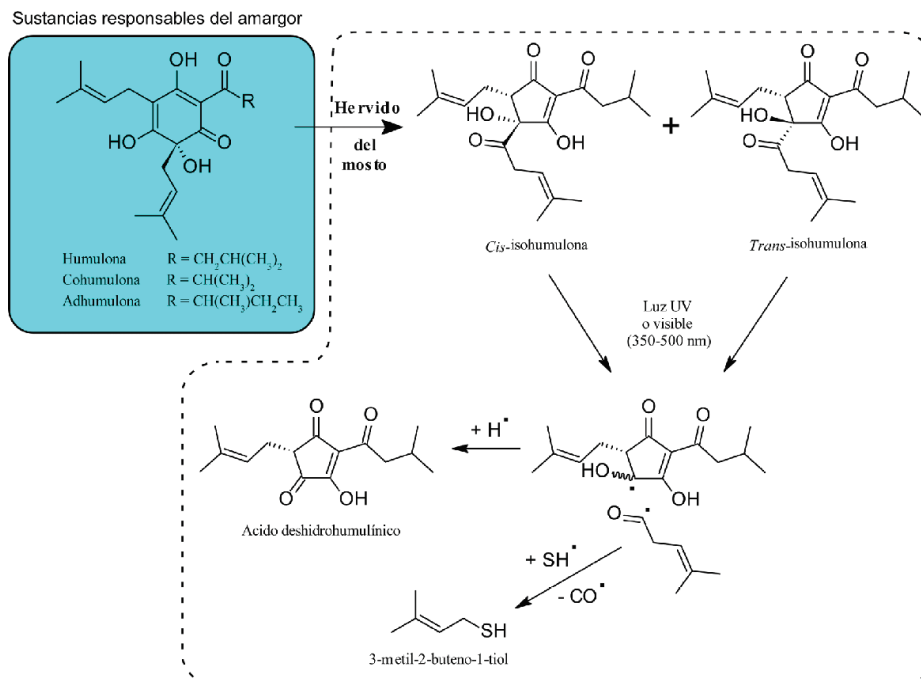
Cuanto más tiempo hierve el lúpulo en el mosto, más amargor le aporta, por ende, más se evaporan los aceites que otorgan el aroma. El lúpulo es agregado en una proporción aproximada de 6 gramos por cada 10 litros de mosto (regla general, que puede ser reformulada en función de la variedad de lúpulo, estilos, etc). Si solo se usa lúpulo para amargor, deberá agregarse al inicio de la cocción, pero si además de agrega para un aporte aromático se recomienda proceder así: 3 g/l al inicio (amargo) y 3g/l en los minutos finales de la cocción.

1.5.2.1 Disolución y transformación de componente de lúpulo. Los componentes más importantes del lúpulo en la fabricación de cerveza son: las resinas o compuestos amargos, los aceites esenciales y los taninos.

Las resinas o los compuestos amargos son los componentes más importantes puesto que le otorgan a la cerveza su característico sabor amargo. Los α -ácido son completamente insolubles en mosto frío. En el mosto en cocción ocurren cambios en la estructura de los α -ácidos denominados isomerización. Los compuestos iso que se forman son mucho más solubles que éstos compuestos originales.

Solamente un tercio del total de los α -ácidos agregados con el lúpulo durante la cocción, son isomerizados. Este proceso de isomerización implica la contracción del anillo de seis miembros del compuesto α -ácido a un anillo iso- α -ácido de cinco miembros con dos centros quirales a través del reordenamiento de aciloides, dando como resultado los diastereoisómeros cis y trans.

Figura 18.

Humulonas y degradación oxidativa de iso- α -ácidos)²⁵

Estos iso- α -ácidos son cromóforos sensibles a la luz, por lo que su presencia activa la ruptura de enlaces que conduce a la formación de un par de radicales cetilos, las cuales dan lugar a nuevas sustancias como el 3-metil-2-buteno-1-tiol, también conocido como "thiol skunky", que tiene alto impacto en el sabor²⁶. El rendimiento de isohumulona en la cocción y consecuentemente el amargor de la cerveza dependen esencialmente de:

- Naturaleza de la isohumulona: Los diferentes componentes de los α -ácidos son isomerizados con diferente intensidad. La cohumulona da los mejores rendimientos de isohumulona. Utilizando variedades de lúpulo con mayor proporción de cohumulona se obtiene un mayor amargor en la cerveza con una menor cantidad de lúpulo.

²⁵ Urban, J.; Dahlberg, C. J.; Carroll, B. J.; Kaminsky, W. *Angew. Chemie - Int. Ed.* 2013, 52 (5), 1553–1555.

²⁶ M. Vanhoey, M. Vandewalle, M. V. J. *Inst. Brew.* 1970, 105, 372–378.

- Duración del proceso de cocción: Cuanto más dura la cocción, mayor es el rendimiento de isohumulona. La mayor parte de los α -ácidos es isomerizada al inicio de la cocción, creciendo el rendimiento cada vez más lentamente, a medida que aumenta la duración de la cocción. Después de 1h de cocción, la mayor parte de los compuestos amargos está isomerizada.
- Valor de pH: Un valor de pH más alto da siempre como resultado una mejor isomerización, pero el amargor obtenido a un pH más bajo siempre es considerado más balanceado y fino.
- Precipitación de isohumulonas con el trub de cocción: Una parte considerable de la isohumulona es absorbida por el trub de cocción (sustancias precipitadas de desecho).
- El grado de trituración del lúpulo: La trituración incrementa la velocidad de extracción y con ello el rendimiento de los compuestos amargos, un ejemplo claro es la utilización de lúpulo en pellets.

La esencia del lúpulo es volátil durante la cocción de mosto, tanto más, cuanto más se lo cuece. Los diferentes aceites esenciales del lúpulo huelen muy diferentemente fuerte y agradable. Por ello, dependiendo del perfil aromático que se quiera aportar a la cerveza, se agregará el lúpulo en un tiempo u otro. Si se desea retener estos aceites esenciales para otorgar sus aromas a la cerveza, se deberá agregar el lúpulo aromático entre los últimos 15-20 minutos antes de bombear el mosto caliente.

Los polifenoles del lúpulo son solubles en agua y entran inmediatamente en solución. A estos polifenoles de lúpulo pertenecen los antocianógenos, los taninos y las catequinas. Tienen una participación esencial en la floculación. Los polifenoles contribuyen al cuerpo y al amargor de la cerveza, aunque el amargor que proporcionan no es muy deseado. Los antocianógenos

pueden poner en peligro la estabilidad de la cerveza puesto que polimerizan con elevada intensidad en el desarrollo posterior de la cerveza.

1.5.2.2 Precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles. Las proteínas (sustancias albuminoides) están relacionadas en la cerveza con la espuma, la formación de la turbidez y la nutrición de la levadura. Poseen una gran afinidad con los polifenoles (taninos) para formar compuestos que precipitan. Los taninos del lúpulo y de la malta se disuelven completamente en el mosto y se combinan con las sustancias albuminoideas complejas del mosto.

Los taninos de la malta tienen aquí una inercia de reacción algo mayor que los del lúpulo. Dado que los taninos se encuentran parcialmente en forma oxidada y que las sustancias albuminoideas tienen diferentes tamaños moleculares, resultan diferentes compuestos con distintas propiedades.

Se conoce como “trub de cocción”, a los flóculos formados en el mosto durante la cocción. El maestro cervecero deberá intentar que precipiten la totalidad de estos compuestos. La precipitación es favorecida por:

- Una mayor duración de la cocción (90 minutos es lo adecuado)
- Un movimiento intensivo durante la cocción favorece la reacción entre las proteínas y los polifenoles.

- Un valor bajo de pH (5,2 es el valor óptimo).

El mosto caliente (ya clarificado), contiene aproximadamente 1000 mg de Nitrógeno total/l. De estos corresponden una fracción de 200 mg/l (150-350 mg/l) a Nitrógeno precipitable con Sulfato de Magnesio ($\text{MgSO}_4\text{-N}$). Con este método se cubren los componentes proteicos de alto peso molecular. Existe una relación entre el $\text{MgSO}_4\text{-N}$ y la espuma de la cerveza. Un mayor valor de $\text{MgSO}_4\text{-N}$ permite esperar una mejor retención de la espuma.

Aparte de esto, se determina en el mosto caliente el aminonitrógeno libre (FAN), a través del cual se cubren los aminoácidos y los grupos amino terminales de los péptidos y proteínas. Para una fermentación satisfactoria se requieren 220 a 250 mg de aminonitrógeno libre por litro en el mosto caliente. Dado que la levadura no puede utilizar todos los aminoácidos, permanecen todavía en la cerveza 100 a 120 mg de FAN por litro.

Reduciendo la duración de la cocción queda más nitrógeno coagulable en el mosto, permitiendo esperar una mejor retención de la espuma. Son deseables 20 a 30 mg de nitrógeno coagulable/litro de mosto frío.

Algunos compuestos de degradación de taninos y proteínas permanecen en solución durante la cocción del mosto y precipitan durante el enfriamiento del mosto como trub en frío. Estos compuestos tienen un elevado peso molecular y son formadoras potenciales de espuma. Es por ello, que es interesante no precipitar todas estas proteínas para mejorar la retención y formación de espuma, pero debe tenerse en cuenta que el riesgo de turbidez es más elevado.

1.5.2.3 Destrucción de las enzimas. Debido a la cocción del mosto se destruyen totalmente las pocas enzimas todavía presentes. De esta forma, no es posible una modificación posterior descontrolada de la composición del mosto. En el caso de que se debiera realizar alguna modificación del mosto, se debe agregar más tarde la infusión de malta para degradar totalmente el almidón hasta el estado de reacción normal al yodo o hasta azúcares fermentables.

1.5.2.4 Descenso de pH. El mosto se acidifica levemente, por ser ácidas las melanoidinas formadas durante la cocción y porque el lúpulo también contribuye con algo de ácido. El valor óptimo del pH durante la cocción del mosto está entre 5,0-5,2.

Muchos procesos importantes se desarrollan mejor o más rápidamente con un valor de pH más reducido, tales como:

- Precipitación de los compuestos formados por proteínas y polifenoles

- Se minimiza el aumento de coloración del mosto
- Amargor de lúpulo más fino y noble
- Mayor dificultad para que se desarrollen microorganismos no deseados

1.5.2.5 Evaporación de sustancias aromáticas indeseables. En el mosto están contenidas una serie de sustancias aromáticas más o menos volátiles, que en parte no ejercen una buena influencia sobre el aroma de la cerveza. A los efectos de lograr establecer un perfil aromático óptimo, es necesario quitar del mosto estas sustancias aromáticas indeseadas. Estas sustancias indeseadas incluyen, a parte del sulfuro de dimetilo (DMS), también productos de degradación de grasas, como el hexanal, algunos aldehídos de Strecker, como el 2-metilbutanal, el cual es un indicador de una pobre estabilidad de sabor, y productos de Maillard, como el furfural.

El control principal se dirige hacia la disociación térmica del precursor del DMS y a la purga del DMS libre, el cual, en caso contrario, puede dejar en la cerveza aromas de sabor a verduras. Durante el malteado se debe conseguir una disociación exhaustiva del precursor y una purga del DMS libre, dado que no es posible reparar durante la cocción una purga insuficiente de DMS causada durante la fabricación de la malta. Es importante por ello, que el contenido de precursor de DMS en la malta no sea mayor que 5mg/kg de malta.

Con el aumento de la duración de la cocción se impulsa la disociación térmica del precursor de DMS, la S-metilmetionina y se purga el DMS libre. En el caso de un acortamiento de la duración de cocción, aparece una posformación de DMS libre después de la finalización de la cocción.

Se debe prestar especial atención a la purga del DMS libre formado posteriormente. Esto es necesario para obtener una buena espuma en la cerveza y una buena estabilidad del sabor.

Para ello, la eficiencia de evaporación debe de ser buena para evitar sabores atípicos tanto en la cerveza fresca como en la cerveza madura.

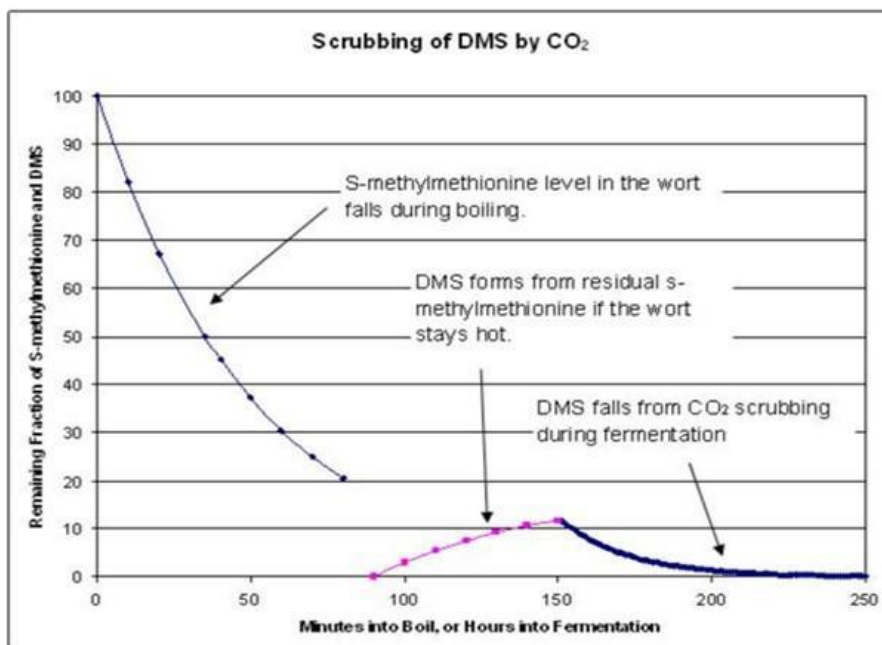
Otra buena medida a adoptar consiste en refrigerar el mosto antes del Whirlpool, a una temperatura aproximada de 85°C, para evitar la formación de DMS libre por disociación térmica. Esto se consigue instalando un intercambiador de calor de placas entre la salida del depósito de cocción y la entrada al Whirlpool.

También durante la fermentación se separa todavía DMS libre con los gases de fermentación. Aunque en lo esencial, el contenido de DMS del mosto al inicio de la fermentación se encuentra nuevamente en la cerveza terminada²⁷.

A continuación, se muestra un gráfico en el que se observa el lavado o depuración de S-metilmetionina y DMS en los procesos de cocción y fermentación en minutos (cocción) y en horas (fermentación).

²⁷ **Wolfgang Kunze (2006)**. Tecnología para cerveceros y malteros Pág. 322 a 330.

Figura 19.

Evaporación de sustancias aromáticas de la cocción y la fermentación

Nota: Se observa la evaporación de sustancias aromáticas indeseables, tales como el DMS, tanto en la cocción como en la fermentación.²⁸

1.5.2.6 Adición de lúpulo. Durante la cocción del mosto se agrega el lúpulo y se deja hervir con el mosto, produciéndose la isomerización de los α -ácidos, otorgando amargor a la cerveza. Dependiendo de la cantidad de lúpulo, de la densidad del mosto y del tiempo que éste hierva se obtendrá un amargor mayor o menor o incluso se logrará retener algunos de sus aromas volátiles.

El amargor se expresa en las unidades de amargor IBU (International Bitterness Unit), en las que 1 IBU equivale a 1 mg de α -ácidos por litro de cerveza. Cada estilo de cerveza tiene un

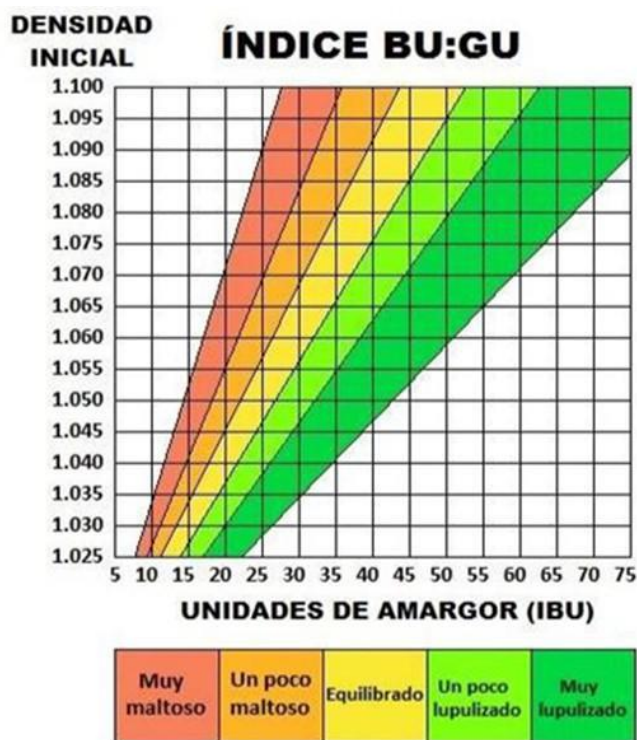
²⁸ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 79.

rango de valores de IBU determinados. A continuación, se muestran valores típicos de unidades de amargor en diferentes estilos de cerveza:

- 10 - 20 IBU cervezas de Trigo
- 20 - 25 IBU cervezas tipo Bock
- 20 - 25 IBU cervezas caramelizadas, märzenbier.
- 23 - 30 IBU cervezas tipo Lager no industriales
- 30 - 40 IBU cervezas tipo Pilsen
- 35 - 60 IBU cervezas tipo Stout

Figura 20.

*Índice de amargor en base a la densidad inicial*²⁹



²⁹ Índice BU: GU, recuperado el día 03/12/14. <https://cervezomicon.com/2014/12/03/indice-bugu/>

Nota: Perfil de la cerveza según la densidad del mosto al final de la cocción dependiendo de las unidades de amargor (IBU).

A medida que el lúpulo hierve por más tiempo en el mosto, se pronuncia el amargor; mientras que, cuanto menos tiempo está hirviendo, mayor es el sabor y el aroma que permanece en el mosto, es necesario tener en cuenta la densidad del mosto al finalizar el hervor para por estimar de forma más precisa cual será el perfil final otorgado por el lúpulo a la cerveza (Aftyca, 2016).

Diferentes autores han estudiado la cinética de isomerización de los AA, y han observado que entre 60 y 75 minutos de hervor alcanzan para completar la reacción casi totalmente. Quiere decir que un lúpulo en pellet sometido a hervor durante al menos 60 minutos conseguirá un grado de utilización (%U) total de entre 34 y 35%, como muestra la tabla 2. La siguiente tabla muestra la evolución del grado de utilización de los lúpulos para flor y pellet.

Tabla 3.

Grado de aprovechamiento del lúpulo según el tiempo de hervor

Tiempo de hervor en minutos	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
más de 60	27	34

1.5.2.7 Proceso de cocción del mosto. A medida que el mosto va entrando en la olla de hervor se comienza a calentar para que empiece justo a hervir en el momento que acabe la filtración. En el momento que el mosto alcance una temperatura por encima de 85°C se puede hacer la primera adición de lúpulo. Puede añadirse algún lúpulo aromático en este momento, esta técnica se conoce como First Wort Hopping (primera lupulización), puesto que al no hervir el mosto aún, algunos de los componentes aromáticos del mosto se enlazarán con otras moléculas y no se volatilizarán cuando comience la cocción.

La ebullición durará 90 minutos y debe ser vigorosa. De esta forma se consigue eliminar gran parte del turbio causado por las proteínas y los polifenoles. Para dar amargor, generalmente se emplearán lúpulos con elevados niveles de α -ácidos y hervirán como mínimo 60 minutos. Para aportar sabor a lúpulo, éste se debe agregar entre 20 y 5 minutos antes del final del hervor. Si se quiere potenciar el aroma, se tiene que agregar lúpulo con alto contenido en aceites esenciales entre 5 y 0 minutos antes del final del hervor.

En conclusión, los motivos por lo que se realiza la cocción son: para su esterilización, para coagular proteínas y así poder eliminarlas posteriormente y para obtener el amargor del lúpulo.

1.5.3 Filtración del trub caliente.

El mosto caliente es bombeado hasta el Whirlpool o centrifugadora. Debe evitarse a toda costa que se introduzca oxígeno durante el bombeo. Para ello se realizará una purga con agua en todas las mangueras y componentes que se encuentren en el camino del mosto. Como se ha visto anteriormente, se coloca un enfriador de placas para descender la temperatura del mosto hasta 85°C durante el camino hasta el whirlpool.

En este momento deben eliminarse los sólidos presentes junto al mosto (restos de lúpulo y polímeros de proteínas y polifenoles). El whirlpool es un recipiente cilíndrico de acero inoxidable, sin piezas interiores, con fondo plano, en el cual el mosto es introducido tangencialmente por bombeo. De este modo, se produce un flujo rotatorio en el recipiente que causa que el trub caliente sedimente formando un cono en el centro del recipiente. Finalmente, el mosto es extraído lateralmente, dejando el cono de trub en el centro del recipiente. Este proceso conocido como centrifugación, tardará 45 minutos aproximadamente. El trasiego durará 30 minutos, pero en ese momento deben esperarse otros 15 minutos para que las partículas que sigan en suspensión decanten poco a poco. Si estos sólidos fueran trasegados junto al mosto a los tanques de fermentación, la calidad de la cerveza se vería afectada gravemente de forma negativa.

1.6 Enfriado del Mosto

Dado que la levadura sólo puede fermentar a bajas temperaturas (entre 8 y 24°C, según el tipo de levaduras a usar), se debe enfriar el mosto caliente lo más rápidamente posible, ya que tras la cocción y centrifugación todavía tiene unos 77°C. Durante este proceso el mosto primeramente brillante se enturbia, debido a la formación del trub en frío que debe ser separado. Para una rápida realización de la fermentación se le debe suministrar de forma óptima aire a la levadura, sólo cuando este se encuentre a baja temperatura, de lo contrario se oxidaría el mosto, significando una importante pérdida de calidad de la cerveza final.

1.6.1 Proceso de enfriado del mosto y aireación del mosto.

Los motivos para forzar el enfriamiento son varios. Si no lo forzáramos, el enfriamiento tardaría, según las condiciones climáticas y de aislamiento de las cubas, hasta diez horas.

Durante estas diez horas arriesgaríamos que el mosto se nos infectará de microorganismos que se multiplicarían inmediatamente, también permitiríamos que los precursores de dimetilo de sulfuro (DMS) restantes, actuaran y produjeran DMS (sabor a mezclas de verduras cocidas).

El enfriamiento del mosto provoca la coagulación y precipitación de algunas proteínas que en el mosto caliente están disueltas. Estas proteínas coaguladas en frío tienden a pegarse a la levadura, o a las burbujas de aire, y disminuyen la superficie de contacto de la levadura con el mosto retrasando con ello la fermentación de este. El mosto, a 6 grados centígrados, todavía contiene aproximadamente un 13 por ciento de proteínas disueltas que se coagularán en cuanto se baje de esta temperatura formando turbiedades en la cerveza.

Mosto, a 60 grados centígrados contiene, aproximadamente 50 miligramos por litro de proteínas coaguladas.

- A 20 grados centígrados contiene 150 miligramos.
- A 5 grados centígrados contiene 250 miligramos.
- A 0 grados centígrados contiene 300 miligramos.

Si no enfriamos lo suficiente, la levadura puede perecer al añadirla al mosto demasiado caliente. Si la temperatura de adición es demasiado alta para una levadura de fermentación de fondo, esta producirá, al metabolizar los azúcares, algo más que alcohol y CO₂, producirá subproductos no deseados por su sabor o inestabilidad biológica en reacciones a posteriori.

El mosto ha de ser aireado para que el oxígeno contenido en el aire se disuelva en el mosto y sirva a la levadura como elemento de multiplicación. La levadura en un medio oxigenado se multiplica y no metaboliza los azúcares convirtiéndolos en alcohol y CO₂. Para que la fermentación se realice adecuadamente es esencial que se produzca inicialmente esta multiplicación de la levadura. No con añadir más levadura al tanque de fermentación se consigue

el mismo efecto, la multiplicación de la levadura en un medio oxigenado produce células mucho más jóvenes y vigorosas y de mayor poder que levadura proveniente de un estado de inactividad.

En vez de airear el mosto, también se puede oxigenarlo directamente, aunque no está claramente demostrado si el efecto final es mejor que con la aireación y si merece la pena ante el aumento de costes que esto significa. La cantidad final ideal de oxígeno disuelta en el mosto es de unos 10 miligramos por litro. Teóricamente, por la proporción de oxígeno contenida en el aire, habremos de mezclar unos tres litros de aire por cada 100 litros de mosto, pero debido a que parte del aire no se mezcla y además no se hace de forma repartida por igual en el mosto, es conveniente mezclar una cantidad de aire mucho mayor. Es evidente que este aire ha de estar esterilizado para que no contenga ningún tipo de microorganismos que puedan afectar negativamente la fermentación del mosto.

La aireación del mosto habrá de hacerse en frío. Si se hiciera en caliente provocaríamos una oxidación del mosto, oscureciendo su color y haciéndolo más amargo. El oxígeno añadido en frío será consumido por la levadura en cuestión de pocas horas con lo cual no producirá efectos de oxidación del mosto.

Esta aireación se puede realizar inyectando aire esterilizado en la tubería por donde sale el mosto ya enfriado camino del tanque de fermentación. Las micro cervecerías más pequeñas introducen el mosto frío en los tanques de fermentación con un difusor y por la parte alta de los tanques. El resultado es que el mosto se mezcla con el aire, no estéril, contenido en el tanque de fermentación. Usar aire no estéril es una fuente de microorganismos que se puede paliar cambiando la levadura a menudo usando cultivos puros. Como las pequeños micros venden su producción rápidamente, el peligro de contaminación o inestabilidad biológica de la cerveza es muy pequeño.

La forma de enfriamiento más rápida y económica utilizada por la mayoría de las fábricas industriales y las micros es la utilización del intercambiador de calor de placas. El principio es

muy sencillo, en primer lugar, se usan placas porque la superficie de contacto es mayor que usando tubos, estas placas superpuestas dejan fluir el mosto caliente en una dirección y el agua fría, proveniente de un tanque de agua refrigerada, en dirección contraria. El mosto saldrá por un extremo con la misma temperatura del agua, y el agua, por el extremo contrario, con la misma temperatura del mosto. Para controlar estas temperaturas, simplemente habremos de controlar las velocidades de los flujos de mosto o de agua.

Figura 21.

Imagen ilustrativa de un intercambiador de calor de placas



Los intercambiadores de tubos son mucho más económicos de construir. El principio es el mismo. Un tubo interior de cobre por donde circula el mosto en una dirección y un tubo exterior, que contiene al de cobre, por el que circula el agua fría en dirección contraria. Este tubo exterior debe de estar hecho de algún material aislante.

Figura 22.

Imagen ilustrativa intercambiador de calor de tubos de cobre revestido con material aislante



El agua fría utilizada para enfriar el mosto se habrá calentado, y podrá ser introducida en el tanque de agua caliente utilizado para las maceraciones o lavado de los restos de la maceración, según a que temperatura final esté el agua.

1.7 Transformación de Mosto a Cerveza

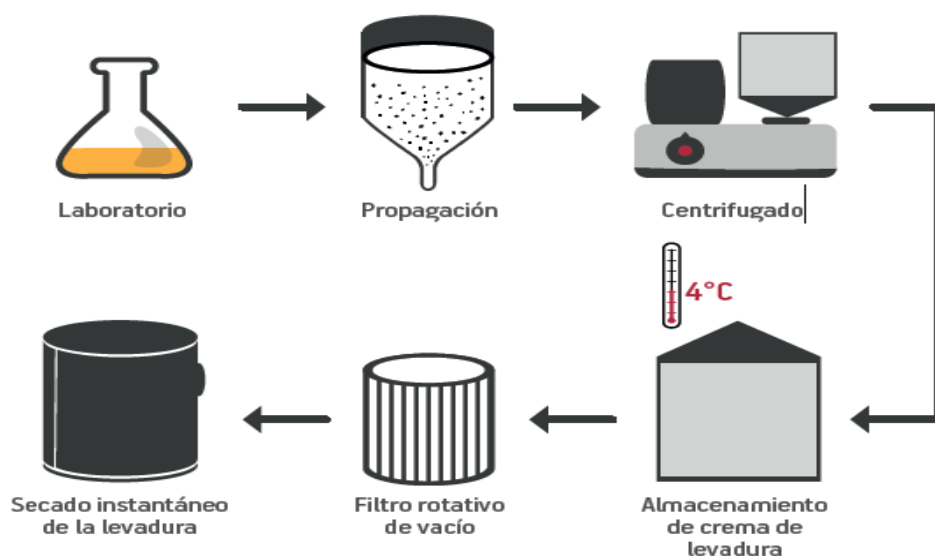
1.7.1 Adición de Levaduras.

1.7.1.1 Elaboración de levadura seca. La levadura seca activa es la forma de levadura más fresca que se utiliza en la industria de elaboración de la cerveza. Es una levadura que está lista para comenzar a fermentar en el momento que hace contacto con el mosto. Esta es la manera definitiva y confiable de lograr fermentaciones consistentes en todos los lotes y alcanzar las metas de cada productor.

1.7.1.2 Ciclo de la levadura:

Figura 23.

*Elaboración de la levadura seca*³⁰



³⁰ Brochure_Tips_and_Tricks_BAT_ES.indd. Página 13

1.7.1.2.1 Desde el laboratorio hasta la centrifugación.

- Al principio, la levadura se multiplica mediante gemación, un tipo de reproducción asexual. La célula madre forma un brote. Este brote recibe progresivamente un duplicado de todo el contenido de la levadura (citosol, organelos, núcleo, etc.). El brote continúa creciendo hasta que se separa de la célula madre y forma una célula hija. Si las células madre e hija están en un medio apropiado, ambas comenzarán con la gemación.

- Si el entorno de la levadura es adverso para el crecimiento, la levadura puede comenzar a producir compuestos protectores como, por ejemplo, glicerol, trehalosa y glucógeno. El glicerol ayuda a la levadura a resistir la presión osmótica. La trehalosa es un factor clave para la estabilidad de la membrana durante el secado. Ésta y el glucógeno son carbohidratos de reserva, es decir, compuestos que contribuyen a la resistencia natural de la levadura al secado.

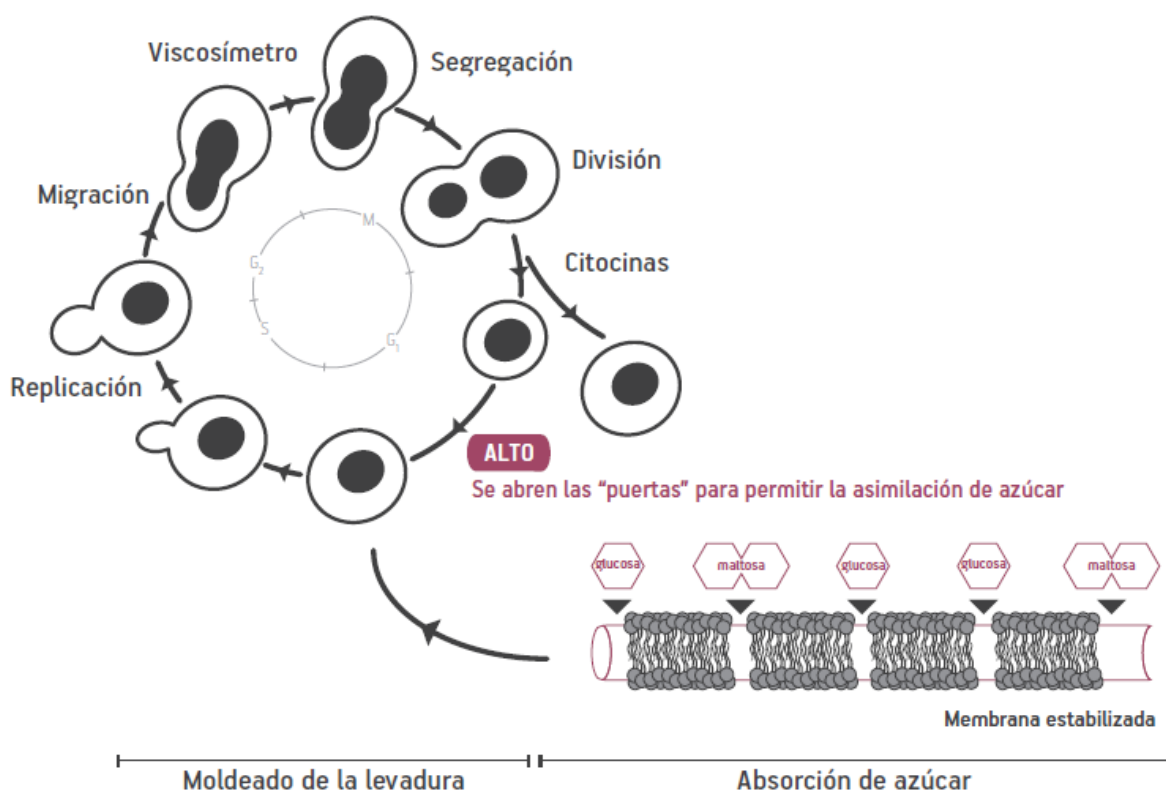
- Las levaduras ya contienen todos los ingredientes para iniciar la fermentación.

1.7.1.2.2 Desde la crema de la levadura hasta la levadura seca activa fresca.

- Al final del proceso de producción de la biomasa, la levadura se centrifuga. La crema de levadura seca se almacena a baja temperatura. Después se filtra para obtener una levadura comprimida, la cual se extrude y deja secar.

Figura 24.

Multiplicación de la levadura en el propagador³¹



1.7.2 Método de uso

- Un estudio reciente ha demostrado que el uso de levaduras secas activas es un proceso simple y efectivo y no incluye necesariamente un paso de rehidratación. Por el contrario, una gran ventaja del uso de levaduras secas activas es que puede ponerse en contacto inmediatamente con el mosto en un recipiente de fermentación (inoculación directa), sin diferencia significativa alguna. Este concepto cuenta con el respaldo de E2U™ (Easy to Use by Fermentis).

³¹ Brochure_Tips_and_Tricks_BAT_ES.indd. Página 14-18

- La levadura seca activa se ve como una esponja compacta formada por bolas microscópicas ligadas estrechamente. Para poder iniciar la fermentación, las células de las levaduras necesitan absorber el líquido que pierden durante el proceso de secado. Después del secado, la membrana de la célula de levadura contiene circunvalaciones; después del contacto con agua o el mosto, vuelve a quedar perfectamente lisa como se explica en la **Figura nº25**.

Figura 25.

Diferencia en la membrana en el pasaje de levadura seca a líquida³²



1.7.3 **Proceso de rehidratación.**

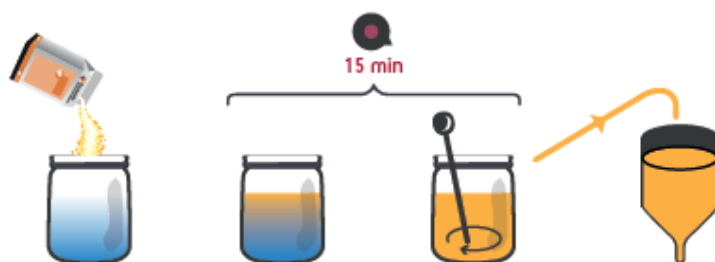
El objetivo es permitir que la levadura recupere todas sus funciones antes de inocular.

- Monitorear la temperatura: La temperatura del medio de hidratación debe estar entre 10 y 28°C; e idealmente debería estar cerca de la temperatura de fermentación.

Después de la rehidratación, se puede desarrollar contaminación bacteriana en la pasta de la levadura, es por eso por lo que se recomienda, siempre efectuar la rehidratación en un mosto lupulado estéril en lugar de un de un mosto no lupulado estéril o agio estéril. Los ácidos iso-alfa (idealmente por encima de 5 IBU) presentes en el medio, la protegerán de algún desarrollo de bacterias gram positivas y no afectarán este proceso.

³² Brochure_Tips_and_Tricks_BAT_ES.indd. Página 18

Figura 26.

Proceso de rehidratación de la levadura seca

Nota: El paso de la rehidratación se realiza en un recipiente afuera del fermentador.

- Esterilización del agua o uso de mosto lupulado que ya estuvo en ebullición por mínimo 20 minutos.

1.7.4 Tasa de inoculación

La inoculación a nivel correcto garantizará un inicio rápido de fermentación. Usar una tasa baja demorará el inicio de la fermentación y aumentará el riesgo de contaminación.

La tasa de inoculación (pitching rate en inglés) influye directamente sobre la evolución del mosto y la cerveza final.

- Una tasa de inoculación demasiado alta deriva en fermentaciones muy rápidas, con altos porcentajes de autólisis. Probablemente se desarrolle una fermentación pobre porque gran parte del azúcar sería utilizado para el crecimiento y mantenimiento de esa gran cantidad de levadura. Sucede algo similar cuando se presentan altas concentraciones de oxígeno disuelto.

- Una tasa de inoculación demasiado baja podría, retrasará el inicio de la fermentación y aumentara la competencia de tipo bacteriana o por levaduras salvajes, que están siempre presentes en los tanques de fermentación. También relacionado con altos niveles de diacetilo en

la cerveza, una densidad final elevada (azúcar residual), un incremento en las probabilidades de contaminación, fermentaciones truncas, etc.

1.7.4.1 Fuentes de levadura:

- Levadura seca: normalmente las levaduras comerciales deshidratadas contienen unos 18 miles de millones de levaduras/gramos.
- Levadura recuperada: Hay técnicas que deben aplicarse para recuperar correctamente las levaduras de un lote y utilizar en otro lote. Como guía rápida se puede utilizar entre 0,8 y 1kg de barro recuperado por cada 100 litros de mosto. Sin embargo, lo que se recomienda es hacer un análisis (por ejemplo, por microscopía) sobre la cantidad de levaduras, su viabilidad y vitalidad, para asegurar el correcto funcionamiento. La levadura recuperada se debe conservar en frío y no se aconseja utilizar más allá de los 15 días de haber sido cosechada. La viabilidad se pierde mucho más rápido. Es por ello también que cuando se utilizan levaduras recuperadas o mismo levaduras comerciales líquidas que han sido almacenadas por cierto tiempo, se recomienda preparar un starter 48 horas antes de su inoculación.

1.7.4.2 Densidad del mosto. Factor clave para decidir sobre la tasa de inoculación. Las altas densidades causan estrés sobre las levaduras, debido al incremento en la presión osmótica y a los mayores niveles de alcohol alcanzados en la fermentación. Esto en parte se puede contrarrestar con una mayor tasa de inoculación. Para mostos de baja o media densidad se establece aproximadamente una tasa de inoculación de 0,75 millones/ml para Ale y 1,5 millones/ml por grado Plato para Lager.³³

³³ Sebastian Oddone. (2020). Matemática de la cerveza 2. Autores de Argentina.

Tabla 4.

Criterios de inoculación de levaduras

	CERVEZAS ALE		CERVEZAS LAGER	
	Densidad <1,060	Densidad >1,060	Densidad <1,060	Densidad >1,060
Levadura activa seca	0,5-0,8 gr/litro	1 gr/litro	1 – 1,5 gr/litro	2 gr/litro
Levadura recuperada	0,8 kg/100 litros 0,75 millones*	1 kg/100 litros 1 millón*	1.5 kg/100 litros 1,5 millones*	2 kg/100 litros 2 millones*

*por ml/°Plato

Nota: Se resumen los criterios que podemos tomar para inocular la levadura en función del tipo de cerveza, de la densidad del mosto y del origen de la levadura.

1.8 Fermentación

1.8.1 *Introducción.*

Con relación a la producción de cerveza, se denomina fermentación al proceso de transformación del azúcar contenido en el mosto en alcohol etílico. Dicha transformación la lleva a cabo un microorganismo unicelular denominado levadura.

La levadura no ingiere azúcar en forma de almidón tal como se encuentra en la malta, por este motivo se la somete a una maceración. En dicho proceso las enzimas presentes en la malta se activan y degradan el almidón convirtiéndolo en moléculas más simples de azúcar fermentables tal como la glucosa, que sí pueden ingerir las levaduras.

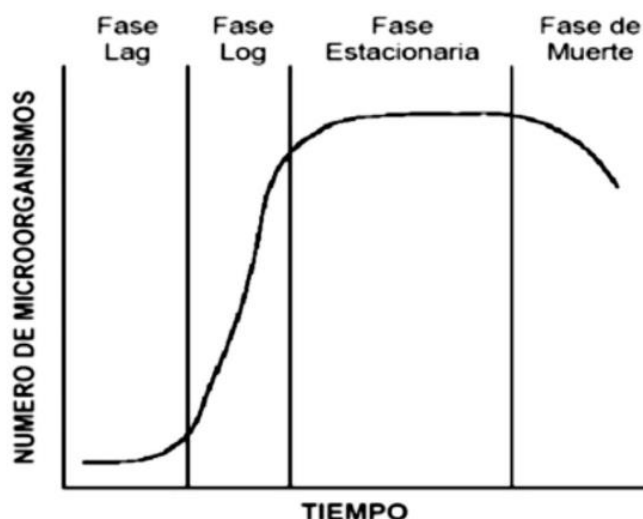
La producción de alcohol es una consecuencia del comportamiento del microorganismo en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Mejor adaptada que el ser humano, la levadura puede sobrevivir sin aire, por un metabolismo alternativo de respiración alcohólica. Se dice que es un microorganismo facultativo, puede crecer y sobrevivir tanto en presencia, como en ausencia de oxígeno.

1.8.2 *Etapas de la fermentación.*

El comportamiento microbiano en cultivo, durante una fermentación, se divide en varias etapas bien diferenciadas. El siguiente gráfico muestra la evolución de la cantidad de levaduras en el tiempo, para un proceso típico. ³⁴

³⁴ Sebastián Oddone. (2020). Matemática de la cerveza 2. Autores de Argentina.

Tabla 5.

Evolución de las levaduras en el tiempo

1.8.2.1 Fase Lag. Fase de retardo o adaptación, es el momento en que la levadura que viene de alguna situación de almacenamiento, en polvo o a temperatura de refrigeración, debe preparar su maquinaria metabólica para empezar la acción. Empieza inmediatamente después de que la levadura se haya inoculado en el mosto, y se alarga aproximadamente 24 hs. Durante esta fase la levadura evalúa su nuevo ambiente, haciendo balance de los azúcares, el oxígeno, y otros nutrientes disponibles, así como desarrollando las enzimas necesarias para tal adaptación. También es un período de rápida reproducción. La levadura se reproduce de forma asexual dividiéndose en células hijas. Este proceso se denomina gemación, y para que ocurran las células necesitan desarrollar paredes celulares fuertes. Aunque ello se puede conseguir de forma anaeróbica, se logra de forma mucho más eficaz con la presencia de oxígeno. Cuanto más alejada sea la condición en la que llega, más tiempo demorará en adaptarse y por ende más larga la fase Lag. Normalmente suele durar entre 2 y 4 hs.

1.8.2.2 Fase de crecimiento exponencial o fase Log. Esta fase es clave para el éxito de la fermentación alcohólica posterior. La levadura debe multiplicarse por varias generaciones

para que la cantidad de individuos sea suficiente para ingerir el azúcar libre del mosto y fabricar el alcohol.

Durante esta etapa es necesaria la presencia de oxígeno en el medio. La levadura en estas condiciones crece de manera mucho más eficiente y a mayor velocidad. En la fase exponencial de crecimiento, la levadura se multiplica y genera cierto porcentaje de alcohol etílico, a pesar de la presencia de oxígeno en el medio (efecto Crabtree). Asimismo, también crea una fina y burbujeante capa de espuma (denominada kreusen), originada por la levadura, las proteínas y las resinas del lúpulo, que atrapa el CO₂.

1.8.2.3 Fase estacionaria. En esta fase la levadura ya no crece, sino que se mantiene viva con un nivel muy bajo de nutrientes. Se incrementa la concentración de alcohol, se sigue generando gas CO₂, aunque a menor velocidad, y se consume el resto de azúcar libre que queda en el mosto. Mientras los azúcares disponibles se consumen y el nivel de alcohol aumenta, la levadura empieza a asentarse, hecho que hace descender el kreusen. A su vez, ello también implica que el proceso está terminado. Esta fase puede durar entre 3 y 4 días.

1.8.2.4 Fase de muerte. Cuando a la levadura ya no le quedan nutrientes provenientes de la malta, comienza su fase de muerte. En esta etapa que dura entre 1 y 2 días, la levadura intenta sobrevivir alimentándose de sus propios desechos (ej. Diacetilo). También se conoce como etapa de “descanso de diacetilo”. Quiere decir que, la levadura al haber consumido ya los azúcares simples, ahora empieza a metabolizar azúcares más complejos, y absorberá compuestos indeseados producidos durante los primeros procesos de fermentación. Una vez completadas esas tareas, la levadura formará unos grumos, a partir de un proceso llamado floculación, y se desplazará hacia el fondo del fermentador.

Aún con la baja temperatura de almacenamiento en frío, la levadura necesita, de forma muy reducida, energía para mantener sus procesos vitales. Ella comienza con la degradación de hidratos de carbono de reserva y otras sustancias y excreta cada vez más productos metabólicos.

Finalmente, la célula de levadura puede morir. Las enzimas de digestión liberadas comienzan entonces a disolver el interior de la célula, la pared celular es dañada y el contenido celular de la célula en disolución (en autólisis) pasa a la cerveza. De esta manera, son afectados de forma sustancial la espuma y el sabor, se incrementa el valor pH en la cerveza, y las sustancias que entran en solución son medios nutritivos bienvenidos para los contaminantes. Por ello, el maestro cervecero debe encargarse a tiempo y repetidamente de la cosecha de levadura.

Pero también con una cosecha de levadura a tiempo, el cervecero debe continuar ocupándose de la levadura. Ésta debe ser almacenada en frío y de tal manera que pueda desarrollar sus actividades en una nueva fermentación lo antes posible.

Es muy importante crear las condiciones óptimas a la levadura para que pueda realizar la fermentación de forma correcta y poder alcanzar resultados también óptimos en la calidad de la cerveza³⁵.

Las lagers y a veces las ales se almacenan en frío a temperaturas cercanas a la congelación, causando que más levaduras se precipite hacia el fondo. Así se obtienen cervezas más claras.

1.8.3 Metabolismo de la levadura

Es de suma importancia el metabolismo de la levadura para el cervecero, dado que esto impacta directamente en la calidad de la cerveza. Interesan; La fermentación de los azúcares y los metabolismos de los hidratos de carbono, metabolismo proteico, metabolismo de las grasas y metabolismo mineral.

³⁵ **Rubén Sancho S. (2015).** Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña. Pág. 87 a 90.

1.8.3.1 Fermentación alcohólica como glicolisis anaerobia. La levadura es el único ser vivo que bajo condiciones anaerobias también está dispuesto a sustituir la respiración intensiva en energía para la fermentación. Debe aclararse ahora en qué consiste la particularidad de la fermentación alcohólica y cómo son las relaciones energéticas.

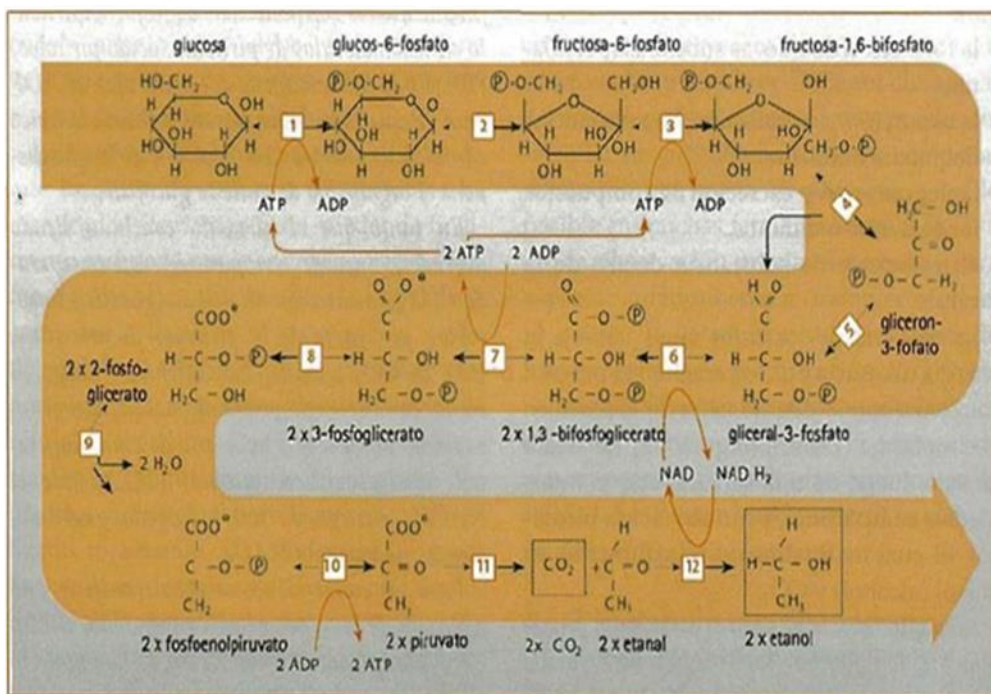
Como todos los otros seres vivos, la célula de levadura requiere de energía para todos los procesos dependientes de ésta, por ejemplo:

- La formación de nuevas sustancias celulares.
- La absorción y asimilación de sustancias del medio ambiente.
- La degradación y excreción de compuestos innecesarios o dañinos.
- El transporte de sustancias dentro de la célula.

La mayoría de los seres vivos obtiene la energía necesaria por respiración. El proceso comienza con la degradación de glucosa en el citoplasma (citosol) Esquema de la fermentación alcohólica, según Embden-Meyerhof-Parnas. Se forma en esto, luego de una serie de etapas intermedias complicadas, piruvato (ácido pirúvico), el cual es finalmente transformado en etanol (alcohol) y CO₂.

Figura 27.

Esquema sobre el bioquimismo de la fermentación alcohólica³⁶



En glicólisis, la glucosa es combinada primeramente con fósforo (fosforilada). Esto sucede por recepción de un átomo de fósforo de ATP (adenosin trifosfato) y la transformación de este último en ADP (adenosin difosfato) (1). Se forma glucosa-6-fosfato, que a continuación es transformada en fructosa-6-fosfato (2), con ayuda de la isomerasa de glucosa-fosfato. A continuación, ocurre una nueva fosforilación por pasaje de otro átomo P de ATP por parte de la 6-fosfofructoquinasa. Se forma fructosa-1,6-bisfosfato (3).

A continuación, ocurre una disociación en dos triosa-fosfatos isómeros por la fructosa-bisfosfatoaldolasa (4). El gliceral- y gliceron-3-fosfato (5) formado es reducido ahora por la deshidrogenasa de gliceral-3-fosfato a 2 moléculas de 1,3- bifosfoglicerato (6) y al mismo tiempo es ligado un ion hidrógeno por NAD. Luego ocurre una doble desfosforilación, por la

³⁶ Wolfgang Kunze (2006). Tecnología para cerveceros y malteros Pág. 420.

fosfogliceratoquinasa, a dos moléculas de fosfoglicerato (7). En esto, el fósforo es ligado nuevamente dos veces por conversión de ADP en ATP (en 1 y en 3) y se lo suministra con ello nuevamente al ciclo.

A través de la fosfoglicerato-mutasa (8), el 3- fosfoglicerato es convertido en 2- fosfoglicerato y transferido por la fosfopiruvato-hidratasa (9) a fosfoenolpiruvato. La piruvatoquinasa convierte finalmente las dos moléculas de fosfoenolpiruvato en dos moléculas de piruvato (ácido pirúvico) (10). En la conversión de dos moléculas de ADP en ATP, que tiene lugar en esto, se libera la única cantidad de energía ($2 \times 30,5 \text{ kJ}$), de la que dispone el organismo durante glicólisis.

En tanto que el piruvato continúa siendo degradado durante la respiración, éste es separado en la fermentación alcohólica (glicólisis anaerobio), por parte del piruvato decarboxilasa (11), en CO_2 y etanal (acetaldehído). Luego, el etanal es convertido por la alcoholdehidrogenasa (bajo la presencia necesaria de cinc) en etanol (alcohol etílico) (12), donde el NADH_2 entrega su ion hidrógeno guardado, siendo nuevamente NAD.

Para las conversiones se debe transferir una molécula de hidrógeno (ver conversiones 6+12). Para tales procesos de reducción, se ha impuesto en la naturaleza la transferencia a través del compuesto nicotinamida adenina dinucleótido (NAD), el cual impide la liberación de gas hidrógeno peligroso. Las curvas con las denominaciones $\text{NAD} \rightarrow \text{NADH}_2$ aluden a esto. Si se observa de cerca el rendimiento ATP/ADP, la conversión ATP/ADP de las etapas de reacción 1 + 3 y de la etapa 7 es reconvertida nuevamente. De esta manera se forma un ciclo ininterrumpido. La ganancia de energía en sí tiene lugar en la etapa 10 con una doble desfosforilación y conversión de $\text{ADP} \rightarrow \text{ATP}$.

La conversión de la glucosa en 2 piruvatos, a través de 10 etapas intermedias, se denomina glicólisis. Tiene lugar en todas las células de plantas, animales y seres humanos. Posteriormente, se conduce aquí el piruvato a las mitocondrias y se lo degrada (se consume por

respiración) completamente, a través del ciclo de ácido cítrico y la cadena de respiración, en muchas etapas intermedias a CO_2 y H_2O , con una enorme ganancia de energía (36 ATP/mol), La levadura es el único ser vivo que, bajo determinadas circunstancias, como la ausencia de aire, puede conmutar a fermentación alcohólica, partir del piruvato.

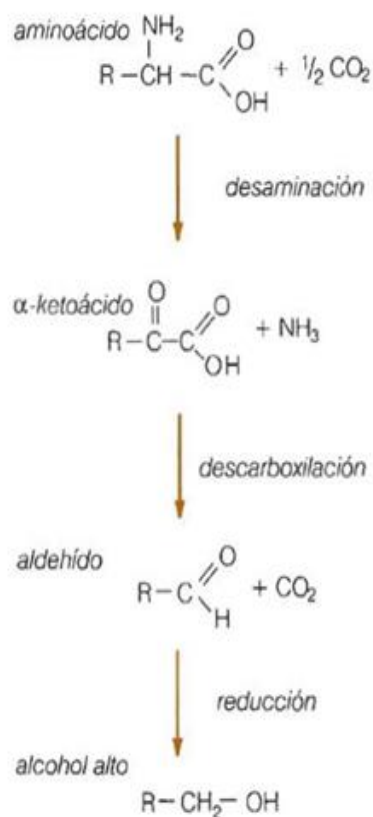
En ausencia de oxígeno, la levadura es capaz de fermentar el piruvato. Sin embargo, en presencia de oxígeno, la fermentación es fuertemente restringida o impedida completamente (efecto Pasteur). Si, por otro lado, hay azúcar presente en concentraciones mayores que 0,1 g/l, el complejo de enzimas de respiración es inhibido en sí mismo y al mismo tiempo ocurre fermentación parcial (efecto Crabtree).

Si se calculan cuantitativamente los productos formados según su masa atómica, resultan las siguientes relaciones:

De 1 mol de glucosa = 180g se forman durante la fermentación alcohólica 92 g de alcohol y 88 g de CO_2 . Es decir, que el azúcar es separado en partes casi iguales en masa de alcohol y CO_2 . En esto, la porción volumétrica del dióxido de carbono es incomparablemente más grande que la del alcohol, dado que los gases tienen una densidad substancialmente menor.

1.8.3.2 Metabolismo proteico. La célula de levadura está compuesta en un 35 a 60% (de la materia seca) por proteínas. Para la formación de nuevas sustancias celulares, requiere por ello de muchas fuentes de nitrógeno, las cuales están presentes en el mosto en forma de aminoácidos.

Figura 28.

Formación de alcoholes superiores³⁷

Estos aminoácidos son absorbidos por la levadura en una determinada secuencia, la cual sin embargo no puede ser influenciada por el cervecero. Son absorbidos únicamente los aminoácidos de bajo peso molecular, de hasta cuatro átomos de carbono. Para la levadura es importante aquí el grupo libre de NH₂, el grupo amino, el cual ella extrae y utiliza para la formación de proteínas propias de la célula (FAN). Se forma en esto, a partir del aminoácido, por desaminación (extracción y transposición del grupo amino), descarboxilación (extracción de

³⁷ Wolfgang Kunze (2006). Tecnología para cerveceros y malteros Pág. 423.

CO₂) y reducción (extracción de oxígeno) un alcohol superior, el cual es nuevamente excretado (mecanismo Ehrlich) como producto secundario de fermentación. A continuación, se muestra la representación de esta transformación, siendo la R (radical) una cadena de longitud variable (CH₂)_n + H.

Una medida para un buen abastecimiento con aminoácidos es un contenido de 200 a 230 mg/l de α -aminonitrógeno libre (FAN). Este valor se alcanza siempre en mostos de maltas bien modificadas. Los mostos que son producto de la co-utilización de adjuntos o azúcar requieren ser controlados al respecto (es recomendable un mayor reposo proteico durante la maceración). La absorción de aminoácidos del mosto ocurre a través de las proteínas de poros de la pared celular. Primeramente, son acumulados y enriquecidos en un pool externo. Posteriormente, los aminoácidos son conducidos, según requerimiento, a un pool interno, que tiene un tamaño constante. Aquí ocurre luego la conversión (la transaminación) y la incorporación de las proteínas propias de la célula.

1.8.3.3 Metabolismo de grasas. La levadura absorbe ácidos grasos presentes en el mosto. Pero, también es capaz de formar ella misma ácidos grasos: Pero para esto, ella necesita oxígeno. La formación comienza con el piruvato (ácido pirúvico) y prosigue a través de ácido acético activado, como producto intermedio. La levadura también es capaz de formar ácidos grasos insaturados, para cuya formación también se requiere oxígeno. Los ácidos grasos insaturados tienen una gran influencia sobre la ductilidad de la membrana celular. Si hay demasiado pocos ácidos grasos insaturados de cadena larga **presentes, puede sufrir la** capacidad de absorción de la membrana celular o puede detenerse completamente la absorción de aminoácidos.

El metabolismo proteico tiene prioridad frente al metabolismo de grasas. El metabolismo de grasas recién comienza cuando las fuentes de nitrógeno están ampliamente consumidas. Dado que por otro lado el metabolismo de grasas está ligado al oxígeno, es de importancia

decisiva una síntesis de los ácidos grasos, por medio de una provisión buena y abundante de oxígeno, al inicio de la fermentación.

Los ácidos grasos de cadena larga producidos por la levadura no deben ser valorados negativamente para la estabilidad de sabor de la cerveza dado que están ligados firmemente en las membranas celulares. Sin embargo, con el inicio de la autólisis, existe un altísimo riesgo, dado que los ácidos grasos insaturados liberados son muy propensos a reaccionar.

1.8.3.4 Metabolismo de hidratos de carbono. La levadura absorbe los monosacáridos (glucosa y fructosa) y los disacáridos (maltosa y sacarosa) contenidos en el mosto, así como el trisacárido maltotriosa y los fermenta en ese orden. Se puede contar con que se fermenta aproximadamente el 98% de los azúcares y se consume por respiración sólo el 2%.

El glicógeno (hidrato de carbono de reserva) presente en la célula de levadura es utilizado antes del inicio de la fermentación por la célula de levadura, como fuente primaria de energía. Es por ello por lo que el contenido de glicógeno disminuye considerablemente en las primeras diez a doce horas para aumentar luego nuevamente. Con el curso de la fermentación, el contenido puede aumentar hasta aproximadamente 30% de la materia seca de levadura. Durante el almacenamiento de la levadura, el contenido de glicógeno disminuye considerablemente, y tanto más cuanto más caliente y prolongadamente se almacena la levadura. En el caso de un almacenamiento frío de la levadura, el contenido de glicógeno se mantiene ampliamente. Esto es de gran importancia para el mantenimiento de la actividad fermentativa.

Los hidratos de carbono de reserva, en especial el glicógeno, tienen una gran importancia para la levadura. La célula de levadura puede metabolizar estas sustancias de reserva, tan pronto como haya finalizado el suministro externo de nutrientes. De esta manera, ella es capaz de cubrir su requerimiento de energía y de mantener las funciones metabólicas elementales. Esto corresponde en especial a la situación al final de la fase de almacenamiento en frío en el tanque y el almacenamiento de la levadura hasta el próximo inicio de fermentación.

1.8.3.5 Formación y degradación de productos secundarios de fermentación.

Durante la fermentación, una serie de productos de metabolismo son pasados por la levadura, a la cerveza. Algunos de estos productos reaccionan entre sí o se modifican en cantidad y composición. Estos productos secundarios de fermentación tienen una influencia decisiva sobre la calidad de la cerveza en desarrollo. Por esto, el metabolismo de la levadura y la formación y degradación de los productos secundarios de fermentación deben ser considerados de forma conjunta. Si aun así los productos secundarios de fermentación son tratados separadamente, ello debe ser visto especialmente bajo el aspecto de que el cervecero debe tratar de mantener su contenido dentro de un límite óptimo, a través de medidas tecnológicas apropiadas.

Se pueden clasificar como:

- Sustancias de bouquet de cerveza verde: En este grupo se encuentran el diacetilo, aldehídos y los compuestos de azufre, estos le otorgan a la cerveza un sabor y un olor impuro, joven, inmaduro, inarmónico y en alta concentración afectan negativamente la calidad de la cerveza. Pueden ser extraídas nuevamente de la cerveza durante el desarrollo de la fermentación y la maduración por medios bioquímicos. En ello reside el objetivo de la maduración de la cerveza.
- Sustancias de bouquet: En este grupo se encuentran los alcoholes superiores y los ésteres, estos compuestos determinan de forma esencial el aroma de la cerveza y su presencia es, bajo determinados rangos de concentración, una precondition para una cerveza de calidad. Al contrario de las sustancias de bouquet de cerveza verde, las sustancias de bouquet no pueden ser extraídas nuevamente de la cerveza por medios tecnológicos.

1.8.3.5.1 Diacetilo. El diacetilo es la sustancia de bouquet de cerveza verde más importante. Le otorga a la cerveza, al exceder el índice de perceptibilidad, un sabor impuro, dulzón hasta desagradable, el cual en elevada concentración es responsable del aroma a mantequilla. Dado que también la pentadiona actúa de igual manera, pero con un índice de

perceptibilidad considerablemente más alto, se denomina a estas sustancias como dicetonas vecinales, por tratarse ambas sustancias de dicetonas con grupos adyacentes cetónicos.

La degradación de estas dicetonas vecinales se desarrolla durante el proceso de maduración de cerveza paralelamente a otros procesos de maduración y se la considera por ello hoy en día como criterio esencial (sustancias indicadoras) para el grado de maduración de una cerveza.

1.8.3.5.2 **Aldehídos.** El aldehído más importante es el acetaldehído, el cual se forma como producto intermedio normal durante la fermentación alcohólica. El acetaldehído es excretado por la levadura durante los tres primeros días en la cerveza verde. Es responsable del sabor “verde” de la cerveza joven, el cual también es denominado sabor de cava o a moho.

Durante el desarrollo de la fermentación, la concentración de acetaldehído disminuye por la degradación. Así, el sabor a cerveza verde decrece continuamente. En la cerveza verde el contenido de acetaldehído es aproximadamente 20 a 40 mg/l, disminuyendo a valores por debajo de 8 a 10 mg/l en la cerveza terminada.

2.9.3.5.3 Alcoholes superiores. Los alcoholes superiores o “aceites fusel” pertenecen a las sustancias de bouquet. Éstos se forman aproximadamente un 80% durante la fermentación principal. En la fase de maduración se produce sólo un reducido aumento. Los alcoholes superiores formados ya no pueden ser reducidos con medidas tecnológicas. Por ello, el ajuste de la concentración de alcoholes superiores debe ser realizado durante la fermentación por medio del control.

Los alcoholes superiores tienen el umbral de percepción entre los 50 y 100 miligramos por litro en cervezas de fermentación de fondo (estas levaduras producen menos subproductos) y entre los 100 y 150 miligramos por litros en cervezas de fermentación de superficie. Estos alcoholes se producen cuando las temperaturas de fermentación son demasiado altas para la

cepa de levadura que estemos usando, cuando la cerveza recién fermentada (denominada - cerveza verde-) es agitada, cuando el mosto a fermentar ha sido aireado en exceso y cuando los mostos a fermentar tienen concentraciones superiores al 13,5 por ciento de azúcares.

Para evitar la producción de alcoholes superiores deberemos iniciar la fermentación a temperaturas más bajas (con sus consecuentes desventajas en otros apartados), mantener la fermentación a temperaturas más bajas durante todo el tiempo, utilización de presión en los tanques de fermentación y uso de gran cantidad de levadura para iniciar la fermentación

1.8.3.5.3 Ésteres. Los ésteres son sustancias de bouquet más importantes de la cerveza y determinan de forma esencial el aroma de la cerveza. Sin embargo, concentraciones muy elevadas de ésteres pueden otorgar a la cerveza también un sabor desagradable, amargo y a frutas. Los ésteres son formados durante la fermentación por esterificación de ácidos grasos y en menor grado, por la esterificación de alcoholes superiores.

Su concentración aumenta principalmente en la fase intensiva de la fermentación, más mientras mayores son las temperaturas de fermentación. En la fase de maduración, depende de la fermentación secundaria (maltotriosas) y puede llegar hasta una duplicación de la cantidad de ésteres en el caso de una prolongada fermentación secundaria. Su formación también es estimulada con una intensificación de la aireación del mosto.

Se han encontrado más de 60 ésteres diferentes en la cerveza, de los cuáles solamente aproximadamente 6 son de mayor importancia para las propiedades de sabor de la cerveza: el acetato etílico, el isoamilacetato, el acetato isobutílico, el β -fenilacetato, el etilcaproato y el etilcaprilato.

Las cervezas de alta fermentación (ale) tienen hasta 80 mg de ésteres/l; mientras que las de baja fermentación (lager) tienen hasta 60 mg de ésteres/l.

1.8.3.6 **Otros procesos y transformaciones.** Aparte de la formación de subproductos, se presentan durante la fermentación una serie de otros procesos y transformaciones:

- Cambio de la composición de las proteínas (Conducen a la autólisis).
- Disminución del valor del pH (pH entre 4,2 y 4,4 en la cerveza terminada).
- Cambio en las propiedades redox de la cerveza.
- Aclarado del color de la cerveza (Se aclara hasta 3 unidades EBC).
- Precipitación de compuestos amargos y taninos.
- Disolución de CO₂ en la cerveza.
- Clarificación de la cerveza (floculación de la levadura).

1.8.3.6.1 **Cambios en la composición de las sustancias albuminoides.** La oferta de nutrientes se ha agotado sustancialmente. La levadura vive, pero los procesos vitales se han debilitado. La levadura excreta ahora sustancias, las cuales contribuyen, dentro de un marco determinado, a redondear el sabor y a aumentar el cuerpo. Estas sustancias incluyen aminoácidos y péptidos, vitaminas, fosfatos, glicoproteínas y enzimas. Este cambio de sabor de la cerveza puede ser considerado como una importante contribución para la maduración de la cerveza. Por ello una extracción demasiado temprana de la levadura puede producir cervezas vacías y secas, aun cuando después se madura durante más tiempo.

1.8.3.6.2 **Disminución del valor pH.** El valor pH disminuye considerablemente durante la fermentación. Al finalizar el proceso de maceración, habiéndolo realizado de forma correcta, utilizando el agua adecuada, deberíamos contar con un pH entre 5,2 – 5,3. Una vez finalizada la fermentación nos encontraremos con un pH entre 4,2 – 4,6, es decir, en la cerveza.

El valor de pH disminuye particularmente en la fase primaria y logarítmica, debido a la formación de ácidos orgánicos por desaminación, el consumo de fosfatos primario por parte de

la levadura, la absorción de iones de amonio y potasio por la levadura y la entrega de iones hidrogeno a la cerveza.

Durante la fase de fermentación, el valor pH ya sólo disminuye lentamente y permanece constante. Un incremento del valor pH indica una incipiente autólisis de la levadura.

Un valor de pH tiene una influencia esencial sobre la calidad de la cerveza. El objetivo es lograr un valor entre 4,2 y 4,4 en la cerveza. Este rango de valores estimula la precipitación de compuestos coloidales inestables de proteínas-polifenoles, la velocidad de maduración, el refinamiento en el sabor de la cerveza y es precondition para una mejor estabilidad biológica de la cerveza.

Los siguientes factores favorecen una disminución del valor pH:

- Ablandamiento del agua para cerveza.
- Acidificación biológica de la templa y el mosto
- Evitar una incipiente autólisis de la levadura
- Buena propagación de la levadura
- Fermentación sin ningún tipo de desviación

1.8.3.6.3 ***Cambios en las propiedades redox de la cerveza.*** Como propiedades redox o potencial redox se entiende la relación de fuerzas reductoras y oxidantes en una solución. Un importante cambio en la fermentación del mosto es el aumento de la fuerza reductora de la cerveza. El aumento de la fuerza reductora está en estrecha relación con el consumo, por parte de la levadura, del oxígeno disuelto en el mosto.

El contenido de oxígeno del mosto al inicio de la fermentación es consumido muy rápidamente por la levadura, alcanzando en el tanque de maduración valores de 0,00 a 0,01 mg de Oxígeno/1 de cerveza.

Pero veremos que tenemos grandes dificultades de mantener tan bajo el contenido de oxígeno en el tramo de envasado. Se pueden obtener cervezas con bajo valor rH en el proceso de fermentación y maduración por medio de:

- Utilización de recipientes cerrados.
- Fermentación eficaz e intensiva.
- Evitar el ingreso de oxígeno, en especial después del inicio de la fermentación del mosto.

1.8.3.6.4 ***Precipitación de compuestos amargos y taninos.*** Debido a la disminución del pH durante la fermentación, una serie de compuestos amargos y taninos disueltos de forma coloidal alcanzan el rango de su punto isoeléctrico y son precipitados como compuestos tensioactivos en las burbujas de CO₂ en la capa de espuma o por adsorción en las sustancias albuminoideas y las células de las levaduras.

Del contenido de compuestos amargos del mosto frío al inicio de la fermentación (100 %) se pierde en la fermentación y maduración clásicas:

- 25 a 30% y un 70 a 80% de éste hasta el final de la fermentación principal
- Hasta el 50% con operación de fermentación a muy alta temperatura.

1.8.3.6.5 ***Cambio en el color de la cerveza.*** En los primeros días de fermentación, el color de la cerveza se aclara aproximadamente tres unidades EBC. Ello se debe a la decoloración de algunas sustancias causada por la disminución del valor pH y la adsorción de sustancias de colores intensos en células de levadura o la precipitación de aquellas en la capa de espuma y en los fondos de tanque.

1.8.3.6.6 **Contenido de dióxido de carbono de la cerveza.** El contenido de CO₂, de la cerveza es uno de sus criterios de calidad más importantes. Las cervezas chispeantes y con buena cantidad de espuma tienen un contenido de CO₂ de 0,45 a 0,50%.

Solo aproximadamente el 15% del CO₂ formado permanece soluble en la cerveza. La mayor parte se desprende durante la fermentación y está disponible para la recuperación de CO₂.

La solubilidad del CO₂ en la cerveza depende de la temperatura; la solubilidad disminuye con temperatura creciente, y la presión sobre el líquido; la solubilidad aumenta proporcionalmente con la presión.

Una vez inoculado el mosto al poco tiempo arranca la fermentación, pero la liberación de CO₂ recién es perceptible después de 12 a 24 horas en levaduras Ale y de 16 a 32 para levaduras Lager.

Un exceso en la cantidad de dióxido de carbono disuelto generalmente inhibe el crecimiento de las levaduras y su metabolismo, posiblemente por la inhibición de las reacciones de descarboxilación, vitales para la célula.³⁸³⁹ Como consecuencia, también se reduce de manera significativa la producción de ésteres y alcoholes superiores, aunque en estos últimos el efecto es menor^{21, 79}. Dado que las reacciones de descarboxilación son necesarias para la producción de acetyl-CoA, se cree que la influencia del dióxido de carbono en la concentración final de ésteres se debe a la inhibición de la síntesis de sustratos necesarios para la generación de estos compuestos. Al realizar fermentaciones a gran escala, el dióxido disuelto puede llegar a grandes concentraciones. Por su mayor altura, los fermentadores utilizados en este tipo de fermentaciones generan una mayor presión hidrostática, lo cual favorece la disolución del dióxido

³⁸ **Laundaud S, Latrille E, Corrieu G.** Top pressure and temperature control the fusel alcohol/ester ratio through yeast growth in beer. J Inst Brew. 2001; 107:107-17.

³⁹ **Meilgaard M.** Effects on flavour of innovations in brewery equipment and processing: A review. J Ins Brew. 2001; 107:271-86.

de carbono. A pesar de que una disminución en la concentración de ésteres usualmente es indeseable, cuando se utilizan temperaturas de fermentación elevadas y mostos con alta densidad inicial se puede aplicar dióxido de carbono para controlar la formación de compuestos responsables del aroma y sabor en cervezas. Cuando se eleva la temperatura de fermentación a presión atmosférica se produce un rápido y mayor crecimiento de las levaduras, lo que hace que la fase de adaptación de las levaduras al medio (fase *lag*) se reduzca o prácticamente desaparezca³³. En esas condiciones, la velocidad de producción de ésteres de acetato también aumenta y puede alcanzar su pico máximo alrededor de los 50 min de iniciada la fermentación. Para evitar concentraciones muy elevadas de ésteres a altas temperaturas de fermentación es posible incrementar la presión de dióxido luego de 25-30 h.

Esto permite que luego de la fase inicial, al aplicar presión, el crecimiento de las levaduras se enlentezca y la producción de ésteres disminuya. Por ejemplo, si una levadura Lager es utilizada en fermentaciones a 20 °C aproximadamente, la presión puede elevarse hasta alrededor de 2 bar. El dióxido de carbono disuelto a una presión de 2 bar se duplica y las concentraciones de etil acetato, isoamil acetato, isobutil acetato, etil hexanoato y etil octanoato disminuyen cerca de un 50% respecto de fermentaciones sin presurizar.

1.8.4 **Controles durante la fermentación.**

- Temperatura
- Densidad

1.8.4.1 Temperatura. La temperatura es un factor importante para llevar adelante una fermentación exitosa. Entonces, se recomienda respetar los rangos de temperatura de fermentación de cada cepa en particular (consultar embalaje o las hojas de especificación de producto).

- Cuanto más elevada es la temperatura de fermentación al inicio, más rápido se iniciará el proceso y también se incrementará la formación de ésteres y diacetilo. A su vez será más vigorosa con alta generación de CO₂, lo cual provocará la eliminación de volátiles por un efecto arrastre. Por otra parte, se verá favorecida la producción de alcoholes superiores y esteres. Por lo tanto, se recomienda trabajar con sistemas de enfriamiento para controlar temperaturas. También puede ser necesario hacia el final de la fermentación un incremento de la temperatura para la favorecer la reabsorción de diacetilo. Contrariamente, al finalizar la fermentación se debe trabajar a bajas temperaturas para alcanzar una buena sedimentación de la levadura. En el caso de fermentaciones de altas temperaturas son las cervezas de tipo Ale, donde la levadura utilizada para este tipo de levaduras es del género *Saccharomyces Cerevisae*.
- Las temperaturas bajas de fermentación, por ejemplo, en las Lager, donde la levadura utilizada es del género *Saccharomyces Pastorianus*, provocan una fermentación mucho más lenta y limpia (baja producción de ésteres), siempre que la tasa de inoculación sea lo suficientemente altas. Si en cambio, queremos aumentar la velocidad de la primera fase de fermentación Lager, o bien la inoculación fue baja, entonces es conveniente comenzar con una temperatura algo más elevada y luego disminuirla una vez que sean evidentes los signos de fermentación.

Para evitar, o al menos minimizar, los efectos no deseados o bien potenciar los efectos positivos se recomienda siempre tener control sobre la temperatura del proceso fermentativo.

Los cambios en la temperatura se pueden deber a cambios en la temperatura ambiente afectando a la temperatura del mosto por transferencia o hacia el exterior (si hace frío baja la temperatura de nuestro mosto, si hace calor sube), pero también por el propio calor generado por las levaduras en su metabolismo.

Tabla 6.

Temperaturas para Lagers y Ales en fermentación y maduración

	LAGER TÍPICA	ALE TÍPICA
Temperatura inicial	8°C	18-20°C
Temperatura máxima	10°C	21-23°C
Temperatura de descanso de diacetilo	15°C durante 24-48hs	Reducir la temperatura de 20°C a 16-17°C durante 24 horas
Temperatura de enfriamiento	1-3°C	1-5°C enfriado y filtrado 0-12°C para guarda en barriles

1.8.4.2 Densidad. Se utilizará un densímetro o hidrómetro de precisión con una escala que varíe desde 1,000 g/ml hasta 1,100 g/ml, para medir la densidad en cervezas con un contenido alcohólico normal (< 7% en vol.). Para cervezas de mayor graduación se utilizará otro densímetro con una escala mayor. La densidad indicará la cantidad de azúcar disuelta en el agua. Debe tenerse en cuenta la temperatura a la que se realizan las medidas, puesto que el densímetro suele estar calibrado entre 20 y 15°C. En caso de no realizar las medidas a la temperatura a la que está calibrado, se debe corregir mediante los valores de una tabla estandarizada.

La densidad original del mosto se medirá justo a la salida del enfriador de placas y nos dará un valor del total de azúcares disueltos en el mosto con respecto al valor de la densidad del agua. La densidad final será la obtenida con el hidrómetro, justo al final de la maduración (se irá midiendo en diferentes tiempos para ver cómo evoluciona en la fermentación). Este valor de densidad no es exacto debido a la presencia de CO₂ en la cerveza, y, sobre todo, a la presencia de alcohol que tiene una densidad menor que la del agua. Por ello este valor de densidad final será un valor aparente y no real.

Se puede utilizar un refractómetro para obtener el valor de la densidad, pero se cometerá un error mayor en la medida. Es útil para obtener información en momentos tales como durante la elaboración del mosto, para controlar la densidad en las diferentes etapas; y para controlar el proceso de fermentación.

Finalmente, a partir de una fórmula matemática se estimará el valor del alcohol (en gramos o en volumen) gracias a la diferencia entre las dos densidades, antes y después de la fermentación.

Generalmente esto se controla casi siempre en el mismo momento que la temperatura.

1.9 Almacenaje, Guarda, Maduración o Segunda Fermentación

Según de donde sea el origen del maestro cervecero, llamará a este paso del proceso de elaboración de la cerveza, almacenaje, guarda, maduración o segunda fermentación.

Se llama almacenaje porque una vez que ha fermentado el mosto en los tanques de fermentación, pasándose a llamar -Cerveza Verde-, se trasiega a otros tanques eliminando la levadura y otros restos de la fermentación que se han depositado en el fondo del tanque. Durante el tiempo que la cerveza transcurre en estos tanques -tiempo de almacenaje- continúan las reacciones químicas de los productos orgánicos contenidos en ella. Los sabores y aromas maduran, se entremezclan entre sí de forma que se crea un espectro aromático más uniforme donde, en teoría, no debería destacar ningún aroma o sabor por encima de los demás en exceso.

Estos tanques de almacenaje están bajo presión para que, durante la pequeña fermentación que seguirá produciéndose, el CO₂ producido se vaya disolviendo en la cerveza y no se volatilice y pierda en el aire. Cuanto más baja sea la temperatura mayor será la capacidad de la cerveza de absorber el CO₂ convirtiéndolo en anhídrido carbónico. Cuanto mayor sea la presión también el líquido absorberá más CO₂. Para que no exceder el 0,5 por ciento de CO₂ disuelto que se supone que debería tener una cerveza, los tanques disponen de una válvula de escape regulable que permite la salida del CO₂ cuando la presión supere un determinado nivel.

Esta salida del CO₂ excedente, es beneficiosa porque arrastra consigo gases producidos durante la fermentación que contienen azufre en alguno de sus compuestos. Es conveniente eliminar estos gases para que la maduración de la cerveza se haga en perfectas condiciones. La salida del CO₂ excedente no es suficiente para arrastrar todos los gases, lo ideal sería inyectar

más CO₂ (a ser posible el recuperado durante la fermentación primaria) para que ayude en la eliminación de estos gases sulfurosos.⁴⁰

La temperatura baja también es necesaria para que continúe la coagulación y precipitación de las proteínas y levaduras y su posterior eliminación sea más sencilla. Estos tanques de almacenaje suelen estar colocados de forma horizontal para facilitar la precipitación disminuyendo la distancia desde el nivel superior del líquido hasta el fondo del tanque.

El almacenaje, llamado -Lager- en lengua alemana, se realiza a bajas temperaturas para que esta maduración se realice en condiciones óptimas sin acelerar ninguna de las reacciones químicas que se puedan producir por el simple paso del tiempo. Las cervezas pueden madurar desde 3 semanas hasta varios años, según el estilo de cerveza que se esté elaborando. Cuanto más alto sea el grado alcohólico de la cerveza, más tiempo necesitará para su maduración.

Cervezas fermentadas con levaduras de fermentación de superficie son vendidas después de tres semanas de maduración mínima para su consumo. Las cervezas fermentadas con levaduras de fermentación de fondo tienden a almacenarse durante un mínimo de tres meses (al menos debería ser así). Este es el motivo por el que se ha denominado a un estilo de cerveza, estilo Lager, porque, en teoría, representa a las cervezas elaboradas de esta forma.

En Estados Unidos principalmente, es donde se utiliza el denominativo Segunda Fermentación.

En realidad, es lo mismo que el almacenaje, tras trasegar la cerveza verde del tanque de fermentación al tanque de almacenaje, se elimina la mayor parte de la levadura que se ha depositado en el fondo del tanque, pero aquella que todavía está en suspensión no es eliminada.

⁴⁰ **Boris de Mesoës.** Manual práctico del cervecero. Página 41.

Durante el tiempo que la cerveza está en el tanque de almacenaje la levadura restante sigue fermentando los restos de azúcares que contiene la cerveza, estos azúcares son aquellos más difíciles de fermentar y sólo atraen la atención de la levadura una vez que se han consumido los azúcares más sencillos de metabolizar. Debido a que la cerveza continúa fermentando, aunque muy lentamente, en el tanque de almacenaje, se le llama segunda fermentación.

En realidad, la cerveza fermenta durante todo el tiempo que queden levaduras, otros microorganismos y algún azúcar de lenta fermentación, si la cerveza no es filtrada para eliminar las levaduras esta fermenta durante largo tiempo, ya esté en los tanques de almacenaje como embotellada o embarrilada.

En caso de añadir azúcar para generar una correcta segunda fermentación, se debe calcular cuidadosamente, considerando la carbonatación deseada de la cerveza terminada. Sabiendo que 2 gramos de azúcar aportan 1 gramo de CO₂ y asumiendo que no hay CO₂ en la cerveza sin fermentar, deberían añadirse 10 gramos de azúcar por litro para saturar la cerveza a 5 gramos de CO₂/litro. Si la cerveza sin fermentar ya tiene 2 gramos de CO₂/LITRO, entonces deberían agregarse 6 gramos de azúcar por litro.⁴¹

Cuanta mayor cantidad de levaduras y proteínas se depositen en el fondo de los tanques, menor será la cantidad para filtrar posteriormente y los filtros no se saturarán tan fácilmente. Hoy en día la mayoría de las fábricas de cerveza usan tanques cilindro cónico presurizado para realizar en ellos la fermentación y el almacenaje a la vez para no tener que trasegar la cerveza. Una vez realizada la fermentación se elimina la levadura y otras partículas precipitadas por el cono inferior de los tanques dejando atrás la cerveza verde y comenzando así el período de

⁴¹ Brochure_Tips_and_Tricks_BAT_ES.indd. Página 26.

almacenaje en el mismo tanque. Simplemente habrá que regular la salida de la válvula de CO₂ excedente convenientemente según este el mosto fermentando o la cerveza verde madurando.

42

1.10 Filtración de la cerveza madurada

Una vez terminado el período de almacenaje y de maduración de la cerveza, y suponiendo que hemos conseguido el perfil aromático y de sabor final que buscábamos, no será necesaria la filtración si vendemos la cerveza para su consumo inmediato, a no ser que se haga simplemente para aumentar la cristalinidad de esta, dado que la cerveza no dispondrá de tiempo suficiente como para variar su estabilidad biológica y consecuentemente su sabor. Se filtrará lo suficiente para que la cerveza aguante hasta su fecha de vencimiento. Si la cerveza es distribuida en botellas se supondrá que tendrá que mantener su calidad un mínimo de seis meses. Las grandes fábricas industriales se preocupan de que sus cervezas mantengan la calidad hasta doce meses después de su elaboración.

Hay una gran variedad de tipos de filtros que utilizan diferentes técnicas de filtración. Lo ideal es filtrar lo más rápido posible con filtros que eliminen las partículas más pequeñas posibles y que luego sean fáciles de mantener y limpiar sin contaminar el medio ambiente.

Las partículas por eliminar tienen dimensiones en décimas, milésimas y millonésimas de milímetro. Las levaduras son las partículas más grandes con dimensiones de décima de milímetro, a continuación, se encuentran las bacterias con dimensiones entre décima y milésimas

⁴² **Boris de Mesoes.** Manual práctico del cervecero. Página 41.

de milímetro y como último las partículas coloidales con dimensiones entre milésimas y millonésimas de milímetro.

1.10.1 ***Cinco Tipos de Filtración.***

Hay cinco tipos de filtración, en orden de menor a mayor efectividad: la filtración convencional, la microfiltración, la ultrafiltración, la nano filtración y la osmosis reversible.

La filtración convencional elimina la mayoría de las levaduras, la mitad de las bacterias y ninguna de las partículas coloidales.

La microfiltración elimina todas las levaduras, todas las bacterias y la mitad de las partículas coloidales.

La ultra y nano filtración eliminan más cantidad de partículas coloidales, pero nunca su totalidad. La osmosis reversible elimina absolutamente todas las partículas.

No hay que olvidar que muchas de las partículas que se eliminan son determinantes a la hora de impartir a la cerveza un perfil de aroma y sabor. Si eliminamos hasta la menor de las partículas para aumentar la conservabilidad de la cerveza hasta doce meses, habremos eliminado también casi todo el perfil de aroma y sabor.

1.11 Embotellado y Embarrilado

El embarrilado es más accesible para las pequeñas micro fábricas de cerveza, dado que los costes de instalación de equipos de llenado y limpieza de barriles son más accesibles que los de botellas y los márgenes de beneficio mayores.

El embarrilado y el embotellado se hacen a partir de los tanques de almacenaje, o de segunda fermentación, una vez que la cerveza ha llegado al nivel de maduración deseado por el maestro cervecero. Estos tanques están a una presión aproximada entre uno y dos bares y a una temperatura ligeramente superior a los cero grados centígrados. Al rellenar los barriles o las botellas, hay que tener en consideración la temperatura de estos, así como la temperatura de las líneas o mangueras por donde circulará la cerveza a presión.

La cerveza a baja temperatura mantiene una mayor cantidad de CO₂ disuelto que a una temperatura superior. Si introducimos cerveza en una línea o manguera que está a una temperatura más alta se liberará CO₂ y se producirá espuma. La producción de espuma no es nada deseable a la hora de rellenar cualquier recipiente porque la espuma ocupará un espacio que nos es necesario rellenar con cerveza.

Cuanto mayor sea la presión a la que esté sometida la cerveza mayor cantidad de CO₂ estará disuelta. Al igual que es necesario controlar la temperatura será necesario controlar que no haya una disminución de presión durante el recorrido del tanque de almacenaje a los barriles o botellas para que no se produzca espuma.

Tanto los barriles como las botellas se rellenarán con CO₂ a presión justo antes de recibir la cerveza. Este CO₂ mantendrá la presión igual a la del tanque de almacenaje y además servirá también para eliminar el aire y el oxígeno contenidos que oxidarían la cerveza con el tiempo. En el momento que el barril o la botella han sido llenados, se procede a su cierre. En este momento

se libera la presión y se produce algo de espuma que rellena el espacio sobrante entre el nivel superior del líquido y el cierre, eliminando con ello cualquier cantidad de oxígeno que pudiera haber entrado en la botella o barril en el momento de desconectarlos de la línea de rellenado a presión.

Las pequeñas micro cervecerías rellenan los barriles y las botellas sin usar maquinaria especializada que mantenga los niveles de presión iguales desde los tanques de almacenaje. Al rellenar sin presión la mayor parte del CO₂ disuelto en la cerveza se pierde, por ello es necesario provocar una tercera fermentación dentro de la botella o barril para que produzca un nivel de CO₂ aceptable. Esta tercera fermentación se provoca añadiendo una pequeña cantidad de mosto sin fermentar (o cualquier otro tipo de azúcar fermentable disuelto) con algo de levadura en el momento del rellenado. Este mosto suele provenir de una cocción posterior que coincida el mismo día del rellenado. Es imprescindible que este mosto o azúcar añadido esté en perfectas condiciones bacteriológicas para evitar cualquier infección dentro de los barriles o botellas.⁴³

⁴³ **Boris de Mesoes.** Manual práctico del cervecero. Página 43.

CAPITULO II: Aspectos sensoriales de la cerveza

2 Introducción

La calidad de la cerveza generalmente se evalúa por su perfil sensorial. El análisis sensorial es el examen de los atributos de la cerveza mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto) obteniendo datos cuantificables y objetivos. Los rasgos organolépticos son variables y definen el estilo general de cerveza e impulsan las tendencias del consumidor (Briggs, 2004). Los atributos sensoriales de la cerveza se pueden dividir entre aquellos relacionados con la apariencia, que incluye el color, la transparencia, formación de burbujas y la espuma; y aquellos que representan el flavor de la cerveza, que se refieren al aroma, el sabor y la sensación en boca. Cada uno de estos aspectos varía según el estilo de la cerveza. La guía de estilos del “Programa de certificación para juzgar cervezas (BJCP)”, describe más de 81 estilos de cerveza.

2.1 Los sentidos y los órganos de los sentidos

Los sentidos son los mecanismos fisiológicos de la percepción que nos permiten distinguir lo que nos rodea, así como percibir algunos otros estados internos del organismo.

Los órganos de los sentidos a continuación son los encargados de captar estos estímulos, que luego son convertidos en señales eléctricas enviadas al sistema nervioso para ser procesadas y desarrollar las respuestas que finalmente nos permitirán ver, oír, oler, saborear y poseer sensibilidad táctil.

2.1.1 Sabor

El sabor es la sensación que una sustancia soluble en saliva produce en la lengua, el órgano principal del gusto, donde es registrado por sensores químicos específicos y especializados denominados papilas gustativas.

Cada ser humano posee cerca de 10.000 papilas gustativas ubicadas principalmente en la lengua, pero distribuidas también por toda la boca, en las mejillas, paladar y garganta.

Cada una de ellas es un detector sensible que responde a un conjunto particular de elementos químicos. El volumen de papilas gustativas existentes es el que define la capacidad de distinguir sabores, matices e intensidades.

Existen tres tipos de papilas gustativas, calciformes, fungiformes y filiformes, las dos primeras con tareas químicas netamente gustativas y la tercera de ellas con una función de carácter táctil relacionada a las propiedades físicas de los alimentos: tamaño, textura, consistencia y temperatura.

Al contrario de lo que extensamente se cree, el mapa de sabores de la lengua que se ha venido enseñado durante décadas en todo el mundo es hoy es un refutado error.

Diversas investigaciones científicas han demostrado que, aunque si bien existe una ligera localización regional de sabores, las sensaciones gustativas provienen desde todas las regiones de la lengua por igual.

En general, se pueden distinguir tres regiones diferentes, la mitad delantera es igualmente sensible a todos los sabores. El amargor se percibe un poco más intensamente en las papilas de la parte trasera (razón por la que la deglución es considerada una etapa necesaria del proceso de cata de cervezas) y las papilas de los costados son ligeramente más sensibles a la acidez.

Por último, existe una característica particular del sabor denominada retrogusto, que se manifiesta cuando la sustancia química ya no está en contacto con las papilas gustativas, pero aun así persiste como sensación de sabor.

Actualmente, se reconoce la existencia de al menos 6 sabores básicos: dulce, ácido, amargo, salado, umami y graso.

2.1.1.1 Sabor dulce. El sabor dulce es aceptado de manera universal como uno de los más placenteros por todas las culturas. Los alimentos percibidos como dulces son aquellos que poseen un alto contenido de carbohidratos, por lo que nuestra lengua evolucionó para detectarlos y reconocerlos como alimentos de un alto valor nutritivo.

2.1.1.2 Sabor ácido. Las papilas gustativas del sabor ácido detectan iones de hidrógeno, de forma similar a los medidores de pH. Se trata de un mecanismo celular bastante simple, que permite una rápida detección de su presencia. Evolutivamente, el cerebro aprendió a considerarlo como una “alarma” ya que muchas sustancias venenosas y alimentos en mal estado desarrollan este sabor, mientras que la acidez (o la falta de ella) se considera un indicador muy confiable para determinar la madurez de una fruta.

2.1.1.3 Sabor amargo. Considerado por muchos el menos grato de los sabores básicos, su detección es muy sofisticada, con la existencia casi 30 tipos de receptores diferentes capaces de detectarlo. Es debido a esta complejidad en los mecanismos que permiten su detección, que la reacción de las papilas gustativas al sabor amargo es mucho más lenta que en otros sabores. Los investigadores de la evolución sugieren que este sabor es interpretado mayoritariamente como desagradable debido a un mecanismo de defensa que los humanos desarrollaron para sobrevivir envenenamientos, dado que la mayoría de los venenos, como por ejemplo el cianuro, son amargos.

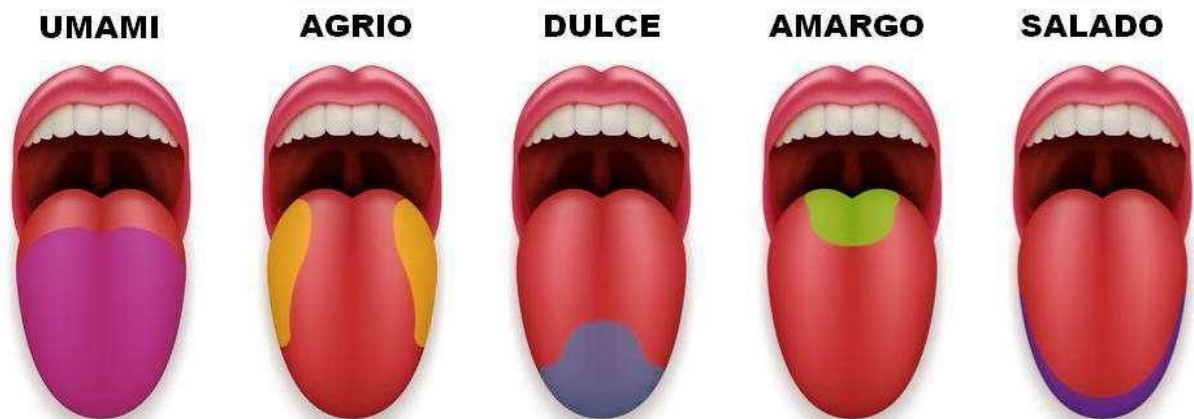
2.1.1.4 Sabor salado. Las papilas gustativas del sabor salado responden a la presencia de iones de sodio y en menor medida a iones de potasio, sales que son vitales para muchos procesos celulares y que deben ser obtenidas a partir del medio ambiente.

2.1.1.5 Sabor umami. Reconocido por cientos de años en la cultura oriental, recién el año 2000 fue descubierto el receptor específico que lo convirtió oficialmente en un sabor básico. Umami es una palabra japonesa que puede traducirse "sabroso" y resume una cualidad rica y carnosa. Su principal responsable es el glutamato monosódico, presente en alimentos como la carne añejada, el pescado azul, los alimentos fermentados, los productos de la soja, el queso curado (como el parmesano), los tomates maduros y las algas marinas.

2.1.1.6 Sabor graso. El sabor graso es el miembro más reciente de la familia de los sabores básicos. Descubiertas recién en noviembre de 2005 por científicos de la Universidad de Borgoña en Francia, estas papilas gustativas que contienen los receptores encargados de transmitir al cerebro el sabor de los lípidos, una proteína también llamada FAT.

Figura 29.

Percepción de los sabores básicos en boca



2.1.2 Olfato

El olfato es el sentido encargado de detectar y procesar los olores. Ubicado en la nariz, está compuesto por receptores químicos que reaccionan al ser estimulados por partículas aromáticas volátiles que son transportadas por el aire y que ingresan por la nariz.

La nariz humana es capaz de distinguir más de 10.000 aromas diferentes. El olfato es el más sensible de los sentidos, unas pocas moléculas bastan para estimular una célula olfativa.⁴⁴

2.1.3 Vista

La visión es la facultad por la cual se percibe el mundo exterior a través de los órganos visuales, los ojos.

Para poder ver, los rayos de luz ingresan a través de las pupilas y son registrados por células fotorreceptoras localizadas en la retina denominadas conos.

Estos registros luego se convierten en impulsos eléctricos que son transportados al cerebro a través del nervio óptico, donde son interpretados como información sobre tamaño, forma y movimiento. Aquí también se establecen los atributos de la sensación visual: color, luminosidad y saturación.

El color depende de la longitud de las ondas luminosas incidentes. La luminosidad o brillo es la característica equivalente a la producida por algún elemento de la escala de grises, siendo el blanco la máxima luminosidad y el negro la mínima luminosidad.

Por último, la saturación está relacionada con la pureza colorimétrica, es decir, la medida de los colores y la cuantificación de su percepción.

⁴⁴ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 34.

2.2 Cata y degustación

2.2.1 *Qué significa catar una cerveza*

En palabras simples, catar significa degustar un alimento o bebida para examinar sus cualidades organolépticas y su calidad, por lo tanto, en la práctica, todos realizamos una cata de cerveza cada vez que degustamos e identificamos características específicas en una cerveza.

No se trata de un ejercicio estrictamente profesional o reservado sólo a la competencia, aunque podríamos decir que existen matices entre cata y degustación, sino de una actividad que puede ser cotidiana y que, con entrenamiento y práctica, cualquiera puede perfeccionar.

Es necesario aclarar también que no existen diferencias ya sea al catar una cerveza casera, una cerveza artesanal o el producto de una gran cervecería industrial, la definición de calidad está dada por la naturaleza del producto elaborado y no por quién la elabora.

La estructura de evaluación de una cerveza siempre es la misma, establecida bajo los mismos parámetros objetivos.

2.2.2 *Diferencia entre catar y degustar*

Desde un punto de vista algo más específico, se puede decir que existen diferencias entre catar y degustar una cerveza, términos que, a pesar de ser sinónimos, en este contexto se desarrollan con objetivos distintos.

La degustación de cerveza es una actividad que habitualmente busca la apreciación de un producto con fines hedónicos, que no requiere necesariamente preparación previa y que se establece en parámetros más bien subjetivos.

La cata de cerveza por otro lado busca desarrollar la evaluación estructurada de un producto a partir de análisis sensorial entrenado, práctica permanente y conocimiento de procesos. Está basada en directrices y un lenguaje común.

2.2.3 Análisis sensorial

El análisis sensorial podría definirse como el conjunto de métodos y técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar mediante los sentidos, cierto número de propiedades de los alimentos o bebidas llamadas organolépticas.

El proceso de análisis sensorial inicia en presencia de un estímulo (electromagnético, mecánico y/o químico) que actúa sobre los receptores de los sentidos.

Una vez detectado el estímulo, la respuesta de los receptores sensoriales es transformada por el cerebro en una sensación, que posteriormente es interpretada como una percepción, de la que surgen pensamientos, imágenes y recuerdos.

La cata de cerveza podría definirse entonces como una evaluación sensorial a través del uso de los 5 sentidos en consideración a 4 aspectos principales: aroma, apariencia, sabor y sensación en boca, a los que se suma una impresión general final, que buscan percibir, apreciar e identificar las cualidades organolépticas de una cerveza de la forma más objetiva posible.

No se trata de indicar que una cerveza o alguna característica es simplemente “buena” o “mala”, se trata de poder utilizar un conocimiento base y un lenguaje adecuado que permitan una descripción precisa, que evalúe fortalezas y debilidades.

La cata de cervezas se puede clasificar según sus objetivos específicos en cata con fines educativos, en competencias o como control de calidad.

2.2.3.1 Cata con fines educativos. El objetivo principal de la cata con fines educativos es compartir conocimientos, guiados por una persona entrenada, planteados de forma estructurada y en un ambiente adecuado. De esta forma, se busca promover el aprendizaje sobre aromas/sabores, estilos e historia de la cerveza.

2.2.3.2 Cata en competencias. Catar cerveza en una competencia es un proceso de evaluación estructurado, realizado por jueces entrenados y con experiencia, con el objetivo identificar las cualidades de una cerveza, y qué tanto se aproxima a un estilo específico.

Se utilizan patrones de referencias comunes (directrices de estilos), planillas de evaluación y muestras sin identificar.

Adicionalmente, dependiendo del tipo de competencia, sirven como referencia para detectar problemas y mejorar productos. No solo se trata de identificar características, se trata de reconocer su origen de forma que esto permita corregir para mejorar la calidad de una cerveza.

2.2.3.3 Cata como control de calidad. Catar como control de calidad es una herramienta de medición de consistencia utilizada por las propias cervecerías.

Generalmente son realizadas por paneles entrenados específicamente para evaluar que cada producción que salga al mercado cumpla los estándares definidos para un producto.

2.2.4 Organización

Independiente del objetivo, al organizar una cata de cerveza, lo más importante en la preparación previa es disponer de un espacio adecuado y de los materiales necesarios para llevarla a cabo.

2.2.4.1 Espacio físico. Se requiere que se desarrolle en un ambiente bien iluminado, de colores claros, libre de olores y a una temperatura ambiente cercana a los 20°C.

Se recomienda también disponer las muestras en una superficie de color blanco para permitir un adecuado contraste en la apreciación visual.

2.2.4.2 Equipamiento. Tener a disposición un número suficiente de copas de degustación, preferentemente de vidrio.

Se deben disponer además planillas de evaluación, lápices y copias de las guías de estilos para consulta y referencia.

2.2.4.3 Preparación. Según sea el tipo de cata, se debería habilitar un área separada para evitar predisposiciones.

En general, lo más recomendable es ordenar el servicio basado en el aumento de la intensidad en el paladar, el nivel de alcohol y la temperatura recomendada de servicio.

2.2.4.4 Cantidad de muestras. No excederse de las seis muestras por jornada sobre todo si se trata de productos de alto contenido alcohólico y de gran cuerpo.⁴⁵

Una buena idea es disponer de agua purificada, trozos de pan neutro y/o galletas saladas para limpiar el paladar entre cada muestra.

2.2.4.5 Ficha de cata y planilla de evaluación. Las hay de todo tipo, ya sea para degustar o catar cerveza. Por lo general, la confección de esta planilla tiene tres objetivos básicos: registrar estructuradamente las características observadas en la cerveza, proporcionar feedback al cervecero y confeccionar un ranking de las cervezas participantes.

⁴⁵ **Carlos Manosalva.** Guía práctica para catar cerveza. Página 40.

2.2.5 Consideraciones

Lo importante aquí es tener un conocimiento previo de las características de las cervezas a catar: tipo de cerveza (ale, lager o de fermentación espontánea), estilo específico (Imperial Stout, American IPA, English Barley Wine, etc.), graduación alcohólica (ABV), amargor (IBU) y si fue elaborada con algún ingrediente adicional (miel, frutas, etc.).

2.2.5.1 Servicio. Las copas que se utilizan para catar cerveza deben ser siempre transparentes, de paredes lisas, sin relieves ni decoraciones, muy limpias, escurridas boca abajo y sin rastros de agua, idealmente de vidrio.

2.2.5.2 Temperatura. Con respecto a la temperatura de servicio, para cada estilo de cerveza se recomienda un margen adecuado que debiera permitir su mejor apreciación.

- **2 - 4 °C:** Light Lager, Golden Ale, Cream Ale, cervezas de bajo alcohol.
- **4 - 6 °C:** Hefeweizen, Premium Lager, Pilsner, German Pilsner, Fruit Beer, Golden Ale, Berliner Weisse, Dark Lager, Fruit Lambic y Gueuze.
- **6 - 8 °C:** American Pale Ale, Amber Ale, Dunkelweizen, Sweet/Dry Stout, Porter, Belgian Ale, Dunkel, Vienna, Schwarzbier, Altbier y Trippel.
- **8 - 10 °C:** Bitter, IPA, English Pale Ale, Saison, Lambic, Dubbel, Belgian Strong Ale, Weizenbock, Foreign Stout y Scotch Ale.
- **10 - 12 °C:** Barley Wine, Quadrupel, Imperial Stout, Imperial/Double IPA, Doppelbock y Eisbock.

2.2.6 Degustación y notas

Cada estilo de cerveza tiene su propio balance de características establecidas por su historia, ingredientes y procesos de elaboración.

Es muy importante tener claro que el estilo no define la calidad de una cerveza, sólo establece los atributos que deberíamos esperar de ella.

En un nivel de mayor desarrollo, la comprensión adecuada de estas características requiere de un entendimiento al menos básico del proceso de elaboración de cerveza que permita reconocer cómo y dónde se originan estas características, cómo ajustarlas o corregirlas.

2.2.7 Pasos de una cata

En términos generales, el proceso de cata de cerveza establece una secuencia sugerida para aproximarse de la mejor forma posible a la evaluación, desde los aromas a la impresión general, la secuencia, cantidades y tiempos que permitan maximizarla.

Un interesante artículo escrito por Eduard W. Wolfe describe el proceso de catar cerveza en una serie de pasos que resumimos a continuación:

1. Inspeccionar visualmente la botella e identificar posibles signos de problemas (por ejemplo, un anillo alrededor del cuello que podría indicar contaminación bacteriana o demasiado espacio de aire en el cuello que podría indicar posible oxidación). Estas características pueden ser útiles en la descripción de los defectos que se descubran, sin embargo, hay que tener cuidado de no prejuzgar.

2. Servir la cerveza en una copa limpia y realizar un esfuerzo en producir una generosa, pero no excesiva, cabeza de espuma. Para las cervezas muy carbonatadas, esto puede requerir servir cuidadosamente la cerveza con la copa inclinada. Para las cervezas con baja carbonatación en cambio, esto se puede conseguir sirviendo la cerveza en caída a unos 10 centímetros desde la botella. Para cada estilo hay un tiempo y forma que le otorgará una apariencia óptima.

3. Oler la cerveza. Tan pronto como se sirva la cerveza, agitar la copa y llevarla a la nariz inhalando en varias ocasiones. Cuando una cerveza está fría, puede ser necesario entibiarla un poco con la copa entre las manos, o cubrir por un momento la parte superior de la copa para que los aromas volátiles se acumulen en una concentración suficiente. Tomar nota de las impresiones y en particular, cualquier aroma que se pueda detectar.⁴⁶

4. Inspeccionar visualmente la cerveza, inclinar la copa y examinar a contraluz. Tomar nota.

5. Oler nuevamente la cerveza. Una vez más, agitar la copa si es preciso e inhalar la cerveza en repetidas ocasiones. Notar como cambian los aromas al ganar temperatura y como los aromas volátiles comienzan a disiparse. Tomar nuevamente nota de todas las impresiones.

6. Probar la cerveza, alrededor de 30 ml (1 oz), y distribuirla por todo el interior de la boca, asegurando que la cerveza tome contacto con labios, encías, dientes, paladar y toda la superficie de la lengua. Tragar la cerveza y exhalar por la nariz. Tomar nota de las impresiones sobre los sabores primarios, secundarios y retrogusto.

7. Tomar otro trago de cerveza. Tomar nota esta vez acerca de las sensaciones físicas que produce la cerveza en la boca.

8. Describir una impresión general. Relajarse. Respirar hondo. Oler y saborear la cerveza nuevamente. Finalmente hacer una pausa para considerar en que grupo general calificarla, por ejemplo, excelente, muy buena, buena, potable o con problemas.

⁴⁶ **Carlos Manosalva.** Guía práctica para catar cerveza. Página 42.

2.2.8 Fases de evaluación

Como mencionamos anteriormente, la cata de cerveza se basa en un análisis que considera 5 aspectos: aroma, apariencia, sabor, sensación en boca más una impresión general final.

Si se quiere catar una cerveza para mantener un registro o transmitir esta opinión a otras personas, incluso como juez en una competencia, la mejor forma es utilizar un procedimiento detallado y una terminología común.

Para ello, una de las herramientas de referencia más utilizadas es la rueda de aromas y sabores de Meilgaard, desarrollada en el capítulo VI.

A continuación, revisaremos paso a paso cada uno de los aspectos de evaluación y las características a considerar en cada uno.

2.2.8.1 Vista. Antes de probar, hay muchas conclusiones que podemos sacar con solo mirar la copa y observar cómo se comporta al servirla. Los primeros atributos de apariencia que evaluamos en una cerveza son el color y la opacidad. El color se mide en una escala llamada SRM que va del 0, para una cerveza de color pajizo, amarillo blancuzco, hasta el 50, donde encontramos las completamente negras. En el medio encontraremos tonos dorados, cobre, ámbar y marrón hasta llegar el negro. La opacidad refiere a la turbidez que pueda tener por la levadura en suspensión, lúpulo u otros sedimentos, dados que gran parte de las artesanales no se filtran. Aun así, es una característica que depende del estilo porque no todos los estilos admiten turbidez. Sin filtrar, es igualmente posible obtener una cerveza perfectamente cristalina siguiendo los procesos adecuados.

Donde se analiza el color, la transparencia, la vivacidad de la cerveza y la consistencia, persistencia y color de la espuma. Está relacionada al aspecto exterior de la cerveza, es decir, a como sus características son apreciadas por la vista.

En esta etapa se analizan y describen el color de la cerveza, su claridad y vivacidad, la consistencia, persistencia, textura y color de la espuma.

Si bien este conjunto de características tiene la menor estimación porcentual en la evaluación global de una cerveza, en una competencia BJCP, por ejemplo, sólo corresponde al 6% de la puntuación total (3 puntos), muchas de ellas pueden funcionar como indicadores de “salud” de la cerveza y deben observarse utilizando una buena fuente de luz y un contraste adecuado.

2.2.8.1.1 **Color.** El color está determinado principalmente por el nivel de tostado de las maltas y en algunos casos por la adición de ingredientes adicionales (frutas, vegetales, hierbas).

El rango de color está asociado al estilo y no mantiene relación directa con el sabor de la cerveza, sus cualidades o nivel de alcohol.

Describir el color de la cerveza (pajiza, amarilla, rojiza, marrón, negra, etc.), utilizando algún indicador de tonalidad (translucida, brillante, mate, clara, turbia, nebulosa, etc.).

Figura 30.

Escala de colores de la cerveza en escala de unidad EBC

Color de la cerveza (EBC)

2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
42	48	52	56	60	64	68	72	76	80

2.2.8.1.2 Claridad y turbidez. La claridad denota nitidez, en el sentido de la transparencia. Por su parte, la turbidez es la medida de la transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión que reflejan la luz.

Diversos grados claridad o turbidez son propios a cada estilo de cerveza y pueden desarrollarse a partir de procesos de filtrado, maduración, temperatura de servicio, proteínas y taninos en suspensión, incluso infecciones bacterianas.

Describir la claridad o turbidez observada en la cerveza asignando un grado (filtrada, clara, translúcida, opaca, turbia, etc.) y describir su origen si corresponde (levadura, lúpulo, proteínas insolubles por frío, etc.).⁴⁷

2.2.8.1.3 Vivacidad. Es un atributo relacionado a la presencia de CO₂ disuelto en la cerveza y es visible en mayor o menor medida dependiendo del color y la claridad de la cerveza.

Cuantificar la vivacidad a partir del volumen del flujo de CO₂ ascendiendo en la cerveza y asignar un nivel (baja, media, burbujeante), observando y registrando el tamaño de las burbujas (muy pequeñas, medianas, gruesas).

⁴⁷ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 46.

2.2.8.1.4 **Espuma.** La formación y persistencia de la espuma, también denominada cabeza, corona o “giste” (espuma en alemán) está directamente relacionada a la presencia de CO₂, proteínas y resinas de lúpulo en la cerveza.

Cuantificar la profundidad de la espuma asignando un tamaño (baja, media, alta, enorme), describiendo su textura y consistencia (ligera, densa, espesa, compacta, cremosa, rocosa). Si la corona de espuma permanece, significa que la tensión superficial de la cerveza es alta, dando una idea del cuerpo que posee. A mayor cuerpo, más resistencia a que las burbujas se escapen del líquido. Los aceites del lúpulo también son un agente que cohesiona la espuma, facilitando su formación y sosteniendo unidas las estructuras.

Por último, observar y describir el tamaño de las burbujas en la superficie de la espuma (pequeña, mediana, grande) y su distribución (homogénea, heterogénea).

2.2.8.1.5 **Persistencia de la espuma.** Las cervezas de mayor contenido alcohólico por lo general generarán espumas de menor persistencia debido a la menor tensión superficial del líquido, aunque nuevamente cada estilo desarrollará sus propias características.

Observar la duración de la espuma. Como referencia se considera una persistencia media cuando el grosor inicial de la espuma disminuye a la mitad en el transcurso de un minuto.

Si el espesor baja más rápido, la espuma es considerada poco persistente, si lo hace en mayor tiempo, se considera con buena retención.

Por último, observar si se generan “piernas de alcohol” (gotitas de residuo) o “encaje belga” (patrones de espuma residual) en las paredes de la copa.

2.2.8.1.6 **Color de la espuma.** Las características de color de la espuma casi siempre están relacionadas con los diferentes ingredientes utilizados en la elaboración.

Observar y describir el color de la espuma (blanca, blanquecina, marfil, canela, marrón, etc.), indicando algún grado de tonalidad (traslúcida, brillante, opaca).

2.2.8.2 Aroma. Recomendamos siempre que se haga antes de la fase en boca por dos razones:

- Porque ayuda a concentrarse sobre los gustos y aromas que vendrán después con la cata de boca.
- Porque más de una vez, la espuma nos da unos olores que, después, en la cata no los encontraremos o quedarán tapados por otros.

El aroma hace referencia a los olores que pueden ser detectados a través del sentido del olfato. En esta etapa se aprecian y describen los aromas a malta, lúpulos, esteres (frutas o rosas) y otros compuestos aromáticos.

En la cerveza podemos hablar de aromas primarios y secundarios. Los primeros son aportados por las materias primas (malta y lúpulo), mientras que los segundos se forman a partir de la levadura en la fermentación (ésteres, alcohol, especias, etc.).

La levadura será la responsable de gran parte de los aromas: estere, fenoles (por ejemplo 4-vynil-guayacol, que es el compuesto de clavo de olor, y el aroma a otras especias, principalmente pimienta) y otros subproductos de la fermentación.

Existen aromas que son muy volátiles y que se disipan rápidamente, es por esto por lo que la primera aproximación a la evaluación debe ser su detección y registro antes que desaparezcan o cambien.

En una competencia tipo BJCP, por ejemplo, la evaluación del aroma corresponde al 24% de la puntuación total (10 puntos).

2.2.8.2.1 Aromas a malta. Los aromas a malta dependerán de los tipos y cantidades utilizadas en la receta de granos según sea el estilo de cerveza elaborado.

Mencionar si están presentes cuantificando un nivel (bajo, medio, alto), su carácter (dulce, granoso, tostado, ahumado, caramelo, frutos secos, etc.) y algún indicador sensorial adicional (pan, galletas, melaza, café, pasas, nueces, avellanas, etc.).

2.2.8.2.2 **Aromas a lúpulo.** Generalmente una cerveza utilizará varios tipos de lúpulos en su elaboración.

Los aromas a lúpulo dependerán de la variedad y cantidad que se haya añadido al mosto durante la cocción, la fermentación y/o la maduración.

Mencionar si están presentes cuantificando un nivel (bajo, medio, alto), su carácter (herbal, floral, resinoso, terroso, frutal, cítrico, perfumado, etc.) y algún indicador sensorial adicional (naranja, pomelo, maracuyá, pino, césped, rosas, etc.).

2.2.8.2.3 **Aromas a ésteres.** Los ésteres son compuestos orgánicos formados generalmente por la levadura durante la fermentación, habitualmente con características frutales y/o florales.

Mencionar si están presentes cuantificando un nivel (bajo, medio, alto), su carácter (frutal, floral, solvente, etc.) y algún un indicador sensorial adicional (plátano, manzana, lavanda, rosa, etc.).

2.2.8.2.4 **Aromas a alcohol.** El alcohol (etanol) es el subproducto principal de la fermentación junto al CO₂, por lo que siempre se debe registrar su presencia. Los subproductos de la fermentación son considerados “Off flavors”.

Existen diferentes tipos de alcoholes, dependiendo del estilo y/o proceso de elaboración. Los “alcoholes de fusel” por ejemplo, un grupo de alcoholes que se cree son los responsables de la resaca, se desarrollan cuando la fermentación ocurre en rangos de temperatura muy elevados.

Por ejemplo, los aldehídos percibidos como aroma a manzana verde son alcoholes pesados con formaciones moleculares complejas, que los hacen difícil de digerir en nuestro hígado.⁴⁸

Mencionar si están presentes cuantificando un nivel (no percibido, ligero, intenso, desbordado) y su carácter (especiado, picante, vinoso, etc.)

2.2.8.2.5 Aromas a diacetilo. Subproducto de la fermentación, la levadura lo produce en las primeras horas de la fermentación y luego lo reabsorbe antes de finalizarla. Para reducirlo es importante que la levadura esté vital hasta el final de la fermentación, por eso no debe retirarse antes de tiempo ni enfriarse la preparación.

El exceso de diacetilo o de aldehídos evidencia una cerveza apurada, que no maduró correctamente.

2.2.8.2.6 Otros aromas. Estos aromas son debido a la utilización de elementos o materiales deficientes durante el proceso, por ejemplo, el olor a plástico o clorofenoles (medicinal, a cinta adhesiva), que se produce por uso de agua con cloro en la elaboración.

Otro ejemplo típico es el sabor metálico, cuando se emplean otros materiales que no sean de acero inoxidable.

2.2.8.3 Sabor. Como ya hemos visto, el sabor es la sensación que producen los alimentos u otras sustancias en el órgano del gusto.

En esta etapa se aprecian y describen sabores a malta y lúpulo, sabores desarrollados por características de fermentación, equilibrio general entre dulce y amargo, final/retrogusto y otras características.

⁴⁸ Ricardo “Semilla” Aftyka. Pasión por la cerveza. Página 95.

Si bien el sabor está determinado principalmente por las reacciones químicas producidas en las papilas gustativas de la lengua, una parte muy importante de su existencia está determinada por el olfato.

Tan importante y complejas resultan estas características que en una competencia BJCP corresponden al 40% de la evaluación global de una cerveza (20 puntos).

Al degustar se debe buscar que la cerveza tome contacto con toda la extensión de la lengua y el paladar.

Por último y al contrario de lo que sucede en la degustación de vino, la cerveza se debe tragar, a fin de evaluar en las zonas de mayor sensibilidad al amargor, el final y el retrogusto.

2.2.8.3.1 Sabores a malta. Los sabores a malta dependerán de los tipos y cantidades utilizadas según el estilo de cerveza elaborado.

Mencionar si están presentes cuantificando un nivel (bajo, medio, alto), su carácter (dulce, tostado, caramelo, etc.) y algún un indicador sensorial adicional (frutos negros, frutos secos, pan, granos, etc.).

2.2.8.3.2 Sabores a lúpulo. Al igual que en el aroma, los sabores a lúpulo dependerán de la variedad y cantidad y la etapa del proceso de elaboración en que hayan sido añadidos.

Mencionar si están presentes cuantificando el nivel (bajo, medio, alto), su carácter (cítrico, resinoso, terroso, herbal, etc.) y algún un indicador sensorial adicional (pomelo, maracuyá, durazno, pino, césped, etc.).

2.2.8.3.3 Sabores amargos. Nuevamente, al igual que en el aroma, siempre se debe indicar su presencia (o ausencia).

Mencionar si están presentes (no percibido, ligero, intenso) y su carácter (especiado, vinoso, etc.).

2.2.8.3.4 **Otros sabores.** Evaluar sabores relacionados a características desarrolladas a raíz de procesos de elaboración o distribución, o almacenamiento (fermentación, maduración, contaminación, etc.).

Observar si están presentes cuantificando un nivel (bajo, medio, alto), su carácter (diacetilo, alcohol, oxidación, acidez, etc.) y algún indicador sensorial adicional (mantecoso, picante, vinagre, cartón, etc.).⁴⁹

2.2.8.3.5 **Equilibrio.** El equilibrio se refiere al estado de balance entre los atributos y características de una cerveza.

Evaluar el balance entre las características aportadas por el dulzor de la malta, el amargor del lúpulo y otros componentes de sabor según sea el estilo (acidez, alcohol).

Cuantificar el equilibrio mediante la especificación de un nivel para cada componente (equilibrio general, balance hacia la malta, balance hacia el lúpulo, desequilibrio por alcohol, muy ácida, etc.).

2.2.8.3.6 **Final y retrogusto.** El final hace referencia a las características finales percibidas antes de que la cerveza pase completamente por la boca.

A continuación, el retrogusto es la persistencia de una sensación de sabor luego de que la cerveza ha pasado por la boca y está fuera de contacto de las papilas gustativas. Puede corresponder al balance o no. En ocasiones, una cerveza balanceada nos deja un retrogusto amargo desagradable, que solo se percibe una vez que la maltosidad desaparece de la boca

⁴⁹ Ricardo “Semilla” Aftyka. Pasión por la cerveza. Página 95.

producto de la salivación. A veces el retrogusto de una cerveza dulce es empalagoso y permanece largamente.

Mencionar las características finales (dulce, amarga, seca, atenuada, balance final, etc.), cuantificando su duración (ausente, breve, duradero, extenso), intensidad (suave, medio, intenso) y carácter (malta, lúpulo, tostado, etc.).

2.2.8.4 Sensación en boca. La sensación en boca trata de las características relacionadas a las sensaciones físicas (táctiles) producidas por la cerveza en la boca: cuerpo, nivel de carbonatación, tibieza alcohólica, cremosidad, astringencia y otras sensaciones del paladar.

Por lo general en una competencia BJCP estas características equivalen al 10% (puntos) de la evaluación global.

2.2.8.4.1 *Cuerpo.* Es la sensación de plenitud que se genera cuando la cerveza pasa por la boca causada principalmente por las dextrinas y proteínas de la malta, así también la atenuación de la levadura, ya que esta última es la encargada de consumir los azúcares complejos, que con cuantos más azúcares queden sin consumir por la levadura, mayor cuerpo tendrá. Una con mucho cuerpo se percibe llena o pesada, mientras que una con bajo cuerpo es liviana y fluye por el paladar.

Cuantificar proporcionando un peso (aguado, ligero, medio, pleno) y describir su textura (sedosa, cremosa, untuosa, masticable, etc.).

2.2.8.4.2 *Carbonatación.* Es la sensación burbujeante producida en la boca por la presencia de CO₂ disuelto en la cerveza.

La cerveza con alta carbonatación será chispeante, con un picor en la lengua, mientras que una cerveza con baja carbonatación será más chata, a veces percibida como aguada si tiene bajo cuerpo o licorosa, si el cuerpo es alto. Todos los estilos tienen indicado un nivel óptimo de carbonatación, que será determinante para la percepción. El gas disuelto arrastra compuestos aromáticos y cambia en la que las papilas de la lengua transmiten los sabores.

Cuantificar indicando un nivel (bajo, medio, alto) y un descriptor si es necesario (sin vida, plana, suave, chispeante, efervescente, etc.).⁵⁰

2.2.8.4.3 Alcohol. Genera un calentamiento en boca y en retrogusto que tiene la cerveza. Mencionar cualquier sensación cálida relacionada al alcohol y cuantificarla usando un nivel (bajo, medio, alto) y cualquier otra sensación (ardor, aspereza, etc.).

No siempre es un *off flavor*, hay algunas de alta graduación alcohólica en las que esta sensación es acogedora y deseable.

2.2.8.5 Impresión general. Es una opinión final que trata sobre el placer de haber degustado la cerveza en su conjunto y está asociada tanto a las observaciones previas, como una suma de las sensaciones objetivas y subjetivas.

Este recuerdo final es un resumen de las características de cada cerveza, destacando aquello más representativo y que probablemente hará que la cerveza sea recordada o comentada en el futuro.

En una competencia BJCP estas características equivalen al 20% de la evaluación global.

⁵⁰ Ricardo “Semilla” Aftyka. Pasión por la cerveza. Página 96.

2.3 Rueda de Aromas y Sabores de Meilgard

Morten Meilgaard es un héroe anónimo en el mundo de la cerveza. Nacido en Dinamarca en 1928, fue brillante un ingeniero químico amante de la cerveza que básicamente creó el lenguaje que hoy utilizamos para describirla.

Las investigaciones de Morton Meilgaard y sus colegas Gail Vance Civille y

B. Thomas Caar en los años 70' lograron identificar más de 1000 características posibles de encontrar en una cerveza, de las cuales un catador entrenado y con experiencia debería ser capaz de identificar sin problemas aproximadamente 100.

Menos de la mitad de ellas se encuentra comúnmente en las cervezas, el resto se utiliza para describir sabores en cervezas defectuosas o de especialidad.

2.3.1 *Niveles de la rueda de aromas y sabores de Meilgaard.*

A partir de estos trabajos, en 1979 Meilgaard desarrolló una rueda de aromas y sabores de la cerveza, en un intento por estandarizar el lenguaje del análisis sensorial que permitiera una comunicación fluida entre cerveceros, consumidores, jueces, escritores y todo aquel que se relacione de alguna forma a la cerveza, identificando y definiendo por separado cada aroma y sabor.

Posteriormente, este trabajo fue adoptado como un estándar, de forma conjunta por la European Brewery Convention (EBC), la American Society of Brewing Chemists (ASBC) y el Máster Brewers Association of the Americas (MBAA).

La rueda de aromas y sabores de Meilgaard da un nombre descriptivo a cada aroma/sabor, agrupándolos con aromas/sabores similares dentro de 14 clases distintas.

La rueda contiene un total de 44 descriptores de primer nivel con términos comunes con los que la mayoría de la gente está familiarizada.

Luego, un segundo nivel abre estos 44 descriptores de primer nivel en 76 características específicas.

Por ejemplo, bajo la clase “Aromático, Fragante, Frutal, Floral” y bajo el nombre descriptivo “Alcohólico”, se encuentran dos descriptores asociados, “Especiado” y “Vinoso”.

Términos subjetivos como “bueno” o “malo”, “joven” o “añejado”, “balanceado” o “desbalanceado” no están incluidos.

Esto es particularmente importante cuando se juzgan cervezas en una competencia, ya que estandarizar el lenguaje descriptivo permite establecer características asociadas a un

abanico de posibles recomendaciones que permitirán al cervecero guiar su trabajo en base a lo que necesita reforzar, modificar y/o corregir en su receta o proceso.⁵²

2.3.2 *Descriptorios más comunes*

A continuación, se describen algunas de las características más comunes que pueden ser encontradas al evaluar una cerveza y su referencia numérica en la rueda de aromas y sabores de Meilgaard.

Algunos pueden ser apropiados en ciertos estilos, pero no en otros y su deseabilidad puede depender de la concentración.

2.3.2.1 Alcohólico (0110).

- **Características:** Detectable en aroma, sabor y sensación en boca (tibieza). Es una sensación general producida por el etanol y los alcoholes superiores.
- **Proceso:** Es uno de los productos finales del proceso de fermentación, una vez que la levadura convierte los azúcares fermentables en dióxido de carbono y el alcohol etílico.
- **Control:** La cantidad y tipo de alcoholes dependerá de los azúcares fermentables y la cepa de levadura. Principalmente se deben controlar temperaturas demasiado altas en la fermentación y el uso de cepas de levadura muy atenuantes.

⁵² Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 53.

2.3.2.2 Solvente (0120)

- **Características:** Detectable en aroma, sabor y sensación en boca. En bajos niveles, puede oler a flores o a goma de mascar. En niveles mayores puede oler a pintura de uñas, acetona, laca, diluyente o pegamento. En niveles muy altos producirá una sensación en boca "caliente", "picante" o "espinuda", con un aroma que incluso podría ser irritante para los ojos.
- **Proceso:** Producido por algunas cepas de levadura cultivada o levaduras salvajes, puede ir acompañado de otros ésteres y alcoholes superiores. Los niveles altos son siempre indeseables, pero valores perceptibles son permitidos en cervezas tipo Old Ale.
- **Control:** Mantener una correcta limpieza y sanitización del equipamiento, controlar temperaturas de fermentación excesivas y asegurar una cantidad suficiente de levadura saludable y activa.

2.3.2.3 Acetaldehído (0150)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Se describe como a manzana verde, manzana rallada o césped. Dependiendo de la vía de formación también puede desarrollar aromas/sabores a vinagre y/o sidra.
- **Proceso:** Es producto del metabolismo de la levadura en una etapa intermedia de la producción etanol. Puede producirse también por oxidación y/o contaminación bacteriana, la que producirá sabores avinagrados (ácido acético).
- **Control:** Oxigenar plenamente el mosto. Asegurar una fermentación vigorosa y completa con una cepa de levadura saludable. Controlar la temperatura de fermentación. Mantener una correcta limpieza y sanitización del equipamiento.

2.3.2.4 Frutal (0130) y Ésteres (0140)

- **Características:** Detectables en aroma y sabor. Son compuestos aromáticos identificados como una amplia gama de frutas (plátano, manzana, pera y uva). En total existen más de 90 ésteres diferentes que pueden ser detectados en la cerveza.
- **Proceso:** Se producen por acción de la levadura. La cantidad generada dependerá principalmente de la cepa utilizada y la temperatura de fermentación.
- **Control:** Seleccionar una cepa de levadura adecuada al estilo. Controlar la temperatura de fermentación según la cepa de levadura.⁵³

2.3.2.5 Granoso (0310)

- **Características:** Detectable en aroma, sabor y sensación en boca. Es percibido como a grano crudo, grano fresco, a cáscara de cereales y/o como astringencia. Dependiendo del estilo las notas a grano pueden ser deseables, pero la astringencia no.
- **Proceso:** Los aromas y sabores provienen de compuestos presentes en la malta, mientras que la astringencia es producida por los taninos presentes en la cáscara del grano.
- **Control:** Evitar una molienda excesiva. No lavar en exceso los granos. Ni tampoco lavar los granos con agua muy caliente o alcalina. Evitar maceraciones muy extensas.

2.3.2.6 Isovalérico (0613)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Se describe como a queso azul, queso parmesano, sudor y a veces también como a calcetines sucios o a podrido.

⁵³ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 54.

- **Proceso:** Causado por la oxidación de los ácidos alfa en el lúpulo, por lo general durante el almacenamiento. La intensidad de esta característica disminuye con el tiempo.
- **Control:** Almacenar los lúpulos adecuadamente. Evitar el uso de lúpulos degradados o añejos.

2.3.2.7 Diacetilo (0620)

- **Características:** Detectable en aroma, sabor y sensación en boca. Se describe como a manteca, margarina, palomitas de maíz con mantequilla o en altos niveles como a butterscotch. En boca la sensación es aceitosa, oleosa y cremosa, pudiendo aparentar un cuerpo pleno.
- **Proceso:** Es un subproducto de la fermentación que normalmente es reabsorbido por la levadura durante las etapas finales del proceso. También puede ser producido también por contaminación bacteriana.
- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Utilizar una levadura sana y en suficiente cantidad. Controlar el tiempo y la temperatura de fermentación.

2.3.2.8 Sulfuroso (0721)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. El sulfuro de hidrógeno se manifiesta con características a huevos podridos, fósforos quemados o agua de alcantarilla.
- **Proceso:** Producido normalmente por algunas cepas de levadura. Las infecciones bacterianas pueden producir grandes cantidades de sulfuro de hidrógeno. También pueden ser formados por autólisis de la levadura o la utilización de estabilizantes de sabor.

- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Utilizar levadura fresca, saludable y adecuada al estilo. Controlar la temperatura de fermentación. Verificar el agua por presencia de sulfatos excesivos.

2.3.2.9 Mercaptano (0722)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Son compuestos azufrados descritos como a desagüe, fecas, verduras podridas y algunas veces como a metano o gas natural.
- **Proceso:** Formado generalmente por autólisis de la levadura (muerte celular) durante la fermentación y la maduración.
- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Remover la cerveza de la levadura una vez que la fermentación ha terminado.

2.3.2.10 Zorrillo (0724)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Fácilmente reconocido por su característica a zorrillo y/u orina de gato.
- **Proceso:** Producido por la reacción fotoquímica de la luz visible o ultravioleta que provoca la degradación de los iso-alfa-ácidos del lúpulo en el mosto o la cerveza terminada.
- **Control:** Almacenar la cerveza en lugares opacos y protegidos de la luz. Utilizar botellas opacas, latas o lúpulos químicamente modificados en la elaboración.

2.3.2.11 Vegetales Cocidos (0730)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Otorga a la cerveza sabor y aroma a vegetales cocidos (apio, repollo, verduras enlatadas). En altas concentraciones puede tener aroma y sabor a mariscos o como al agua en que se hierven los camarones. En las cervezas pálidas generalmente se detecta como a maíz o similares. En las cervezas oscuras puede parecer más a tomate y a otros vegetales.⁵⁴

- **Proceso:** Formado a partir de un precursor existente en la malta durante la producción del mosto, la presencia de este precursor dependerá del tipo de cebada y del proceso de malteado. También se puede producir en altos niveles por contaminación bacteriana, que también produciría ácido acético, fenoles y otros compuestos sulfurosos.

- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Utilizar malta fresca y bien almacenada. Realizar un hervido largo y vigoroso, con un rápido enfriado posterior. Utilizar una levadura fresca y saludable. Utilizar bajos niveles de adjuntos de maíz.

2.3.2.12 Papel / Cartón (0820)

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Descrito como a cartón mojado, papel, tinta o humedad; a veces también descrito como a pepino o grasa. En cervezas oscuras puede ser percibido como a jugo de tomates.

- **Proceso:** Producido por el añejamiento y la oxidación de componentes de la cerveza y el alcohol, también puede ocurrir por aireación de la cerveza luego de la fermentación.

⁵⁴ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 57.

- **Control:** Evitar la introducción de oxígeno en la cerveza luego de la fermentación.

No salpicar al trasvasijar y embotellar. Evitar el espacio excesivo en el cuello de botella sin llenar.

Almacenar la cerveza fría consumiéndola cuando aún está fresca (dependiendo del estilo).

2.3.2.13 **Mohoso (0840)**

- **Características:** Detectable en aroma y sabor. Reconocido por sus características a tierra húmeda, bodega y/o a pan enmohecido.

- **Causas:** La contaminación por hongos es la causa principal de la formación de aromas y sabores a moho. Puede desarrollarse tanto en el mosto como en la cerveza terminada si la fermentación o el acondicionamiento se llevan a cabo en sitios húmedos.

- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. No exponer la cerveza a un ambiente contaminado. Utilizar ingredientes frescos y bien almacenados.

2.3.2.14 **Agrio / Ácido (0900)**

- **Características:** Detectable en aroma, sabor y sensación en boca. Es un sabor básico, que puede describirse como a sidra, cítrico (limón, pomelo) o leche agria. En altos niveles puede provocar una sensación de ardor cálido y un hormigueo punzante.

- **Proceso:** La causa principal es la contaminación bacteriana por *Lactobacillus* (ácido láctico) y *Pediococcus* (ácido acético) y levaduras del tipo *Brettanomyces*.

- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Utilizar una cepa de levadura adecuada y saludable. Evitar largas maceraciones a bajas temperaturas.

2.3.2.15 Amargo (1200)

- **Características:** Detectable en sabor y sensación en boca. Es un sabor básico provisto a la cerveza por el lúpulo. Los niveles extremos de amargor pueden provocar una sensación en boca seca, áspera y/o resinosa.⁵⁵
- **Proceso:** Aportado principalmente por el tipo de lúpulo y su nivel de alfa ácidos, es función del volumen y tiempo de adición del lúpulo durante el hervor, la presencia de maltas y tipo de agua.
- **Control:** Manejar el tipo y la adición de lúpulos según la concentración de alfa-ácidos. Controlar el tiempo de hervido y el pH del agua. Utilizar un agua adecuada al estilo específico.

2.3.2.16 Metálico (1330)

- **Características:** Detectable en apariencia, sabor, aroma y sensación en boca. Se percibe con características a cobre, sangre, aluminio, hierro, óxido o tinta que pueden provocar un hormigueo en la boca. Por otra parte, los iones metálicos pueden causar turbidez en la cerveza y afectar la correcta formación de espuma.
- **Proceso:** Mientras que trazas de cobre, manganeso, hierro y zinc son necesarias para la salud de levadura, los altos niveles de iones metálicos usualmente se deben a diluciones en el mosto debido a muescas y roturas en los aceros revestidos. También se puede desarrollar por el uso de agua con alto contenido de iones metálicos.

⁵⁵ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 58.

- **Control:** Utilizar equipamiento en buen estado, acero inoxidable o plástico de calidad alimentaria. Evitar el contacto prolongado de los equipos con limpiadores cáusticos. Tratar el agua correctamente para eliminar el exceso de iones metálicos.

2.3.2.17 **Astringente (1340)**

- **Características:** Detectable como sensación en boca y en el retrogusto. Similar a masticar piel de uva sin madurar o comer un membrillo. Provoca una aspereza y una sensación de sequedad fácilmente reconocibles.

- **Proceso:** Causado principalmente por una molienda excesiva de granos (extracción de taninos) o el uso de lúpulos con altos niveles de ácidos alfa. Otra posible causa es la contaminación bacteriana o por levadura salvaje.

- **Control:** Mantener una limpieza y sanitización adecuada. Ajustar la molienda y controlar el pH del agua en la maceración. No sobrelavar el grano. Realizar un adecuado manejo de las adiciones y tipos de lúpulo.

2.3.2.18 **Carbonatación (1360)**

- **Características:** Detectable en apariencia y sensación en boca. Producida por la presencia CO₂ disuelto en la cerveza. Provoca una sensación chispeante en la lengua causada por el estallido de las burbujas de CO₂ al formar ácido carbónico.

- **Proceso:** El CO₂, como el alcohol es un subproducto de la fermentación. La carbonatación natural se produce al añadir azúcar a la cerveza ya fermentada para activar nuevamente las levaduras. Para carbonatar artificialmente se añade CO₂ a presión.

- **Control:** Controlar y medir el uso de azúcar de acuerdo con el estilo. Controlar y medir las presiones de CO₂ de acuerdo con el estilo.

2.3.2.19 **Cuerpo (1410)**

- **Características:** Detectable en sensación en boca. Es una sensación global de plenitud, un cuerpo bajo es descrita como ligero, delgado o aguado y a medida que se incrementa es descrito como sedoso, cremoso, untuoso, pleno o masticable.⁵⁶
- **Proceso:** Está determinado por el nivel de azúcares no fermentables, proteínas y dextrinas presentes en la cerveza, todos ellos componentes que la levadura es incapaz de procesar durante la fermentación y el acondicionamiento.
- **Control:** Controlar la temperatura de maceración para establecer los niveles de azúcares no fermentables, Administrar el uso de maltas caramelo y carapils, maltodextrinas, copos de trigo, avena y cebada.

2.3.3 **Otras características**

2.3.3.1 **Color**

- **Características:** Detectable en apariencia, cada estilo de cerveza se desarrolla generalmente dentro de un marco de color establecido.
- **Causas:** Cervezas de colores claros se elaboran generalmente de maltas pale, azúcares o adjuntos. Cervezas de colores oscuros utilizan maltas con altas temperaturas de secado, maltas caramelos, maltas tostadas y/o producto de la caramelización en el hervor.

⁵⁶ Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza. Página 59.

2.3.3.2 Claridad

- **Características:** La claridad visual constituye una característica de la apariencia.
- **Causas:** Una adecuada claridad se obtiene al utilizar cepas de levadura floculantes, agentes clarificantes y a través del proceso de filtrado. La turbidez por otra parte se desarrolla generalmente por el uso de levaduras no floculantes, malta de trigo y/o cebada no malteada, producto de la poca conversión del almidón durante la maceración, una molienda deficiente, contaminación bacteriana y/o levaduras salvajes entre otras causas.

2.3.3.3 Retención de espuma

- **Características:** Detectable en apariencia, la espuma debe ser apropiada para a cada estilo. Algunos estilos desarrollan muy poca espuma y en otros el servicio debe ser muy controlado para no desbordar. La retención de espuma se mide analíticamente en función del tiempo en que se estabiliza luego del servicio.
- **Causas:** La espuma se desarrolla a partir de las burbujas de CO₂ que suben a la superficie.
- **Factores:** Una buena espuma es promovida por factores como la presencia de isohumulonas, la gravedad original (D.I.), el contenido de alcohol, las dextrinas, los altos niveles de proteínas y una adecuada carbonatación. La utilización de maltas como cara pils, caramelo o maltodextrina favorecen la formación de espuma. Por otra parte, una espuma deficiente puede originarse por el uso de maltas sobre-modificadas, una pausa proteica inadecuada, bajas temperaturas de sacarificación, autólisis de la levadura, alcoholes superiores excesivos, hervores muy prolongados del mosto o la utilización de lúpulos deteriorados. Se incorporan también los

factores externos que afectan a la estabilidad de la espuma como son los aceites, grasas, jabón, detergente y lápiz labial, que pueden arruinar una espuma en cuestión de segundos.⁵⁷

⁵⁷ **Carlos Manosalva.** Guía práctica para catar cerveza. Página 60.

CAPITULO III: Materiales y Metodología del Análisis Químico

3.1 Párrafo introductorio

En este capítulo se abordarán lugar, material y proceso de elaboración.

3.2 Caracterización del área de estudio

3.2.1 Ubicación:

- Provincia: Mendoza
- Ciudad: Palmira, San Martín
- Establecimiento: Micro cervecería Macerando

3.2.2 Características climáticas⁵⁸:

- Temperatura media anual: 33°C
- Altitud: 661
- Humedad relativa: 45%
- Longitud: -68, 468°
- Latitud: -33,081°

3.3 Metodología y métodos

En este proyecto, voy a elaborar 8 fracciones de cerveza artesanal, de las cuales 4 serán de estilo Ale y 4 de estilo Lager, donde todos los insumos y etapas del proceso de elaboración serán llevados a cabo en dos cocciones separadas. Se denominarán “Elaboración Lager” y “Elaboración Ale” en esta tesis para diferenciar correctamente.

⁵⁸ Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/27308/Clima-promedio-en-San-Mart%C3%ADn-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Buscare lograr cervezas con distintas cualidades químicas y organolépticas ya sea según el estilo Ale o Lager, como el tipo de levadura seca activa a utilizar.

Terminado el proceso de fermentación y maduración, las cervezas serán filtradas en frío.

Una vez filtradas, se las someterá a una segunda fermentación en botella para lograr el gas carbónico adecuado, embotellándose en botellas de vidrio marrón de 330ml y con tapa corona.

3.4 Confección de la receta

3.4.1 Tipos de cervezas a elaborarse según guía BJCP

A continuación, se hará una descripción breve de los estilos que se elaboraron para este estudio.

Los estilos para elaborar son:

- Pale Ale estilo inglesa con contenido de maltas especiales.
- Lager de estilo internacional.

3.4.1.1 Impresión general.

- Pale Ale, cerveza artesanal fácil de beber, accesible y orientada a la malta, a menudo con frutas interesantes, lúpulo, o notas de malta con carácter equilibrado y limpio, refrescante sin sabores agresivos.
- Lager internacional, atenuada de sabores fuertes bien balanceados. Altamente carbonatados y bien refrescante.⁵⁹

⁵⁹ **Beer Judge Certification Program.** Guía de estilos de cerveza 2015. Fuente: www.bjcp.org.

3.4.1.2 Aroma.

- Pale Ale, aroma a malta de ligero a moderado, generalmente neutro o granulado, posiblemente con una nota ligera de pan o caramelo. Afrutado moderado es opcional, pero aceptable. Puede tener un bajo aroma a lúpulo medio, y puede reflejar casi cualquier variedad de lúpulo, aunque son comunes las notas cítricas, florales, afrutadas y especiadas. Limpio perfil de fermentación.
- Lager internacional, aroma a malta de nivel bajo a medio. Aroma medio floral y de limpio perfil de fermentación.

3.4.1.3 Apariencia.

- Pale Ale, color amarillo a dorado intenso. Buena retención de espuma color blanco.
- Lager internacional, color pajizo a pálido dorado. Espumosa de baja retención.

3.4.1.4 Sabor.

- Pale Ale, carácter ligero. Sabor a malta, si están presente maltas especiales, sabores también a caramelo. Sabor de lúpulo ligero, de medio-bajo a medio amargor. Limpio perfil de fermentación.
- Lager internacional, de sabor a malta granulada. Amargor medio, con final fresco bien atenuado.

3.4.1.5 Sensación en boca.

- Pale Ale, cuerpo medio, de alta carbonatación.
- Lager internacional, cuerpo ligero a medio, con ligera sensación carbónica en la lengua.

3.4.1.6 Ingredientes característicos.

- Pale Ale, malta, levaduras inglesas.
- Lager internacional, malta y levaduras alemanas.

3.4.1.7 Estadísticas vitales.

- Pale Ale. IBUs 15-30, con una densidad inicial entre 1.038-1.054 y una densidad final de 1.008-1.013. Con respecto a su grado alcohólico (V%V), entre 3.8-5.5%.
- Lager internacional. IBUs 18-30, con una densidad inicial de 1.042-1.050 y una densidad final entre 1.008-1.012. Con respecto a su grado alcohólico (V%V), entre 4.5-6%.⁶⁰

3.4.2 Ingredientes

Se describirán a continuación los ingredientes principales que compondrán nuestra receta, que cantidad y como hicimos para calcularla.

3.4.2.1 **Malta.** Para calcular la cantidad de malta debemos saber el contenido de azúcar total necesario que se calcula como:

$$\text{Azúcar total} = \frac{(\text{puntos de densidad})}{4} \times 10 \times \text{Volumen}$$

⁶⁰ Beer Judge Certification Program. Guía de estilos de cerveza 2015. Fuente: www.bjcp.org.

Es decir que, para una densidad después de cocción de 1.050, y un volumen de 30 litros, debido a que se evaporaron 10 litros en cocción, necesitamos:

$$\text{Azúcar total} = \frac{50}{4} \times 10 \times 30 = 3750 \text{ gramos}$$

Estos 3,75 kg de azúcar tenemos que extraerlos de la malta, por lo tanto, debemos conocer básicamente dos cosas: Extracto potencial de la malta y rendimiento de extracción.

El Extracto potencial es el contenido de azúcar que potencialmente podríamos llegar a extraerle a la malta (información que nos provee el vendedor).

Tabla 7.

*Extracto potencial típico de algunas maltas*⁶¹

Tipo de malta	R%
Pale	81%
Pilsen	80%
Vienna	75%
Munich	75%
Caramelo 30	74%
Caramelo 60	74%

⁶¹ Sebastian Oddone. Matemática de la cerveza. Pág. 20

Por otro lado, el R% en la extracción por ejemplo de malta Pilsen ronda entre un 70%, es decir, 80 % es el potencial que figura en la tabla, pero en la media es un 70% de extracción, tanto para Pilsen como para las Caramelo 30 y Caramelo 60.

Entonces, el cálculo que hace el uso de regla de 3 simples es el siguiente:

$$g \text{ de malta} = \frac{100 \times 3750}{70} \cong 5360 \text{ g}$$

Malta que usar en Elaboración Ale:

$$\text{- 90 \% Pilsen} = 5360g \times 0.9 = \mathbf{4824g}$$

$$\text{-10\% Caramelo 30} = 5360g \times 0.1 = \mathbf{536g}$$

Malta para usar en Elaboración Lager:

$$\text{-100\% Pilsen} = 5360g \times 1 = \mathbf{5360g}$$

Como indicamos anteriormente, que durante el hervor del mosto se evaporaron 10 litros de agua, por lo tanto, necesitamos saber que densidad necesitamos previa al hervor del mosto, para ya finalizado éste, obtengamos los 30 litros de mosto con 1.050 de densidad.

Entonces:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$C1 \times 40l = 50 \text{ Puntos de densidad} \times 30l$$

$$C1 = 50 \text{ Puntos de densidad} \times 30l / 40l$$

$$C1 = \mathbf{37.5 \text{ puntos de densidad}}$$

Esto explica que el lavado de grano en las dos cocciones, previo al hervor debe realizarse hasta obtener 1.037,5 de densidad.

3.4.2.2 Lúpulo. Las unidades Internacionales de Amargor (IBUs) están relacionadas directamente con el contenido y tipo de lúpulo, y con el tiempo de hervor de cada lúpulo. Para saber qué cantidad agregar de lúpulo, partimos del grado de aprovechamiento de éste según el tiempo de hervor:

Tabla 8.

*Grado de aprovechamiento del lúpulo según tiempo de hervor*⁶²

Tiempo de hervor	% de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
más de 60	27	34

⁶² Sebastian Oddone. Matemática de la cerveza. Pág. 20

Luego es importante tener la información del % de Alfa ácidos contenidos en el lúpulo, quien esto nos lo debe otorgar el proveedor. En estas cocciones de investigación se utilizó lúpulo Cascade con 7,2 % AA y Foggel con 5,2% AA. Se buscaron por el motivo de lograr un amargor agradable al paladar. También es importante la cantidad de IBUs que tenemos como objetivo apuntar, en nuestro caso para ambas cocciones una cantidad de 30 IBUs respetando lo que indica BJCP para estos estilos.

Y por último se debe aplicar un factor de corrección, en nuestro caso como la densidad inicial es menor a 1.050, no se aplica el factor de corrección:

$$Fc = 1 + \left(\frac{\frac{Ev}{1000} - 1.050}{0,2} \right)$$

$$Fc = 1 + \left(\frac{\frac{1.050}{1000} - 1.050}{0,2} \right) = 1$$

Entonces para saber cuánto lúpulo agregar para amargor, partimos de la ecuación para calcular los IBUs:

$$IBU = \frac{Gr \times \%U \times \%AA}{Volumen \text{ frío} \times 10 \times Fc}$$

Donde, Gr son los gramos de lúpulos aplicados, %U es el porcentaje de utilización, %AA es el porcentaje de Alfa Ácidos contenidos en el lúpulo utilizado, Volumen frío es el volumen final del mosto en fermentación, y Fc es el Factor de corrección que como explicamos anteriormente no lo usaremos.

Considerando que agregaremos en nuestra receta, Cascade con 60 minutos de hervor y lúpulo Foggel pero con la función de aroma por 10 minutos de hervor, en el caso de este último no será tenido en cuenta para el cálculo de IBUs debido a que no aportara amargor, solo aroma.

Para ello, despejaremos Gr de la ecuación anterior:

$$\text{Gramos} = \frac{\text{IBUs} \times \text{Volumen frio} \times 10}{\%U \times \%AA}$$

$$\text{Gramos} = \frac{20 \times 30 \times 10}{34 \times 7,2} = 24,5g \text{ de Lúpulo Cascade en 1ra adición}$$

$$\text{Gramos} = \frac{7 \times 30 \times 10}{15 \times 7,2} = 19.45g \text{ de Lúpulo Cascade en 2ra adición}$$

$$\text{Gramos} = \frac{3 \times 30 \times 10}{2 \times 5,2} = 8.65g \text{ de Lúpulo Foggel en 3ra adición}$$

La 1ra edición se hizo cuando restaban 60 minutos para ya culminar el hervor, la 2da cuando restaba 15 minutos para finalizar, y la última cuando restaban 5 minutos para finalizar, por ende, fue variando el grado de aprovechamiento del lúpulo.

3.5 Metodología

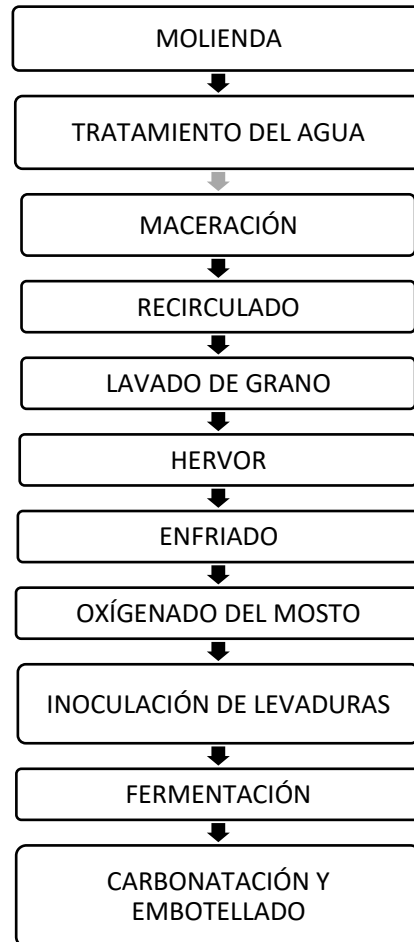
3.5.1 Descripción de proceso.

El proceso de elaboración de cerveza artesanal comienza con el arte de la receta; definir el estilo es crucial para el proceso de elaboración. Este se podría resumir en cinco simples pasos: maceración, lupulado, ebullición, fermentación y envasado.

Sin embargo, para la elaboración de la cerveza del proyecto de investigación, se desglosan los pasos en otros terminas, tales como aparecen en la figura n°4.⁶³

⁶³ R. Mosher, Como catar cerveza. España: Ediciones Omega, 2017.

Figura 32.

Diagrama de flujo para la producción de cerveza artesanal

3.5.1.1 Molienda

La molienda consiste en romper el grano de malta para exponer su endospermo, sin generar mucha harina, y conservar su cáscara lo más intacta posible. La cáscara servirá posteriormente como elemento filtrante.

El procedimiento consiste en colocar la malta dentro de un molino, para lograr quebrar el grano al medio, mediante un proceso de rodillos que giran de forma opuesta al otro, generando una rotura del grano al medio.

En la cocción Lager, el tipo de malta a utilizar es 100 % de malta tipo Pilsner de dos hileras, considerada la malta base para cualquier tipo de cerveza, su coloración es clara y tiene bajo contenido proteico. Se molieron 5360g de esta malta para la cocción según nuestros cálculos anteriores.

En el caso de Ale, el tipo de malta a utilizar es 90% de malta tipo Pilsen, que fueron alrededor de 4824g y 10% de malta especial caramelo 30, que fueron 536g para aportar mayor contenido proteico.

Figura 33.

Molienda de la malta en nuestra investigación desde molidor a rodillos⁶⁴



⁶⁴ **Fuente propia.** Molienda de malta desde una molidora a rodillos.

3.5.1.2 Tratamiento del agua. El agua utilizada para elaborar el mosto va a ser de red pública y fresca. Se utilizará un filtro de tres cartuchos, primero por un filtro de partículas en suspensión de 10 micrones, luego por uno de 5 micrones, y como último, un filtro de carbón activo para la eliminación de Cloro y compuestos orgánicos del agua de red. El pH del agua que vamos a utilizar es de 5,9, para evitar extraer sustancias indeseadas de la malta que aportarían sabores ásperos y desagradables.

Figura 34.

Filtros utilizados para nuestra agua a utilizar para cocción



3.5.1.3 Calentamiento del Agua: Previo a calentar el agua, se hizo el cálculo de empaste. El empaste es la relación agua-malta para llevar a cabo la maceración de forma correcta. Se tomó una relación de 2,5 litros de agua por kilo de malta para la maceración que se va a llevar a cabo por infusión simple y 2.9 litros de agua por kilo de malta para decocción, este último debido a que se pierde mucha cantidad de agua por evaporación.

Para la maceración por infusión simple (macerado a una temperatura específica), se calentó el agua en la olla de maceración a una temperatura de 73°C, con el fin de que, una vez

agregada la malta ya molida, la temperatura tiende a bajar unos 3°C aproximadamente, bajando a 68°C. En cuanto la decocción será a una temperatura de 53°C.

3.5.1.4 Maceración. En esta parte del proceso, una vez que el agua se encuentre a la temperatura de 73°C, se agrega los granos ya molidos en forma constante, homogeneizando con una cuchara de madera lentamente, evitando la formación de grumos.

Figura 35.

Agregado de granos mediante homogeneización⁶⁵



⁶⁵ Adición de la malta. Fuente propia.

Tabla 9.

Datos previos a la maceración

	ELABORACIÓN	
	ALE	LAGER
Malta (g)	4.824 536	5.360
Tipo de Malta	Pilsen Caramelo 30	Pilsen
Volumen (l)	40	40
pH	5,9	5,9
Agua	Filtrada	Filtrada
Tiempo (min)	90	90
Maceración	Simple	Simple
Temperatura (Cº)	73ºC	73ºC

Transcurridos los 90 minutos, es el tiempo que se demora el almidón en transformarse en azúcares fermentables debido a la acción de la enzima α -amilasa como β -amilasa, acudimos a la prueba de tinción de Yodo, que consiste en tomar con una cuchara cierta muestra del grano macerado, y adicionar gotas de yodo. Donde observaremos:

- a) Color azul violáceo en forma de partículas, si existe aún almidón en el medio.
- b) Sin cambio de color, si la conversión fue total.

Tabla 10.

Control de calidad mosto finalizada la maceración

	COCCION ALE		COCCION LAGER	
	Valor	Valor medio	Valor	Valor medio
pH	5,5	5,43	5,6	5,53
	5,4		5,5	
	5,4		5,5	
Temperatura [°C]	68	67,5	68	68
	67		68	
Densidad [g/cm³]	1,048	1,049	1,048	1,047
	1,049		1,048	
	1,050		1,047	
Tincion de Yodo	No se aprecia la tonalidad azul			

3.5.1.5 Recirculado. Una vez confirmada la conversión total en azúcares fermentesibles, sigue el “recirculado”, que consiste en abrir muy lentamente el grifo del macerador hasta conseguir un pequeño flujo de líquido. Recoger el líquido (mosto turbio) en una jarra y regresarlo al macerador o recirculando mediante bomba centrífuga hasta que el mosto se vea claro y brillante.

En nuestra investigación, en ambas cocciones la recirculación del mosto se realizó en forma lenta durante 30 minutos mediante bomba centrífuga y se agrega en forma pareja a la cama de granos sin formar turbulencias.

Figura 36.

Recirculado del mosto mediante bomba centrífuga⁶⁶



⁶⁶ Recirculado del mosto mediante bomba centrífuga. Fuente propia

3.5.1.6 Lavado del grano. Consiste en extraer todo el azúcar de los granos en la maceración por medio del lavado de estos. El tipo de lavado es continuo (Fly Sparge).

Una vez que se termina el recirculado, y a medida que va saliendo el mosto del macerador, se va haciendo ingresar agua caliente previamente filtrada a 73°C por un sistema de aspersión dispuesto en la parte superior de la olla, rociándose suavemente el agua sobre el macerador con el objetivo de no romper la cama filtrante formada. El nivel de agua debe estar 1cm por encima de la cama filtrante.

Figura 37.

Lavado de granos mediante un sistema aspersión⁶⁷

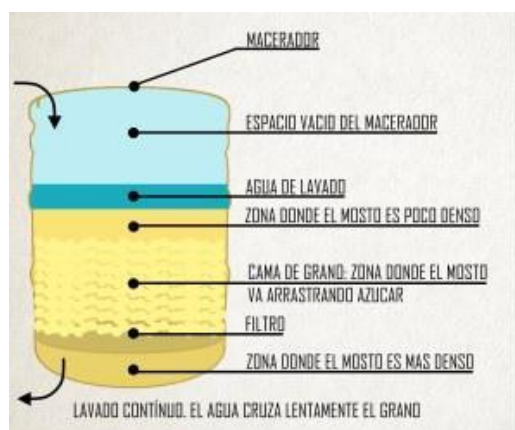


Se realiza un control de densidad del mosto en una probeta de 150 cm³. Tanto en el caso de la elaboración Lager como elaboración Ale, se lavó el grano hasta alcanzar una densidad de 1.050 g/cm³.

Figura 38.

⁶⁷ Lavado de granos mediante un sistema aspersión. Fuente propia.

Esquema de lavado continuo⁶⁸



3.5.1.7 Hervor. El mosto se cuece durante 60 minutos. Este mismo debe ser vigoroso sin cubrir la olla, llevándose al punto de ebullición, una vez en ebullición se empiezan a contabilizar los 60 minutos. La temperatura se controló con termómetro digital.

Figura 39.

Mosto en estado de ebullición vigorosa⁶⁹



⁶⁸ Birrocracia (18 de mayo de 2016). "Lavado continuo, Sin lavado, Fly Sparge, Batch Sparge, Rendimiento... ¡que lío!". <https://www.birrocracia.wordpress.com>

⁶⁹ Mosto en estado de ebullición vigorosa. Fuente propia

En esta parte del proceso se adiciona el lúpulo al principio, calculándose la cantidad a agregar en base a la ecuación de Daniels explicado anteriormente, Esta expresión parte del nivel de amargor que se desea obtener. En nuestro caso para ambas cervezas, un valor de 30 IBU.

Figura 40.

Adición de lúpulos en etapa final



Los valores considerados se determinaron para el contenido final de cada experimento. Los IBU, se seleccionaron teniendo en cuenta los estilos (para ambos el mismo valor).

El tiempo de cocción al que se sometió el lúpulo Cascade dentro del mosto, fue de 60 minutos.

Para potenciar el aroma, agregamos lúpulo Foggel entre 5 y 0 minutos antes del final del hervor, utilizando la ecuación de Daniels.

Tabla 11.

Datos hervor

		COCCION ALE		COCCION LAGER	
pH	Pre-cocción	5,43		5,53	
	Post-cocción	5,20		5,33	
Volumen de mosto producido [l]		30		30	
Tiempo hasta hervido [min]		35		30	
Tiempo de hervido [min]		90		90	
Lúpulo (g)	1ra adición	52,6	24,5	52,6	24,5
	2da adición		19,45		19,45
	3ra adición		8,65		8,65

Realizar el Whirlpool al finalizar el hervor durante un tiempo corto. Una vez finalizada esta acción, dejar reposar 10 minutos, para que precipiten las proteínas coaguladas y los restos del lúpulo. Se obtiene un mosto más claro.

3.5.1.8 Enfriado. Se realizó con un intercambiador de calor de tipo serpentín de acero inoxidable, donde el agua fría de red que se encontraba a una temperatura de 12°C circuló en contra corriente al mosto caliente, generando así un choque térmico que permitió bajar la temperatura a unos 20°C para los fermentadores Ale y 12°C para los fermentadores Lager, para así poder realizar la inoculación de levaduras.

Tener en cuenta antes de iniciar, se hizo circular una pequeña fracción de mosto caliente por las cañerías del serpentín para esterilizar. Esa pequeña fracción fue descartada.

La duración del proceso fue de 60 minutos. Cabe destacar que, una vez enfriado el mosto, se hicieron los trasiegos a cada uno de los fermentadores, ya sea en esta investigación a 8 fermentadores en total.

El agua de red pública que sale del intercambiador a una temperatura se recolectará en un recipiente y se utilizará para limpieza y desinfección.

3.5.1.9 Oxigenación del mosto. El mosto tiene que ser oxigenado para que le sirva a la levadura como elemento de multiplicación. La levadura, en un medio oxigenado, se multiplica y no metaboliza los azúcares convirtiéndolos en alcohol y CO₂. Para que la fermentación se realice adecuadamente es esencial que se produzca inicialmente esta multiplicación de levadura.

La cocción elimina todo el oxígeno disuelto en el mosto. El mosto habrá de ser oxigenado antes de añadir la levadura. Esta oxigenación la realizamos inyectando aire al mosto de forma cuidadosa en frío mediante difusor, entrando en contacto el aire con el mosto en forma de pequeñas burbujas.

Figura 41.

Difusor de acero inoxidable para la aireación del mosto⁷⁰



3.5.1.10 **Inoculación de levaduras.** La inoculación se va a hacer con levaduras secas seleccionadas.

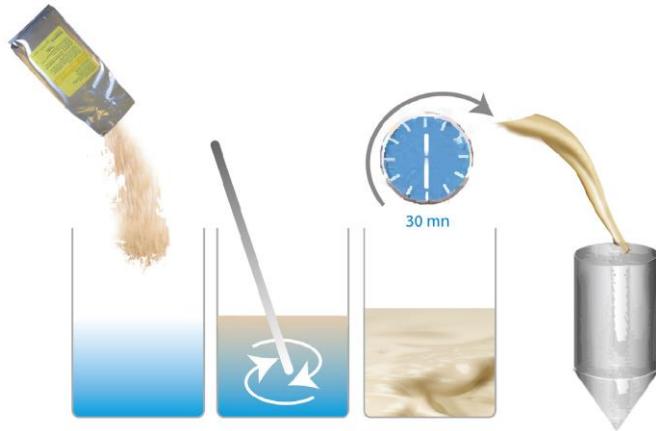
- Para elaboración Ale, se va a utilizar levadura Safale S-04 y Safale US-05.
- Safale S-04 es una cepa de rápida capacidad fermentativa y de gran capacidad para sedimentar rápidamente.
- Safale S-05, es de rápida capacidad fermentativa y de sedimentación media.
- La temperatura de rehidratación es de 25°C en agua limpia y esterilizada. Esta rehidratación se va a hacer en una olla de acero inoxidable. La tasa de inoculación que se va a emplear es de 1g/l.
- Para elaboración Lager, se va a utilizar levadura Saflager S-23 y Saflager S-189. La temperatura de rehidratación es de 21°C en agua limpia y esterilizada. Esta rehidratación se va a hacer en una olla de acero inoxidable. La tasa de inoculación que se va a emplear es de 2 g/l, debido a las bajas temperaturas durante la fermentación.

⁷⁰ **Brew and grow.** Fuente: <http://www.brewandgrow.com/>

3.5.1.10.1 Proceso de rehidratación. Se rehidrata la levadura, esparciéndola sobre ese volumen de agua esterilizada que corresponderá a 10 veces su propio peso. Luego mezclar suavemente y dejar reposar 30 minutos. Finalmente inocular en el fermentador.⁷¹

Figura 42.

Representación de la rehidratación de LSA



3.5.1.11 Fermentación

3.5.1.11.1 Elaboración Ale.

- Se inocularon los cuatro mostos que se encontraban a una temperatura controlada de 18°C en heladera y con combistato para su control.

⁷¹ **Fermentis.** Aspectos-sobre-la-levadura-de-cerveza-pdf. pág. 6

Figura 43.

*Control en uno de los fermentadores de Elaboración Ale*⁷²



- Este tipo de levaduras flocculan y suben a la superficie del fermentador, probablemente al adherirse burbujas de CO₂ a los sitios hidrofóbicos de los flóculos (fermentación alta).
- Los fermentadores con levadura Safale S-04 generaron mayor nivel de floculación y rápida sedimentación en comparación con Safale S-05
- El control de temperatura que no se excedan de límites bajos como 16°C, es importante debido a que, si descendemos las temperaturas, estas levaduras pasarían a un estado de hibernación cuya consecuencia es el cese del proceso de fermentación. Y tampoco excederse a límites altos de temperatura de más de 23°C, debido a que se producirán aromas no deseados.

Durante la fermentación se hizo control de densidad y temperatura. Se utilizó un termómetro laser digital y un densímetro. La duración de la fermentación fue de 7 días. Terminada la fermentación sigue la maduración, en esta fase del proceso la cerveza permanece entre 5 días a una temperatura de 5°C o menor, para permitir la segunda fermentación. Este proceso aporta

⁷² **Fuente propia.** Control de fermentación Ale.

clarificación, maduración del sabor, estabilización y logra estar lista para realizar el proceso de carbonatación para que pueda generarse la segunda fermentación.

Figura 44.

*Mosto una vez ya terminada la maduración*⁷³



⁷³ **Fuente propia.** Mosto post maduración.

Tabla 12.

Monitoreo de la fermentación alcohólica en elaboración Ale

ELABORACIÓN ALE				
Levadura Safale S-04			Levadura Safale US-05	
Fermentador 1 - 2			Fermentador 3 - 4	
Tiempo (días)	Densidad (g/cm³)	Temperatura (°C)	Densidad (g/cm³)	Temperatura (°C)
1	1,050	17	1,050	17
2	1,042	18	1,043	18
3	1,031	20	1,033	20
4	1,022	20	1,022	20
5	1,016	21	1,017	21
6	1,012	21	1,013	21
7	1,012	21	1,012	21
8 (Frío)	1,012	11	1,012	11
9	1,012	4	1,012	4
10	1,012	4	1,012	4
11	1,012	4	1,012	4
12	1,012	4	1,012	4

- Al Segundo día de fermentación se hizo un control microbiológico, haciendo recuento de levaduras por cámara Neubauer en un microscopio óptico, preparando las muestras con una dilución 1/10 en un matraz de 250ml, por la gran cantidad de levaduras presentes y así facilitar la lectura. La lectura se hizo con lente 40x. Los recuentos fueron los siguientes:

Tabla 13.

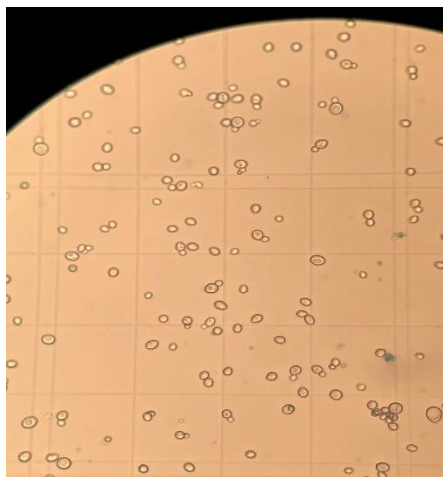
Control microbiológico Elaboración Ale

ELABORACIÓN ALE		
Levadura Safale S-04		Levadura Safale US-05
Tiempo (días)	nº cel/ml	nº cel/ml
Día 2	4 millones	3,8 millones

Se analizaron tamaño, aspecto, vitalidad de las levaduras para asegurar una fermentación en buen tiempo y forma.

Figura 45.

Recuento en cámara Neubauer⁷⁴



3.5.1.11.2 Elaboración Lager

- Se inocularon los 4 mostos que se encontraban a una temperatura controlada de 12°C.
- Este tipo de levaduras flocculan en el fondo del fermentador, (fermentación baja).
- Los fermentadores con Saflager S-23 generó mismo nivel de floculación y sedimentación en comparación con Saflager S-189
- El control de temperatura que no se excedan de límites bajos como 10°C, es importante debido a que, si descendemos las temperaturas, estas levaduras al igual que Ales, pasarían a un estado de hibernación cuya consecuencia es el cese del proceso de fermentación. Y tampoco excederse a límites altos de temperatura de más de 14°C, debido a que se producirán aromas y sabores no deseados.

Durante la fermentación se hizo control de densidad y temperatura. Se utilizó un termómetro laser digital y un densímetro. La duración de la fermentación fue de 10 días. Terminada la fermentación sigue la maduración, en esta fase del proceso la cerveza permanece

⁷⁴ Recuento de levadura desde microscopio en Laboratorio en Lujan de Cuyo, Mendoza. Fuente propia.

entre 5 días a una temperatura de 5°C o menor, para permitir la segunda fermentación. Este proceso aporta clarificación, maduración del sabor, estabilización y logra estar lista para realizar el proceso de carbonatación para que pueda generarse la segunda fermentación. Durante los 5 días de frío se realiza la extracción de los sólidos precipitados para limpieza del mosto y evitar una transferencia de sabores amargos a la cerveza.

Tabla 14.

Monitoreo de la fermentación alcohólica en elaboración Lager

ELABORACIÓN LAGER				
Levadura Saflager S-23			Levadura Saflager S-128	
Fermentador 1 - 2			Fermentador 3 - 4	
Tiempo (días)	Densidad (g/cm ³)	Temperatura (°C)	Densidad (g/cm ³)	Temperatura (°C)
1	1,050	12	1,050	12
2	1,045	12	1,045	12
3	1,037	11	1,037	11
4	1,031	11	1,031	11
5	1,026	11	1,026	11
6	1,021	11	1,021	11
7	1,017	11	1,017	11
8	1,014	12	1,014	12
9	1,011	12	1,011	12
10	1,010	12	1,010	12
11	1,010	12	1,010	12
12 (frío)	1,010	4	1,010	4
13	1,010	4	1,010	4
14	1,010	4	1,010	4
15	1,010	4	1,010	4
16	1,010	4	1,010	4

- Al Segundo día de fermentación se hizo un control microbiológico, haciendo recuento de levaduras por cámara Neubauer en un microscopio óptico, preparando las muestras con una dilución 1/10 en un matraz de 250ml, por la gran cantidad de levaduras presentes y así facilitar la lectura. La lectura se hizo con lente 40x. Los recuentos fueron los siguientes:

Tabla 15.

Control microbiológico Elaboración Lager

	ELABORACIÓN LAGER	
	Levadura Saflager S-23	Levadura Saflager S-128
Tiempo (días)	nº cel/ml	nº cel/ml
Día 2	8 millones	8,1 millones

Se analizó un análisis cualitativo donde se observó tamaño, aspecto, viabilidad y vitalidad de las levaduras para asegurar una fermentación en buen tiempo y forma.

Figura 46.

Microscopio utilizado para control microbiológico

3.5.1.11.3 Alcohol por método indirecto. Utilizaremos este cálculo solo para estimar el grado alcohólico terminada la fermentación alcohólica. En el caso de la fermentación, la estequiometria con una eficiencia del 95%, la ecuación es la siguiente:

$$1 \text{ g de glucosa} = 0,484 \text{ g de etanol} + 0,463 \text{ g de CO}_2 + \text{subproductos} + \text{energía}$$

Quiere decir que por cada gramo de azúcar consumido se generan 0,484g de alcohol y 0,463g de CO₂.

Además, por 0,484g de alcohol se generan 0,463g de CO₂, o bien por cada gramo de CO₂ generado, consecuentemente se producen 1,05g de alcohol.

A medida que se genera alcohol, se consume azúcar y la densidad va disminuyendo. Teniendo en cuenta en Elaboración Ale que la densidad durante toda la fermentación cambio de 1.050 a 1.012, nos va a otorgar la generación de 38g de CO₂ y 40g en Lager (1.050 – 1.010).

En función a la relación previa tenemos que:

$$\text{Ale} = 38 \text{ g} \times 1,05 = 39 \text{ g de alcohol/l}$$

$$\text{Lager} = 40 \text{ g} \times 1,05 = 42 \text{ g de alcohol/l}$$

Dicha concentración equivale a 3,9%p/v y 4,2%p/v de alcohol. Por convención la concentración o grado de alcohol se expresa en v%v, con lo cual para ello es necesario dividir el valor por la densidad del alcohol $\rho=0,79$. Por ende:

$$\text{grado alcoholico Ale} = \frac{3,9}{0,79} = 4,93\%v/v$$

$$\text{grado alcoholico Lager} = \frac{4,2}{0,79} = 5,32\%v/v$$

3.5.1.12 Carbonatación y embotellado

3.5.1.12.1 Explicación del proceso. En esta oportunidad volveremos a utilizar la estequiometría para calcular el grado de carbonatación de nuestra cerveza. Vamos a llevar a cabo el proceso llamado Carbonatación natural. Se realizó el agregado del almíbar durante el embotellamiento de la cerveza verde para que la levadura lleve a cabo la segunda fermentación en botella hermética. Se usó botella previamente pasteurizada, de 330ml de vidrio color marrón para evitar oxidaciones. Se envasaron los 52 litros del total de los fermentadores ya clarificados en frío, trasvasándolos justo por encima de donde se asentó la levadura. El envasado se realizó en ausencia de oxígeno, purgando el recipiente y botella previamente con gas carbónico.

En la tabla nº 16 y tabla nº17, se detallan los niveles de CO₂ para cada estilo y relación entre volúmenes de CO₂ y cantidad en gramos. El CO₂ al ser un gas en condiciones normales de presión y temperatura, se suele indicar en volúmenes más que en gramos.

Tabla 16.

*Estilos de cerveza y volúmenes de CO₂*⁷⁵

Volúmenes de CO ₂ requeridos de acuerdo con el estilo	
Ales británicas	1.5 - 2.0
Stout, Porter	1.7 - 2.3
Lagers europeas	2.2 - 2.7
Ales americanas	2.2 - 2.7
Trigo	3.3 - 4.0

Tanto para elaboración Ale como Lager, se tomó como parámetro, un nivel de carbonatación de unos 2,3 volúmenes de CO₂ (volumen requerido).

⁷⁵ Sebastian Oddone. Matemática de la cerveza. Pág. 65

Tabla 17.

Volúmenes de CO₂ disueltos luego de la fermentación

Temperatura	CO ₂ (g/l)	Volumenes CO ₂
0	3.34	1.70
2	3.14	1.60
4	2.95	1.50
6	2.75	1.40
8	2.55	1.30
10	2.36	1.20
12	2.20	1.12
14	2.06	1.05
16	1.94	0.99
18	1.83	0.93
20	1.73	0.88
22	1.63	0.83

Por lo tanto, para la elaboración Ale, en la fermentación alcanzo una temperatura de 21°C. Por ende, según la tabla nº17 tendremos 0.86 volúmenes de CO₂. Y con respecto a elaboración Lager alcanzo 12°C, por lo tanto 1.12 volúmenes de CO₂ (volumen real).

Habría que agregar la diferencia entre requerido y el actual. Es decir, 1.44 volúmenes de CO₂ para Ale, que según la tabla nº17 equivalen a 2.83 g/l y para Lager, 1.18 volúmenes de CO₂ que son 2.32g/l.

3.5.1.12.2 Preparación de almíbar y dosificación. Nuevamente aplicamos estequiometria donde sabemos que 1g de glucosa equivalen a 0,463g de CO₂. Entonces según los g de CO₂ calculados anteriormente, debemos incorporar:

$$x = \frac{2,32 \times 1}{0,463} = 5g \text{ de azucar/l para botellas Lager.}$$

$$x = \frac{2,83 \times 1}{0,463} = 6,11g \text{ de azucar/l para botellas Ale.}$$

Debemos agregar entonces al envase Ale 6,11g de azúcar por cada litro y en Lager, 5g de azúcar por cada litro de cerveza. Esta dosis se agregó por medio de una jeringa. Terminada la dosificación se tapan con tapa tipo corona de color diferente según el tipo de elaboración.

Todas las botellas serán almacenadas a temperatura ambiente en ambiente sin luz.

3.5.1.12.3 Incremento del nivel de alcohol. Con este valor de azúcar/litro de cerveza podemos saber el incremento que vamos a tener de alcohol por lo siguiente:

$$1 g \text{ de glucosa} = 0,484g \text{ de etanol}$$

$$\text{Ale} = 6 g \text{ de glucosa} = 2.9 g \text{ de etanol}$$

$$\text{Lager} = 5.11 g \text{ de glucosa} = 2.5 g \text{ de etanol}$$

Para poder establecer si esta cantidad de alcohol es significativa o no, debemos expresarla en unidades de %v/v (cm³ de alcohol cada 100 cm³ de cerveza).⁷⁶ De manera que para convertir los g/l en %v/v haremos lo siguiente:

⁷⁶ Sebastian Oddone. Matemática de la cerveza. Pág. 34

$$\frac{g/l}{10} \cong \frac{g}{100 \text{ cm}^3}$$

Y a continuación dividimos el resultado por la densidad del alcohol 0.789g/cm³, para llevar la unidad a %v/v:

$$\frac{2,9g/l}{10} \cong \frac{0.29g}{100 \text{ cm}^3} \cong \frac{0.29g}{0.789 \text{ cm}^3} \cong 0,37\%v/v \text{ en Ale}$$

$$\frac{2,5g/l}{10} \cong \frac{0.25g}{100 \text{ cm}^3} \cong \frac{0.25g}{0.789 \text{ cm}^3} \cong 0,32\%v/v \text{ en Lager}$$

- Nuestra cerveza verde Ale tiene 4,93%v/v de alcohol, luego de la carbonatación natural tendrá cerca de 5,3%v/v de alcohol.
- Nuestra cerveza verde Lager tiene 5,32%v/v de alcohol, luego de la carbonatación natural tendrá cerca de 5,64%v/v.

3.6 Análisis químicos

3.6.1 Análisis químicos del mosto

Para realizar dicho estudio, se sacó muestra de ambas cocciones una vez agregadas la finalizada la maceración. Se hicieron análisis de: densidad y pH.

3.6.1.1 Densidad

3.6.1.1.1 Fundamento. La aerometría se basa en el principio de Arquímedes para la determinación de masa volúmica de líquidos en función de la flotabilidad que presenta en ellos un cuerpo de peso constante. Se determinó la densidad por método densimétrico, utilizando un aerómetro de escala adecuada con una apreciación de 0,001 de unidad, que varíe de 1,000 g/ml a 1,100 g/ml. La densidad indicará la cantidad de azúcar disuelta en el líquido.

3.6.1.1.2 Materiales:

- Probeta graduada de 250 mL.
- Termómetro de vidrio contrastado de 0-110°C.
- Aerómetros contrastados de escala adecuada con apreciación de 0,001 de unidad.

3.6.1.1.3 Técnica:

- Se enjuaga la probeta de 250 ml con la muestra a analizar. Se vierte 200ml de muestra. Tener en cuenta la temperatura a la que se realiza las medidas, ya que el densímetro se encuentra calibrado a 20°C. En caso de sobre pasarse de esa temperatura, que va a suceder, aplicaremos una tabla de corrección de temperatura. Con el termómetro tomar la temperatura para aplicar corrección.

- El densímetro se sumerge suavemente girándolo, evitando que se sumerja por completo para evitar rotura del equipo.
- Una vez en inmóvil, se efectúa la lectura por la parte superior del menisco.
- Resultado de las muestras de ambas cocciones una vez finalizada la maceración:

Tabla 18.

Valores de densidad final de maceración

	COCCION ALE		COCCION LAGER	
	Valor	Valor medio	Valor	Valor medio
Densidad [g/cm ³]	1,048	1,049	1,048	1,047
	1,050		1,048	
	1,050		1,047	

- Una vez terminado el macerado, necesitamos saber que densidad necesitamos previa al hervor del mosto, para ya finalizado éste, obtengamos los mostos con 1.050 de densidad.

El lavado de grano en las dos cocciones, previo al hervor debe realizarse hasta obtener 1.037,5 de densidad.

3.6.1.2 Técnica de pH:

3.6.1.2.1 Fundamento. es una medida complementaria de la acidez total porque nos permite medir la fuerza de los ácidos que contienen. El método es potenciométrico, que es la medida de la diferencia de potencial entre el electrodo de referencia y el de lectura de pH propiamente dicho sumergido sobre la muestra. Se realizó en laboratorio externo.

3.6.1.2.2 Calibración: se sumergen los electrodos en soluciones buffer a pH 4 y solución buffer a pH 3,57, a 20°C, indistinto el orden. Una vez sumergida la solución, de forma digital se calibra realizando la lectura de ese pH e indicándole al equipo que pH es. Terminada la lectura, se retira la solución, se enjuagan los electrodos cuidadosamente con agua destilada y se repite el mismo procedimiento con la otra solución buffer, lavando al finalizar.

3.6.1.2.3 Técnica:

- Se coloca la muestra en un vaso de precipitación de 250 ml se lleva a temperatura entre 20 a 25°C con el estabilizador de temperatura del equipo.
- Se introduce el electrodo y se realiza la medición de la muestra agitándola.

3.6.1.2.4 Interpretación de los resultados:

Tabla 19.

Medidas de pH en mosto

pH	ELABORACIÓN	
	ALE	LAGER
Previo a la maceración	5,9	5,9
Fin de maceración	5,43	5,53
Precocción	5,43	5,53
Post cocción	5,20	5,33

3.6.2 Análisis químico de la cerveza terminada

3.6.2.1 Determinación directa del grado alcohólico por equipo alcoholizer en laboratorio externo.

3.6.2.1.1 Equipo y materiales

- Equipo Alcoholizer Anton Paar.
- Tubos de centrifuga de 50ml.
- Ultrasonido
- Centrífuga

3.6.2.1.2 Técnica:

- Se toman 50 ml de muestra, y se colocan en centrifuga durante 30 minutos, para limpiar la muestra y evitar así mal lectura del equipo. Una vez terminado se pasa el tubo por ultrasonidos para sacar burbujas.
- Se colocan en el rack de muestras del equipo.
- Se realiza lectura informando al equipo de forma digital, donde este mismo nos arrojará el grado de alcohol %v/v corregida ya una temperatura de 20°C.

3.6.2.1.3 Resultados

Tabla 20.

Grado de alcohol en cerveza Ale

Alcohol %v/v	ELABORACIÓN ALE	
	Levadura Safale S-04	Levadura Safale US-05
	Fermentador 1 - 2	Fermentador 3 - 4
Cerveza verde	4,95%v/v	4,95%v/v
Cerveza terminada	5,30 %v/v	5,30 %v/v

Tabla 21.

Grado de alcohol en cerveza Lager

Alcohol %v/v	ELABORACIÓN LAGER	
	Levadura Saflager S-23	Levadura Saflager S-128
	Fermentador 1 - 2	Fermentador 3 - 4
Cerveza verde	5,35 %v/v	5,34 %v/v
Cerveza terminada	5,65 %v/v	5,65 %v/v

En estas tablas se indica los valores de alcohol diferenciando como cerveza verde, a aquella donde terminó su fermentación alcohólica y como cerveza terminada, a aquella que finalizó su segunda fermentación en botella y está lista para consumir.

Explicamos acá también que los valores que arrojó este equipo fueron similares a los valores que determinamos anteriormente en fermentación por el método indirecto estequiometría.

3.6.2.2 Técnica de pH

3.6.2.2.1 *Método.* Se utilizó misma técnica del apartado 5.5.1.2 de este capítulo.

3.6.2.2.2 *Interpretación de los resultados.* En el display del pHímetro observamos los siguientes datos:

Tabla 22.

pH fin de fermentación alcohólica

	ELABORACIÓN	
pH	ALE	LAGER
Fin fermentación alcohólica	4,80	4,92

3.7 Análisis microbiológico

3.7.1 Recuento de levaduras por Neubauer en laboratorio externo.

3.7.1.1 Fundamento. El recuento de levaduras en fermentación de levaduras totales y viables se realiza por microscopía mediante la tinción con azul de metileno.

3.7.1.2 Material y reactivos

- Microscopio óptico de 600 – 900 aumentos.
- Matraz 100 ml aforado
- Pipeta de 10 ml
- Cámara de recuentos Neubauer
- Cubreobjetos
- Pipeta semiautomática de volumen variable de 100 μ L.
- Pipeta semiautomática de volumen variable de 100 μ L.
- Tubo de ensayo de 500 μ L.
- Agua destilada
- Azul de metileno

3.7.1.3 Procedimiento

- Tomar 10 ml de muestra con pipeta y verterlo en matraz. Enrasar con agua destilada hasta el aforo. Dilución 1/10. Agitar

- Tomar 1 ml de muestra 1/10 con pipeta semiautomática y volcarlo sobre el tubo de ensayo.
- Agregar al mismo tubo 1 ml de azul de metileno.
- Agitar el tubo en forma circular.
- Con pipeta semiautomática tomo una pequeña parte de muestra inmediatamente y vuelco una gota sobre portaobjeto, coloco el cubreobjeto
- Coloco el portaobjeto en el microscopio ubicando la cruz.
- Ajusto el lente a 40x y busco el campo.
- Hago el recuento tanto de levaduras vivas como muertas, observo a su vez características de vitalidad, brotación, tamaño.
- Realizo el cálculo

3.7.1.4 Resultados

Tabla 23.

Recuento y viabilidad de levaduras en fermentación Ale

	ELABORACIÓN ALE	
	Levadura Safale S-04	Levadura Safale US-05
	nº cel/ml - % viabilidad	nº cel/ml - % viabilidad
Tiempo (días)		
Día 2	4 millones – 92%	3,8 millones – 94%

Tabla 24.

Recuento y viabilidad de levaduras en fermentación Lager

	ELABORACIÓN LAGER	
	Levadura Saflager S-23	Levadura Saflager S-128
	nº cel/ml - % viabilidad	nº cel/ml - % viabilidad
Tiempo (días)		
Día 2	8 millones – 90%	8,1 millones – 92%

CAPITULO IV: Materiales y Metodología del Análisis Organoléptico

4.1 Párrafo introductorio

En este capítulo se abordarán evaluaciones sensoriales, test de aceptabilidad, análisis de los resultados.

4.1.1 Descripción

Para el análisis sensorial de las 8 elaboraciones de cerveza, se realizó degustación a ciegas, donde fueron partícipes 15 degustadores. Cada uno de ellos, recibió las 8 muestras correspondientes junto a la planilla de análisis organoléptico en sus respectivas casas, debido a la situación de pandemia que atraviesa nuestro país.

La prueba que vamos a llevar a cabo es la prueba de aceptabilidad por atributos, Se presentan muestras codificadas con número al aleatorio y los consumidores deben evaluar la preferencia ya sea global o por atributos. En estudios con consumidores, muchas veces se busca saber el porqué de una preferencia o rechazo hacia un producto mediante el empleo de preguntas dirigidas a atributos particulares y se utiliza una escala hedónica para medir la aceptabilidad de distintos atributos

4.1.2 Panel de cata

Se seleccionaron dentro de mi círculo íntimo un panel de 5 degustadores, conformado por personas tanto como semi entrenadas pertenecientes a la carrera de Lic en Enología de la Facultad Don Bosco, como personas sin un entrenamiento previo en análisis sensorial, pero catalogados como consumidor frecuente de cerveza industrial y en baja escala artesanal. El propósito de esta selección es escuchar sus opiniones y lograr una educación mediante un

proceso de cata guiado de forma profesional con colaboraciones de Lic. Estela Jaime, estudiante en carrera Nicolás Hidalgo, quien elabora cerveza artesanal de forma independiente.

Se les explico a cada una de estas personas que puntuaran cada una de las muestras, con una nota del 1 al 5, siendo 1 la más baja y 5 la más alta con respecto a color, vivacidad, consistencia y persistencia de la espuma, amargor, intensidad aromática, gusto, cuerpo y retrogusto. En el caso de la fase olfativa y en boca, se les pide a su vez, que especifiquen aroma e intensidad.

4.1.2.1 Hoja de cata. A continuación, se adjunta la hoja de cata adjuntada en ella una hoja de información que será de ayuda para la fase olfativa y en boca, de la cual, el panel de degustadores dispondrá para juzgar nuestra cerveza.

Figura 47.

Hojas de cata

LA CATA DE CERVEZA. HOJA DE PERFIL

Catador (nombre y apellidos):	Fecha:
Numero de muestra:	Envase (vidrio o lata):

Atributos de la cerveza (marcar con una cruz el grado de intensidad según la escala descrita)	Intensidad 1 (baja) - 5 (alta)				
	1	2	3	4	5

FASE VISUAL

Color (1. Amarillo, 2. Dorado, 3. Rojizo, 4. Caramelo, 5. Negro)					
Transparencia (1. Cristalina, 2. Poco transparente, 3. Turbia, 4. Semi opaca, 5. Opaca)					
Vivacidad (1. Casi sin gas, 2. Poca, 3. Equilibrada, 4. Abundante, 5. Gran cantidad de gas)					
Consistencia espuma (1. Ligera, 2. Poco densa, 3. Espesa, 4. Cremosa, 5. Compacta)					
Persistencia espuma (1. Sin, 2. Poco, 3. Persistente, 4. Muy persistente, 5. No desaparece)					

FASE OLFATIVA

Aroma de la malta (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aromas e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Aroma del lúpulo (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aromas e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Aroma de la levadura (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aroma e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Aroma a alcohol (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					

FASE DE BOCA

Gusto proveniente de la malta (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aromas e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Gusto proveniente del lúpulo (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aromas e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Gusto de levadura (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar aromas e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Gusto a alcohol (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					
Gusto dulce (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					
Gusto salado (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					
Gusto ácido (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					
Amargor (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso)					
Astringencia (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intensa, 5. Muy intensa)					
Efervescencia (1. Inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intensa, 5. Muy intensa)					
Cuerpo de la cerveza (1. Muy poco, 2. Poco, 3. Con cuerpo, 4. Bastante, 5. Mucho cuerpo)					
Retrogusto (1. Casi inapreciable, 2. Suave, 3. Fuerte, 4. Intenso, 5. Muy intenso) especificar el retrogusto e intensidad					
Aroma - Intensidad:					
Complejidad (1. Muy poco compleja, 2. Poco, 3. Compleja, 4. Bastante, 5. Muy compleja)					
Equilibrio (1. Muy poco, 2. Poco, 3. Equilibrada, 4. Bastante, 5. Muy equilibrada)					
Valoración global (puntué del 1 al 10)					
Observaciones (indique si ha encontrado algún defecto u otras consideraciones):					

PEFILES DE AROMAS (info para la fase olfativa y de boca)

Aromas de la malta o del cereal

- **Elementos crudos:** harinas en general, harina de trigo, masa de pan cruda...
- **Elementos Pocoo tostados:** aroma a pan fresco y a los distintos tipos de pan.
- **Elementos tostados:** pan tostado...
- **Elementos más tostados:** caramelo, chocolate, café, toffee, cacao...
- **Elementos quemados:** regaliz...
- **Otros:** miel, melaza, jarabe, humo...
-

Aromas del lúpulo

- **Vegetal verde:** hierba cortada, hojas frescas, helecho...
- **Vegetal flor:** flores blancas y otras.
- **Especiado:** pimienta, coriandro...
- **Otras plantas odoríferas:** té, resinas, anís, hinojo, cítricos...
- **Otros:** metal, madera, tierra, maleza (húmeda, no podrida), tabaco...

Aromas de la fermentación o de productos añadidos

- **Ésteres que recuerdan frutas:** plátano, fresa, pera, manzana, ciruela, papaya, albaricoque, melón, cereza, pasas, uva, mora y otras frutas.
- **Hierbas.**
- **Especias:** vainilla, nuez moscada...
- **Diacetilos:** nuez, almendra, avellana, mantequilla, toffee...
- **Disolvente, barniz.**
- **Ácidos grasos:** queso, jabón...
- **Añadidos:** panizo, naranja, coriandro, miel, plantas y frutas diversas. Se puede encontrar también olor a aserrín, vino, whisky y otros.

4.1.3 Test de aceptabilidad.

Se presentan muestras codificadas con número al aleatorio y los consumidores deben evaluar la preferencia ya sea global o por atributos. En estudios con consumidores, muchas veces se busca saber el porqué de una preferencia o rechazo hacia un producto mediante el empleo de preguntas dirigidas a atributos particulares y se utiliza una escala hedónica para medir la aceptabilidad de distintos atributos.

4.1.3.1 Hoja de evaluación de aceptabilidad por atributos. Se determinó la aceptabilidad global de la cerveza y también la aceptabilidad por atributos (Color, sabor, y textura). Se empleó una escala hedónica de 9 puntos. A continuación, se muestra una planilla tipo de las evaluaciones realizadas.

Figura 48.

Evaluación de aceptabilidad por atributos

EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD POR ATRIBUTOS

FECHA: _____

NOMBRE: _____

Usted recibirá seis (6) muestras de cerveza. Por favor, evalúe la aceptabilidad de cada atributo. Marque con una cruz la casilla correspondiente.

MUESTRA N°: _____

	Me gusta Mucho	Me es indiferente	Me gusta mucho
Color	☐	☐	☐
-Sabor	☐	☐	☐
-Textura	☐	☐	☐
- Aceptabilidad	☐	☐	☐

MUESTRA N°: _____

	Me disgusta Mucho	Me es indiferente	Me gusta mucho
Color	☐	☐	☐
Sabor	☐	☐	☐
Textura	☐	☐	☐
Aceptabilidad	☐	☐	☐

MUESTRA N°: _____

	Me disgusta Mucho	Me es indiferente	Me gusta mucho
Color	☐	☐	☐
-Sabor	☐	☐	☐
-Textura	☐	☐	☐
- Aceptabilidad	☐	☐	☐

	MUESTRA N°: _____									
	Me disgusta			Me es indiferente				Me gusta		
	Mucho			indiferente				mucho		
Color	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptabilidad	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

MUESTRA N°: _____

	Me disgusta Mucho	Me es indiferente	Me gusta mucho
Color	☐	☐	☐
-Sabor	☐	☐	☐
-Textura	☐	☐	☐
- Aceptabilidad	☐	☐	☐

[illegible]

4.2 Análisis de los resultados

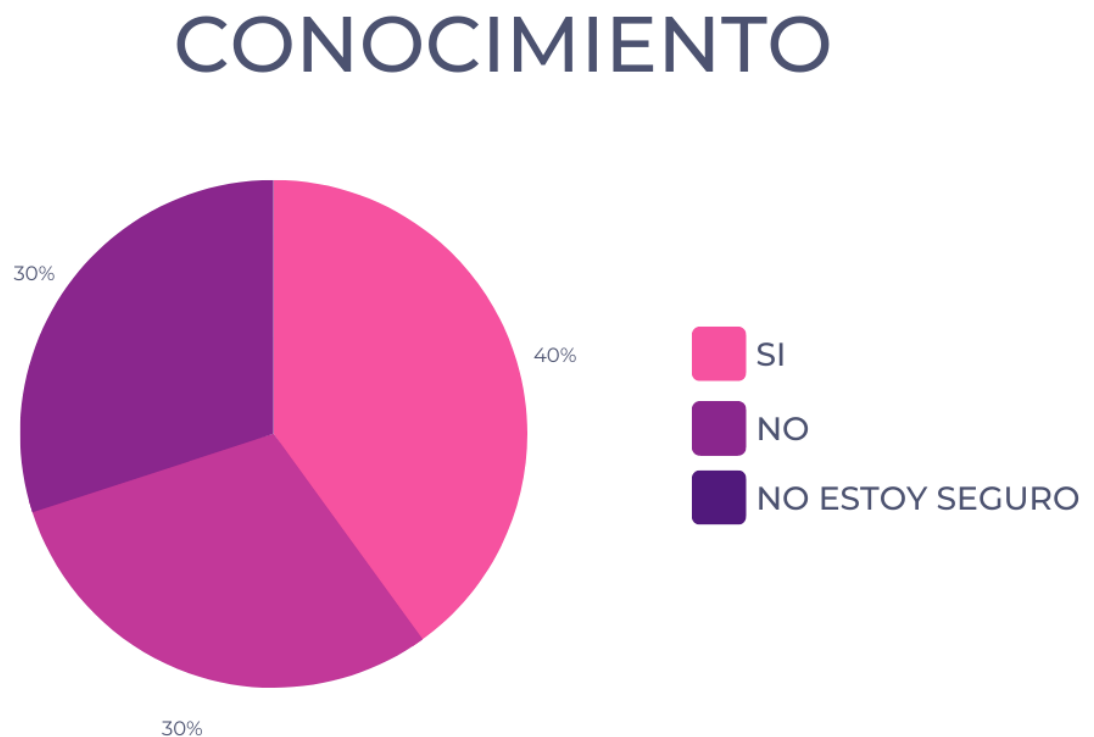
4.2.1 Conocimiento del producto

Se realizaron una serie de preguntas en forma oral a cada uno del panel de cata.

- ¿Conoce la cerveza artesanal?

Gráfico 1

Gráfico sobre el conocimiento de la cerveza artesanal



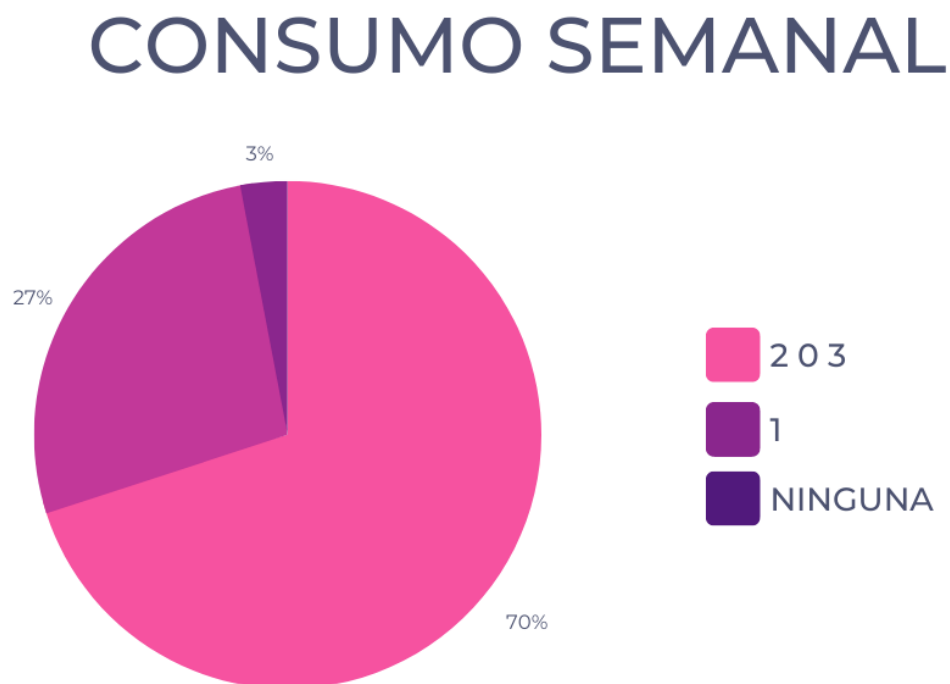
En cuanto al conocimiento sobre cerveza artesanal, cabe destacar que el 30 % de las personas que no conocen el producto, es sobre quien va dirigida directamente mi tesis. El objetivo

es que puedan probar y conocer productos artesanales que son de la misma calidad y a mayoría de veces de mejor, que un producto industrial de góndola. El 40% que, si conoce, reforzarlo con asesoramiento de productos de cerveza artesanal de calidad premium, y el otro 30% que no está seguro, recurrirlo a volverlos a sumergir en productos artesanales en cuanto a sus gustos, y que denoten una diferencia significativa respecto a lo nivel industrial.

- ¿Qué cantidad de cerveza consume semanalmente?

Gráfico 2

Consumo de cantidad de cervezas semanalmente



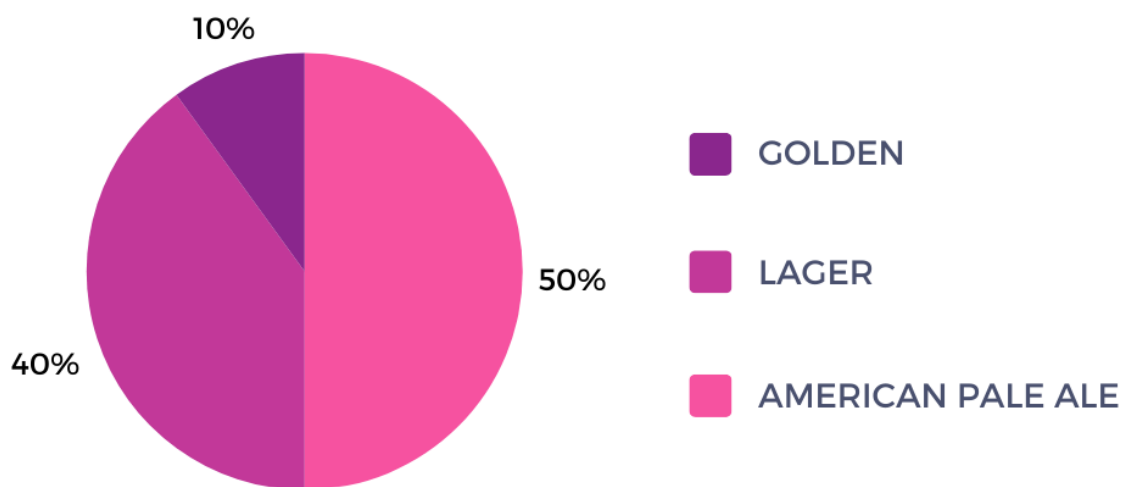
En cuanto a consumo semanal tomando la medida 500 cc (pinta), es un 70% quien nos demuestra que hay un consumo importante de cerveza a nivel general.

- ¿Qué tipo de cerveza compra?

Gráfico 3.

Estilos de cerveza comerciales

ESTILO CERVEZA COMERCIAL



Hay un aumento en el consumo de cerveza comercial, lo cual, gracias a este gráfico, nos llevó a la decisión de colocar en la cata de cervezas, dos productos comerciales del estilo Lager y American Pale Ale, para poder compararlos con nuestra cerveza artesanal.

4.2.2 Preparación de muestras

Las muestras se entregaron a cada uno del panel de cata, una vez finalizada la segunda fermentación en botella.

A cada uno del panel se les notificó tanto el orden de muestras como la temperatura de servicio, donde estas fueron degustadas a una temperatura de entre 8 a 10°C, tratando de respetar a su vez la cristalería a utilizar, ya sea mismo tamaño y forma. En cuanto al orden, fue el siguiente:

- Muestra 1: Cerveza Ale fermentada con Safale S-04 y conservada a una temperatura de 15°C.
- Muestra 2: Cerveza Ale fermentada con Safale S-04 y conservada a una temperatura de 20°C.
- Muestra 3: Cerveza Ale fermentada con Safale US-05 y conservada a una temperatura de 15°C.
- Muestra 4: Cerveza Ale fermentada con Safale US-05 y conservada a una temperatura de 20°C.
- Muestra 5: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-23 y conservada a una temperatura de 15°C.
- Muestra 6: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-23 y conservada a una temperatura de 20°C.
- Muestra 7: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-128 y conservada a una temperatura de 15°C.
- Muestra 8: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-128 y conservada a una temperatura de 20°C.

- Muestra 9: Cerveza comercial estilo American Pale Ale en botella 500ml.
- Muestra 10: Cerveza comercial estilo Lager en botella de 500ml

4.2.3 Cata

En cuanto a la cata realizada por el panel de degustadores de nuestra cerveza, se reunió cada una de las hojas y se hizo un resumen breve en cuanto a los descriptores que más nos interesa y más queremos resaltar para obtener nuestra conclusión.

Tabla 25.

Atributos generales del panel de degustadores

nº de muestra	Atributos				
	Color	Turbidez	Espuma: Persistencia y consistencia	Amargor	Descriptoros aromáticos
1	Ambar	Turbia a transparente	Persistente y durable	Intermedio	Manzana, pan, caramelo, floral
2	Ambar	Turbia a transparente	Persistente y durable	Intermedio	Manzana, pan, caramelo, floral
3	Ambar	Turbia a transparente	Persistente y durable	Intermedio	Neutra, caramelo intensidad media
4	Ambar	Turbia	Persistente y durable	Intermedio	Neutra, caramelo intensidad baja
5	Palido a dorado	Transparente	Persistente	Suave	Ligera frutuosidad a manzana, elevado esteres
6	Palido a dorado	Transparente	Persistente	Suave	Ligera frutuosidad a manzana, leve nota a maiz cocido
7	Palido a dorado	Transparente	Persistente	Suave	Equilibrio entre floral y frutado
8	Palido a dorado	Transparente	Persistente	Suave	Equilibrio entre floral y frutado
9	Dorado intenso	Transparente	Persistente	Intermedio	Principio herbal y luego notas citricas.
10	Dorada	Transparente	Persistente y durable	Suave	Caramelo, pan

4.2.3.1 **Aceptabilidad de la cerveza por atributos.** Las muestras se colocaron en vasos con 50 mL y se sirvieron a 8°C. La evaluación fue realizada por los mismos 5 consumidores. En cuanto al orden, fue el siguiente:

- Muestra 1: Cerveza Ale fermentada con Safale S-04
- Muestra 2: Cerveza Ale fermentada con Safale US-05
- Muestra 3: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-23
- Muestra 4: Cerveza Lager fermentada con Saflager S-128.
- Muestra 5: Cerveza comercial estilo American Pale Ale.
- Muestra 6: Cerveza comercial estilo Lager.

CONCLUSIONES

Con respecto a nuestros resultados, podemos dar a entender que una cerveza artesanal a la que se somete a una fermentación controlada con inóculos de levaduras seleccionadas para cada de estilo en específico, respetando a su vez cada parámetro de su proceso, logramos un producto de mejor calidad, alcanzando al nivel industrial en cada uno de sus puntos.

Otro punto a favor que vimos en esta tesina es la producción en batchs de menor cantidad de litros, nos otorga un mejor control de calidad, estando estrictamente en el detalle cada parte del proceso de su elaboración.

Para concluir se puede destacar el potencial aromático que tiene la levadura modificada genéticamente con respecto a algunas cervezas comerciales, pues mediante estudios se lograron identificar perfiles cítricos y ácidos que posiblemente están relacionados con la síntesis de terpenos y terpenoides, cuyo rasgo organoléptico se encuentra en la capacidad de ser una fuente disruptiva en el mercado de cervecería artesanal. No obstante, se encontró que es importante encontrar un estilo de cerveza que pueda complementarse y equilibrarse en buena medida con el perfil aromático procedente de la levadura, pues en este caso se encontró que las notas florales y frutales se identifican más con un estilo de cerveza alemana del tipo Hefeweizen . Respecto al proceso de fabricación de la cerveza, es posible concluir que la eficiencia del proceso es bastante baja puesto que ligeramente supera la mitad de aprovechamiento del potencial de las materias primas. Por último, se destaca la oportunidad que tiene esta cerveza no convencional en el mercado, pues según el perfil del consumidor, muchos de los perfiles buscados son convergentes con el estilo de la cerveza producida.

Cerrando esta conclusión, a nivel diferencias en forma general, nuestra cerveza artesanal y la cerveza industrial se diferencian significativamente en términos de proceso de producción,

ingredientes, variedad, distribución y experiencia del consumidor. La cerveza artesanal ofrece una mayor diversidad de sabores y estilos, así como una conexión más personal con el productor, mientras que la cerveza industrial se caracteriza por su producción masiva y su disponibilidad a nivel global. Ambas tienen su lugar en el mercado cervecero y depende del consumidor decidir qué tipo de experiencia busca al elegir una cerveza.

Este trabajo propone ser un inductor para motivar, concientizar a productores y consumidores de cerveza artesanal.

ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO

- Composición del agua para fabricar cerveza. Fuente:
www.culturillacervecera.blogspot.com/2008/03/agua.html.
- Wolfgang Kunze (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Primera edición en español.
- Rubén Sancho S. (2015). Diseño de una micro – planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción (tesina de grado). Universidad politécnica de Cataluña.
- Fermentis. Tips and Tricks.
- Índice BU: GU. <https://cervezomicon.com/2014/12/03/indice-bugu/>
- Boris de Mesoes. Manual Práctico del Cervecer.
- Sebastian Oddone. (2020). Matemática de la cerveza 2.
- Detalle de diferentes tipos de rodillos. <http://micro-cervecerías.cervezartesana.es/>
- Temperaturas óptimas de las enzimas. <http://brewmasters.com.mx/>
- Kuchel, L.; Brody, A. L.; Wicker, L. Oxygen, and Its Reactions in Beer.
- Laundaud S, Latrille E, Corrieu G. Top pressure and temperature control the fusel alcohol/ester ratio through yeast growth in beer. J Inst Brew (2001).
- Meilgaard M. Effects on flavour of innovations in brewery equipment and processing: A review. J Ins Brew (2001).
- Carlos Manosalva. Guía práctica para catar cerveza.
- Ricardo Aftyka (2018). Pasión por la cerveza. Primera edición.

Beer Judge Certification Program. Guía de estilos de cerveza 2015. Disponible en www.bjcp.org

Sebastián Oddone (2018). Matemática de la cerveza.

R. Mosher, Como catar cerveza. España: Ediciones Omega, 2017.

Birrocracia. “Lavado continuo, Sin lavado, Fly Sparge, Batch Sparge, Rendimiento.
www.birrocracia.wordpress.com.

Fermentis. Aspectos-sobre-la-levadura-de-cerveza-pdf.

Brew and grow. Fuente: www.brewandgrow.com.