

# **UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Agrarias  
Escuela de Ingeniería en Alimentos

## **Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo *Lager* Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A.**

Tesis presentada como parte de los  
requisitos para optar al grado de  
Licenciado en Ingeniería en Alimentos

**Héctor Alejandro Rodríguez Cárdenas**

Valdivia Chile 2003

Profesor patrocinante:

Sr. Bernardo Carrillo López

Ingeniero Agrónomo, M.Sc. e Ingeniería de Alimentos

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL)

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Austral de Chile.

Profesores informantes:

Sra. Marcia Costa Lobo

Ingeniero Civil Bioquímico, Diplom. Ing. Ind.

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL)

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Austral de Chile.

Sr. Fernando Figuerola Rivas

Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Food Science

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL)

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Austral de Chile.

## INDICE

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Producción mundial de la cerveza	3
2.2	Producción y consumo nacional de cerveza	7
2.2.1	Producción nacional	7
2.2.2	Consumo de cerveza en Chile	8
2.3	Características de la cerveza	8
2.3.1	Composición	8
2.3.2	Tipos de cerveza	10
2.3.3	Tipo de fermentaciones	10
2.3.3.1	Fermentación alta o cervezas <i>Ale</i>	10
2.3.3.2	Fermentación baja o cervezas <i>Lager</i>	11
2.4	Calidad de la cerveza	12
2.4.1	Color	13
2.4.2	Grados de alcohol	14
2.4.3	pH	18
2.4.4	Espuma	20
2.4.5	Turbidez	22
2.4.6	Amargor	25

3	MATERIAL Y METODO	30
3.1	Ubicación y duración del ensayo	30
3.2	Toma de muestras	30
3.2.1	Partidas a analizar	30
3.2.2	Parámetros a determinar	31
3.3	Método de análisis	31
3.3.1	Determinación del grado alcohólico en cerveza	32
3.3.2	Determinación de pH en cerveza	32
3.3.3	Determinación de color en cerveza	33
3.3.4	Determinación de amargor en cerveza	33
3.3.5	Determinación de turbidez en cerveza	33
3.3.6	Determinación de espuma en cerveza	34
3.4	Resumen y descripción de las variables de proceso	34
3.5	Análisis estadístico	34
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	36
4.1	Composición físico-química de la cerveza <i>Lager</i>	36
4.1.1	Alcohol	36
4.1.2	pH	40
4.1.3	Color	43
4.1.4	Amargor	45
4.1.5	Turbidez	48
4.1.6	Espuma	50
4.2	Correlaciones entre parámetros de composición físico-química	54
5	CONCLUSIONES	56
6	RESUMEN	57
	SUMMARY	
	BIBLIOGRAFIA	59
	ANEXOS	65

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Consumo de cerveza en Europa	4
2	Producción de cerveza por país en Hispanoamérica	6
3	Producción de cerveza por país en Europa	6
4	Características nutricionales de la cerveza	9
5	Composición de la cerveza	9
6	Productos de las fermentaciones de levaduras	15
7	Productos formados a partir de la degradación del almidón	15
8	Características de los tipos más importantes de cerveza	18
9	Rango de amargor (IBU) en distintos tipos de cerveza	29
10	Fecha de las elaboraciones a analizar	31
11	Metodología de análisis para cada variable	32
12	Parámetros físico-químicos de la cerveza <i>Lager</i> determinados durante el estudio	36
13	Correlaciones entre las diferentes variables estudiadas	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Consumo per cápita por país en Hispanoamérica (litros/habitante)	5
2	Reacción de Maillard	13
3	Detalle de los enlaces químicos del almidón	16
4	Esquema de la estructura de los almidones y donde son atacados por las enzimas amilasas de la malta	17
5	Desdoblamiento de la estructura tridimensional de LTP1	22
6	Interacciones de proteína-polifenol	24
7	Relación entre las concentraciones de proteína y polifenol en la formación de turbidez	25
8	Estructura de los ácidos alfa	26
9	Estructura de los ácidos beta	27
10	Proceso de transformación de la humulona en iso-humulona	28
11	Variación del porcentaje de alcohol a través del periodo de estudio (% v/v )	37
12	Variación del porcentaje de alcohol en relación al promedio observado (%v/v)	39
13	Variación del pH a través del periodo de estudio	41
14	Variación del pH en relación al promedio observado	42
15	Variación del color a través del periodo de estudio	43
16	Variación del color en relación al promedio observado	45
17	Variación del amargor a través del periodo de estudio	46
18	Variación del amargor en relación al promedio observado	47
19	Variación de la turbidez a través del periodo de estudio	48
20	Variación de la turbidez en relación al promedio observado	49
21	Variación de la espuma a través del periodo de estudio	51
22	Variación de la espuma en relación al promedio observado	52

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Proceso de elaboración de cerveza de Compañía Cervecera Kunstmann S.A.	66
2	Diagrama de flujo de elaboración de cerveza por la industria Compañía Cervecera Kunstmann S.A.	76
3	Resumen de los parámetros estudiados a través del periodo de estudio	78
4	Análisis de varianza de una vía para los parámetros físico-químicos a través del periodo de estudio	79
5	Resumen del comportamiento promedio de las variables de proceso durante las nueve elaboraciones, a partir de de las cartillas de registro interno de la empresa	85
6	Mediciones de parámetros físico-químicos establecidos por Cervecera Chile S.A.	88

## 1 INTRODUCCION

Desde sus orígenes la Compañía Cervecera Kunstmann S.A., ha ofrecido un producto cuyo proceso de fabricación se rige bajo los postulados del llamado “Edicto de Pureza” (Reinheitsgebot).

Este documento escrito en el año 1516 por el Duque de Baviera (Guillermo IV), establece que la cerveza sólo puede ser elaborada de cebada malteada, fermento, lúpulo y agua, ojalá de vertiente.

De acuerdo a lo señalado por la Compañía Cervecera Kunstmann S.A., la cerveza es elaborada estrictamente de acuerdo a este edicto, pura, absolutamente natural, con ingredientes de primera calidad y muy importante, con “agua fresca y cristalina de las montañas de Valdivia”.

Es importante destacar que el fabricar una cerveza de acuerdo al edicto de pureza, resalta innumerables cualidades que se pueden sentir y apreciar en el sabor, aroma y color que la hacen muy diferente a las demás cervezas de consumo masivo en Chile, y que se puede comparar como un intermedio entre las cervezas livianas consumidas habitualmente en Estados Unidos y las cervezas gruesas o de más cuerpo consumidas en Europa.

El crecimiento constante de esta empresa y su sostenido posicionamiento en el mercado nacional, le ha permitido ingresar a otros mercados compitiendo con las mejores cervezas del mundo. Pese a que la empresa ha elaborado cerveza por más de diez años en tres tipos o variedades distintas; hasta la fecha sólo se han seguido protocolos de para elaboración y no se han caracterizado permanentemente cada una de las partidas. Por tal razón, es importante conocer las características del producto final con el objeto de estandarizar las producciones para asegurar y garantizar al cliente un producto homogéneo.

Mencionados los antecedentes que originan el tema para este estudio, se han planteado la hipótesis y los siguientes objetivos:

Hipótesis: no existen diferencias en parámetros físico-químicos entre distintas partidas de producción.

Objetivo general.

- Caracterizar las distintas partidas de elaboración de la cerveza tipo *Lager* elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A., sobre la base de parámetros físico-químicos durante un periodo de tres meses.

Objetivos específicos.

- Determinar mediante análisis las variables espuma, color, turbidez, grados de alcohol, pH y amargor de la cerveza *Lager* en el producto final.
- Sobre la base de las variables medidas, determinar si existen diferencias entre las distintas partidas de elaboración de cerveza *Lager* en el producto final.
- Evaluar la variación de cada uno de los componentes físico-químicos, mediante gráficos de control.
- Correlacionar las variables físico-químicas, para este tipo de cerveza, durante el periodo de estudio.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Producción mundial de la cerveza

Europa presenta un alto consumo promedio de cerveza, y posee una enorme variedad, muchas veces provenientes de distintos pueblos antiguos. Los principales países en la elaboración de cerveza y cultura cervecera son Alemania, Bélgica y Holanda, sin embargo, el resto de Europa posee una importante producción especialmente en los países de Europa del Este.

Como se muestra en el CUADRO 1, el consumo de cerveza en Alemania durante 1997 alcanzó los 131,1 litros per cápita seguido de Irlanda con 123,7 y Dinamarca con 116,7. Italia por su parte, es el país europeo donde menos cerveza se consume, ya que ocupa el último puesto de la clasificación con sólo 25,4 litros por habitante y año (CERVECEROS DE ESPAÑA, 1997).

El modelo de consumo de los alemanes se distribuye en un 35% en clubes y bares, y el restante 65% lo hacen en casa. Existen 1400 cervecerías que producen alrededor de 6 millones de litros de cerveza. El mercado está principalmente en manos de pequeñas cervecerías, los grupos cerveceros grandes comparten sólo el 22% del mercado cervecero. Las marcas nacionales en Alemania más conocidas son Beck's, Bitburger, Fuerstenberger, Pils y Llowenbrau (CATEORA, 1995).

El mercado alemán es el que posee el mayor consumo per cápita de cerveza en el mundo, unas cinco o seis veces al actual consumo chileno. A pesar de una alta producción de cerveza interna, de más de 5000 marcas nacionales, es un centro importador de cervezas de todo el mundo, abarcando todos los innumerables procesos de elaboración de cerveza alrededor del planeta.

El CUADRO 1 muestra un resumen del consumo de cerveza en Europa.

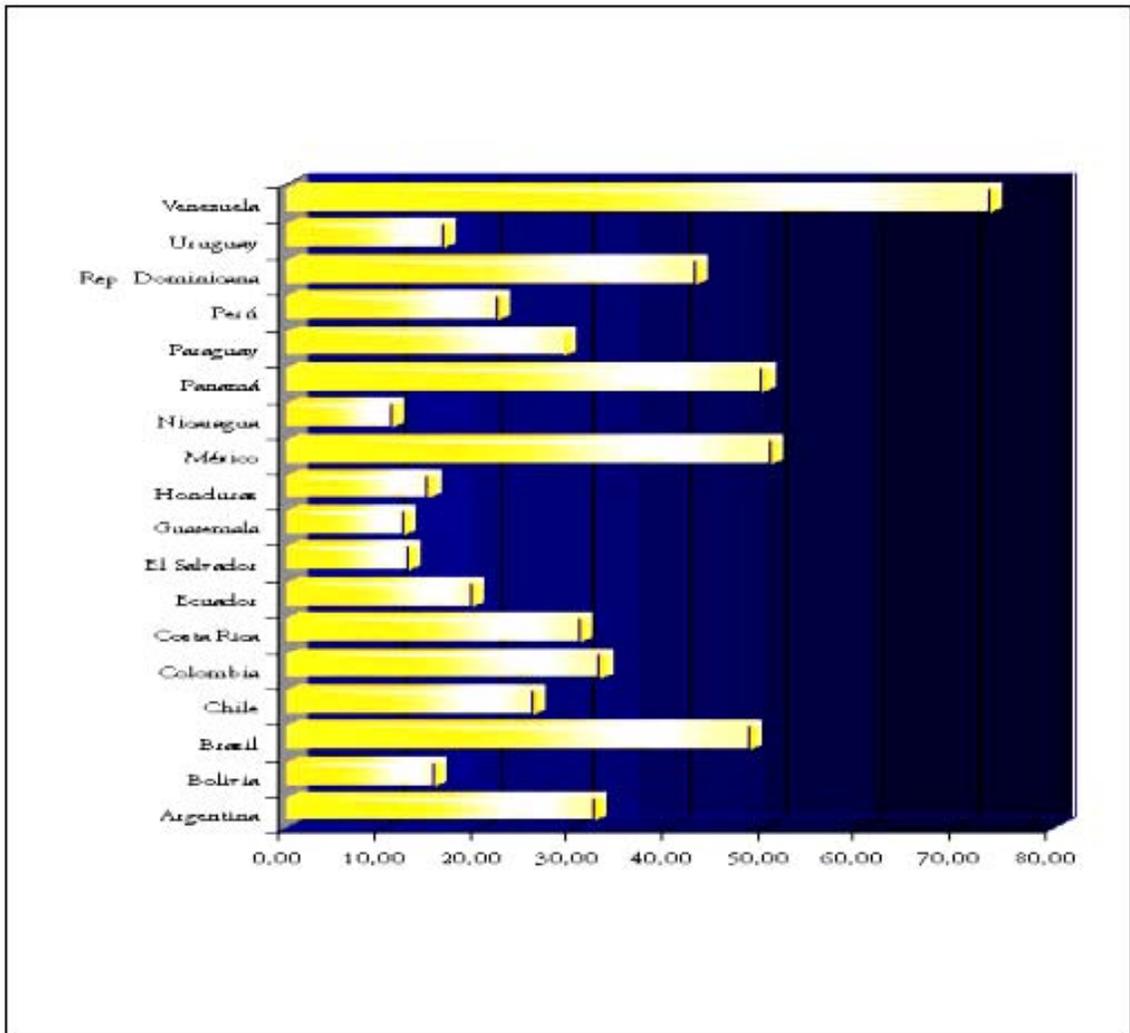
**CUADRO 1. Consumo de cerveza en Europa.**

País	Litros per capita
Alemania	131,1
Reino Unido	103,6
España	66,4
Holanda	86,4
Francia	37,0
Bélgica y Luxemburgo	112,5
Italia	25,4
Austria	113,3
Dinamarca	116,7
Irlanda	123,7
Portugal	63,6
Suecia	61,7
Finlandia	81,1
Grecia	39,0

**FUENTE: CERVECEROS DE ESPAÑA (1997).**

Cabe señalar que el consumo de cerveza no tiene relación directa con la producción, así se observa en el CUADRO 3 que Irlanda y Dinamarca, para el año 2000, presentaron valores de producción de 8,3 y 7,46 (miles de hectólitros) y su consumo fue mucho mayor.

En la FIGURA 1 se muestra que los países de mayor consumo de cerveza en Hispanoamérica para el año 2000 eran: Venezuela, México, Panamá y Brasil. Chile con un consumo per cápita de 25,74, ocupa el décimo lugar en el ranking. Los países de El Salvador, Guatemala, Uruguay y Nicaragua son los que presentan un menor consumo per cápita de cerveza.



**FIGURA 1. Consumo per cápita por país en Hispanoamérica (litros/habitante).**

**FUENTE: ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FABRICANTES DE CERVEZA (ALAFACE) (2000a).**

En el CUADRO 2 se aprecia que el mayor productor de cerveza en Hispanoamérica para el año 2000 fue Brasil con 82,60 miles de Hectólitros, luego le siguen México, Venezuela y Colombia. Chile con una producción de 4,19 miles de Hectólitros se ubica en el séptimo lugar. Los países que presentan menor producción de cerveza son: Honduras, Uruguay, El Salvador y Nicaragua.

**CUADRO 2. Producción de cerveza por país en Hispanoamérica.**

País	Miles de Hectólitros							
	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Brasil	58,80	62,50	79,00	80,17	87,20	81,63	80,40	82,60
México	39,74	46,07	44,01	47,40	51,94	54,65	57,25	57,81
Venezuela	11,00	15,42	16,01	14,99	15,03	15,68	17,00	18,59
Colombia	15,33	15,87	17,80	16,68	16,90	18,30	16,00	13,50
Argentina	6,16	11,30	10,42	10,28	12,06	12,40	12,00	12,00
Perú	4,56	7,58	7,70	8,65	10,46	10,35	11,21	11,00
Chile	2,67	3,80	4,12	3,92	3,90	3,69	5,40	4,19
Honduras	0,72	0,95	0,91	0,89	1,18	1,12	1,09	0,93
Uruguay	0,67	0,82	0,85	0,78	0,77	0,77	0,90	0,90
El Salvador	0,60	0,77	0,71	0,67	0,70	0,90	0,81	0,82
Nicaragua	0,40	0,56	0,49	0,48	0,51	0,63	0,35	0,56

**FUENTE: ALAFACE (2000a).**

A continuación en el CUADRO 3 se muestra la producción de cerveza en países Europeos. En este cuadro se observa que Alemania a través de los últimos seis años fue el país de mayor producción en Europa. Entre los países con menor producción se encontraban Irlanda y Dinamarca.

**CUADRO 3. Producción de cerveza por país en Europa.**

País	Miles de Hectólitros					
	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Alemania	117,01	114,23	114,80	111,70	112,80	110,00
Gran Bretaña	58,84	58,44	59,13	56,65	57,85	55,27
Rusia	17,76	20,62	26,10	32,53	43,20	54,90
España	25,31	24,71	24,77	24,99	25,85	26,40
Polonia	15,15	16,52	18,80	20,21	22,50	24,00
Francia	18,31	20,44	19,48	19,80	19,86	15,99
Italia	11,99	11,11	11,45	12,19	12,09	14,96
Austria	9,66	9,54	9,36	8,83	8,86	8,75
Irlanda	7,40	7,76	8,15	8,47	8,64	8,30
Dinamarca	6,45	6,65	6,92	7,12	7,32	7,46

**FUENTE: ALAFACE (2000a).**

## **2.2 Producción y consumo nacional de cerveza**

**2.2.1 Producción nacional.** En Chile el consumo de ésta bebida, entre 1984 y 1996 prácticamente se duplicó, pasando de 15 a más de 28 litros per cápita (LAKOVIC, 1996).

Aunque el consumo per cápita en Chile está entre los más bajos del mundo, esto ha ido cambiando. La cantidad de cerveza que se consume aumentó desde un promedio de 19 litros por año en 1990 a más de 28 en 1996, y aún se esperaba que ésta cifra llegase a 40 en el año 2000 (LAKOVIC, 1996).

El mercado cervecero nacional, donde la producción anual llegó en 1996 a los 400 millones de litros, está compuesto mayoritariamente por dos empresas: Compañía Cervecerías Unidas S.A.(CCU) que compite con sus productos Cristal, Escudo, Morenita, Royal Guard y Paulaner, y Cervecera Chile S.A. con sus productos Becker, Báltica y Heinecken (LAKOVIC,1996).

Durante 1998, el 90% de la producción era elaborada por el grupo CCU, el 7% por el grupo Cervecera Chile S.A., y el 3% restante por otros grupos.

El porcentaje del mercado de CCU se ha mantenido por sobre el 91% en los últimos años, en tanto que Cervecera Chile S.A. alcanza al 7% y Compañía Cervecera Kunstmann con un 0,7% de participación. Para 1999 la producción de Chile se estimaba en 6 millones de hectólitros.<sup>1</sup>

En el año 1999 la Compañía Cervecera Kunstmann S.A. tuvo una producción anual de 765.000 litros de cerveza, y el año 2002 fue de 2.004.893 litros.

---

<sup>1</sup> Diario el Mercurio. Sector Cervecero en América Latina: Economía y Negocios, Sábado 18 de Septiembre de 1999. pp. D3.

**2.2.2 Consumo de cerveza en Chile.** En la clasificación de consumo de cerveza, Chile ocupa la casilla número 37 en el mundo y número 7 en América Latina, detrás de Venezuela, México, Panamá, Brasil, Rep. Dominicana, Colombia, Argentina, Costa Rica y Paraguay, en orden decreciente (ALAFACE, 2000a).

ALAFACE (2000b), menciona que en el año 2000 en Chile, se consumían 25,74 litros de cerveza por persona; cifra relativamente baja; poco más de 400 millones de litros vendidos anualmente por un monto total de US\$ 369 millones, mucho menor que el volumen de ventas que Brasil (US\$ 8.930,30 millones). Sin embargo, el consumo de cerveza casi dobla el consumo de vino. En Chile se produce lo que está pasando en el resto del mundo, donde las personas están bebiendo más cerveza en relación al consumo de otras bebidas alcohólicas.

Pocas marcas, entre las cuales están Cristal, Escudo y Royal Guard, todas de Compañía Cervecerías Unidas S.A., ocupan el 80,6% de este mercado. También se importa Budweiser (CCU) y se fabrican dos marcas europeas, Guinness y Paulaner (ambas producidas por CCU). La cerveza Cristal sola, cuenta con el 62,2% de las ventas de cerveza en Chile, Escudo abarca el 13,3%; Cervecera Chile S.A. con sus marcas Becker, Báltica, Quilmes y Heineken, controla el 7% del mercado chileno (ALAFACE, 2000b).

## **2.3 Características de la cerveza**

**2.3.1 Composición.** La cerveza, por su proceso natural de elaboración y por las materias primas a partir de las cuales se produce (agua pura, cereales, lúpulo y levaduras), posee características nutricionales que la hacen una bebida sana y nutritiva.

El CUADRO 4 muestra algunos elementos que forman parte de su composición y que constituyen la base de su valor nutricional. No obstante si se incluyera

todos los elementos que la componen, se tendría alrededor de cincuenta, entre los que se cuentan derivados del lúpulo, inositol, taninos y otros.

**CUADRO 4. Características nutricionales de la cerveza.**

Por cada 12 Onzas (344,4 g)	Tipo de cerveza		
	Regular	Light	Sin alcohol
Peso (g)	356	354	360
Agua (%)	92	95	98
Energía (Kcal)	145	99	32
Proteína (g)	1	5	5
Carbohidratos (g)	13	1	0
Colesterol (mg)	0	0	0
Ca (mg)	18	18	25
Zn (mg)	0,07	0,11	0,04
Vitamina A (mg)	0	0	0
Niacina (mg)	1,61	1,39	1,62
Vitamina C (mg)	0	0	0

**FUENTE: WHITNEY *et al.* (1993).**

Se observa en el CUADRO 4, que según el tipo de cerveza, el aporte de energía está entre 32 y 145 kilocalorías. No contiene colesterol, vitamina A y vitamina C.

Según SCHMIDT-HEBBEL y PENNACCHIOTTI (1985), la cerveza tiene la siguiente composición promedio (CUADRO 5).

**CUADRO 5. Composición de la cerveza.**

g/100g parte comestible		mg/100g parte comestible	
Calorías	45	Calcio	3
Humedad	90,7	Fósforo	18
Proteínas	0,4	Sodio	5
Lípidos	0	Potasio	27
Fibra cruda	0	Riboflavina	0,04
Cenizas	0,14	Ac.Ascórbico	0,3

**FUENTE: SCHMIDT-HEBBEL y PENNACCHIOTTI (1985).**

En el CUADRO 5 se observa que el contenido promedio de humedad es de 90,7 g/100 g parte comestible, y su contenido de lípidos y fibra cruda es prácticamente cero.

**2.3.2 Tipos de cerveza.** 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 (DE CLERCK, 1957a).

Según KUNZE (1996), la fermentación es una etapa clave en el proceso productivo, en ella el mosto o caldo de cerveza se transforma en alcohol gracias a la intervención de levaduras especiales. Dependiendo de la clase de levadura usada, las cervezas son clasificadas internacionalmente en dos categorías básicas: cervezas de alta fermentación o *A/e*, y cervezas de baja fermentación o *Lager*.

**2.3.3 Tipos de fermentaciones.** Es difícil saber cuantos tipos de cerveza existen en la actualidad. A su vez las variedades que existen de cada tipo de cerveza se cuentan, en algunos casos, por cientos. Sin embargo, todas ellas se pueden clasificar dentro de dos categorías: cervezas de fermentación baja (unos 11-13°C) y cervezas de fermentación alta, donde la temperatura se mantiene en unos 20°C ([http://www.la-cervecería.com/ tipos\\_cerveza.htm](http://www.la-cervecería.com/ tipos_cerveza.htm)).

**2.3.3.1 Fermentación alta o cervezas *A/e*.** La cerveza tipo *A/e* se originó en Baviera en la época medieval y posteriormente ha llegado a ser el tipo predominante en el mundo. Esta cerveza es, por tradición, el producto de la fermentación de las cepas “de superficie”, de *Saccharomyces cerevisiae*, denominada así debido a que una parte de la levadura sube hasta formar una

densa “cabeza de levaduras” en la superficie del fermentador (BROWN *et al.*, 1989).

La fermentación de la cerveza *Ale* ocurre de manera más rápida y a temperaturas de 20°C aproximadamente, actuando la levadura en la superficie del mosto. Además, tienen un elevado porcentaje de alcohol y son muy aromáticas (DE CLERK, 1957b).

La cerveza tipo *Ale* es distinta de la cerveza *Lager* por la disminución más rápida del extracto de azúcar en la etapa de fermentación, causada por el uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que permanece en suspensión, y por las temperaturas más altas utilizadas (20 - 23°C) (KNUDSEN, 1977).

Según SCHMIDT-HEBBEL (1966), las levaduras “altas” se pueden diferenciar de las “bajas” por fermentar el trisacárido, la rafinosa hasta un tercio, al formar sólo fructosa y melibiosa, pues les falta la enzima melibiasa que sigue descomponiendo la melibiosa, en glucosa y galactosa, ambas fermentables.

**2.3.3.2 Fermentación baja o cervezas *Lager*.** La palabra *Lager* se deriva del vocablo alemán “lagern” que significa guarda o permanencia en bodega y se refiere al largo periodo de reposo de la cerveza para una lenta fermentación. Este proceso se realiza a bajas temperaturas (10 a 12°C), y en él la levadura se mantiene al fondo del estanque permitiendo que el lúpulo y la cebada malteada dominen el aroma y sabor del producto (DE CLERK, 1957b).

Según COMPTON (1977), las levaduras “bajas” fueron empleadas por primera vez en Baviera para producir las cervezas llamadas *Lager* o Lagern. Estas levaduras se definen como aquellas que al final de la fermentación se van al fondo del tanque de fermentador.

Las levaduras *Saccharomyces carlsbergensis* y *Saccharomyces cerevisiae* de cervecería se clasifican de acuerdo con su modo de acción. *S. carlsbergensis* es una levadura de fondo que no suele formar esporas, se adapta bien a la fermentación lenta a bajas temperaturas y es la preferida para elaborar cerveza tipo *Lager*. La levadura de *S. cerevisiae* produce una fuerte fermentación a temperatura elevada y tiende a flotar en la superficie. Es preferida para la elaboración de cerveza tipo pilsner (ROJAS y SERNA, 2000).

## **2.4 Calidad de la cerveza**

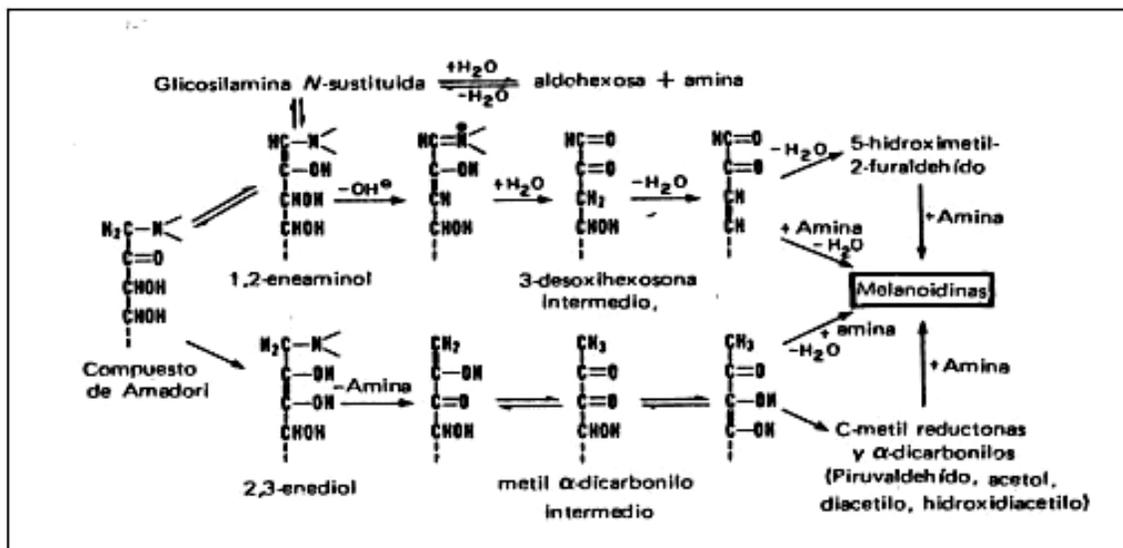
Según POSADA (1995), la calidad de la cerveza naturalmente presupone la ausencia de aspectos reconocidos generalmente como indeseables. La calidad de la cerveza depende de varios factores que tienen relación con las materias primas utilizadas, con el proceso de elaboración y principalmente con el mercado consumidor que evalúa esta calidad. Entre los parámetros más importantes de evaluación de calidad están el sabor, la presencia y permanencia de espuma, color, grado alcohólico y la presencia de residuos o precipitados (estabilidad).

Las características físico-químicas de la cerveza son los términos que se usan para definir los requerimientos de los cuerpos regulatorios, pero como definición de la calidad de una cerveza, el análisis químico es tanto limitado como ilimitado. Es ilimitado porque las técnicas analíticas modernas pueden medir miles de compuestos dentro de la cerveza, la mayoría de los cuales no tienen influencia reconocida en el sabor (KUNZE, 1996).

A continuación se nombran algunos parámetros físico-químicos usados comúnmente para describir una cerveza, y que pueden ser medidos convenientemente en la tarea de asegurar la calidad.

**2.4.1 Color.** Según KUNZE (1996), la aplicación de calor puede ser la causa de muchas reacciones complejas que comprometen a los carbohidratos. La actividad del agua y los protones regulan el grado de liberación de azúcares reductores por hidrólisis a partir de sus conjugados glicosídicos en los alimentos. Después de la liberación ocurren muy pocas reacciones de los azúcares en medio acuoso a pH 4,0 aproximadamente. Sin embargo, si el medio vuelve a ser neutro o débilmente alcalino, entonces los hemiacetales pasan más rápidamente a la forma carbonilo de los azúcares reductores, es decir, a aldehídos y cetonas reactivas, las cuales se enolizan y comienzan una serie de reacciones de descomposición.

Los grupos amino básicos de las proteínas, péptidos y aminoácidos se añaden rápidamente a los grupos carbonilo de los azúcares y se condensan. Entonces ocurre la reacción entre el grupo amino y el grupo del azúcar, conocida como reacción de Maillard (FIGURA 2), con la aparición de color pardo que es el punto inicial de la enolización de la glicosilamina. Cuando no participan compuestos amino en las reacciones de descomposición inducidas por el calor (sobre 100°C), reciben el nombre de reacciones de caramelización.



**FIGURA 2. Reacción de Maillard.**

**FUENTE: FENNEMA (1975).**

La reacción de Maillard como la de caramelización son un grupo de reacciones complejas que siguen a la apertura del anillo y a la enolización de los azúcares reductores. Los dos tipos de reacciones tienen lugar al mismo tiempo y reciben el nombre genérico de reacciones de pardeamiento no enzimático, para distinguirlas de aquellas reacciones de pardeamiento debidas a la oxidación enzimática. Los polímeros, pardos a negros, que se forman se llaman melanoidinas (polímeros heterogéneos insaturados) (BRIGGS *et al.*, 1981).

Según EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC) (1975), la cerveza tipo *Lager* definida como blanca, clara, rubia; es aquella cuyo color es inferior a 20 unidades (°EBC), aproximadamente entre 8,0 y 10 °EBC.

**2.4.2 Grados de alcohol.** Se forma durante la etapa de fermentación del mosto (proceso anaeróbico), mediante el cual la levadura convierte la glucosa en etanol y dióxido de carbono  $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{calor}$  (KNUDSEN, 1977).

Los principales productos de fermentación son etanol y  $CO_2$ , aunque también se forman numerosos subproductos del crecimiento de levaduras, que contribuyen de forma importante al perfume y aroma de la cerveza (CUADRO 6). Al respecto los ácidos orgánicos, alcoholes y ésteres son especialmente importantes (BROWN *et al.*, 1989).

En el CUADRO 6 se muestran los principales alcoholes producidos durante la fermentación por acción de las levaduras.

**CUADRO 6. Productos de las fermentaciones de levaduras.**

Alcoholes	Acidos	Esteres	Otros
Etanol	Acético	Acetato de etilo y	CO <sub>2</sub>
n- Propanol	Láctico	otros ésteres de	Acetaldehído
Butanoles	Pirúvico	productos de	Diacetilo
Alcoholes amílicos	Succínico	fermentación	H <sub>2</sub> S
Feniletanol	Caproico	ácidos y alcoholes	
Glicerol	Caprílico		

**FUENTE: BROWN *et al.* (1989).**

En el CUADRO 7 se muestran los principales productos de degradación del almidón formados durante la etapa de maceración.

**CUADRO 7. Productos formados a partir de la degradación del almidón.**

Dextrinas	No fermentables
Maltosa	Principal azúcar de fermentación
Maltotriosa	Se fermenta cuando la maltosa se agota
Glucosa	Azúcar de fermentación inicial

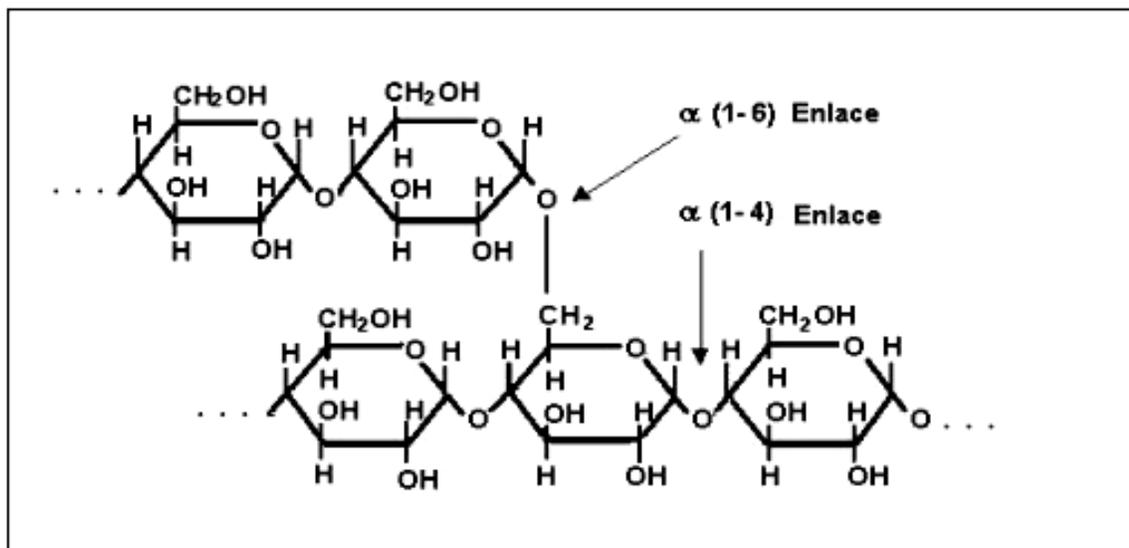
**FUENTE: BRIGGS *et al.* (1981).**

El porcentaje de azúcares fermentables en el extracto total determina el límite de atenuación, que establece el alcohol que contendrá la cerveza final. Y en el extracto soluble, que se denomina mosto, el 60% de las sustancias son fermentables (maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructosa) (CUADRO 7), que serán utilizadas por la levadura para producir el alcohol y el CO<sub>2</sub> durante la fermentación (BRIGGS *et al.*, 1981).

En la composición química del almidón, PALMER (1980) menciona que, el endospermo es la estructura más importante dentro del grano de la cebada y constituye la mayor parte del grano, donde su principal componente es el almidón.

El almidón se encuentra en los gránulos de dos formas diferentes; amilosa y amilopectina. La amilosa, es una molécula lineal de monómeros de glucosa (1000-4000) unidos mediante enlaces de tipo  $\alpha$  1 - 4 y un peso molecular de aproximadamente 80.000. La amilopectina, también es un polímero de glucosa, de estructura ramificada y un peso molecular de aproximadamente 1.000.000. La amilosa, constituye un 30% del total del almidón presente en el endospermo, considerándose que el 70% restante corresponde a la amilopectina.

En la FIGURA 3 se muestran los enlaces químicos del almidón.

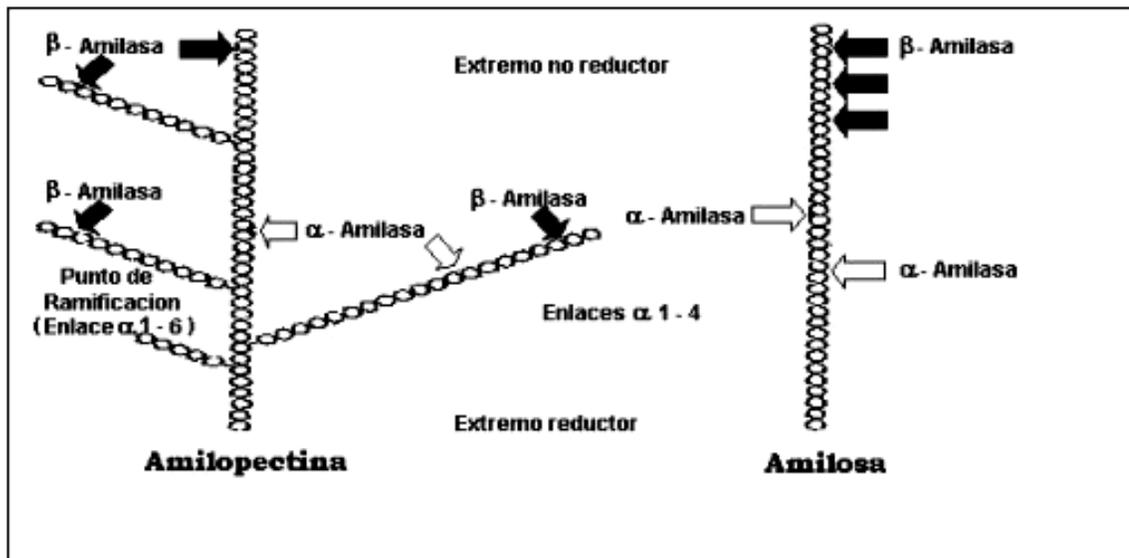


**FIGURA 3. Detalle de los enlaces químicos del almidón.**

**FUENTE: KUNZE (1996).**

La mayoría de los enlaces químicos del almidón son  $\alpha$  1 - 4, pero también existen puntos de ramificación, en donde son  $\alpha$  1 - 6. Ambas moléculas poseen en sus extremos, un solo grupo reductor, lo que las iguala como si fueran un azúcar simple como la glucosa en poder reductor.

En la FIGURA 4 se detalla la acción de las enzimas alfa y beta amilasas sobre las moléculas amilopectina y amilosa.



**FIGURA 4.** Esquema de la estructura de los almidones y donde son atacados por las enzimas amilasas de la malta.

**FUENTE:** KUNZE (1996).

En la FIGURA 4 se observa que la enzima  $\alpha$  amilasa ataca a la amilopectina y a la amilosa al azar, en cualquier punto de la molécula, menos cerca de los puntos de ramificación y tampoco cerca de los extremos no reductores. Por lo tanto, origina carbohidratos complejos llamados dextrinas, agregando con cada corte un extremo reductor a los productos de esta hidrólisis.

La enzima  $\beta$  amilasa, en cambio ataca a las dextrinas, amilopectinas, amilosas por sus extremos no reductores, cortando dos unidades de glucosa que se denominan maltosa. Por lo tanto, se la denomina enzima sacarificante y a la  $\alpha$  amilasa enzima dextrinificante. O sea, que la enzima  $\alpha$  amilasa actúa generando lugares (extremos no reductores) para que corte la enzima  $\beta$  amilasa y se produzcan moléculas de maltosa. La maltosa será el principal componente del mosto pero se encuentran también azúcares preformados como glucosa, sacarosa, fructosa, que serán utilizados por la levadura durante la fermentación ([http:// www. equipoimca.com /cerveza/club/artic/macera/macera1.htm](http://www.equipoimca.com/cerveza/club/artic/macera/macera1.htm)).

A continuación se muestra diferentes tipos de cervezas en relación al contenido de alcohol.

**CUADRO 8. Características de los tipos más importantes de cerveza.**

Tipo de cerveza	Contenido de alcohol en % de volumen
Pilsen	3,6
Dortmund	4,2
Märzen	4,6
Bock	4-5
Lager	4-4,5
Munich	3,4-4,3

**FUENTE: GERHARD J-WOLGANG (1991).**

En el CUADRO 8 se observa que el tipo de cerveza *Märzen* presenta el porcentaje de alcohol más alto. Las cervezas *Bock* y *Lager* se encuentran dentro de un mismo rango, y finalmente la cerveza *Munich* posee el rango mas bajo de contenido de alcohol en volumen. Según KUNZE (1996), el contenido de alcohol para cerveza *Lager* es de 4,2 – 4,4 %v/v, rango que se encuentra dentro de lo indicado para este tipo de cerveza en el cuadro anterior.

En Chile, según la Ley de Alcoholes de 1986, el contenido de alcohol para la cerveza debe ser superior a 0,5%v/v (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1986).

**2.4.3 pH.** Para cervezas tipo *Lager* el rango fluctúa en  $4,1 \pm 0,2$ . Estas cervezas elaboradas con una mayor relación de malta a adjuntos tienen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente de malta. El pH también depende del tipo de agua y su tratamiento con ácidos y/o sales de calcio (SWISTOWIEZ, 1977).

El agua desempeña un rol muy importante y decisivo en la producción tanto cuantitativa como cualitativa, ya que no sólo es el ingrediente principal de la cerveza (92-95% en peso), sino que también constituye un insumo para alimentar generadores de vapor o agua de calderas, para lavado de equipos, materiales, y uso en general (DE CLERCK, 1957a).

Según ROS (1980), la composición de sales del agua tiene una influencia indirecta en su acción en la regulación de pH del mosto y la cerveza, y un rango adecuado está entre 5,0 y 6,0. Un pH muy elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente por mayor extracción de taninos (polifenoles) desde la cáscara del grano en el proceso de maceración y filtración. Además un elevado pH conlleva un mayor riesgo desde el punto de vista microbiológico. Por esto, muchas veces el agua es tratada para lograr bajar el pH mediante la adición de  $\text{CaSO}_4$ .

El pH es un factor de 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. La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación y algunos componentes minerales, ya que ejercen una influencia específica y estabilizadora de los iones de calcio sobre las amilasas. Los iones de calcio reaccionan con los fosfatos orgánicos e inorgánicos de la malta precipitando fosfatos de calcio, el resultado es la acidificación del mosto si el calcio está en forma de sulfato. El ión magnesio se encuentra raramente en dosis superiores a 30 mg/L. El ión potasio produce el mismo efecto, pero en menor cantidad. La mayoría de los demás iones como cloruros, sulfatos, sodio y potasio no tienen otra influencia que en el sabor de la cerveza (<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/7522/agua.htm>).

**2.4.4 Espuma.** La formación de espuma es uno de los factores más importantes en la evaluación de calidad que realizan los consumidores, ya que transmite la primera impresión del producto tan pronto es servido un vaso de cerveza. La espuma se forma por gases que se encuentran finamente repartidos en el líquido y materias sólidas, principalmente el CO<sub>2</sub> (DE CLERCK, 1957b).

La espuma se puede definir como una dispersión de burbujas de gas suspendidas en el seno de un líquido viscoso o de un semisólido, y se forman por una adsorción de moléculas reactivas en la interfase gas-líquido (BADUI, 1984).

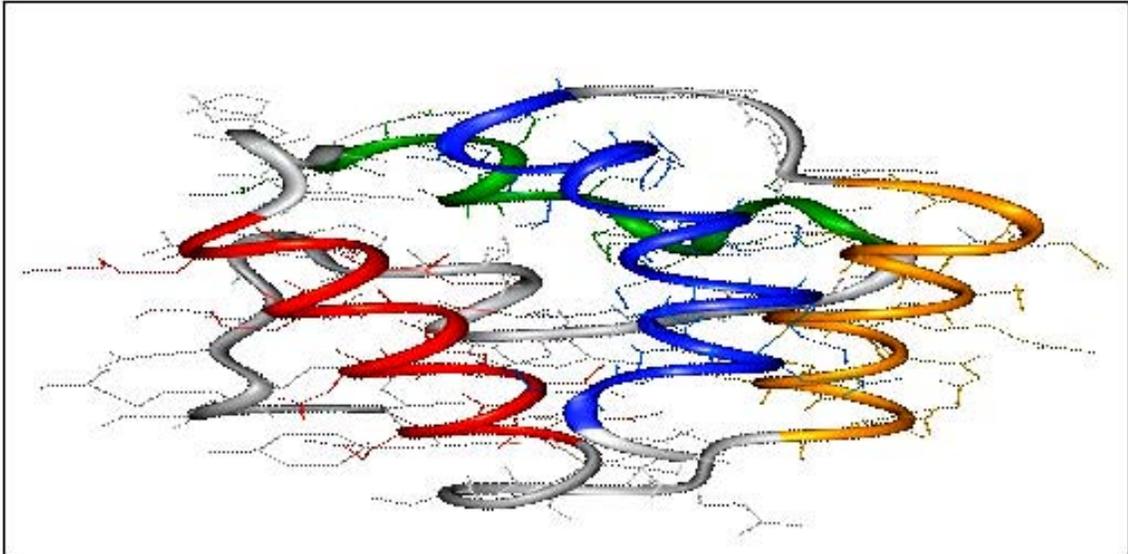
Según FENNEMA (1993), la espuma suele ser una dispersión de burbujas de gas en una fase continua, líquida o semisólida, que contiene un agente con actividad de superficie, soluble. Las burbujas de gas están separadas por una fase continua de capas delgadas de líquido denominadas laminillas. Para que se forme la interfase gas líquido, se necesita energía y para protegerla contra la coalescencia de las burbujas de gas requiere de la presencia de sustancias con actividad de superficie que rebajen la tensión superficial y formen entre las burbujas de gas, una barrera elástica. Algunas proteínas forman películas dotadas de efecto protector, adsorbiéndose en la interfase. En éste caso la laminilla situada entre dos burbujas adyacentes consta de dos películas de proteína adsorbida, separadas por una capa de líquido.

Según SWISTOWIEZ (1977), los elementos de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las iso-humulonas provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a producir espumas pobres. Cuánto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma.

Según MEILGAARD (1977), la espuma de la cerveza parece deberse principalmente a “proteínas” con un peso molecular por encima de 12000, asociados con carbohidratos y con sustancias amargas del lúpulo. El 2 - 4% del nitrógeno del mosto se encuentra en esta fracción. Las proteínas activas de la espuma se encuentran en fracciones con un peso molecular superior a 8000. La espuma de la cerveza está compuesta por un 21% de proteínas de peso molecular medio, 19% de proteínas de peso molecular bajo y 60% de proteínas de peso molecular alto (15000 a 40000), responsables de la estabilidad (ESPINDOLA, 1996).

El mecanismo de acción de formación de espuma se presenta debido a que los ácidos alfa durante el proceso de cocción del mosto y por efecto de la temperatura se transforman, cambiando su estructura química (isomerización) en “iso-humulonas” o ácidos iso-alfa que se combinan con grupos básicos de las proteínas (epsilon amino) formando un complejo que impide a las proteínas cambiar de conformación (ESPINDOLA, 1996).

La proteína LTP1 (Lipid Transfer Protein), una proteína de la cebada, se ha identificado como el componente proteico principal en la espuma de la cerveza. Sin embargo, esta proteína que se concentra en la espuma, es una forma modificada. La transformación de la proteína LTP1 en forma de espuma ocurre durante la etapa de cocción del mosto lo cual implica un desdoblamiento de la estructura tridimensional (FIGURA 5) (<http://www.crc.dk/flab/foam.htm>)



**FIGURA 5. Desdoblamiento de la estructura tridimensional de LTP 1.**  
**FUENTE: EUROPEAN BREWERY CONVENTION (1995).**

**2.4.5 Turbidez.** La estabilidad de la cerveza se define como unidades de tiempo transcurridas hasta alcanzar un determinado nivel de turbidez. La pérdida de brillo, el descenso de la transparencia, el grado de enturbiamiento, incluso la floculación, precipitación y sedimentación, son las sucesivas manifestaciones visuales de la falta de estabilidad o inestabilidad de la cerveza. Así, la turbidez u opacidad de la cerveza se puede deber a las siguientes causas: biológica, coloidal y una química, ésta última debido a diversos agentes como el oxalato de calcio (ROS, 1980). Según DE CLERCK (1957b), la descomposición biológica no es la única causa de deterioro, también lo es la turbidez coloidal.

**a) Turbidez biológica.** La mayoría de las bacterias son incapaces de crecer en la cerveza, debido a que no pueden tolerar el pH bajo, alcohol, y/o la falta de oxígeno para su respiración normal. La contaminación por microorganismos normalmente está supeditada a levaduras cerveceras, levaduras “salvajes” y a bacterias (DE CLERCK, 1957b).

Según ROS (1980), los microorganismos que crecen en el mosto se debe principalmente a bajas tasas de siembra de levadura, levadura “insana”, cultivo inicial impuro, o a la contaminación de grandes cantidades de bacterias debido a técnicas inadecuadas de manejo.

**b) Turbidez coloidal.** La cerveza, desde el punto de vista de la estabilidad, es una disolución acuosa, ligeramente alcohólica y medianamente ácida, que contiene diversos componentes que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Compuestos estables: disoluciones verdaderas (moleculares e iónicas).
- Compuestos inestables: disoluciones falsas de naturaleza coloidal, causantes de la inestabilidad de la cerveza (eventualmente pueden estar presentes en mayor o menor cantidad, determinadas sustancias en suspensión mecánica). Este último grupo es el que produce más problemas a la cerveza en cuanto a inestabilidad se refiere (ROS, 1980).

Los coloides presentes en la cerveza tienden a coagular en estructuras cada vez más grandes, hasta que luego de un tiempo se transforma en una turbidez visible que finalmente precipita. El tiempo que tarde en hacerse visible depende de diversos factores, como el contenido y tipo de proteínas, taninos (compuestos polifenólicos), del medio que involucra pH, temperatura, oxidación, presencia de sales, metales trazas, agitación y también de condiciones de exposición a la luz y adsorción en el filtro, que pueden acelerar o retardar la aparición de turbidez coloidal (DE CLERCK, 1957b).

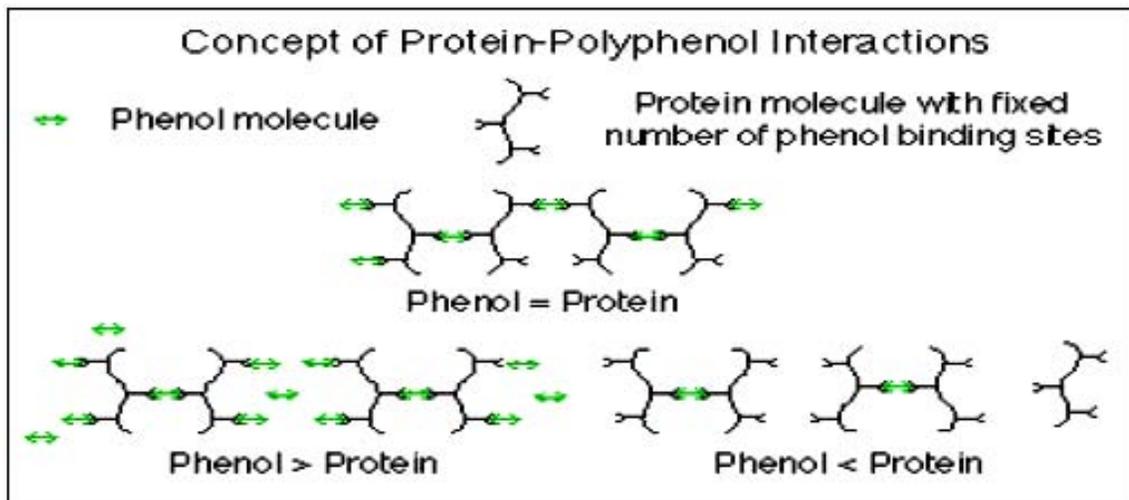
La naturaleza de las proteínas que son activas en la formación de sedimento, contienen en general gran proporción de prolina (derivan de las Hordeínas que son proteínas de la cebada), tanto es así, que se ha demostrado que la cantidad de sedimento formado está relacionado linealmente con el porcentaje de prolina contenido en el polipéptido (SIEBERT *et al.*, 1996).

Según (ROS, 1980), la turbidez coloidal se divide en turbidez por frío y permanente.

**a) Turbidez por frío.** Se hace presente cuando la cerveza es enfriada repentinamente hasta 0°C, y se vuelven a disolver a temperatura ambiente (20°C).

**b) Turbidez permanente.** Solamente desaparece si la cerveza es calentada hasta 70°C, y reaparece cuando baja de esa temperatura.

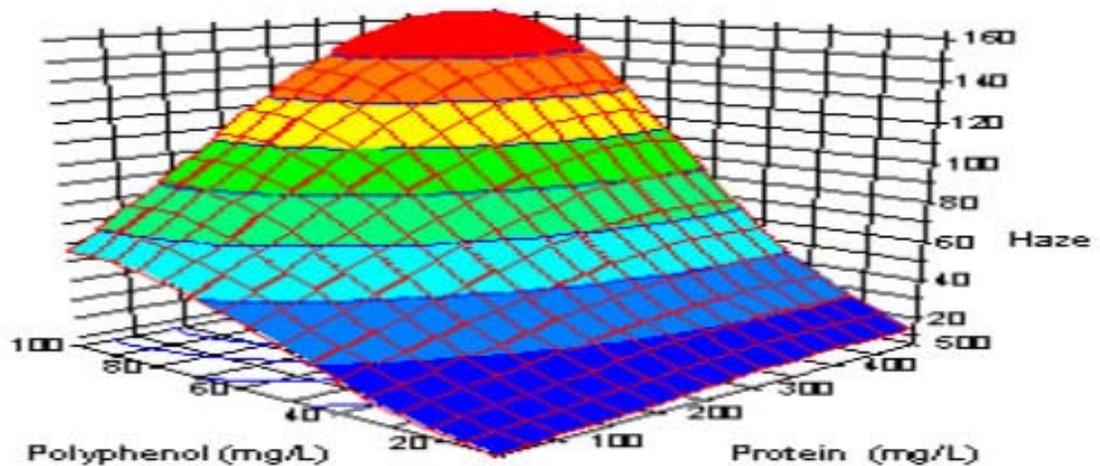
En la siguiente FIGURA 6 se muestra la proporción proteína – polifenol.



**FIGURA 6. Interacciones de proteína-polifenol.**

**FUENTE: SIEBERT (1999).**

En la FIGURA 6 se observa que las proteínas poseen un número determinado de sitios de unión a los polifenoles. En el caso que exista igual cantidad de puentes de unión de polifenoles que de sitios de anclaje a las proteínas, se formarán complejos proteína-polifenol más grandes y por lo tanto, mayor sedimentación. Por otra parte, con una baja concentración de proteína no se podrán establecer los puentes de unión entre las proteínas y polifenoles, quedando los complejos de menor tamaño, no evidenciándose turbidez (FIGURA 7).



**FIGURA 7. Relación entre las concentraciones de proteína y polifenol en la formación de turbidez.**

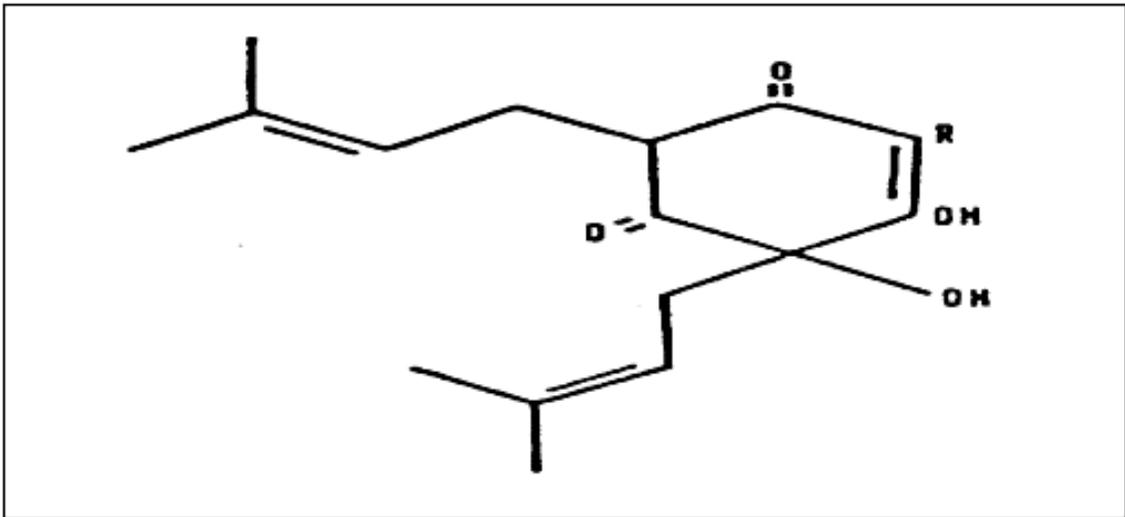
**FUENTE: SIEBERT (1999).**

En la FIGURA 7 se observa un modelo de superficie de respuesta en relación a la formación de turbidez. Las proteínas que se combinan con los polifenoles para formar la turbidez son ricas en prolina, mientras que los péptidos que carecen de la prolina no forman turbidez. Así, al aumentar la concentración de proteínas aumenta la interacción con los polifenoles formándose una mayor turbidez. Según MEILGAARD (1977), el promedio de Turbiedad expresada como United Turbidity Formazin (FTU) es de 20, con un rango que puede fluctuar entre 10 y 50, o también expresado como un valor menor a 0,5 ° EBC en el producto terminado.

**2.4.6 Amargor.** El impacto sensorial en el consumidor ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. Sin embargo, en la práctica el sabor es determinante en la elección del consumidor (MEILGAARD y PEPPARD, 1986).

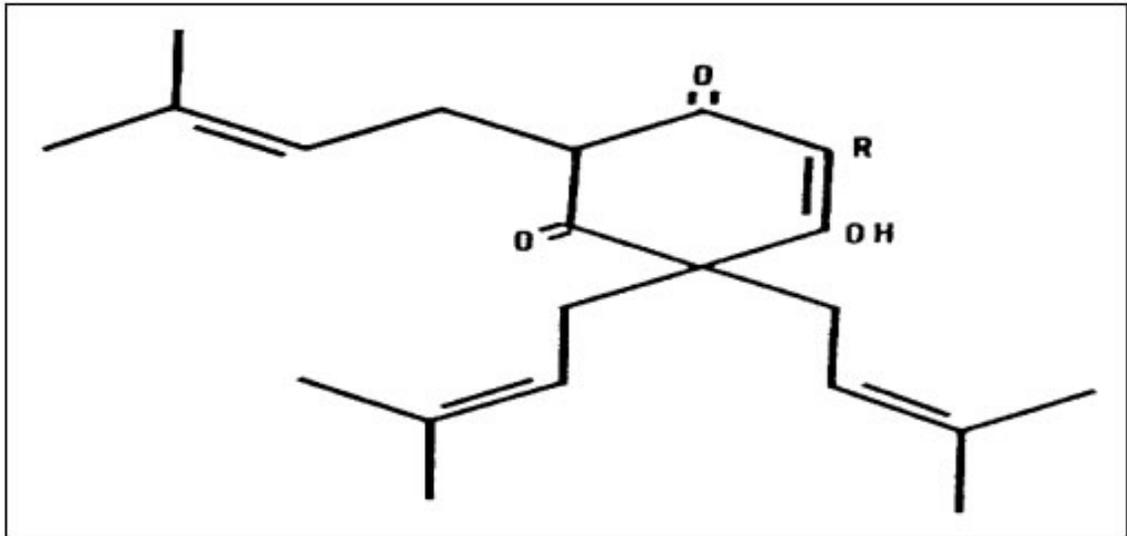
El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coayudan en el proceso de clarificación (ROJAS y SERNA, 2000).

El sabor amargo característico de la cerveza, proviene de la secreción glandular de las flores femeninas no fecundadas del lúpulo, la cual contiene dos compuestos clasificados como resinas; las humulonas o ácidos alfa lupulínico (FIGURA 8) y las lupulonas o ácidos beta lupulínico (FIGURA 9) (SCHMIDT-HEBBEL, 1966).



**FIGURA 8. Estructura de los ácidos alfa.**

**FUENTE: HUDSTON (1977).**

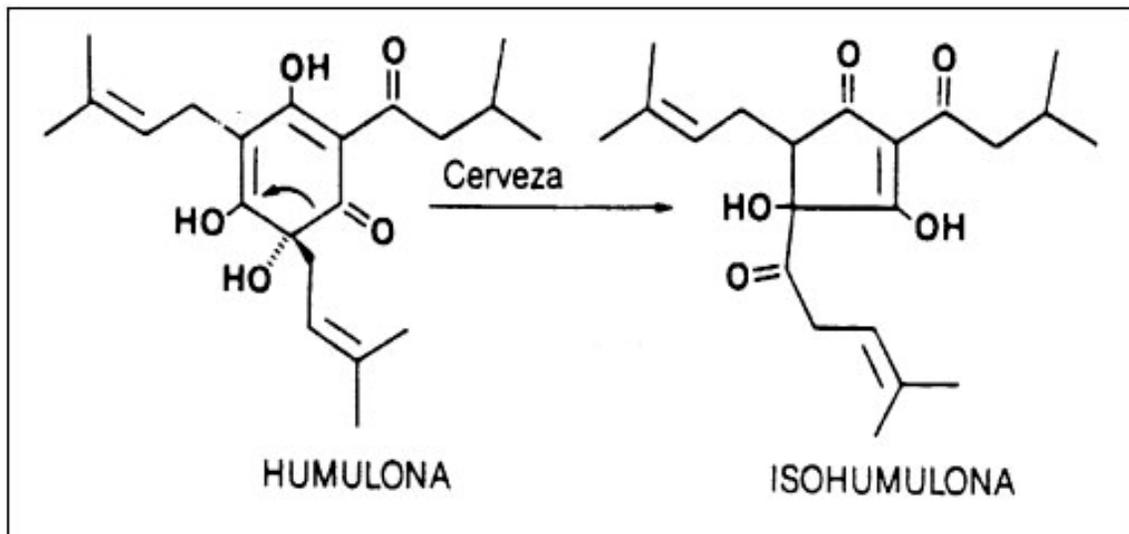


**FIGURA 9. Estructura de los ácidos beta.**

**FUENTE: HUDSTON (1977).**

Las resinas del lúpulo pueden dividirse en blandas y duras. Dentro de las blandas se encuentran los ácidos alfa que son las de mayor importancia, ya que a partir de ellos se forman los compuestos que otorgan el tenor amargo. Los ácidos alfa son tres compuestos específicos: la humulona, cohumulona y adhumulona. Durante la ebullición al que es sometido el mosto dulce, etapa en que se agrega el lúpulo, los alfa ácidos sufren un cambio estructural llamado isomerización, originando los compuestos solubles amargos, los que se denominan genéricamente ácidos iso-alfa. Específicamente se forman la iso-humulona, iso-cohumulona e iso-adhumulona. Los beta ácidos, considerados resinas blandas, pueden también isomerizarse durante la ebullición para crear compuestos amargos, aunque, debido a que la solubilidad de los ácidos iso-beta en el mosto es muy baja, la contribución de éstos al sabor amargo es casi despreciable (CERDAN, 2000).

Así, la humulona es la sustancia más abundante y que se convierte durante la ebullición del mosto en iso-humulona (FIGURA 10) (GRANT, 1977).



**FIGURA 10. Proceso de transformación de la humulona en iso-humulona.**  
**FUENTE: FENNEMA (1993).**

Del total de alfa ácidos que contiene el lúpulo, aproximadamente un 25% a 30% llega hasta el producto final, la otra parte se queda adherida a los restos de proteínas coaguladas tras la cocción (DE MESONES, 2000).

En la determinación del amargor, se mide la cantidad de ácidos alfa extraídos del lúpulo y convertidos en sustancias amargas solubles durante la ebullición del mosto dentro del estanque de cocción (SWISTOWIEZ, 1977).

Según CERDAN (2000), el nivel de tenor amargo de la cerveza se mide por medio de unidades internacionales de amargor (IBU del inglés; International Bitterness Units). Muchas veces, para simplificar se mencionan las IBU simplemente como BU. El IBU es una medida de concentración de los ácidos iso-alfa en partes por millón. Un IBU equivale a un miligramo de ácidos iso-alfa por litro de cerveza. En el CUADRO 9 se muestra los niveles típicos de IBU de diferentes tipos de cerveza.

**CUADRO 9. Rango de amargor (IBU) en distintos tipos de cerveza.**

Cerveza	Rango de IBU
Pale Ale Inglesa	20 – 40
Pale Ale Americana	20 – 40
Bitter Inglesa	20 – 35
Bock	20 – 30
Pilsener Alemana	35 – 45
Viena	22 – 28
Trigo	10 – 15

**FUENTE: CERDAN (2000).**

Según MEILGAARD (1977), para la cerveza tipo *Lager* el margen de °BU se encuentra entre 15 y 20.

### 3 MATERIAL Y METODO

#### 3.1 Ubicación y duración del ensayo

Los análisis de las muestras de cerveza se realizaron en el Laboratorio de Química del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, y en el laboratorio de control de calidad de Cervecería Chile, Santiago.

La etapa experimental tuvo una duración de 90 días aproximadamente, realizándose ésta durante los meses de Febrero, Marzo y Abril del año 2002.

#### 3.2 Toma de muestras

Las muestras de cerveza fueron tomadas en la planta de la Compañía Cervecería Kunstmann S.A., ubicada en la ciudad de Valdivia, a partir de producciones de 9000 litros de cerveza *Lager* embotelladas en envases de 330 cm<sup>3</sup>.

**3.2.1 Partidas a analizar.** En el mes se elaboraban tres partidas de cerveza *Lager*, cada una de 9000 litros. Cada elaboración correspondió a un total de tres turnos de 3000 litros cada uno.

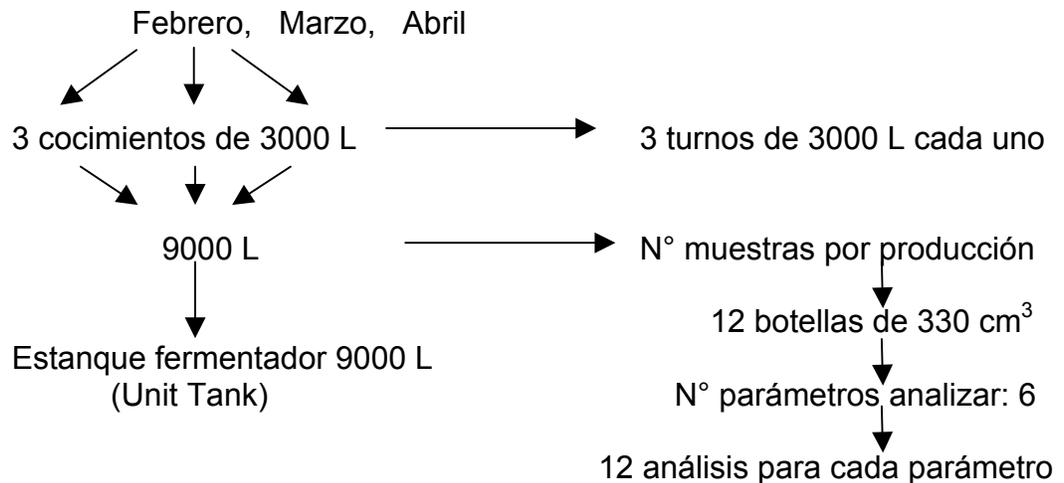
Los análisis se realizaron en el producto final, envasado en las botellas de 330 cm<sup>3</sup>, tomando un total de 12 botellas (muestras) por cada partida.

En el CUADRO 10 se muestra las semanas de elaboración de las nueve partidas de cerveza *Lager*.

**CUADRO 10 Fecha de las elaboraciones a analizar.**

Semana	Elaboraciones
10/02/02	1
13/02/02	2
15/02/02	3
04/03/02	4
14/03/02	5
20/03/02	6
08/04/02	7
15/04/02	8
22/04/02	9

Respecto de la forma en que se tomaron las muestras, a continuación se presenta el siguiente esquema de muestreo en la planta de Compañía Cervecera Kunstmann S.A.



**3.2.2 Parámetros a determinar.** Los parámetros que se determinaron en el producto final para cada partida fueron los siguientes: grados de alcohol, pH, color, amargor, turbidez y espuma.

### 3.3 Método de análisis

Para la determinación de las características físico-químicas de la cerveza tipo *Lager*, se realizaron 12 análisis por partida para cada uno de los parámetros, mediante los métodos que se presentan en el CUADRO 11.

### CUADRO 11. Metodología de análisis para cada variable.

Parámetro	Método de análisis
Grados de alcohol	SCHMIDT – HEBBEL (1966)
pH	AOAC (1995)
Color	AOAC (1995)
Amargor	AOAC (1995)
Turbidez	VOS ROTA 90/25 HAFFMANS
Espuma	NIBEM (1973)

A continuación se presentan los siguientes protocolos de análisis para cada parámetro físico-químico:

**3.3.1 Determinación del grado alcohólico en cerveza.** Para la determinación del grado de alcohol, se utilizó la metodología descrita por SCHMIDT – HEBBEL (1966), lo que básicamente consistió en:

Preparación de la muestra. Primero se eliminó el anhídrido carbónico de la cerveza, agitándola dentro de un frasco Erlenmeyer a medio llenar, primero suave y después fuertemente, a 20°C.

Procedimiento. En un matraz de 250 mL se colocaron 100 mL de cerveza, se agregaron 50 mL de agua para enjuagar, un poco de tanino y óxido de Magnesio para evitar la producción de mucha espuma y retener a la vez el ácido. Se recibieron 90 mL de destilado que se completaron con agua destilada y se midió el grado alcohólico con el alcoholímetro de Gay-Lussac a 15°C.

**3.3.2 Determinación de pH en cerveza.** Según ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (1995), el análisis se basó en la determinación de la concentración de iones hidrógeno con un medidor de pH ajustado a 4,0 y a 7,0 con soluciones tampón.

Procedimiento. Se temperó a la cerveza a 20°C y se desgasificó por completo. Se introdujeron los electrodos, previamente enjuagados en la muestra de cerveza y se midió el pH, con un peachímetro HANNA pH-200<sup>1</sup>.

**3.3.3 Determinación de color en cerveza.** Para determinar el color, según AOAC (1995) se utilizó el método Espectrofotométrico. El método se basó en medir la absorbancia a una longitud de onda de 430 nm y 700 nm a 20°C, previamente desgasificada. Cuando la razón obtenida de los valores de absorbancia a 430 y 700 nm, es mayor o igual a 25 (factor), la muestra está libre de turbidez visible y se realiza el cálculo para la determinación de color. Luego se obtuvo el color en unidades °EBC.

Las unidades de °EBC de color corresponden a:  $^{\circ}\text{EBC} = 25 \times A_{430}$

**3.3.4 Determinación de amargor en cerveza.** La determinación se basó en el método químico. Se transfirió 10 mL de cerveza fría (10°C) carbonatada a un tubo centrífuga de 50 mL, donde las sustancias amargas fueron extraídas con 20 mL de iso-octano en un medio acidificado con 1 mL de HCl 3N mediante centrifugación a una velocidad de 3500 rpm durante 15 minutos. Luego, se midió la absorbancia de la fase orgánica, la capa de iso-octano a 275 nm. Luego se obtuvo las unidades de amargor °BU.

Las unidades de amargor corresponden a:  $^{\circ}\text{BU} = 50 \times A_{275}$

**3.3.5 Determinación de turbidez en cerveza.** La determinación de turbidez se realizó mediante la utilización de un turbidímetro VOS ROTA 90/25 HAFFMANS<sup>2</sup>. La turbidez se define como la expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se disperse y sea absorbida en lugar de propagarse en línea recta a través de la muestra. Dicha dispersión y absorción viene

---

<sup>1</sup> HANNA pH-200 digital mesón con electrodos y soporte eléctrico, año fabricación 1998, USA.

<sup>2</sup> VOS ROTA 90/25 HAFFMANS digital, año fabricación 1995, USA.

ocasionada por la interacción de la luz con las partículas suspendidas en la muestra.

Procedimiento. Se llenó la botella del turbidímetro con la muestra de cerveza previamente temperada a 20°C en baño termoregulado, y se agitó de manera de desgasificar la cerveza. Luego se procedió a medir su turbidez oprimiendo el botón “start” del equipo hasta obtener una lectura constante en el ángulo de 90°. Luego se obtuvo las unidades de turbidez en °EBC.

**3.3.6 Determinación de espuma en cerveza.** La determinación de estabilidad de la espuma se realizó utilizando el Formador de Espuma Haffmans<sup>1</sup> a 20°C. La medición de la estabilidad de la espuma se realizó de acuerdo al principio de “NIBEM”. Este se basa en la medición del tiempo en segundos, en el cual, el collar de espuma desciende 10, 20 y 30 mm. En el momento que la espuma ha descendido hasta 10 mm desde el borde del vaso, el timer del equipo se enciende y el curso del tiempo en los próximos 30 mm será medido digitalmente. Un sistema móvil de electrodos, reacciona a través de la conductividad de la espuma, midiendo el nivel de la misma.

#### **3.4 Resumen y descripción de las variables de proceso**

Junto con la caracterización físico-química de cada producción de 9000 litros, se obtuvo la información disponible de las variables de proceso extraídas de los registros de control interno que lleva la industria.

#### **3.5 Análisis estadístico**

Se realizó una evaluación estadística, con tratamientos completamente al azar, con una serie de cálculos generales utilizando el programa STATGRAPHICS

---

<sup>1</sup> HAFFMANS, digital CO<sub>2</sub>, GEHALTEMETER, type:DGM, serial: N° 877030, año fabricación 1995, USA.

Plus 2.0, determinándose promedios aritméticos, rangos de variación y desviación estándar para cada parámetro medido.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para establecer si existían diferencias estadísticas significativas entre las 9 partidas para cada variable estudiada, y posteriormente se realizó el análisis de TUKEY para determinar que partidas de elaboración resultaban diferentes entre sí.

Debido a que la industria no lleva un sistema de registro para estandarizar su proceso, se estimó conveniente evaluar mediante gráficos de control cada una de las variables medidas durante el periodo de estudio, utilizando el mismo programa estadístico STATGRAPHICS Plus 2.0.

Para cuantificar la relación existente entre los parámetros en estudio, se determinaron coeficientes de correlación considerando todos los pares posibles entre composición físico-químicas.

## 4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 4.1 Composición físico-química de la cerveza *Lager*

Los valores promedios de los parámetros físico-químicos durante la temporada Febrero–Abril del año 2002, tiempo que duró el ensayo, se presentan en el CUADRO 12.

**CUADRO 12. Parámetros físico-químicos de la cerveza *Lager* determinados durante el estudio.**

N°elaboraciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mes	F	F	F	M	M	M	A	A	A
Unit Tank	UT 3	UT 6	UT 9	UT 1	UT 3	UT 8	UT 3	UT 4	UT 10
<b>Parámetros</b>									
Alcohol (%v/v)	4,78b	4,75c	4,67e	4,59f	4,81a	4,65e	4,63f	4,72d	4,60f *
pH	4,48c	4,41d	4,50c	4,49c	4,48c	4,45cd	4,70a	4,58b	4,71a
Color (°EBC)	14,1b	15,05a	10,12e	11,37c	10,48d	9,15f	7,67g	7,72g	7,72g
Amargor (°BU)	13,8b	14,04a	12,81c	12,40d	12,10e	12,02e	11,97f	11,98f	11,91f
Turbidez (°EBC)	2,00e	2,47c	2,30d	3,00ab	2,98b	3,00a	1,96f	2,01e	1,97f
Espuma (seg)	255b	266a	229c	218,9d	221,2d	221,2d	218,3de	218,3de	214,3e

\* Letras distintas en fila, indican diferencias estadísticas significativas (  $p < 0,05$  ).

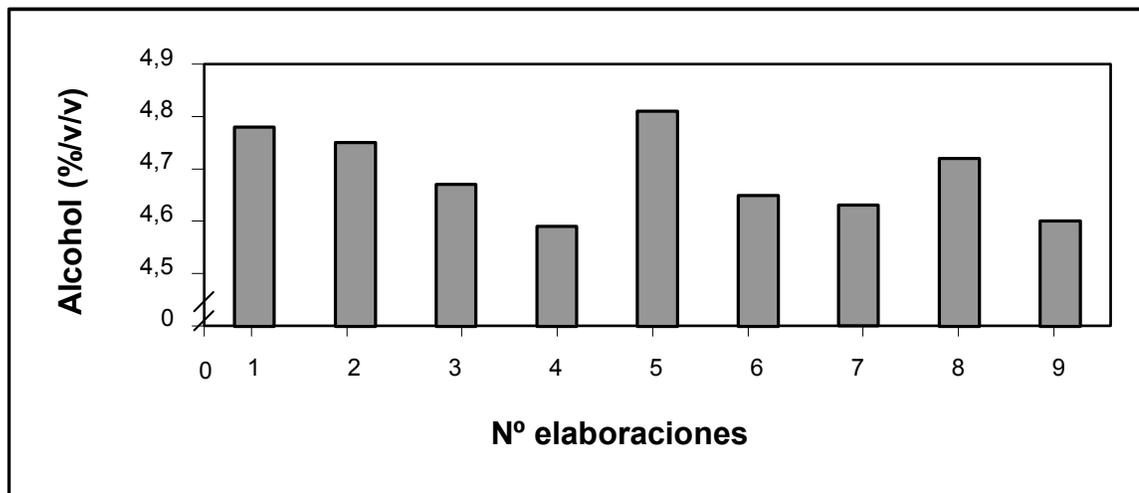
El promedio de las nueve elaboraciones y otros valores estadísticos, de estos parámetros físico-químicos se muestran en el ANEXO 3.

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el transcurso del presente estudio, cuyos valores aparecen en el CUADRO 12.

**4.1.1 Alcohol.** Al analizar los datos referentes al porcentaje de alcohol (%v/v) de la cerveza *Lager*, se puede destacar, que el valor promedio general observado fue de 4,68 %v/v, con un porcentaje mínimo de 4,59 %v/v y un máximo de 4,81 %v/v. El rango de variación de las observaciones corresponde a un 0,02% y el coeficiente de variación correspondiente al porcentaje de

alcohol fue de 0,23%. Sin embargo, estos valores difieren del señalado por KUNZE (1996), para el mismo tipo de cerveza, quien indica que el contenido de alcohol puede fluctuar entre 4,2 - 4,4 %v/v, valores similares a lo informado por GERHARD y WOLFGANG (1991). El contenido promedio de alcohol obtenido en la presente investigación fue similar al encontrado recientemente en un estudio de calidad realizado por el Servicio Nacional del Consumidor (CHILE, SERVICIO NACIONAL DEL CONSUMIDOR, 2003), para la misma cerveza *Lager* de la Compañía Cervecería Kunstmann S.A., cuyo valor fue de 4,65% superior al grado alcohólico rotulado en los envases que era de 4,0%.

La variación del porcentaje de alcohol a través del periodo de estudio presentada en la FIGURA 11, muestra que para la primera elaboración el valor obtenido fue de 4,78 %v/v, bastante superior al promedio general (ANEXO 3), disminuyendo en la cuarta elaboración donde alcanza el valor más bajo de 4,59%. Alcanzando en la quinta elaboración su valor más alto con un 4,81%.



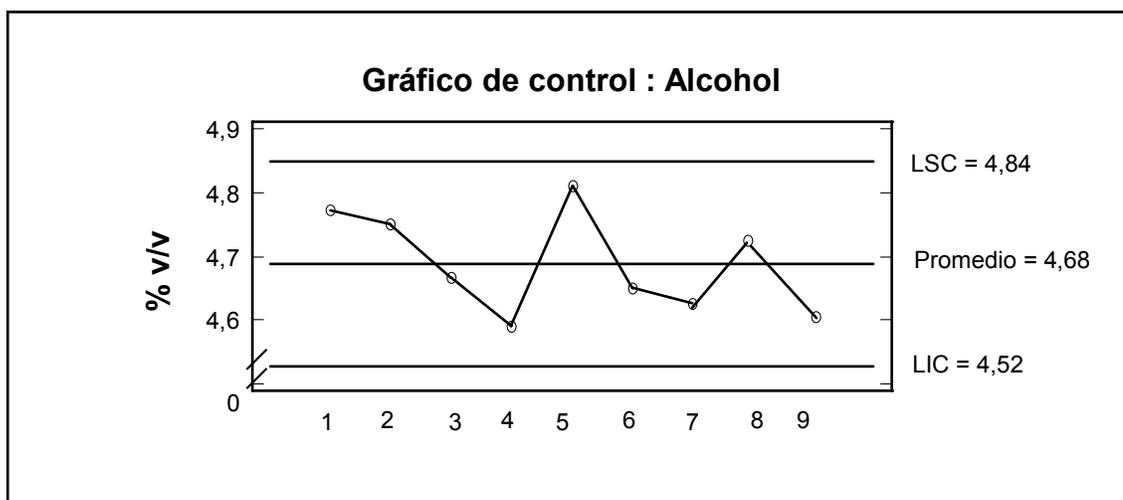
**FIGURA 11. Variación del porcentaje de alcohol a través del periodo de estudio (%v/v).**

La cantidad y actividad de levadura inoculada en la etapa de fermentación, la cantidad de oxígeno disuelto inyectado en el mosto enfriado y el porcentaje de atenuación, son parámetros que pudieron influir en el porcentaje de alcohol obtenido en cada una de las elaboraciones (HUDSTON, 1977; KUNZE, 1996).

De acuerdo con el análisis de varianza (ANEXO 4.1), se encontró que existían diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas partidas de elaboración, para este parámetro. Las partidas N° 4, N° 9 y N° 7 arrojaron los valores más bajos y significativamente distintas del resto de las elaboraciones. La partida N° 5 alcanzó el valor más alto y significativamente distinto a las demás (ver CUADRO 12).

Por otra parte, al evaluar el comportamiento de las variables físico-químicas para la caracterización de la cerveza *Lager*, se elaboraron gráficos de control para medidas individuales en relación a los promedios obtenidos. Según LLOVET *et al.* (2000), mediante estos gráficos de control, donde se han determinado estadísticamente una línea central que representa el valor medio y dos límites de control; uno superior (LSC) y otro inferior (LIC) a ambos lados de la línea central, se comparan las características del producto y se establecen las correcciones oportunas en el caso de que existan desviaciones. De esta manera, un punto que cae fuera de los límites de control es una evidencia estadística de la existencia de una causa asignable (materias primas defectuosas, desgastes de herramientas, deficiente preparación del operario etc.), y determina que el proceso se considere fuera de control.

En la FIGURA 12 se presenta un gráfico de control que muestra la variación del porcentaje de alcohol en relación al promedio observado. Allí se observa que los valores promedios para este parámetro al momento del estudio se encontraban dentro de los límites establecidos estadísticamente. Sin embargo y tal como se señalara en párrafos anteriores, los valores encontrados no están dentro del rango de % v/v señalado por literatura para este tipo de cerveza.



**FIGURA 12. Variación del porcentaje de alcohol en relación al promedio observado (% v/v).**

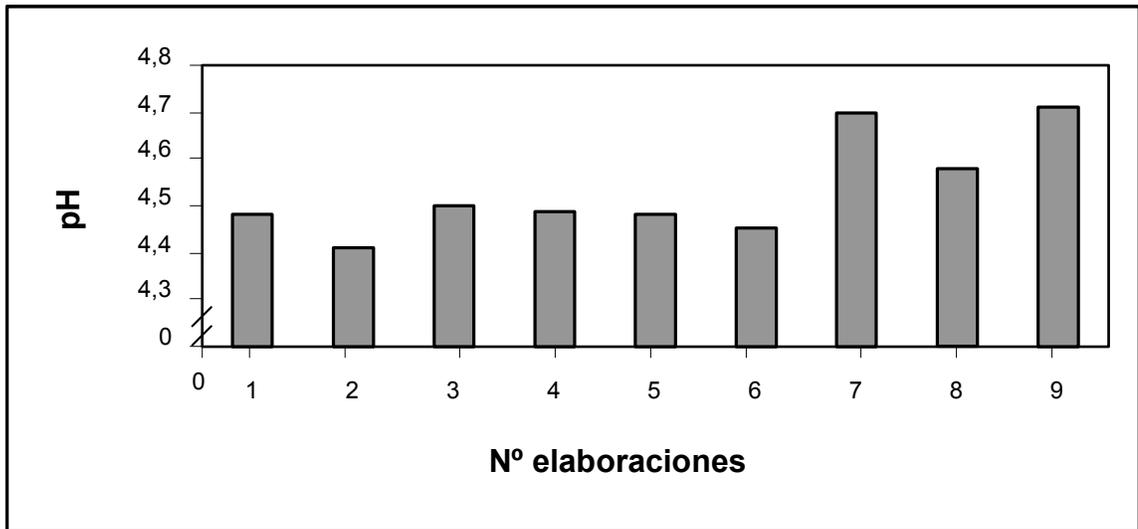
El mayor porcentaje de alcohol encontrado en las elaboraciones N° 5 (UT3) y N° 1 (UT3), se pudo originar debido a que en la etapa de fermentación se propagó cepa nueva de levadura (ANEXO 5). Junto con ello la cantidad de oxígeno inyectado al mosto, previo a la etapa de fermentación, también pudo haber influido en la cantidad de alcohol, ya que según la cantidad de oxígeno disuelto en el mosto, la multiplicación de las células de levadura será mayor o menor antes que comience la etapa de fermentación (KNUDSEN, 1977).

En el caso del presente estudio se detectó que no se realizaba una dosificación controlada en la cantidad de oxígeno inyectado previamente al mosto enfriado. Según BOURGEOIS y LARPENT (1989) y KUNZE (1996); el mosto en la etapa de enfriado, debe ser saturado con alrededor de 8 mg/L de O<sub>2</sub>, lo que concuerda con KNUDSEN (1977), quien señala que el mosto es aireado hasta su saturación con aproximadamente 8-9 mg/L de oxígeno disuelto. Así, demasiado oxígeno puede provocar una producción elevada y temprana de alcohol, y una baja de oxígeno retarda el desarrollo de la levadura y la producción de alcohol (WEINGARTEN y VALLEJO, 1957).

Respecto al porcentaje de atenuación, un término que aparece en las especificaciones de las levaduras, se refiere al porcentaje de azúcares convertidos en alcohol, cuyo rango fluctúa entre 67% y 77% (HUDSTON, 1977). Según KUNZE (1996), el porcentaje de atenuación es la medida de eficiencia de la fermentación, cuyos valores normales van del 67% al 80%. Los valores de porcentaje de atenuación encontrados al final de la etapa de fermentación en los registros de elaboración y que se muestran en el ANEXO 5, fueron del orden de 83% a 85%. Este alto porcentaje de atenuación, sería producto de una alta concentración de azúcares fermentables (glucosa, maltosa y maltotriosa), provenientes de la etapa de maceración, para el proceso fermentativo, lo que se vería reflejado en un alto contenido de alcohol.

Cabe señalar también que, según KUNZE (1996), el tiempo de maceración se realiza durante dos horas a una temperatura constante de 65°C, temperatura donde se consigue la mayor cantidad de azúcares fermentables, que tras la etapa de fermentación producen mayor cantidad de alcohol. Según HUDSTON (1977), el tiempo y temperatura de maceración es de 90 a 120 minutos, desde 64 hasta 72°C. En el caso del presente estudio, el tiempo de maceración, según las cartillas de registro interno de la empresa (ANEXO 5), fluctuó entre 149 y 166 minutos, lo que podría estar generando una alta concentración de azúcares fermentables para el proceso de fermentación.

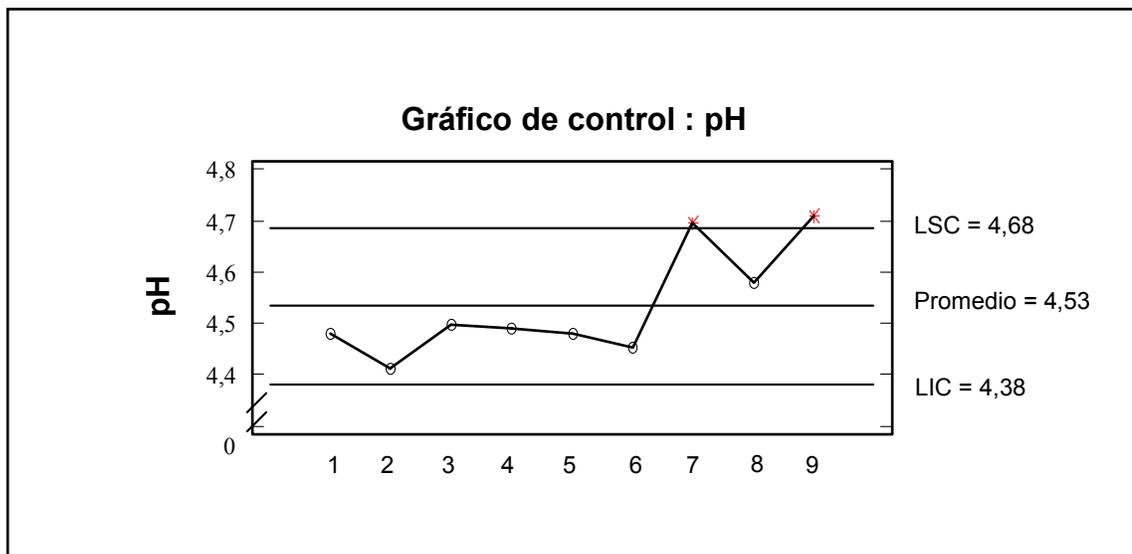
**4.1.2 pH.** De los valores obtenidos para éste parámetro, se puede señalar que el promedio general fue de 4,53, con un mínimo de 4,41 y un máximo de 4,71. El rango de variación de las observaciones fue de un 0,07, con un coeficiente de variación de 0,57. El rango encontrado en la presente investigación es distinto al señalado por KUNZE (1996), el cual indica que el pH se sitúa entre 4,2 y 4,4. Valores un tanto más bajo fueron encontrados por SWISTOWIEZ (1977), quien registró un promedio de  $4,1 \pm 0,2$ .



**FIGURA 13. Variación del pH a través del periodo de estudio.**

Al observar en la FIGURA 13 la variación del pH, se muestra un aumento a través del periodo de estudio que comienza con un valor cercano al promedio, registrándose luego los valores más altos en la séptima, octava y novena partida de elaboración. El valor más bajo se registró en la segunda elaboración. Según SCHMID *et al.* (1995), el incremento en el valor de pH se debería a la presencia de levadura “antigua”, como se explica más adelante.

Al realizar el análisis de varianza (ANEXO 4.2), se determinó a través del periodo de estudio la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las partidas ( $p < 0,05$ ) para este parámetro. La partida N° 2 arrojó el valor más bajo y significativamente distinto al resto de las elaboraciones. Las partidas N° 9 y N° 7 alcanzaron los valores más altos y significativamente distinto a las demás (ver CUADRO 12).



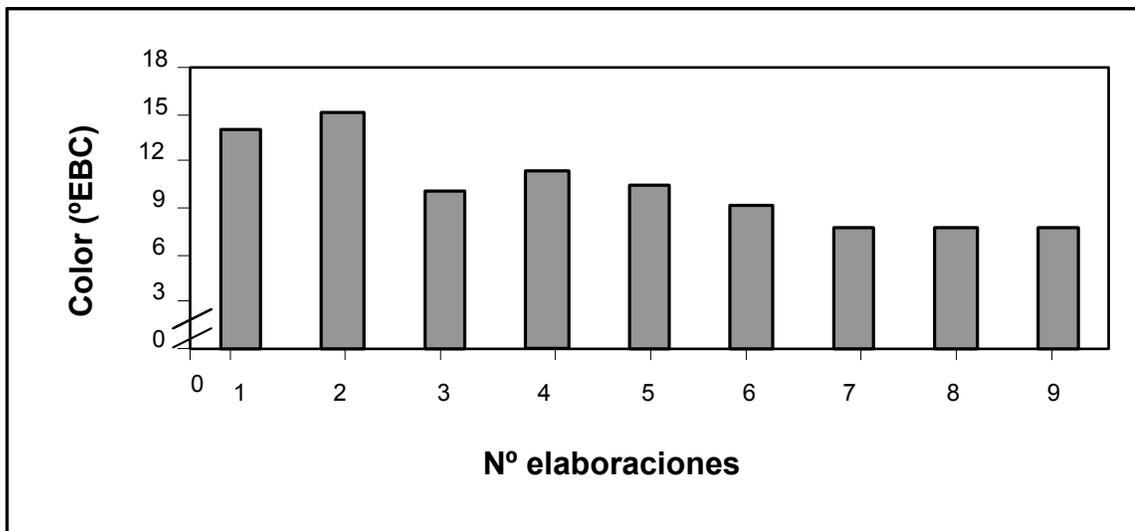
**FIGURA 14. Variación del pH en relación al promedio observado.**

Al elaborar el gráfico de control, cuyos antecedentes aparecen en la FIGURA 14, se observa que durante el estudio los valores promedio se encontraban dentro de los límites establecidos estadísticamente, con excepción de la elaboración N° 7 (UT 3) y N° 9 (UT 10). Estos dos valores (pH 4,7 y 4,71 respectivamente) están fuera de los límites, por lo que el proceso durante el estudio no se encontraba bajo control, lo que indica que no estaba estandarizado para este parámetro.

Respecto de los dos valores más altos de pH, se puede señalar que éstos podrían ser producto de la reutilización de los inóculos de levaduras. Según LOM y PIESLEY (1977), rangos de pH muy elevados quizás pueden estar provocados por una autólisis de las levaduras, por ser muy “viejas” o encontrarse en su cuarta o quinta inoculación. Además, como no se realiza un lavado a la levadura antes de ser inoculada a otras fermentaciones puede tener un alto contenido de células muertas. Según ROS (1980), el cambio de pH del medio sería producto de la presencia de levadura “antigua”; las que debido a la autólisis, generan amoníaco elevando el pH.

**4.1.3 Color.** El valor promedio observado para el color fue de 10,37 ° EBC con un rango de variaciones de 0,15 °EBC, observándose un valor mínimo de 7,67 y un valor máximo de 15,05 °EBC.

La variación del color presentada en la FIGURA 15, muestra que los valores más altos se registraron en las dos primeras elaboraciones, iniciándose luego una disminución hasta la séptima elaboración, para luego aumentar levemente, en un mismo valor, en las dos últimas partidas.



**FIGURA 15. Variación del color a través del periodo de estudio.**

Según BRIGGS *et al.* (1981); DOUGHERTY, (1977) y GRANT, (1977), la mayor intensidad de ebullición del mosto en la etapa de cocción, la mayor tasa de evaporación y el menor valor de pH del volumen final del mosto, son algunos factores que pudieron influir en la mayoría de los valores del color encontrados en el presente estudio.

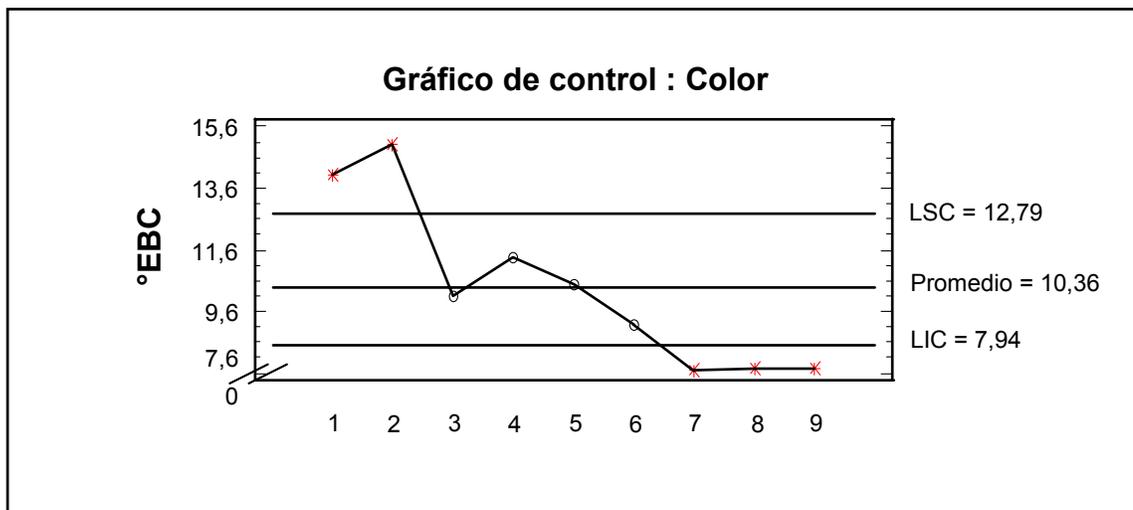
Así por ejemplo, se observó que el mayor valor para el color de las partidas N° 2 y N° 1, coincidió con la mayor tasa de evaporación de éstas, que en promedio fueron de 9,8% y 9,0% respectivamente (ANEXO 5). Estos valores resultaron ser mayor y diferentes a los señalado por DOUGHERTY (1977), el

cual menciona un rango de 7,0 a 8,0% de evaporación. Así, cuanto más concentrada es la fuente de calor que hierve el mosto, más melanoidinas se producirán en el punto de máxima concentración y por lo tanto, el color aumentará (WEINGARTEN y VALLEJO, 1957).

Los valores más bajos para el color se registraron en las tres últimas elaboraciones (7, 8 y 9), situación que coincide con los mayores valores de pH registrados al finalizar la etapa de cocción (ver ANEXO 5). Al respecto, GRANT (1977), señala que la disminución del pH en la etapa de cocción ayuda al aumento progresivo del color, lo que indica que existiría una relación inversa entre ambas variables, hecho que se corrobora más adelante en el punto 4.2 al correlacionar ambos factores.

En la elaboración N° 1 (UT3) se presentó una alteración en la etapa de cocción del mosto, específicamente al término de ésta, donde se detuvo el proceso por 20 minutos debido a “problemas de caldera” (ANEXO 5), por lo que el aumento de color se podría deber a la mantención de la alta temperatura, más allá del tiempo normal, que siguió experimentando el mosto una vez alcanzado los 90°C. Así, cuanto más tiempo de cocción, mayor será la cantidad de melanoidinas producidas (BRIGGS *et al.*, 1981)

Por otra parte, al realizar el análisis de varianza (ANEXO 4.3), se encontró que existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas partidas de elaboración durante el periodo de estudio, para este parámetro. Las partidas N° 7, N° 8 y N° 9 arrojaron los valores más bajos y significativamente distintos del resto de las elaboraciones. Las partidas N° 2 y N° 1 alcanzaron los valores más altos y significativamente distintos a las demás (ver CUADRO 12).



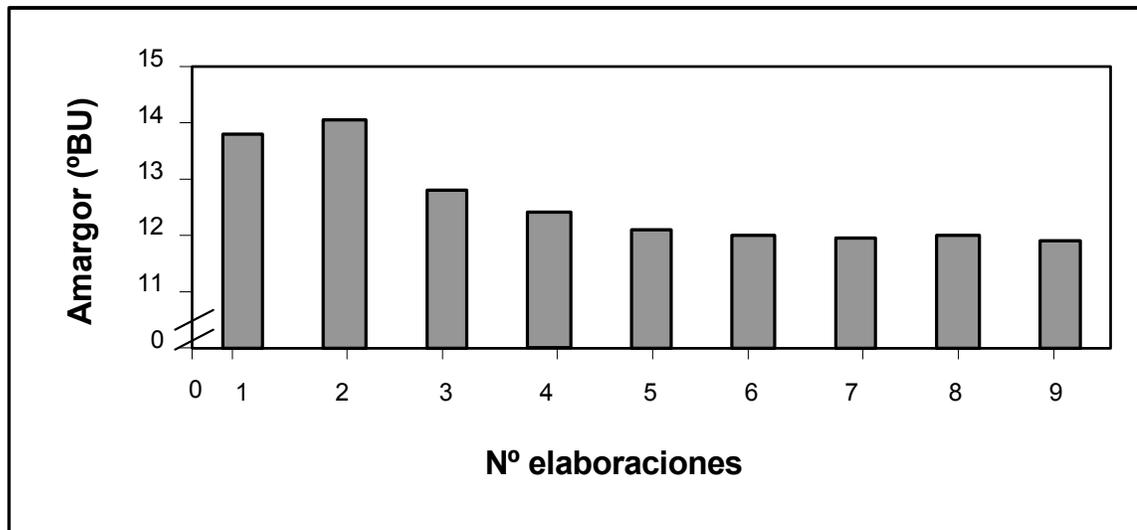
**FIGURA 16. Variación del color en relación al promedio observado.**

Al analizar la variación del color a través de una gráfica de control (FIGURA 16), se encontró que los valores promedio de las elaboraciones N° 3, 4, 5 y 6 durante el estudio, se encontraban dentro de los límites establecidos estadísticamente, a diferencia de las partidas N° 1 (UT3), N° 2 (UT6), N° 7 (UT3), N° 8 (UT4) y N° 9 (UT10) cuyos valores de color estuvieron fuera de los límites establecidos; por lo que el proceso no se encontraba bajo control, lo que indica que no estaba estandarizado para este parámetro. Según EUROPEAN BREWERY CONVENTION (E.B.C) (1975), la cerveza clara, blanca, rubia, cuya definición correspondería a la cerveza *Lager*, es aquella cuyo color está entre 8,0 y 10 °EBC, rango distinto al encontrado en este estudio.

**4.1.4 Amargor.** De los datos obtenidos se puede mencionar que el valor promedio observado para éste parámetro, fue de un 12,55 °BU, presentando a lo largo del estudio un valor mínimo de 11,91 y un valor máximo de 14,04 °BU. El coeficiente de variación para el amargor fue de 1,13%.

La variación del amargor que se observa en la FIGURA 17, muestra que en las primeras elaboraciones (N° 2 y N° 1) se registraron los valores más altos, siendo también superiores al promedio, luego se observa a partir de la quinta

elaboración, una disminución con una tendencia estable a través del periodo de estudio, situación que se mantiene hasta la última partida. Según MEILGAARD (1977), el margen de °BU se encuentra entre 15 y 20 para cerveza *Lager*, por lo que la mayoría de los valores registrados en la presente investigación se encontraban muy por debajo de este rango.

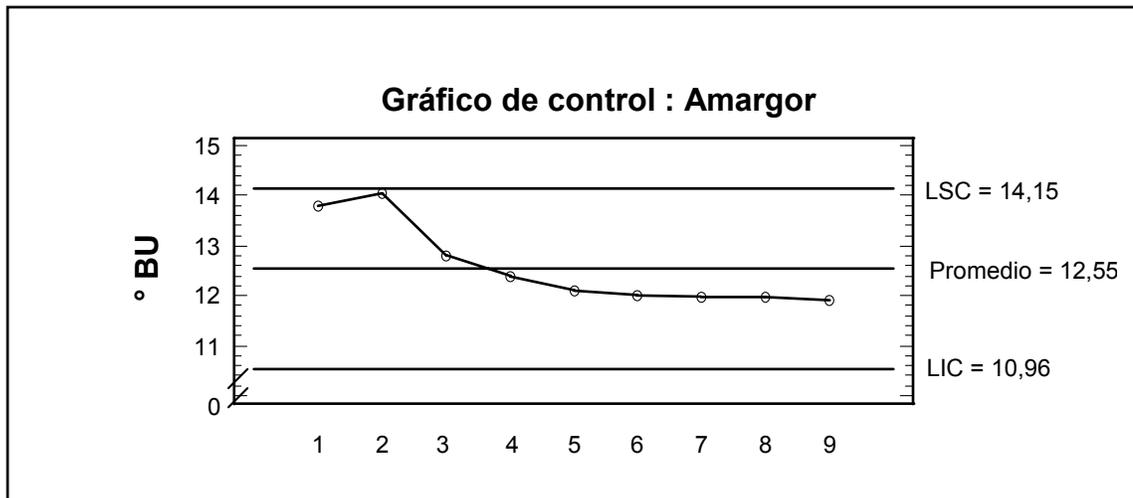


**FIGURA 17. Variación del amargor a través del periodo de estudio.**

Al realizar el análisis de varianza (ANEXO 4.4), se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) durante el periodo de estudio. Las partidas N° 9, N° 7 y N° 8 arrojaron los valores más bajos y significativamente distinto al resto de las elaboraciones. Los valores más altos y significativamente distinto a las demás elaboraciones, se registraron en las partidas N° 2 y N° 1 (ver CUADRO 12).

Al evaluar la variación del amargor a través del gráfico de control (FIGURA 18), se puede señalar que todos los valores se encuentran dentro de los límites, por lo que para el periodo de estudio, el proceso para éste parámetro, se encontraba bajo control. Sin embargo, llama la atención que los valores registrados son menores a los que señala la literatura para este tipo de cerveza (15 - 20 °BU). Esto se debería a que en las cervezas almacenadas con altos contenidos de oxígeno, se produce pérdida de amargor (SCHMID *et al.*, 1995).

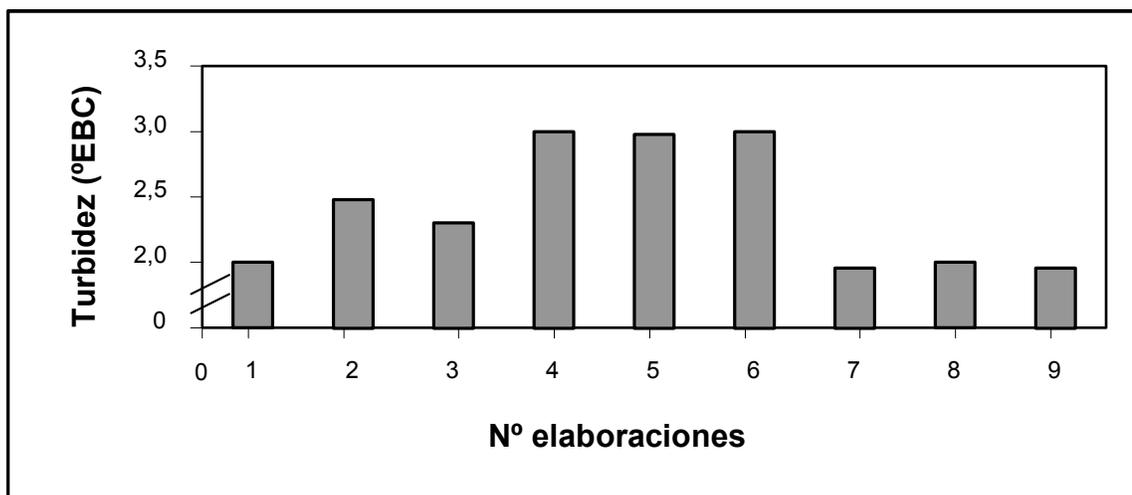
Al respecto se puede señalar que según antecedentes aportados por la propia empresa, análisis de oxígeno realizados a ésta cerveza durante el periodo de estudio, arrojaron valores de 1,71 a 2,75 ppm de oxígeno, superior al estándar que es de 0,2 ppm.



**FIGURA 18. Variación del amargor en relación al promedio observado.**

Los menores valores de amargor encontrados en el estudio, en comparación con lo que indican otras investigaciones, en especial a partir de la tercera elaboración, se deberían al contenido de alfa ácidos del lúpulo agregado en la etapa de cocción. Al respecto hay que señalar que según GRANT (1977), el porcentaje de alfa ácidos es determinante en la contribución del amargor en la cerveza. De igual forma MEILGAARD y PEPPARD (1986), indican que las unidades de amargor (°BU) están directamente relacionadas con el porcentaje de alfa ácidos y la cantidad de lúpulo a agregar. De acuerdo con los protocolos de elaboración (ANEXO 5), independiente del contenido de alfa ácidos del lúpulo, siempre se agregó la misma cantidad de éste (4,98 Kg) a cada una de las partidas de los 90 HL de mosto (9000 L); debiendo agregarse menor contenido en el caso de la dos primeras partidas (N° 2 y N° 1), ya que ambas cantidades de lúpulo utilizadas, presentaron un mayor porcentaje de alfa ácidos que el resto, lo que probablemente contribuyó a obtener mayores niveles de amargor en estas según los antecedentes que aparecen en el ANEXO 5.

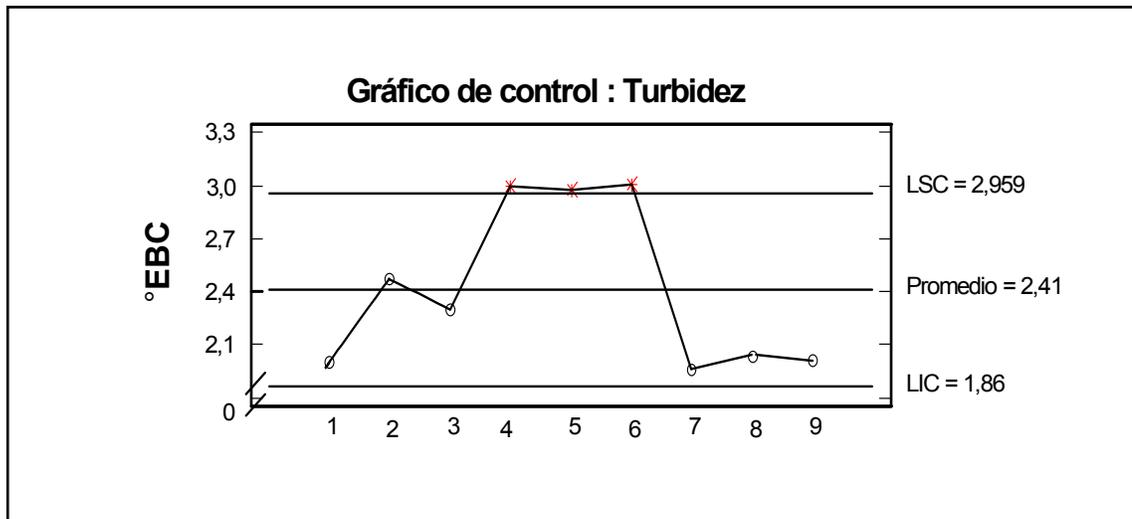
**4.1.5 Turbidez.** El valor promedio observado para la turbidez fue de 2,41 °EBC con un rango de variaciones de 0,03, observándose un valor mínimo de 1,96 y un valor máximo de 3,0 °EBC. Estos valores difieren de los señalados por POSADA (1995) y COMPAÑÍA CERVECERÍAS UNIDAS (CCU) (1995), quienes indican que el valor promedio de turbidez debe ser menor a 0,5 °EBC en el producto terminado.



**FIGURA 19. Variación de la turbidez a través del periodo de estudio.**

Analizando la variación que tuvo esta variable durante el estudio, cuyos antecedentes aparecen en la FIGURA 19, se puede señalar que los valores más altos se registraron en las partidas N° 4, N° 5 y N° 6, disminuyendo notoriamente en las tres últimas elaboraciones.

Al realizar el análisis de varianza (ANEXO 4.5), se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas partidas de elaboración para la turbidez. Las partidas N° 7 y N° 9 arrojaron los valores más bajos y significativamente distintos del resto de las elaboraciones. Las partidas N° 6, N° 4 y N° 5 alcanzaron los valores más alto y significativamente distinto a las demás (ver CUADRO 12).



**FIGURA 20. Variación de la turbidez en relación al promedio observado.**

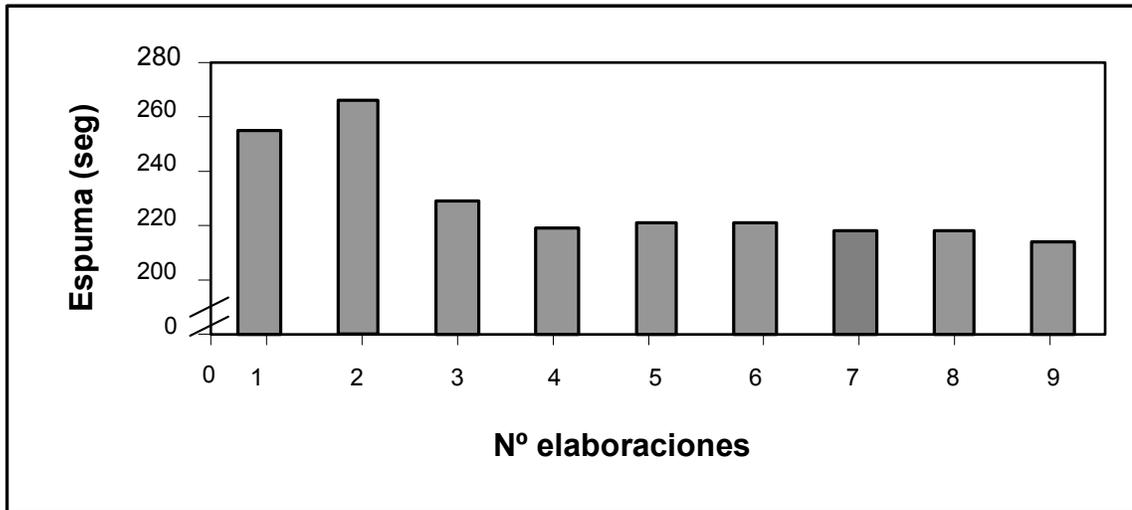
Al elaborar el gráfico de control (FIGURA 20), para el parámetro turbidez, se observa que los valores promedios de las partidas N° 1, 2, 3, 7, 8 y 9 se encontraban dentro de los límites establecidos estadísticamente, a diferencia de las partidas N° 4 (UT1), N° 5 (UT3) y N° 6 (UT8) con valores de 3,0; 2,98 y 3,0 °EBC, que se encontraban fuera de los límites de control. Por encontrarse estos valores fuera de los límites, se puede señalar que el proceso durante el estudio no estaba estandarizado.

Los altos niveles de turbidez que presentaron las tres partidas anteriormente señaladas, podrían estar asociados a la saturación de los filtros, según se desprende de los antecedentes que aparecen en las planillas de registro interno (ANEXO 5). Esta saturación pudo ser provocada por una mala sedimentación de levaduras en la etapa de reposo (mayor a  $1 \times 10^6$  cel/mL de levadura), ya que según lo señalado por DOYLE *et al.* (1997), un contenido de  $1 \times 10^5$  cel/mL de levadura forma turbidez en la cerveza. Al respecto hay que señalar que se ha establecido que el contenido de levadura es una de las variables más determinantes en el rendimiento de la filtración (FILTROX-WERK AG, 1997).

Otro factor que pudo influir, sería que la cantidad de tierra diatomeas agregada excedió la dosificación óptima, entendiéndose como óptima a la dosificación que está en relación directa con la cantidad de sólidos suspendidos (STULGYS, 1996). Aunque optimizar la dosificación es asunto de experiencia, los fabricantes de tierras aconsejan dosificar con una concentración de coadyudante (tierra diatomeas) equivalente a la mitad o igual concentración de sólidos en peso a remover (CCU, 1995).

También, pudieron afectar los altos valores de turbidez, las variaciones de presión en la dosificación de las tierras filtrantes (diatomeas). Según SCHMID *et al.* (1995), en la regulación de la dosificación de las tierras el punto crítico más importante es la relación diferencial de presión por hora de filtración ( $\Delta P/hr$ ). De acuerdo a lo señalado por POSADA (1995), es bueno cuando el rango de  $\Delta P$  está entre 0,2 - 0,3 bar/hr, al tener un  $\Delta P$  menor a 0,2 y mayor a 0,3 bar/hr, el efecto de filtración es malo. En las planillas de registro (ANEXO 5), se encontró un  $\Delta P/hr$  superior a 0,3 bar/hr. Esto supone que se dosificó mayor cantidad de tierra, lo que generó que pasen “partículas de turbidez” al flujo de cerveza. Esto concuerda con lo citado por la empresa CCU (1995), la que indica que cuando quedan retenidas las partículas finas, sólo por efecto de la segunda pre-capa, comienza a aumentar la presión sobre la primera pre-capa y esto provocará que pasen al flujo de cerveza filtrada “partículas de turbidez” (finas, gruesas, etc.) y tierra.

**4.1.6 Espuma.** En referencia a los valores de espuma de la cerveza *Lager*, se puede señalar que el valor promedio general observado fue de 229,13 segundos, con un valor mínimo de 214,30, y un valor máximo promedio de 266 segundos, con un rango de variación de las observaciones correspondientes a 9,22% durante el periodo de estudio. El coeficiente de variación para este parámetro fue de 1,32%.

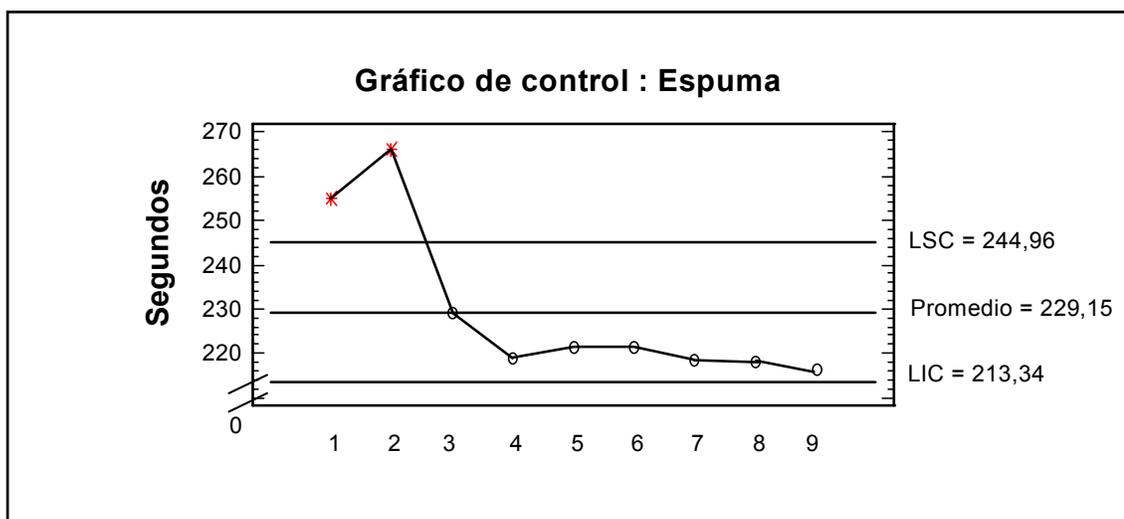


**FIGURA 21. Variación de la espuma a través del periodo de estudio.**

La variación de espuma presentada en la FIGURA 21, muestra que los valores más altos se registraron en las dos primeras elaboraciones, disminuyendo éstos luego a partir de la tercera elaboración, presentando una tendencia estable a través del periodo de estudio.

Al realizar el análisis de varianza (ANEXO 4.6), se encontró que existían diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas partidas de elaboración para este parámetro. Las partidas N° 9, N° 8, N° 7 arrojaron los valores más bajos y significativamente distintos al resto de las elaboraciones. Las partidas N° 2 y N° 1 alcanzaron los valores más altos y significativamente distinto a las demás (ver CUADRO 12).

De acuerdo al gráfico de control, presentado en la FIGURA 22, los valores promedios de estabilidad de espuma se encuentran dentro de los límites establecidos estadísticamente, con excepción de las partidas de elaboración N° 1 (UT 3) y N° 2 (UT 6) con valores de 255 y 266 segundos, los que se encontraban fuera de los límites de control. Al encontrarse estos valores fuera de los límites, se puede señalar que el proceso durante el estudio no estaba estandarizado.



**FIGURA 22. Variación de la espuma en relación al promedio observado.**

Por otra parte, hay que señalar que los valores más altos y significativamente distintos al resto registrados en las dos primeras elaboraciones, podrían explicarse a través de los antecedentes registrados en las cartillas de control interno de elaboración de la empresa (ANEXO 5). Así, se tiene por ejemplo que el aumento de espuma pudo ser producto de la mayor cantidad de alfa ácidos que contenía el lúpulo empleado. Según ESPINDOLA (1996), el lúpulo interacciona con las proteínas de la cebada provocando un aumento de la estabilidad de la espuma. Cabe recordar que el porcentaje de alfa ácidos que contenía el lúpulo agregado a las elaboraciones mencionadas anteriormente fue de 8,2 y 8,5%, superior al resto (ANEXO 5), lo que probablemente provocó una mayor isomerización (iso-humulonas). Al respecto, SUNTRUP (1980), indica que una mayor isomerización de las humulonas en iso-humulonas forman un mayor número de complejos activos de superficie con la proteínas de alto peso molecular de la cebada, lo que persistiría durante más tiempo en la membrana de las burbujas intensificando el espumado.

Otra posible causa del mayor contenido de espuma de las dos primeras partidas, sería la cantidad de CO<sub>2</sub> incorporado en la etapa de reposo, ya que el contenido final fue mayor a 0,5% (ANEXO 5), y superior a lo señalado por

KUNZE (1996), quien indica que el contenido de CO<sub>2</sub> debería estar en un rango entre 4,7 y 5,2 g CO<sub>2</sub>/L, equivalente a 0,45 - 0,5% de CO<sub>2</sub>.

Por otro lado, la medición de la estabilidad de la espuma de cerveza por el método "NIBEM", el que fue utilizado en el presente estudio, se juzga de acuerdo a valores referenciales dado por los fabricantes de equipo, los que serían de:

Entre 180 – 200 segundos	Mala estabilidad
Entre 201 – 220 segundos	Estabilidad satisfactoria
Mayor a 221 segundos	Estabilidad excelente

Teniendo en consideración estos valores referenciales, se puede señalar que para la espuma, las elaboraciones N° 1, 2, 3, 5 y 6, se clasificarían como excelentes y el resto satisfactorias.

Finalmente, pareciera importante señalar que de acuerdo a lo indicado por LLOVET *et al.* (2000), aún cuando el proceso de fabricación funcione correctamente, es decir, aunque esté bajo control, los productos fabricados no son idénticos sino que presentan cierta variabilidad. Cuando el proceso está bajo control, sólo actúan las causas comunes que generan en las características de calidad (variabilidad natural). Por lo tanto, en la elaboración de un producto se tendría en cuenta la existencia de la variabilidad y no se limitaría a fijar un valor único para cada característica de calidad sino que señalar un intervalo delimitado por tolerancias como lo señalado por ejemplo en este caso en el ANEXO 6. Este mismo autor señala que los valores de tolerancias deberían ser fijados teniendo en cuenta exclusivamente los aspectos funcionales, comerciales y de seguridad, y no basándose en la variabilidad del proceso.

## 4.2 Correlaciones entre parámetros de composición físico-química

Con el objeto de analizar el grado de correlación que existe entre cada una de las variables estudiadas se aplicó el programa STATGRAPHICS Plus 2.0. Donde, el coeficiente de correlación indica el grado de asociación entre dos variables.

Los coeficientes obtenidos para todos los pares posibles de los parámetros estudiados se muestran en el CUADRO 13.

**CUADRO 13. Correlaciones entre las diferentes variables estudiadas.**

Correlaciones						
	Alcohol	pH	Color	Amargor	Turbidez	Espuma
Alcohol		- 0,0423 ( 108 )	0,3690 ( 108 )	- 0,1737 ( 108 )	- 0,2916 ( 108 )	0,3596 ( 108 )
pH	- 0,0423 ( 108 )		<b>- 0,7099</b> (108 )	<b>- 0,6209</b> ( 108 )	<b>- 0,6026</b> ( 108 )	- 0,5390 ( 108 )
Color	0,3690 ( 108 )	- 0,7099 (108 )		<b>0,7521</b> ( 108 )	0,2136 ( 108 )	<b>0,8898</b> ( 108 )
Amargor	- 0,1737 ( 108 )	- 0,6209 ( 108 )	0,7521 ( 108 )		0,1448 ( 108 )	<b>0,7857</b> ( 108 )
Turbidez	- 0,2916 ( 108 )	- 0,6022 ( 108 )	0,2136 ( 108 )	0,1448 ( 108 )		- 0,1101 ( 108 )
Espuma	0,3596 ( 108 )	- 0,5390 ( 108 )	0,8898 ( 108 )	0,7857 ( 108 )	- 0,1101 ( 108 )	

De acuerdo a los antecedentes que aparecen en el CUADRO 13, se puede señalar que en este estudio se encontró una correlación negativa entre pH y color con un  $r = - 0,70$ . Al respecto, GRANT (1977), señala que la disminución del pH en la etapa de cocción ayuda al aumento progresivo del color. También se encontró una correlación negativa entre pH/amargor y pH/turbidez ( $r = - 0,62$  y  $- 0,60$  respectivamente). Para la relación pH/amargor en la bibliografía consultada no se encontraron mayores antecedentes que permitieran explicar esta correlación. La correlación negativa entre pH y turbidez según SIEBERT *et al.* (1996), se podría explicar por las proteínas presentes en la cerveza, las que presentan una carga negativa predominante con valores de pH bajo 4,6, lo que facilitaría la unión con otros componentes de la cerveza (compuestos del lúpulo, azúcares no fermentables, etc.) formando un velo opalescente.

Por otro lado, se encontró una correlación positiva entre color/amargor y color/espuma ( $r = 0,75$  y  $0,88$  respectivamente). Para ambas correlaciones no se encontraron mayores antecedentes en la bibliografía consultada.

Finalmente, la correlación entre los parámetros de amargor y espuma resultó ser positiva con un  $r = 0,78$ . Según ESPINDOLA (1996), esto podría explicarse por la interacción entre las resinas del lúpulo y las proteínas de la cebada, donde los ácidos alfa durante el proceso de cocción del mosto por efecto de la temperatura se transforman, cambiando su estructura química (isomerización) en “iso-humulonas” o ácidos iso-alfa que se combinan con grupos básicos de las proteínas (epsilon amino) formando un complejo que impide a las proteínas cambiar su conformación.

## 5 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación se puede concluir que :

- De los parámetros físico-químicos estudiados, se determinaron diferencias significativas entre las distintas elaboraciones de cerveza *Lager* durante los meses de estudio.

- Se determinó en la mayoría de los casos que los valores encontrados para cada uno de los parámetros físico-químicos, no concuerdan con los mencionados por literatura, para éste tipo de cerveza.

- En el caso del contenido de alcohol, valor de pH y turbidez, los rangos de valores encontrados fueron superiores a los señalados por la literatura; y en el caso del amargor fueron inferiores.

- Al elaborar los gráficos de control se encontró que:

Los valores de las variables alcohol y amargor, de las distintas partidas estuvieron dentro de los límites de control establecidos estadísticamente.

Para las variables de pH, color, turbidez y espuma en el caso de algunas partidas se registraron valores fuera de los límites de control.

- Se encontró una correlación positiva ( $r = 0,78$ ) entre espuma y amargor, una correlación negativa entre pH y color ( $r = - 0,70$ ) y una correlación negativa entre pH y turbidez ( $r = - 0,60$ ).

## 6 RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar los niveles de los parámetros físico-químicos de alcohol, pH, color, turbidez, amargor y espuma para caracterizar distintas partidas de cerveza *Lager* elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A.

Los análisis se realizaron en un periodo de tres meses, comprendidos entre Febrero y Abril del año 2002. Durante la investigación se analizó un total de nueve partidas de cerveza de 9000 litros cada una, embotelladas en volúmenes de 330 cm<sup>3</sup>.

Los resultados mostraron que en el caso de los parámetros físico-químicos estudiados, existieron diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de las distintas partidas de elaboración. Para el caso del alcohol los valores fluctuaron entre 4,59 y 4,81%, para el pH entre 4,41 y 4,71, para el color entre 7,67 y 15,05 °EBC, para amargor entre 11,91 y 14,04 °BU, para turbidez entre 1,96 y 3,0 °EBC, y finalmente para espuma entre 214,3 y 266 segundos. Se estableció además que en la mayoría de los casos los valores para cada uno de los parámetros estudiados, no coincidieron con los mencionados por literatura para éste tipo de cerveza.

Por otra parte, el análisis de los gráficos de control permitió determinar que en algunas partidas de las variables de pH, color, turbidez y espuma se encontraron fuera de los límites de control, y para las variables de alcohol y amargor todas las partidas estuvieron dentro de los límites de control.

Finalmente, se determinaron los coeficientes de correlación ( $r$ ), destacando una correlación entre espuma y amargor ( $r = 0,78$ ), color y pH ( $r = - 0,70$ ), y pH y turbidez ( $r = - 0,60$ ).

## SUMMARY

A study was made to determine the levels of physic - chemical parameters of alcohol, pH, color, turbidity, bitterness and foam to characterize different lots of *Lager* beer made by Compañía Cervecera Kunstmann S.A.

The analysis were done during a 3 months period, between February and April of 2002. During the investigation a total of 9 lots of beer, 9000 L each, were analyzed and bottled in 330 cm<sup>3</sup> containers (bottles).

The results showed that in the case of physic - chemical parameters there were significant statistical differences between the majority of the lots. For the case of alcohol the values fluctuated between 4.59 and 4.81% and the pH between 4.41 and 4.71, for the color between 7.67 and 15.05 °EBC, for bitterness between 11.91 and 14.04 °BU, for turbidity between 1.96 and 3.0 °EBC, and finally for foam between 214.3 and 266 seconds. In addition, it was establish that the majority of the values for parameter studied did not coincide with those mentioned in the literature for this kind of beer.

On the other hand, the analysis of the control graphics allowed to determine that some lots of the variable pH, color, turbidity, and foam were found to be out of the control limit, and for the variables of alcohol and bitterness all the lots were between the limit values of control.

Finally, it was determined the coefficient of correlation ( $r$ ), noticing a correlation between foam and bitterness ( $r = 0.78$ ), color and pH ( $r = - 0.70$ ), pH and turbidity ( $r = - 0.60$ ).

## BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FABRICANTES DE CERVEZA (ALAFACE)2000a.<http://www.alaface.com/privado/publivaciones/indice2001/indice2001.htm>. Accessed 24/01/2001.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FABRICANTES DE CERVEZA (ALAFACE)2000b.<http://www.alaface.com/privado/noticias/noti742.htm>. Accessed 24/01/2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1995. Official Methods of analysis. 12° edición. The Association: Whashington, D.C.942 p.

BADUI, S. 1984. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. México. 348 p.

BOURGEOIS, C., y LARPENT, J. 1989. Microbiología alimentaria. Fermentaciones alimentarias. Volumen 2. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 364 p.

BRIGGS, D., HOUGH, J., STEVENS, R., y YOUNG, T. 1981. Maltin and Brewing Science. Volume I: Malt and Sweet Wort. 2°edición. Chapman and Hall, London. UK. 387 p.

BROWN, C., CAMPBELL, I., y PRIEST, F. 1989. Introducción a la biotecnología. Editorial acribia, Zaragoza. España. 167 p.

CATEORA, P. 1995. The American Beer Company, hacia la internacionalización. En: Marketing International. Mc Graw Hill, México. 791 - 798 p.

CERDAN,M.(2000).[http:// www. cerveceros caseros.com.ar / infoellupulo1.htm](http://www.cerveceros.caseros.com.ar/infoellupulo1.htm). Accessed 08/03/2002.

CERVECEROS DE ESPAÑA.1997. [http ://www.vilbo.com/ articulos /la alimen tacion /alim12. html](http://www.vilbo.com/articulos/la_alimentacion/alim12.html). Accessed 26/02/2001.

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, REGLAMENTO Y DECRETO 464 - ZONIFICACIÓN VITÍCOLA, DECRETO DE AGRICULTURA Nº 78 DE 31 DE JULIO DE 1986. Reglamento de la Ley de alcoholes. Ley 18.455.

CHILE, SERVICIO NACIONAL DEL CONSUMIDOR (SERNAC) 2003. Calidad de productos y servicios. Cervezas Rubias Envasadas: Estudio de calidad. Revista del Consumidor. Santiago. Chile. 138: 7 - 9.

COMPAÑÍA CERVECERIAS UNIDAS S.A. (CCU). 1995. Filtración de cerveza. Seminario. Concepción. Chile.

COMPTON,J. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 355 p.

DE CLERCK, J. 1957a. A Textbook of Brewing.Volume One. Chapman and Hall, London. 650 p.

DE CLERCK, J. 1957b. A Textbook of Brewing.Volume Two. Chapman and Hall, London. 650 p.

DE MESONES, B. (2000). <http://www.cerveceria.info/coccion.html>. Accessed 11/03/2002

DOUGHERTY, P. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 355 p.

DOYLE, M., BEUCHAL, L., y MONTVILLE, T. 1997. Food Microbiology Fundamentals and Frontiers. ASM Press. Washington D.C. USA. 768 p.

ESPINDOLA, R. 1996. Curso de elaboración de cerveza. Proceso de cocimiento. Cervecera Santiago Ltda. Agosto 1996. Santiago. Chile.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). 1975. "Analytica – EBC", Tercera Edición. Le Comité des Analyses de l' EBC, Zurich.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). 1995. [http:// www.crc.dk/flab/foam.htm](http://www.crc.dk/flab/foam.htm). Accessed 15/04/2002.

FENNEMA, O. 1993. Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 1095 p.

FENNEMA, O. 1975. Principles of food science. Part I. Food chemistry. Marcel Dekker. Inc. New York. EEUU. 792 p.

FILTROX- WERK AG. 1997. Instalaciones de filtración moderna en Sudamérica. Brauwelt en español. Volumen IV. 336 - 341 p.

GERHARD, J., y WOLFGANG, D. 1991. Biotecnología, Introducción con experimento modelo. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 251 p.

GRANT, H. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 164 p.

[http://www.la-cerveceria.com/tipos\\_cerveza.htm](http://www.la-cerveceria.com/tipos_cerveza.htm). Accessed 16/12/2002.

<http://www.equipo-imca.com/cerveza/club.artic/macerac/macerac1.htm>.  
Accessed 19/03/2002.

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/7522/agua.htm>. Accessed  
10/04/2002.

<http://www.crc.dk/flab/foam.htm>. Accessed 15/04/2002.

HUDSTON, H. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 150 p.

KNUDSEN, F. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 211 p.

KUNZE, W. 1996. Technology brewing and malting. Séptima Edición. Editorial VLB Berlín, Verlagsabteilung. Germany. 726 p.

LAKOVIC, G. 1996. En cuanto a cervezas: rubia o morena: ¿Cuál prefiere?.  
Mercado Moderno. 9 (98): 18 - 21 p.

LOM, T., y PIESLEY, J. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 230 p.

- LLOVET, J., DELGADO, D., y MARTINEZ, J. 2000. Statgraphics Plus 4. Guía práctica para usuarios. Ediciones Anaya Multimedia, S.A. Madrid. España. 351p.
- MEILGAARD, M. 1977. El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 129 - 139 p.
- MEILGAARD, M., y PEPPARD, T. 1986. Chapter IV, The flavour of beer. In: Food flavours. Part B. The Flavour of beverages. Edición Morton, I.D. and A.J. Macleod. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands.
- NIBEM, 1973. EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Congreso de Salzburgo. Austria. 363 - 371p.
- PALMER, G. 1980. The morphology and physiology of malting barleys. Editorial Academic Press. New York. 301 - 338 p.
- POSADA, J. 1995. Ciencia cervecera. Filtración. Volumen 3. Edición Pollock. Madrid. España. 379 - 437 p.
- ROJAS, C., y SERNA, S. 2000. [http:// www.mty.itesm.mx/ die/ ddre/ transferecia /transferecia51/eli1-51.html](http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferecia/transferecia51/eli1-51.html). Accessed 18/06/2002.
- ROS, J. 1980. Estabilidad coloidal de la cerveza. Laboratorio Industrial de Bioquímica S.A. (L.I.B.S.A) Pamplona. España. 83 p.
- SCHMID, A., BEZARES, G., y ETIENNE, G. 1995. Tecnología cervecera moderna. 2º seminario. Osorno. Chile. 116 p.

- SCHMIDT-HEBBEL, H. 1966. Química y tecnología de los alimentos. Editorial Salesiana. Santiago. 313 p.
- SCHMIDT-HEBBEL, H., y PENNACCHIOTTI, I. 1985. Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago. 61 p.
- SIEBERT, K. 1999. Effect of protein-polyphenol interactions on beverages haze, stabilisation and analysis. *Journal Agricultural Food Chemistry*.47(2): 353 - 362.
- SIEBERT, K. CARRASCO, A. y LYNN, P. 1996. Formation of protein-polyphenol haze in beverages. *Journal Agricultural Food Chemistry*.44:1997 - 2005.
- STULGYS, P. 1996. Tecnología de filtración en la elaboración de cervezas. Seminario Técnico. Curso Sistema de Filtros. Santiago. 10 - 22 p.
- SUNTRUP, F. 1980. Consideraciones e investigaciones en relación con la espuma de la cerveza. Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Cerveza. Oficina Permanente de Coordinación. Serie Técnica. Doc 3229. 53 - 76 p.
- SWISTOWIEZ, W.1977. El Cerveceros en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. 413 p.
- WEINGARTEN, N., y VALLEJO, F. 1957. Elaboración de la cerveza.Volumen 1. Editorial Pan Americana. Buenos Aires. Argentina. 128 p.
- WHITNEY, P., ELEANOR, A., y ROLFES, M. 1993. <http://www.victotia.com.ni/misc/cercarac.html>. Accessed 15/06/2002.

# ANEXOS

# ANEXO 1

## Proceso de elaboración de cerveza de Compañía Cervecera Kunstmann S.A.

### ANEXO 1.1 Proceso de elaboración de cerveza *Lager*.

Para preservar su adecuada fabricación, en 1516 Guillermo I duque de Baviera, dictó un "edicto de la pureza" (Reinheitsgebot) disponiendo que la cerveza debía elaborarse únicamente de cebada malteada, fermento, lúpulo y agua de vertiente.

Se recogía así, una antigua receta consignada por un monje del convento de Beurón, en pergamino enviado al emperador Conrado II de Hohenstaufen.

El "edicto de la pureza" pronto fue aplicado en todo el imperio y en 1882 se había convertido en la ley general del II Reich.

La cerveza Kunstmann es elaborada estrictamente de acuerdo a este edicto, pura, absolutamente natural, con ingredientes de primera calidad y, muy importante, con agua fresca y cristalina de las montañas de Valdivia.

La planta productiva de Compañía Cervecera Kunstmann S.A. consta de una serie de etapas secuenciales para llegar a producir su producto final, cajas de 24 botellas de 330 cm<sup>3</sup> cada una o display de 6 pack de 4 botellas de 330 cm<sup>3</sup> cada una, de cualquiera de las 3 variedades de cerveza que se ofrece en el mercado, que son la cerveza rubia o *Lager*; la cerveza ámbar o *Pale Ale* (Torobayo) y la cerveza negra o *Bock*.

## ANEXO 1.2 **Secuencia de etapas del proceso productivo**

- Molienda de la cebada malteada
- Maceración y cocimiento lo que va a dar como producto final el mosto
- Fermentación
- Reposo de la cerveza
- Filtrado
- Carbonatación
- Embotellado (en botellas y/o barriles)
- Pasteurizado (botellas)
- Etiquetado (botellas)

## ANEXO 1.3 **Descripción del proceso**

### **1) MOLIENDA**

Para obtener la harina es necesario moler los granos de cebada malteada. La cáscara debe quedar lo más entera posible y sin que tenga partículas adheridas de harina. Si las cáscaras fueran muy molidas la filtración será más difícil y se extraerán sustancias amargas, volátiles y dañinas (provocará un gusto desagradable y una menor estabilidad coloidal por una mayor extracción de taninos).

La parte harinosa del grano conviene reducirla a harina lo más finamente pulverizada permitiendo la dispersión de las enzimas y aumentando los puntos de contacto con el agua. La acción de las diastasas es una acción de superficie y por lo tanto la multiplicación de esta se favorece con la acción de la molienda.

## 2) SALA DE COCIMIENTO (Maceración)

En la maceración se efectúan las principales transformaciones bioquímicas llevando al mosto a contener los elementos necesarios para la fermentación. Los factores que influyen en la maceración son: El tiempo de duración de las operaciones, la temperatura, el pH y la concentración de la mezcla. Cada enzima tiene un pH y una temperatura óptima de actividad. Las enzimas que actúan sobre el almidón durante la fermentación son la alfa y beta amilasa.

Las funciones de la maceración son:

- Disolver los productos que se han formado durante el malteado
- Usar las enzimas liberadas en el malteado para transformar el almidón en azúcares más simple.
- Usar las proteasas para continuar con la transformación de las proteínas en aminoácidos y péptidos.
- Aromatizar el mosto con el Lúpulo.

### PROCEDIMIENTO (Cerveza Lager)

Se agrega un rango de 1500 a 2000 lt de agua en el cocedor, la que debe estar a una temperatura de 51 - 52 °C, enseguida se agrega el grano triturado de cebada malteada y Sulfato de Calcio ( $\text{CaSO}_4$ ).

La primera temperatura de maceración que se emplea es de 50°C durante 35 minutos, luego se emplea la segunda temperatura de maceración que es de 64°C durante 40 minutos, a continuación la tercera temperatura de maceración que es de 72°C por un tiempo de 35 minutos.

Al terminar los 35 minutos de la última temperatura, se debe realizar la prueba de yodo para poder verificar la sacarificación (la transformación del almidón en azúcar).

Finalmente, se eleva la temperatura a 78°C para producir la inactivación enzimática, de lo contrario, se seguirá degradando el azúcar.

### **3) SALA DE COCIMIENTO (Filtración)**

Se hace filtrar todo el mosto espeso quedando retenidos en el filtro los taninos, las proteínas coaguladas, la hez de malta (restos de cáscaras). La operación se realiza en dos fases, primero el flujo del mosto y luego la operación de lavado del extracto que contiene el orujo. El mosto y el agua de lavado deben ser claros pues si se aporta durante la operación demasiadas sustancias mal disueltas, la clarificación de la cerveza será demasiado difícil.

#### **PROCEDIMIENTO (Cerveza Lager)**

Una vez realizada la maceración, se hace un traspaso desde el cocedor al filtro Lauter, en donde vamos a tener una cama de agua, la que va a recibir todo el mosto espeso que se va a traspasar del cocedor (en donde antes se realizó la maceración).

La filtración da como resultado la separación del mosto y del orujo (se usa como alimento para el ganado). A continuación se debe lavar el orujo con agua que está a una temperatura entre 78 a 80 °C durante una hora aproximadamente, después de haber terminado el proceso de filtración deben traspasarse al estanque de cocción para su ebullición.

Una vez terminada la filtración se hace el traspaso desde el filtro al cocedor el cual durará alrededor de 10 minutos aproximadamente.

#### **4) SALA DE COCIMIENTO (Cocción o hervido)**

Es un proceso de oxidación, donde se logra esterilizar el mosto, destruir las enzimas que pudieran haber quedado, mejorar la estabilidad coloidal de proteínas y taninos. Con el hervido se destruyen las enzimas para evitar una modificación del azúcar del mosto para la fermentación (el mosto debe ser estable para asegurar su composición).

#### **PROCEDIMIENTO (Cerveza Lager)**

En el cocedor el mosto va a sufrir una ebullición de 100 ° C durante 1 hora y 30 minutos. Al inicio del primer hervor se le agrega el lúpulo y  $\text{CaSO}_4$ , y 1 hora después se le agrega nuevamente lúpulo (pellets). Una vez terminada la ebullición se traspasa al estanque de decantación o Whirlpool.

#### **5) SALA DE COCIMIENTO (Decantación - WHIRLPOOL)**

Es un tanque inclinado al cual se envía el mosto esterilizado, el que entra en forma tangencial formando un remolino en su interior para que de este modo puedan precipitar los sólidos como son las proteínas y el lúpulo; para que esto ocurra se debe dejar reposar por un tiempo aproximado de 40 minutos a la misma temperatura que salió del cocedor (100°C) y luego el mosto se traspasa a un enfriador de placas, al que se le agrega propilenglicol que recircula en el enfriador con el fin de bajar la temperatura a 10°C; después de haber realizado el enfriado se traspasa hacia los estanques de fermentación.

## 6) ENFRIAMIENTO Y AIREACIÓN

Luego del proceso de decantación, el mosto se traspasa a un enfriador de placas al que se le agrega propilenglicol que recircula en el enfriador con el fin de bajar la temperatura a  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Después de haber realizado el enfriado se traspasa hacia los estanques de fermentación.

El mosto enfriado, en principio estéril, debe ser aireado antes del inicio de la fermentación, de no ser aireado la tasa de mortalidad de levaduras aumentaría a tal punto de que ésta no podría ser reutilizada; la oxigenación del mosto antes del inicio de la fermentación permite a la levadura sintetizar ácidos grasos insaturados (oleícos, linoleícos y linolénicos), en ausencia de éstos ácidos grasos la pared celular está sujeta a alteraciones lo cual lo hace más permeable a los ésteres correspondientes a los alcoholes superiores que ella misma forma. Finalmente, el mosto así preparado y enfriado debe ser sometido a un proceso de aireación fuerte con aire estéril para su posterior fermentación.

## 7) FERMENTACIÓN

El mosto frío y oxigenado se junta con levadura cervecera y se introduce en un estanque de fermentación para este proceso (estanques cilindro-cónicos: T.C.C.). El tipo de levadura utilizada puede ser de fermentación baja (*Saccharomyces carlsbergensis*) para fermentar mostos *Bock* y *Lager* a temperaturas de  $11 - 13^{\circ}\text{C}$ . También puede ser levadura de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisiae*) para el proceso de fermentar mosto *Ale* a  $22 - 23^{\circ}\text{C}$ .

El proceso de fermentación se caracteriza por tener una primera fase aeróbica de fuerte reproducción de la levadura y de alta generación de calor, que se controla con refrigeración. La segunda etapa de fermentación es de carácter

anaeróbico y en ésta se consumen los azúcares del mosto, para la formación de alcohol y gas carbónico.

El proceso de fermentación dura aproximadamente 7-10 días y al final del mismo la levadura sedimenta, la cual se extrae para ser usada en una nueva siembra o si constituye un excedente, ser eliminada. Esta sedimentación es impulsada aún más por el enfriamiento de lo que ahora pasa a denominarse “cerveza verde” (Maduración).

## **8) MADURACIÓN O REPOSO**

La maduración o reposo tiene por finalidad clarificar la cerveza, vía el decantamiento de partículas de levadura provenientes de la fermentación, y además lograr la maduración de la cerveza.

En la maduración se distingue la etapa siguiente a la fermentación y comprende todo el tiempo a que dure la cerveza en los tanques a baja temperatura (0°C) antes de ser filtrada. En la maduración se buscan y se producen transformaciones importantes, tales como:

- Resistencia al frío y estabilización (formación y precipitación de lazo coloidal proteína-tanino)
- Clarificación (disminución del contenido de levaduras en suspensión)
- Maduración o estabilidad del sabor (reducción del contenido de compuestos indeseables como ácido sulfhídrico, acetaldehído y diacetilo).

Al final de la maduración como se lleva a cabo una filtración y por lo tanto una eliminación de la levadura se tendrá que proteger la cerveza agregándole antioxidantes (ácido ascórbico) para que se combine con el oxígeno y evitar que se mezcle con la cerveza. El proceso de maduración se prolonga por tres o más

semanas y se puede efectuar en los mismos estanques de maduración o reposo.

## 9) FILTRACIÓN

Terminada la maduración, la cerveza aún tiene un velo que debe ser eliminado para obtener un producto brillante y esto se logra mediante filtración. La filtración se hace con un equipo o filtro (Padovan) que funciona con mallas y tierras filtrantes (Diatomeas) que tiene como finalidad formar una torta de filtro rígida pero porosa, que tamiza las partículas que hay en la cerveza, a medida que atraviesa éste filtro. La claridad y brillantez de la cerveza se logra con la adecuada combinación de la diferente granulometría de las tierras filtrantes.

El proceso de filtración tiene por finalidad clarificar la cerveza, reteniendo las partículas y restos de levadura que puedan llegar desde el estanque de reposo.

Para esto se cuenta con tres tipos de filtros diferentes puestos en serie:

- Filtro grueso o Padovan
- Filtro intermedio
- Filtro fino o Handtmann

### a) Filtro Grueso o Padovan

Es el primero del circuito, y tiene por función retener las partículas de levadura y otros restos que trae la cerveza reposada. Consiste en un filtro de placas horizontales que funciona con la ayuda de tierra filtrante de los siguientes tipos:

- Diactiv tipo 11
  - Diactiv tipo 12
  - Diactiv tipo 14
  - Diactiv tipo 15
  - Celulosa
- (+) Gruesa  
↓  
(--) Gruesa

Para iniciar el filtrado, primero que todo, se debe preparar la “torta de filtración”, es decir, la tierra filtrante que se deposita en las placas del filtro y que sirve como malla filtradora.

**b) Filtro intermedio o intercambiador de placas celulosa**

Consiste en un filtro de seis placas verticales de celulosa. Este filtro intermedio cumple la función de retener las partículas de tierra filtrante y levaduras que vengan con la cerveza que ha sido filtrada en el Padovan.

**a) Filtro fino**

El filtro fino, microbiológico o Handtmann, es un filtro de seis placas horizontales que tiene por finalidad retener partículas que no son visibles al ojo humano, y dejar la cerveza libre de contaminación microbiológica. Funciona por retención, igual que los dos filtros anteriores.

**10) CARBONATACIÓN**

La carbonatación es la etapa que viene después del filtrado de la cerveza, y consiste en agregarle el CO<sub>2</sub> necesario para que quede con el grado de espuma y gas que debe tener al termino del proceso.

Los estanques de depósito de cerveza (DT) tienen una piedra carbonatadora que se utiliza para propagar el CO<sub>2</sub> que se agrega a través de la cerveza.

**11) ENVASADO**

La cerveza terminada es envasada para su consumo en botellas no retornables de 330 cm<sup>3</sup>, las cuales son rotuladas para su debida identificación indicando su fecha de elaboración y vencimiento.

## **12) PASTEURIZACIÓN**

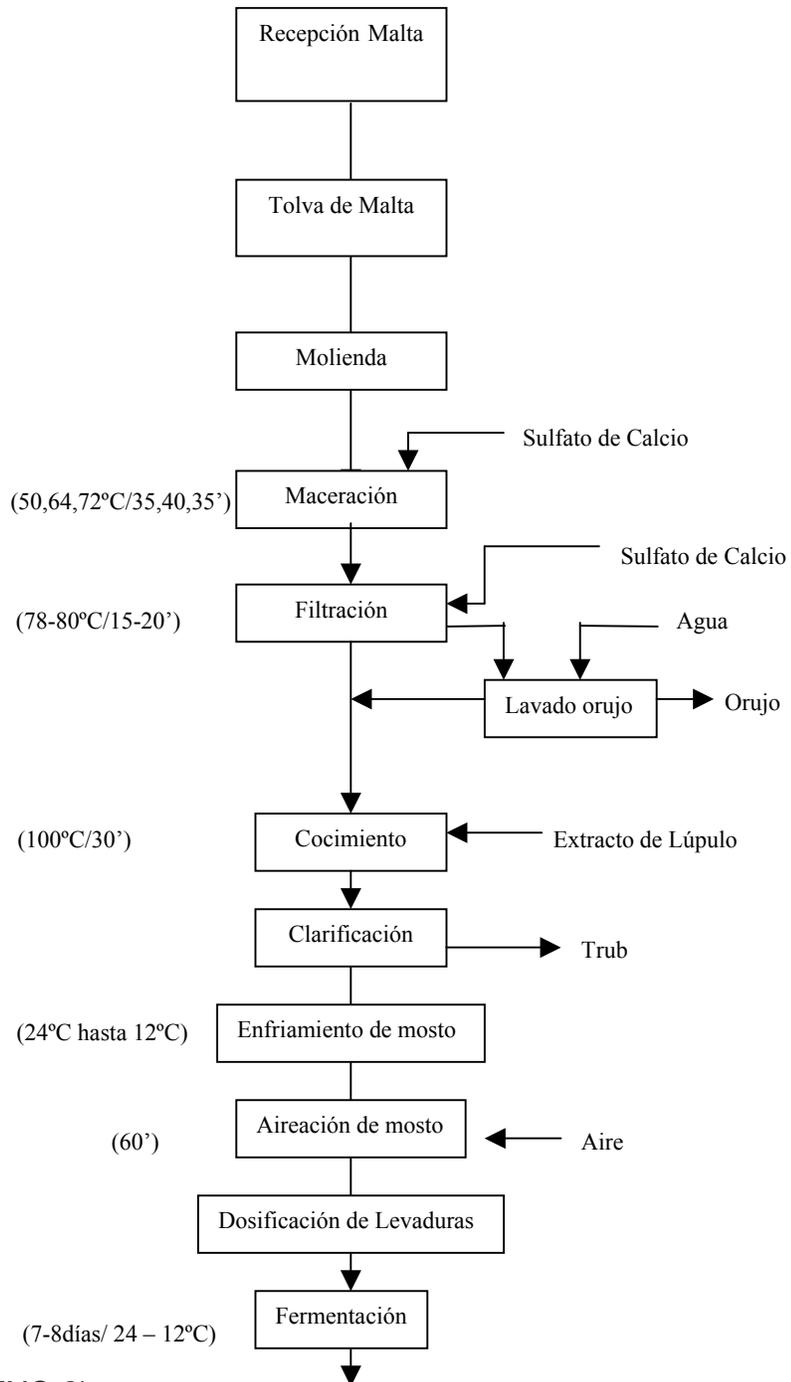
Las botellas llenas y tapadas son tratadas en un equipo pasteurizador con agua caliente a 62°C por 10 minutos aproximadamente. Este proceso de pasteurización tiene como finalidad destruir o inactivar cualquier microorganismo que pueda contaminar microbiológicamente el producto embotellado. Una vez finalizado éste proceso, se etiquetan para garantizar una duración comercial de seis meses aproximadamente.

## **13) EMPAQUE Y DESPACHO**

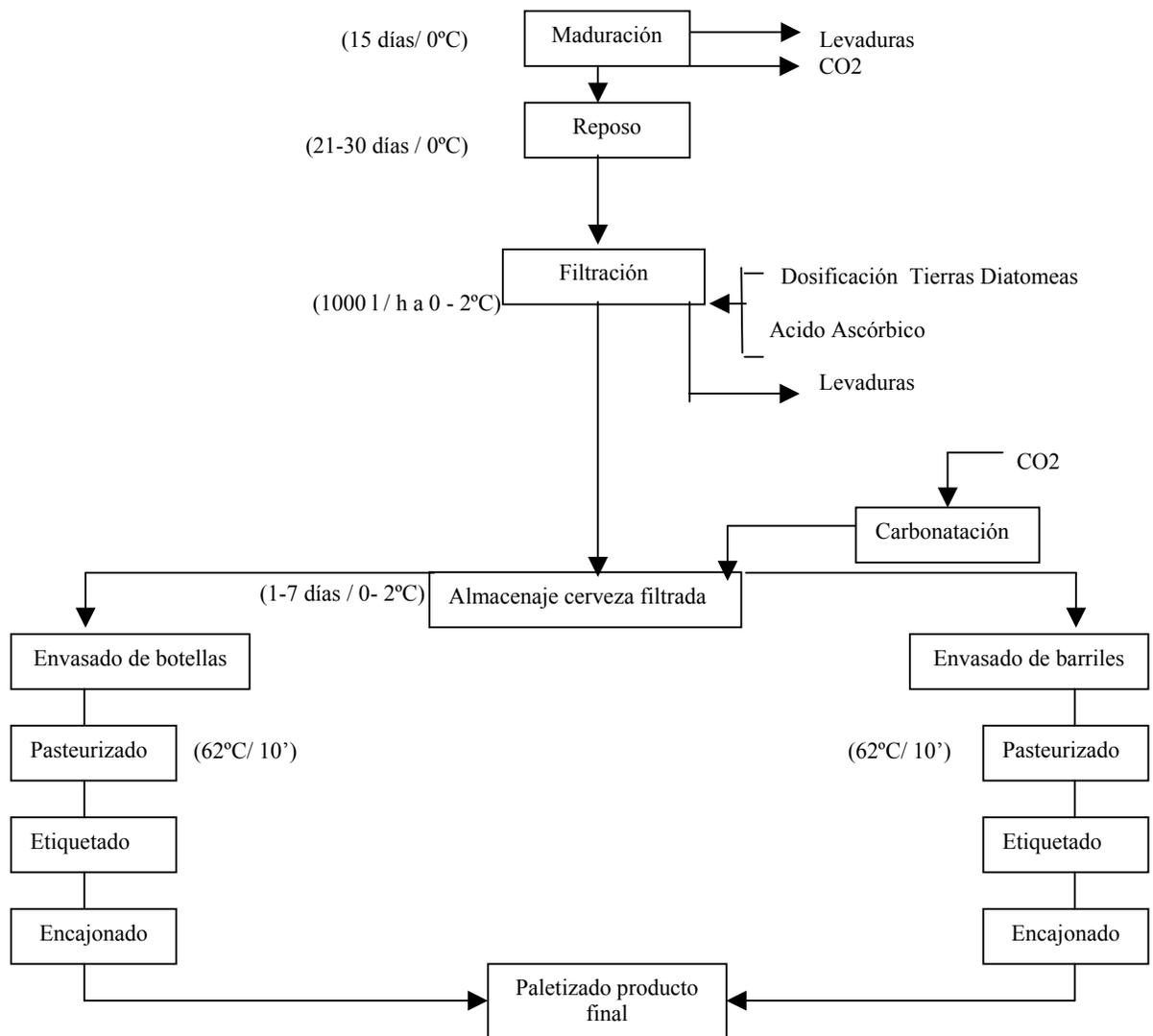
Las botellas terminadas son puestas en cajas de 24 unidades con su debida identificación del producto, también se realizan “pack” de 4 unidades cada una y con estos pack preparar “displays” que agrupan seis packs (24 botellas).

## ANEXO 2

### Diagrama de flujo de elaboración de cerveza por la industria Compañía Cervecera Kunstmann S.A.



(Continuación ANEXO 2)



**FUENTE:** Elaboración propia a partir de antecedentes entregados por la industria Compañía Cervecería Kunstmann S.A.

## ANEXO 3

### Resumen de los parámetros estudiados a través del periodo de estudio.

#### Parámetros físico – químicos

Parámetro	Alcohol % v/v	pH	Color °EBC	Amargor °BU	Turbidez °EBC	Espuma Segundos
Promedio	4,68	4,53	10,37	12,59	2,32	229,13
Desv. Estándar	0,01	0,02	0,04	0,14	0,01	2,94
Mínimo	4,59	4,41	7,67	11,91	1,96	214,30
Máximo	4,81	4,71	15,05	14,04	3,00	266,00
Rango	0,02	0,07	0,15	0,43	0,03	9,22
Coef. variación	0,23	0,57	0,44	1,13	0,65	1,32

## ANEXO 4

**Análisis de varianza de una vía para los parámetros físico-químicos a través del periodo de estudio.**

### ANEXO 4.1 Alcohol % v/v

<i>Origen de las Variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre meses	2,7296	8	0,3412	1491,78	0,0000
Dentro de meses	0,0018	11	0,0001		
Total	2,7516				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para el % v/v de alcohol entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

### Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
4	4,59	X	f
9	4,60	X	f
7	4,63	X	f
6	4,65	X	e
3	4,67	X	e
8	4,72	X	d
2	4,75	X	c
1	4,78	X	b
5	4,81	X	a

#### ANEXO 4.2 pH

<i>Origen de las Variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre meses	1,0817	8	0,1352	104,41	0,0000
Dentro de meses	0,0196	11	0,0001		
Total	1,2150				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para el pH entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

#### Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
2	4,41	<b>X</b>	<b>d</b>
6	4,45	<b>XX</b>	<b>cd</b>
1	4,48	<b>X</b>	<b>c</b>
5	4,48	<b>X</b>	<b>c</b>
4	4,49	<b>X</b>	<b>c</b>
3	4,50	<b>X</b>	<b>c</b>
8	4,58	<b>X</b>	<b>b</b>
7	4,70	<b>X</b>	<b>a</b>
9	4,71	<b>X</b>	<b>a</b>

#### ANEXO 4.3 Color

<i>Origen de las Variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre meses	711,75	8	88,9600	29649,4	0,0000
Dentro de meses	0,0131	11	0,0011		
Total	712,02				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para el color entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
7	7,67	<b>X</b>	<b>g</b>
8	7,72	<b>X</b>	<b>g</b>
9	7,72	<b>X</b>	<b>g</b>
6	9,15	<b>X</b>	<b>f</b>
3	10,12	<b>X</b>	<b>e</b>
5	10,48	<b>X</b>	<b>d</b>
4	11,37	<b>X</b>	<b>c</b>
1	14,10	<b>X</b>	<b>b</b>
2	15,05	<b>X</b>	<b>a</b>

#### ANEXO 4.4 Amargor

Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre meses	66,2130	8	8,2767	313,79	0,0000
Dentro de meses	0,0299	11	0,0272		
Total	68,8340				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para el amargor entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
9	11,91	<b>X</b>	<b>f</b>
7	11,97	<b>X</b>	<b>f</b>
8	11,98	<b>X</b>	<b>f</b>
6	12,02	<b>X</b>	<b>e</b>
5	12,10	<b>X</b>	<b>e</b>
4	12,40	<b>X</b>	<b>d</b>
3	12,81	<b>X</b>	<b>c</b>
1	13,80	<b>X</b>	<b>b</b>
2	14,04	<b>X</b>	<b>a</b>

ANEXO 4.5 Turbidez

<i>Origen de las Variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre meses	21,1254	8	2,6406	42,97	0,0000
Dentro de meses	0,0012	11	0,0001		
Total	21,1528				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para la turbidez entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
7	1,96	X	f
9	1,97	X	f
1	2,00	X	e
8	2,01	X	e
3	2,30	X	d
2	2,47	X	c
5	2,98	X	b
4	3,00	XX	ab
6	3,00	X	a

ANEXO 4.6 Espuma

<i>Origen de las Variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre meses	32510,9	8	4063,86	332,78	0,0000
Dentro de meses	76,7685	11	6,9789		
Total	33662,3				

Debido a que el valor de la probabilidad es menor, ( $p < 0,05$ ) existen diferencias significativas para la espuma entre las partidas de elaboración de cerveza *Lager*.

Prueba de Tukey al 95% de significancia

Elaboraciones	Promedio HSD	Grupos homogéneos	
9	214,30	<b>X</b>	<b>e</b>
8	218,30	<b>XX</b>	<b>de</b>
7	218,30	<b>XX</b>	<b>de</b>
4	218,90	<b>X</b>	<b>d</b>
6	221,20	<b>X</b>	<b>d</b>
5	221,20	<b>X</b>	<b>d</b>
3	229,00	<b>X</b>	<b>c</b>
1	255,00	<b>X</b>	<b>b</b>
2	266,00	<b>X</b>	<b>a</b>

## ANEXO 5

Resumen del comportamiento promedio de las variables de proceso durante las nueve elaboraciones, a partir de las cartillas de registro interno de la empresa.

### COCIMIENTO

#### ELABORACIONES

		Febrero	Febrero	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Abril	Abril	Abril
		UT3	UT6	UT9	UT1	UT3	UT8	UT3	UT4	UT10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
VARIABLES										
<b>Maceración</b>	T° Mezcla (°C)	50,9	50,8	50,94	50,8	50,7	50,9	50,5	50,6	50,7
	T° 1° Reposo, tiempo 45'	50,9	50,6	50,86	50,7	50,6	50,88	50,4	50,56	50,65
	T° 2° Reposo, tiempo 50'	64,6	64,4	64,61	64,5	64,3	64,7	64,4	64,4	64,3
	T° 3° Reposo, tiempo 35'	72,4	72,4	72,55	72,46	72,4	72,4	72,4	72,4	73,53
	pH	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
	T° Sacarificación (°C)	78	78	78	78	78	78	78	78	78
	Tiempo total maceración min.	149	140	143	143	166	143	140	140	143
	Concentración mosto (°P)	11,0	10,5	10,9	10,7	11,3	10,9	10,8	10,9	10,7
<b>Filtración</b>	T° Mezcla (°C)	80	78,6	78,9	80	79,6	79,5	79,6	80	79,5
	Densidad 1° mosto (°P)	13	12,6	13,72	13,3	13,3	13,2	13,2	13,1	13,51
	Tiempo total filtración (min)	193,2	192,5	181,1	206,3	183	173,4	184,3	159,6	154,6
<b>Cocción</b>	Densidad inicial (°P)	10	9,7	9,87	9,5	10,2	10	9,8	10	9,8
	Densidad final (°P)	10,4	10,15	9,23	10,1	10,6	10,54	10,4	10,56	10,28
	pH	5,2	s/i	5,1	5,13	5,2	5,1	5,4	5,4	5,4
	% alfa ácidos	8,2	8,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,2	7,2	7,2
	Tasa Evaporación (%)	9,0	9,8	7,3	7,82	7,5	7,1	6,41	6,6	6,6
	Tiempo total (min)	90*	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Whirpool</b>	Tiempo total (min)	41	40	33,7	30	41	30,4	30,3	34,6	32,6
<b>Enfriamiento</b>	Aireación	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Tiempo total (min)	105	115	190,1	74	72,6	93,7	78,6	85,6	101,3
	Densidad Final (°P)	10,6	10,5	10,44	10	10,3	10,6	10,4	10,5	10,1

s/i = sin información

\* Pese a que se registró un tiempo total de 90 minutos, se verificó en planilla de elaboración un tiempo adicional de retención de 20 minutos; indicado como “ problema de caldera”.

# FERMENTACION

## ELABORACIONES

	Febrero	Febrero	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Abril	Abril	Abril
	UT3	UT6	UT9	UT1	UT3	UT8	UT3	UT4	UT10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>VARIABLES</b>									
<b>Dosificación de levadura</b>	Cepa nueva				Cepa nueva				
<b>Aireación mosto</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<b>T° Fermentación (°C)</b>	14	14	13,8	12	13	14	11	10	11
<b>Tiempo Fermentación (días)</b>	7	10	9	8	6	7	7	7	7
<b>Porcentaje atenuación (%)</b>	83	80	78	75	85	79	78	79	75
<b>pH</b>	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,3	4,0	4,3	4,4
<b>Presión (Bar)</b>	0,49	0,29	0,69	0,37	0,26	0,4	0,34	0,54	0,49
<b>Extracto (°P)</b>	2,2	1,8	2,0	1,9	2,0	1,5	1,7	1,9	2,0
<b>% CO2 adición</b>	0,7	0,8	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,48

# FILTRACION

## ELABORACIONES

	Febrero	Febrero	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Abril	Abril	Abril
	UT3	UT6	UT9	UT1	UT3	UT8	UT3	UT4	UT10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>VARIABLES</b>									
<b>Presión pre-capas (3-4 Bar)</b>	2,3	2,09	2,5	2,14	2,0	1,3	1,43	2,16	1,86
<b>Δ P Filtración (0,2-0,3)</b>	1,43	1,8	1,28	1,12	3,1	1,24	1,17	1,13	4,6
<b>Filtro</b>	-	-	-	Saturac.	Saturac.	Saturac.	-	-	-

## CARACTERISTICAS MATERIAS PRIMAS

### ELABORACIONES

VARIABLES		Febrero	<i>Febrero</i>	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Abril	Abril	Abril
		UT3	UT6	UT9	UT1	UT3	UT8	UT3	UT4	UT10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Malta	22/01/02	22/01/02	22/01/02	22/01/02	18/02/02	18/02/02	18/02/02	5/03/02	5/03/02	5/03/02
	05/03/02									
	18/02/02									
Lúpulo	Variedad	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition	Hallertauer Tradition
	$\alpha$ ácidos	8,2%	8,5 %	7,5 %	7,5 %	7,5 %	7,5 %	7,2 %	7,2 %	7,2 %
Levadura "Rh"		Cepa nueva				Cepa nueva				
Agua		Análisis 9/01 y 4/02								

Nota: De acuerdo a revisión bibliográfica, solo se consideraron las variables que en mayor magnitud podrían afectar al producto final.

## ANEXO 6

### Mediciones de parámetros físico-químicos establecidos por Cervecera Chile S.A.

Análisis físico-químico establecido por Cervecera Chile S.A.

PARAMETRO	TOLERANCIA INFERIOR	ESTANDAR INFERIOR	ESTANDAR SUPERIOR	TOLERANCIA SUPERIOR
Alcohol (%v/v)	3,80	<b>3,90</b>	<b>4,30</b>	4,40
pH	4,15	<b>4,20</b>	<b>4,50</b>	4,55
Color (°EBC)	8,00	<b>8,50</b>	<b>10,00</b>	10,50
Amargor (°BU)	13,00	<b>13,50</b>	<b>16,50</b>	17,00
Espuma (segundos)	210	<b>230</b>	<b>260</b>	280
Turbidez (°EBC)	-	-	<b>0,70</b>	0,80
Ca (ppm)	0,0	<b>20,0</b>	<b>60,0</b>	-
Cl (ppm)	-	-	<b>250,0</b>	300,0
SO <sub>4</sub> (ppm)	-	-	<b>85,0</b>	110,0
CO <sub>2</sub> (g/l)	4,90	<b>4,90</b>	<b>5,30</b>	5,40