

1.1 ANTECEDENTES

Los historiadores creen que ya existía en Mesopotamia específicamente en Sudan actual Irán. Por esto se cree que los sumerios fueron los primeros en fermentar granos como la cebada, en principio por casualidad, dejando un tipo de pan afuera en la lluvia la humedad y la flora bacteriana provocaron una fermentación natural.

Los egipcios, recogiendo los métodos sumerios, elaboran una cerveza que bautizan con el nombre de "Zythus", descubren la malta y añaden miel, jengibre y comino con objeto de proporcionarle aroma y color. La cerveza fue considerada entre los romanos y los griegos como una bebida de bárbaros.

En la Edad Media, fueron los monjes de los países del norte de Europa, quienes perfeccionaron el proceso de elaboración, logrando mejorar el aspecto, el sabor y el aroma de la bebida incorporando el uso del lúpulo, planta que le otorga el característico sabor amargo a la cerveza y ayuda a su conservación, cuyo secreto guardaba celosamente cada fraile boticario.

A finales del siglo XV, el duque Guillermo IV promulga la primera ley de pureza de la cerveza alemana, que prescribía el uso exclusivo de malta de cebada, agua, lúpulo y levadura en su fabricación. La época dorada de la cerveza fue con la incorporación de las máquinas a vapor y posteriormente con los métodos de conservación en frío que trajo consigo la revolución industrial lo que hizo que se pudiese fabricar unos volúmenes de cerveza impensables en tiempos anteriores y disponer de cerveza en cualquier época del año.

La cerveza es una bebida alcohólica de baja graduación, que resulta de la fermentación alcohólica del mosto que procede de la malta de cebada, en la cual se utilizan levaduras seleccionadas y es aromatizada con lúpulo que da un amargor típico a la cerveza, la hace más ligera de digerir y sirve como conservante natural.

Dentro de las industrias biotecnológicas la producción de cerveza ocupa el primer lugar dentro de las bebidas fermentadas más consumidas, por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado internacional y nacional, la producción está dedicado exclusivo para el consumidor adulto. El crecimiento de la producción y consumo de esta bebida, ha dado una mayor importancia económica a nivel mundial. En Latinoamérica la industria cervecera es una de las actividades económicas que ha mantenido un constante crecimiento durante los últimos años permitiéndole establecerse en el mercado manteniendo un alto nivel de aceptación.

En Bolivia, la cerveza como bebida alcohólica es una de las más consumidas. El consumo promedio per cápita de cerveza en territorio boliviano alcanzó los 33.7 litros por personas al año, lo cual ubicó al país en el puesto número 12 de los 18 países considerados como “cerveceros latinoamericanos”, este crecimiento se debe a cambios en los hábitos de consumo, la cerveza representa casi el 20%, del consumo total de los tres principales rubros de bebidas ya que es un producto que está presente en evento sociales y fiesta folclóricas.

La empresa más importante actualmente en Bolivia es la Cervecería Boliviana Nacional CBN S.A, es considerada como la primera industria del país; que mediante las marcas Paceña, Huari, tiene un dominio absoluto logrando exportar sus productos a otros países que es reconocida por el liderazgo y alta calidad, logrando consolidar un alto prestigio que le ha permitido obtener muchas distinciones, seguida de otras empresas como la Cervecería Nacional de Potosí Ltda., Sociedad Industrial del Sur S.A., Sureña de Sucre, etc. Estas industrias cerveceras producen y comercializan sus productos en óptima calidad creando fuertes barreras a la entrada de nuevas marcas.

Las empresas anteriormente nombradas cuentan con el Sello IBNORCA que certifica la calidad conforme a la NB-ISO 9001: 2008, brindando seguridad y garantía de sus productos.

En tanto que, en los mercados del departamento de Tarija, se comercializa diferentes tipos y marcas de cerveza la mayoría son traídas de otros departamentos, porque lastimosamente en nuestro departamento contamos con un solo tipo de cerveza que elabora la industria de CBN S.A., mediante la marca Astra, empresa que cuenta con la maquinaria necesarias para la producir su producto logrando cubrir la demanda interna, asegurando calidad y aceptación de su producto en el mercado local.

1.2 JUSTIFICACIÓN

- Actualmente, la cerveza es una bebida alcohólica de gran consumo no solo como una bebida acompañante de un plato, sino que también puede ser un ingrediente fundamental para hacer comidas e inclusive hasta postres. Por lo tanto, la cerveza artesanal surge como una alternativa para brindar al consumidor un producto sustituto de alta calidad, con un sabor diferente y características suficientes para hacerla competitiva en el mercado tarijeño así poder satisfacer la creciente demanda.
- De esta manera surgió la necesidad de la elaboración de cerveza artesanal, que contenga atributos especiales, sin la adición de aditivos químicos y donde se lograran adquirir capacidades técnicas del proceso, en el cual se experimentaran diferentes formulaciones, para de este modo conocer cuál es la mejor, mediante un análisis sensorial.
- Además la cerveza artesanal, es una bebida refrescante de alto contenido proteico y beneficios en ciertos aspectos como nutrientes para generar energía, hacia personas que las consumen de una forma adecuada y sin excesos, es más

sana que la industrial por el simple motivo de no llevar productos químicos que a la larga afectan a la salud.

- Finalmente, se quiere que el presente trabajo incentive la producción de cebada cervecera en el departamento de Tarija, para la elaboración de cerveza artesanal, involucrando a los agricultores como potenciales proveedores de cebada, basado en el enfoque de integración vertical entre agricultores y la empresa, de esta forma garantizar la disponibilidad de materia prima y colateralmente asegurará el mercado a los agricultores. constituyéndose este modelo como una ventaja frente a grandes industrias que importan materia prima a mayor escala y altos costos.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el presente proyecto, son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Elaborar cerveza artesanal mediante fermentación con la finalidad de obtener un producto de calidad que logre diferenciarse de las otras cervezas por su sabor y característica de fabricación.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima.
- ❖ Aplicar el diseño experimental para determinar la significancia de las variables en el proceso.
- ❖ Realizar una evaluación sensorial de la cerveza artesanal para identificar la diferencia existente entre las muestras.
- ❖ Determinar el rendimiento del proceso de producción de cerveza artesanal.
- ❖ Determinar la composición fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del producto terminado.
- ❖ Realizar balances de materia y energía para determinar las cantidades involucradas en cada operación durante la elaboración de la cerveza artesanal.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el mercado de la cerveza ha ido creciendo de una manera notoria, y en la actualidad es un producto de consumo masivo, se ha visto en la necesidad de elaborar cerveza artesanal, libre de aditivos con características que satisfaga las necesidades de segmento de consumidores que hoy en día en muchas partes del mundo tienen mayor inclinación hacia productos artesanales, por la dedicación que pone el cervecero artesanal en la elaboración de su producto, ya que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que el producto final es de mejor calidad.

También porque hoy en día, en el departamento de Tarija solo se consumen cervezas industriales, las cuales están muy lejos de la verdadera cerveza, porque se elaboran con una mezcla de cereales y productos químicos que a la larga afectan a la salud y lo único que las diferencia es la etiqueta, es por eso que quiere introducir al mercado tarijeño un producto completamente natural libres de conservantes químicos y lograr satisfacer los diferentes gustos de los consumidores.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será la técnica de fermentación de la malta de cebada más adecuada con el fin de obtener un producto artesanal de buena calidad?

1.6 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

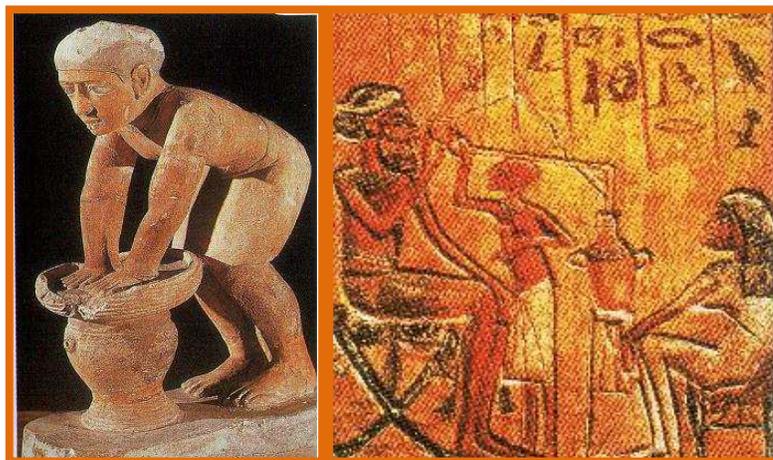
Elaborar cerveza artesanal que posea características y atributos de calidad para hacerla competitiva y diferenciable de las otras cervezas existentes en el mercado regional.

2.1 HISTORIA DE LA CERVEZA

La cerveza es tan antigua como nuestra civilización. Los primeros indicios que se tiene sobre el origen están unidos a los primeros asentamientos humanos hacia el 9.000 A.C. Su origen se remonta a la edad de piedra, y está ligado a la aparición de grupos sociales sedentarios, al inicio del cultivo del cereal y a la elaboración de pan. Los historiadores creen que ya existía en Mesopotamia específicamente en Sudan actual Irán en el año 4.000 A.C. Por esto se cree que los sumerios fueron los primeros en fermentar granos como la cebada, en principio por casualidad, dejando un tipo de pan afuera en la lluvia, que luego con el calor y levaduras salvajes fermentó.

En Egipto, los faraones acostumbraban beber cerveza desde la infancia, ya que se la consideraba alimenticia y medicinal. Fueron ellos precisamente quienes le introdujeron a la cerveza innovaciones como la preparación de la malta, nuevos aromas y tonos empleando miel, jengibre, azafrán y comino, para así darle mayor textura, sabor y color a la bebida. Los arqueólogos han encontrado restos de cervezas en las tumbas de los faraones y grabados en sus paredes que detallan su elaboración y su relación como complemento del pan ¹⁹.

Fig. 2.1
Sirviente egipcio elaborando cerveza y Bebedor de cerveza

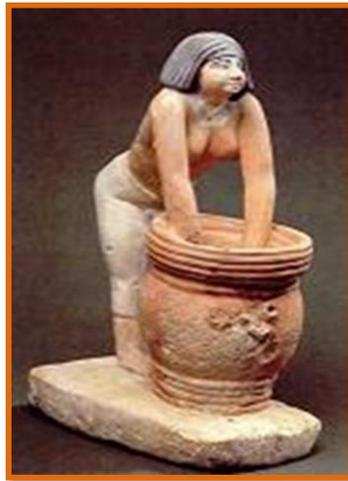


Fuente: Riquelme, 2009

La cerveza era considerada como el pan líquido, por lo que podríamos afirmar que las majestuosas pirámides de Egipto fueron construidas gracias a este maravilloso elixir que los egipcios llamaron Zythum ¹⁹.

El origen de la cerveza está íntimamente ligado a la figura de la mujer. Mientras el hombre concentraba sus esfuerzos en la caza. La mujer se convirtió en una experta cocinera de fermentaciones acidas, pero no tardó mucho en conocer y dominar la fermentación alcohólica, lo que le sirvió para producir bebidas espirituales que permitían ver cosas sobrenaturales. El éxito de estas bebidas dependía de los ingredientes de la sopa inicial (mitad pan de beber, mitad cerveza fermentada), de la temperatura ambiente y de las levaduras silvestres que iban probando y experimentando ¹⁹.

Fig. 2.2
Estatuilla de una mujer fabricando cerveza



Fuente: Riquelme, 2009

En la antigüedad, los chinos también elaboraban cerveza llamada "Kiu" utilizando cebada, trigo, espelta, mijo y arroz. Mientras que las civilizaciones precolombinas de América, utilizaban maíz en lugar de cebada. De manera similar, en la antigua Britania se elaboraba cerveza a base de trigo malteado antes de que los romanos introdujeran la cebada.

En la Edad Media, fueron los monjes de los países del norte de Europa, quienes perfeccionaron el proceso de elaboración, incorporando el uso del lúpulo, planta que le otorga el característico sabor amargo a la cerveza y ayuda a su conservación. Entre los siglos XIV y XVI surgieron las primeras fábricas de cerveza. A fines del siglo XV, el duque de Baviera Guillermo IV promulga la primera ley de pureza de la cerveza alemana, que establecía para su elaboración el uso de malta de cebada, agua, lúpulo y levadura ²⁰.

Con la revolución industrial en el siglo XVIII, llega la época de oro de la cerveza donde se masifica gracias a la incorporación de la máquina de vapor a la industria cervecera y al descubrimiento de la técnica de elaboración en frío. Esta etapa finaliza a mitad del siglo XIX cuando Luis Pasteur, descubre la levadura de alta fermentación, lo que posibilitó el control de la transformación del azúcar en alcohol ¹⁹.

Hoy en día se siguen elaborando cervezas que cumplen con esta ley, las cuales son una garantía de calidad y no tienen aditivos químicos añadidos, aunque con la incorporación de la máquina de vapor a la industria cervecera y el descubrimiento de la nueva fórmula de producción en frío la mayoría de las cervezas que se fabrican en todo el mundo son cervezas industriales que lamentablemente están muy lejos de parecerse a una legítima cerveza hecha exclusivamente con malta de cebada.

Las producciones industriales en todo el mundo están estandarizadas, los gustos han convergido, y la riqueza cultural cervecera ha aumentado. Aun así una parte de los consumidores ha comenzado a buscar cervezas con sabores alternativos, lo que permite que los pequeños fabricantes sobrevivan a las grandes compañías desarrollando cervezas de gran calidad.

Es la bebida alcohólica de consumo per cápita más alto a nivel mundial, es decir, es la que tiene mayor demanda por todos los extractos socioeconómico. En Latinoamérica, Bolivia ocupa uno de los lugares más bajos en producción, con el 1 % del total, con una producción de cerveza de 300,135 toneladas al año ¹⁷.

Tabla 2.1
Principales países productores de cerveza en el mundo

PAÍS	PRODUCCIÓN (toneladas)
Alemania	10,412,100
Francia	10,102,000
Ucrania	8,484,900
España	8,350,020
Canadá	7,605,300
Australia	7,294,000
Turquía	7,240,000
Estados Unidos	3,924,870
Bolivia	300,135

Fuente: FAO, 2010

2.2 LA CERVEZA

La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, elaborada por medio de la fermentación de una solución de cereales, donde el almidón ha sido parcialmente hidrolizado y frecuentemente aromatizado con lúpulo. Podemos considerar como cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal, presenta un color ambarino con tonos que van del amarillo oro al negro pasando por los marrones rojizos, suele estar coronada de una espuma más o menos persistente. Su aspecto puede ser cristalino o turbio.

Su graduación alcohólica principalmente se encuentra entre los 3 y 6 °G.L. aunque existen casos de cerveza con mayor riqueza alcohólica en algunas partes de mundo, pero muchos países una cerveza no puede exceder de los 6 °G.L. según algunas legislaciones los productos de alta graduación deben tener otro nombre como vino de malta, licor de malta ¹.

El crecimiento mundial de consumo cerveza se debe a cambios en los hábitos, la cerveza representa casi el 20%, del consumo total de los tres principales rubros de bebidas¹⁷.

Tabla 2.2
Principales países de consumo de cerveza en el mundo

PAÍS	CONSUMO (hectolitros)
China	446.830
Usa	241.380
Rusia	93.890
Alemania	87.870
México	64.190
Japón	58.130
España	32.510

Fuente: Kirin, 2010

En Bolivia el año 2008, el consumo promedio por persona de cerveza superó los 30 litros por persona anuales, lo cual ubicó al país en el puesto número 12 de los 18 países considerados como “cerveceros latinoamericanos, el consumo promedio per cápita en territorio boliviano alcanzó a los 33,7 litros por persona de cerveza al año uno de los más bajos de la región y el mundo, pero suficiente para convertir a la industria de la cerveza en una de las pocas consolidadas en el país¹⁷.

2.2.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CERVEZA

La composición de 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 nutritiva¹².

Se le concede cada vez más importancia a las aminas volátiles y fijas, que se generan durante la fermentación, tanto como en su influencia en el sabor y aroma de la cerveza como los posibles efectos tóxicos.

La cerveza contiene vitaminas en cantidades apreciables, en especial perteneciente al complejo B, destacando el ácido nicotínico, que puede alcanzar concentraciones de 10 ppm, el contenido mineral es de 0.3%, está constituido principalmente por fosfatos alcalinos (potasio y magnesio) y no se considera una fracción interesante desde un punto de vista nutricional.

Igual que para las demás bebidas alcohólicas, la principal característica nutricional deriva del valor energético del alcohol de la cerveza se ve además incrementado por las azúcares residuales, que pueden alcanzar concentraciones variables entre el 3 y el 6%. La mayor parte corresponde a dextrinas, oligosacáridos (maltosa) y monosacáridos (glucosa), aunque se encuentra en menor cantidad otras no utilizables biológicamente como glucanos y pentosa².

Tabla 2.3
Composición media de la Cerveza

Alcohol	
Cerveza flojas	2 – 4%
Cerveza fuerza	4 - 6%
Cerveza muy fuertes	6 - 8%
Extracto seco	
Hidrato de carbono	3 – 6
Proteínas	0.2 - 0.8
Minerales	0.3
Ácidos orgánicos	0.1 0.4
Vitaminas	<15PPM

Fuente: Tratado de la nutrición, 1999

Debido al volumen que se puede llegar a ingerir de forma habitual, hasta un litro diario, el aporte calórico total de la cerveza puede oscilar entre 280 kcal y 680 kcal. Lo cual representa un porcentaje muy elevado sobre las necesidades normales de energía de una persona ².

2.2.2 TIPOS DE CERVEZA

Existen básicamente dos grandes tipos de cerveza: las lager, elaboradas con levadura de “fermentación baja” y las ale, elaboradas con levadura de “fermentación alta”. Dentro de cada uno de estos tipos básicos existen subtipos de diferentes características cuya nomenclatura es variable y confusa ¹.

2.2.2.1 CERVEZAS DE FERMENTACIÓN ALTA

Las cervezas de fermentación alta utilizan la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*. Esto significa que las levaduras fermentan a una temperatura mayor que las de fermentación baja y que estas comienzan su fermentación en la parte alta del mosto para luego bajar al fondo. Estas cervezas suelen ser más frutadas y más complejas que las Lager. Existen variados tipos de cervezas bajo esta categoría, como ser: Pale Ale, Bitter, Brown Ale, Scotch Ale, Porter, Stout, Barley Wine.

2.2.2.2 CERVEZAS DE FERMENTACIÓN BAJA

Por su parte las cervezas de este estilo utilizan la levadura *Saccharomyces Carlsbergensis* o *Uvarum*, fueran de fermentación baja o alta. Fermentan en la parte baja del estanque y su temperatura de fermentación es menor. Suelen ser de sabores menos complejos, donde el lúpulo y la malta están presentes de forma más limpia. El término lager (que es con el que se asocia a estas cervezas) viene del vocablo Alemán “lagern” que significa almacenar, dado que estas cervezas requieren un tiempo de maduración mayor, algunos tipos de este estilo de cerveza ⁴².

Tabla 2.4
Diferentes nombres utilizado para distintos tipos de cerveza en el mundo y sus característica

Lager	Fermentación con levaduras bajas
Pilsener, Hell o Pale	Clara, mucho lúpulo, seca. Poco cuerpo.
Dortnunder	Igual que la Pilsener pero con menos lúpulo y sabor más suave.
Munich, dunkel o dark	Oscura, sabor intenso, aromático, poco lúpulo, poco amarga, dulce, poco cuerpo.
Bock, Marzen, o Marzenbier	Igual que la Múnich pero con más alcohol.
Ale	Fermentadas con levaduras altas
Pale ale	Clara, mucho lúpulo, seca, muy amarga.
Brown ale	Oscura, poco lúpulo, dulce.
Bitter	Clara, mucho lúpulo, mucho cuerpo (pale ale de barril).
Mild ale	Semioscura, dulce, poco densa, amarga.
Stout o Porter	Muy oscura, mucho cuerpo, mucho lúpulo, amarga, dulce o seca.

Fuente: Biotecnología Alimentaria, 2004

2.2.2.3 CERVEZAS DE FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA

Estas cervezas como otro tipo de cerveza su fermentación es espontánea a partir de las levaduras que contiene el aire. Generalmente tienen esencias frutales. Estas cervezas se pueden obtener por dos métodos: por una parada en la fermentación o extrayendo el alcohol a través de procedimientos físicos ⁴².

2.3 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA

La cerveza debe cumplir unos requisitos mínimos a fin de ser apta para su consumo. Entre otros: acidez total no superior a 0,3%; anhídrido carbónico superior a 3 gr/lit;

contenido en glicerina inferior a 3 gr/lt.; pH comprendido entre 3,5 y 5; contenido en cenizas no superior al 0,4% en masa; contenido máximo en metales pesados. Únicamente podrán utilizarse en la elaboración de cerveza aquellos aditivos tecnológicos legalmente permitidos.

Se considerarán cervezas no aptas para el consumo aquellas que se presenten turbias o que contengan un sedimento apreciable a simple vista (a excepción de las fermentadas en su propio envase); las que estén alteradas; las adulteradas y las elaboradas mediante procesos o con materias primas o sustancias no autorizadas ²⁷.

2.3.1 EL COLOR

Es determinado por las materias primas, especialmente la malta puesto que el color del mosto determina el color de la cerveza. Hay maltas claras y maltas oscuras. Pero también tienen influencia en el color el trabajo realizado en cocimiento o caliente del proceso, la composición del agua utilizada y las otras materias primas. La cepa de levadura también influye en el color final de la cerveza ²⁹.

El nivel de oscuridad de una cerveza indica el grado de tueste del grano utilizado para su elaboración: las más tostadas suelen presentar un tono más oscuro, aunque no debemos tomar esta regla como general puesto que en algunos procesos de elaboración interviene un ingrediente que oscurece el color final: el "caramelo". También se debe pensar que la adición de aromas frutales hace en algunas cervezas enrojecerlas y, por tanto, hacerles perder luminosidad ⁴³.

2.3.2 BRILLO Y TRANSPARENCIA

La cerveza debe ser clara y brillante. La turbidez en una cerveza puede deberse a deficiencias en la filtración, contaminación microbiológica por bacterias o levaduras salvajes, presencia de proteínas pesadas que no fueron retiradas durante el proceso, desgasificación o contaminación con oxígeno por fisuras en el tapado, reacciones fotoquímicas por sobreexposición a la luz solar ²⁹.

Una cerveza sometida a segunda fermentación correctamente se verá turbia a causa de sus propias levaduras. Esta turbulencia le conferirá cierta acritud, pero no afectará en absoluto su calidad de hecho, en muchos tipos de cerveza éste es un efecto que se busca expresamente en cambio, la turbiedad de una cerveza oxidada delatará los defectos del producto. Además hay que tener en cuenta que la cerveza debe enfriarse gradualmente y con tiempo ⁵².

2.3.3 LA ESPUMA

La espuma es la que protege a las cervezas de la oxidación, lo que pasa cuando queda en contacto con el aire por mucho tiempo va cambiando el sabor de la cerveza. Al haber siempre presente una capa de espuma, por más fina que esta sea, se evita el contacto del líquido con el aire, para que la bebida no se oxigene y no pierda el gas tan rápido, ni su sabor original ²⁸.

Toda cerveza debe tener una espuma estable la formación de la espuma depende del contenido de gas carbónico y de las proteínas que al final contiene en suspensión la cerveza. La espuma es producida por burbujas de dióxido de carbono (CO₂) que llegan a la superficie de la bebida y van explotando hay dos maneras de obtenerla, naturalmente, a través de una fermentación natural donde la levadura libera el alcohol y el dióxido de carbono en la bebida, descomponiendo los azúcares y almidones de la malta, o mediante la inyección de CO₂ ²⁹.

La densidad y duración de la espuma estará determinada por el tipo de malta y de granos que se usaron en su elaboración. Particularmente, la malta tostada, la cebada y el trigo en hojuelas aumentan el nivel de espuma en una cerveza. Los lúpulos, por su parte, ayudan a las cervezas más amargas, sin embargo, las altas concentraciones de alcohol disminuyen la cantidad de espuma presente.

Para los cerveceros la espuma es parte fundamental de esta bebida es la que mantendrá la complejidad aromática de la cerveza, ayudando al consumidor a disfrutar de las notas aromáticas y gustativas de cada cerveza en particular. Cuando se

forma la espuma, las burbujas de dióxido de carbono suben a la superficie y explotan, y así la bebida libera todos los aromas presentes ²⁸.

2.3.4 CONTENIDO ALCOHÓLICO Y DENSIDAD O EXTRACTO

El grado alcohólico, depende de la relación de azúcares fermentables y carbohidratos no fermentables conocidos como dextrinas. Algunos países tienen regulaciones gubernamentales del contenido máximo de alcohol en las cervezas si bien esto ha ido desapareciendo o cayendo en desuso a causa de la globalización comercial que ha permitido la coexistencia de cervezas de diferentes países y es entonces muy común encontrar en el mercado desde cervezas con bajo contenido alcohólico (3% - 4%) hasta cervezas europeas de 7% - 12% de alcohol ⁵².

Una cerveza de tipo corriente con una densidad o extracto original de 10% a 14%. El extracto estará constituido por carbohidratos, proteínas y minerales procedentes de las materias primas especialmente de la malta triturada y lúpulo tendrá el siguiente contenido porcentual:

Agua.....	88% - 92%
Alcohol.....	2,5%- 4%
Extracto.....	5% - 8%.

2.4 DIFERENCIAS ENTRE LAS CERVEZAS ARTESANALES E INDUSTRIALES

La diferencia fundamental entre una cerveza artesanal es más sana que la industrial por el simple motivo de no llevar productos químicos, más nutritiva por ser elaborada de base de cebada, la cual contiene nutrientes muy importantes para la salud humana, obviamente bebiendo con moderación. También hay que tener en cuenta que la gasificación de la cerveza artesanal, se produce en forma totalmente natural, gracias a la fermentación en botella, mientras que las cervezas industriales son inyectadas con gas carbónico.

Otra de las grandes diferencias entre una cerveza artesanal y una industrial, es el esfuerzo y la preocupación que un cervecero artesanal pone en la elaboración de su producto, ya que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales, por lo que el producto final es un producto mucho más cuidado, y con mejor calidad.

Hoy en día, en todos los países del mundo se consumen cervezas industriales, las cuales están muy alejadas de la verdadera cerveza, ese producto que es totalmente, elaborado según la ley de pureza alemana de 1516 que establece la utilización de malta de cebada; por lo que si consideramos la calidad de la cerveza artesanal será de mejor nutrición para la población, pudiendo ser consumida por todos los estratos sociales.

Las cervezas industriales son elaboradas con mezcla de malta de cebada y cereales adjuntos, como el arroz o el maíz, que son más económicos, por lo que sirven para que las empresas tengan bajos costos de producción, también les agrega antioxidantes, estabilizantes, sin importar demasiado la calidad del producto y alejándose de lo que realmente es una cerveza artesanal auténtica.

Por otro lado en los países de América, la variedad de cervezas no es grande, todas elaboran el mismo estilo “PILSEN LAGER”, tienen el mismo color, la misma espuma, el mismo grado alcohólico, la misma cantidad de gas, el sabor es muy parecido y lo único que las diferencia es la etiqueta, mientras que la enorme variedad de estilos de cerveza artesanal sé que puede elaborar y degustar son una infinidad de tipos de cerveza, desde rubias o doradas, pasando por rojas, negras, ahumadas, de trigo, amargas, con alto o bajo contenido alcohólico, que llegan a tener 10 o más grados de alcohol, logrando de esta manera una cerveza con un contenido alcohólico similar al vino.

2.5 COMPOSICIÓN DE LA CERVEZA

La composición viene condicionada tanto por la materia prima utilizada como por el propio proceso de fermentación alcohólica. Así, existe una concentración pequeña

pero destacable de sustancias nitrogenadas (0.2 -0.8%), procedentes de un cereal y de también de las levaduras. En esta fracción dominan las peptonas y aminoácidos libres que resultan, principalmente, de la hidrolisis de proteína ².

2.5.1 CEBADA (*Hordeum vulgare*)

La cebada es un cereal conocidos como cereal de invierno, se cosecha en primavera, se distinguen dos tipos de cebadas; la cebada de dos carreras o tremesina, y la cebada de 6 carreras o castellana. La cebada crece bien en suelos drenados, que no necesitan ser tan fértiles como los dedicados al trigo ²².

Se trata de una planta anual perteneciente a la familia de las Gramíneas, parecida al trigo, con cañas de algo más de 0.60 m, espigas prolongadas, flexibles, un poco arqueadas, y semilla ventruda, puntiaguda por ambas extremidades y adherida al cascabillo, que termina en arista larga.

Fig. 2.2
Planta de cebada (*hordeum vulgare*)



Fuente: Peralta, 2013

La raíz de la planta es fasciculada y en ella se pueden identificar raíces primarias y secundarias. Las raíces primarias se forman por el crecimiento de la radícula y desaparecen en la planta adulta, época en la cual se desarrollan las raíces secundarias desde la base del tallo, con diversas ramificaciones. El tallo de la cebada es una caña hueca que presenta de 7 a 8 entrenudos, separados por diafragmas nudosos. Los entrenudos son más largos a medida que el tallo crece desde la región basal. El número de tallos en cada planta es variable ²³.

Las hojas están conformadas por la vaina basal y la lámina, las cuales están unidas por la lígula y presentan dos prolongaciones membranosas llamadas aurículas. Las hojas se encuentran insertadas a los nudos del tallo por un collar, que es un abultamiento en la base de la hoja. Su espiga es la inflorescencia de la planta; se considera una prolongación del tallo, la cual es similar a la de las demás plantas gramíneas ²⁵.

Sin embargo, la cebada es famosa y altamente valorada porque es la materia prima esencial en el proceso de la fabricación de la cerveza. Esto, porque en base a los granos de cebada germinada es que se produce la malta. Al producirse la germinación por medio de la aplicación de ciertos grados de humedad y temperatura se desarrollan una serie de procesos que producen enzimas que liberan azúcares y ácidos aminados, los cuales posteriormente en el proceso de fermentación de la cerveza se transforman en alcohol y gas carbónico ²³.

2.5.1.1 EL GRANO DE CEBADA

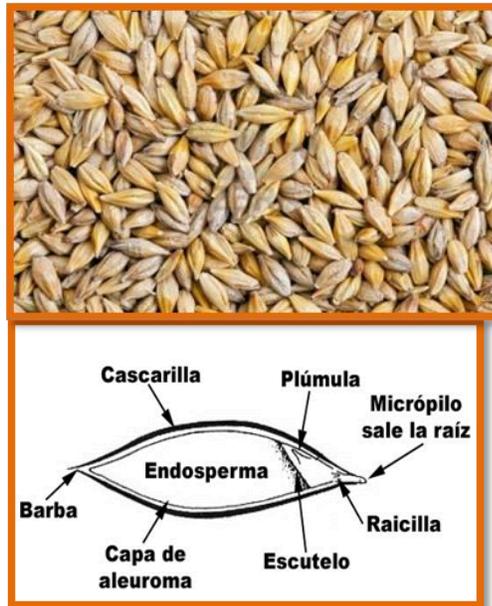
La cebada es un grano vestido, altamente resistente a la degradación química. Esto determina que sea necesaria una molienda muy controlada, que asegure por un lado la rotura de la totalidad de los granos, pero sin que llegue a un producto harinoso.

El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y sus dimensiones varían, el peso de mil granos varía de 30 a 60 gr, dependiendo de las condiciones ambientales y de manejo en que se haya desarrollado el cultivo.

El grano se divide en varias regiones o zonas. En general, de acuerdo con las características de tamaño, el grano de cebada se clasifica arbitrariamente en: grande, mediano y pequeño ⁹.

El grano es más grueso en el centro y disminuye hacia los extremos. La cáscara (en los tipos vestidos) protege el grano contra los depredadores y es de utilidad en los procesos de malteado y cervecería; representa un 13% del peso del grano, oscilando de acuerdo al tipo, variedad del grano y latitud de plantación ²².

Fig. 2.3
Grano de cebada



Fuente: Callejo, 2002

Los granos de cebada contienen almidón que se encuentran recubiertos de proteína; también contienen algo de grasa. Las paredes celulares, delgadas, contienen hemicelulosa y gomas (glucanos). En la periferia del endospermo encuentra una capa constituida por células de pequeño tamaño, ricas en proteína y exentas de granos de almidón. Es un grano con un contenido de energía similar y a veces hasta superior al del maíz, presentando una buena respuesta en producción. Si bien no es un

suplemento proteico, tiene niveles de proteína relativamente altos frente al resto de los granos de cereales ⁹.

2.5.1.2 VARIEDADES DE CEBADA

Para la alimentación humana se usa, generalmente, la llamada cebada dura, que es más rica en proteínas. Para la preparación de la malta en la industria de la cerveza, se usa la cebada tierna, que contiene más almidón y menos proteínas. Las cariósides (los frutos de la planta) de la cebada son frecuentemente usados en forma no integral, después de sacarles las glumelas externas y el salvado, para obtener una cebada perlada, expuesta también a procesos de blanqueo y de lustre ⁵³.

En el comercio se encuentra también la cebada descascarillada, un término medio, entre la cebada perlada, que es sometida al descascarillado donde se eliminan algunas partes externas de la cáscara, pero se conservan todavía buenas características nutricionales. Ciento cincuenta son aproximadamente las variedades de cebada que se cultivan actualmente:

Cebada cervecera 1 (*Hordeum vulgare*)

Cebada cervecera 2 (*Hordeum distichon*)

Cebada forrajera (*Hordeum brachyantherum* subsp *californicum*)

Cebada leporine (*Hordeum murinum* subsp *leporinum*)

Cebada salvaje (*Hordeum spontaneum*)

2.5.1.3 VALOR NUTRICIONAL

Este cereal es el más antiguo en cuanto a empleo alimentario muchos consideran a la cebada como un cereal más, sin embargo posee algunas particularidades que la diferencian del resto. Tiene más proteína que el trigo, pero tiene mucho menos gluten. La cebada es muy buena fuente de inositol, sustancia considerada durante mucho tiempo como vitamina del grupo B. La cebada también posee ácido fólico, colina y vitamina K.

La cebada es uno de los alimentos más importante para el ser humano pero su popularidad ha decrecido en los últimos años en favor del trigo y ha pasado a utilizarse básicamente como comida para animales o producción de cerveza y whisky.

En materia de minerales, la cebada es buena fuente de potasio, magnesio y fósforo, pero su mayor virtud es la riqueza en oligoelementos: hierro, azufre, cobre, zinc, manganeso, cromo, selenio, yodo y molibdeno. Esto la convierte en alimento ideal para estados carenciales y para el proceso de crecimiento. La cebada es el cereal mejor dotado de fibra (17%) y sobre todo en materia de fibra soluble (beta glucanos). Esta fibra retarda el índice de absorción de la glucosa y reduce la absorción de colesterol ²⁵.

Tabla 2.5
Composición Nutricional de la Cebada

Composición Nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	gr /100gr	89,00
Hidrato de carbono	gr /100gr	63,3
Energía	kcal/100g	354
Proteína	gr /100gr	10.5
Materia grasa	gr /100gr	1.8
Hierro	gr /100gr	89
Calcio	mg /100gr	0,03
Ácido fólico	mg /100gr	50
Materia minerales	gr /100gr	2.6
Hierro	gr /100gr	1,8
Fibra	mg /100gr	0.4

Fuente: Guía de nutrición, 2003

La cebada contiene aproximadamente unas 20 enzimas. Las enzimas son sustancias imprescindibles para que el cuerpo humano realice todas sus funciones con

normalidad. La cebada entera es la que aporta un contenido nutricional más alto que otros cereales²⁴.

2.5.1.4 ALMACENAMIENTO DE LA CEBADA

El almacenaje de la cebada que se realiza previo al malteado es considerado una etapa crítica. Es preciso extremar los cuidados, poniendo especial énfasis en la humedad y la temperatura del grano para reducir los procesos respiratorios a fin de no reducir los índices de germinación.

La cebada es más estable seca y mantenida a baja temperatura. Si ha sido recolectada por una cosechadora cuando su contenido en agua era superior al 15 % suele secarse en la granja o en las materias. El proceso de secado tiene que llevarse a cabo de tal forma que permanezca viable la planta embrionaria contenida en cada grano; por consiguiente, es necesario evitar el uso de temperaturas demasiado altas y para acelerar la desecación debe recurrirse a aumentar la velocidad del flujo del aire y a un calentamiento gradual del mismo.

En una operación de secado típica de dos horas de duración, el aire utilizado para la desecación debe hallarse inicialmente a 54 °C e ir elevando su temperatura hasta los 66 °C, pero la temperatura del grano nunca debe sobrepasar 52 °C. El calentamiento tiene habitualmente otro efecto ventajoso, el de reducir el tiempo necesario para finalizar el período durmiente estado de reposo.

Un tratamiento típico consiste en desecarla hasta un 12 % de agua y almacenarla luego a 25 °C durante 7–14 días. Es habitual reducir después la temperatura a 15 °C, mientras se efectúan las operaciones de limpieza y clasificación de los granos por tamaño.

El movimiento del grano de un silo a otro contribuye a uniformizar la temperatura de grandes volúmenes de grano y a introducir oxígeno, necesario para que los embriones respiren²⁶.

2.5.1.5 CEBADA MALTEADA

Los granos malteados desarrollan las enzimas que se necesitan para convertir el almidón del grano en azúcar. La cebada es el cereal malteado más común, debido a su alto contenido en enzimas. Se pueden maltear otros granos, aunque la malta resultante puede que no tenga el contenido enzimático suficiente para convertir su propio contenido de almidón completa y eficientemente ¹².

Fig. 2.4
Cebada germinada y Cebada malteada



Fuente: Cervezarte, 2013

La malta se usa para fabricar cerveza, whisky y vinagre de malta. Los granos malteados desarrollan las enzimas que se necesitan para convertir el almidón del grano en azúcar. La cebada es el cereal malteado más común, debido a su alto contenido en enzimas ³⁷.

Tabla 2.6
Composición Nutricional de la Malta

GRUPO	AZÚCARES
Porción comestible	1,00
Agua (ml)	8,00
Energía (Kcal)	300,00
Carbohidratos (gr)	84,80
Proteínas (gr)	5,20
Lípidos (gr)	0,10
Colesterol (mgr)	0,00
Sodio (mgr)	0,00
Potasio (mgr)	20,00
Calcio (mgr)	0,00
Fósforo (mgr)	0,00
Hierro (mgr)	0,00
Riboflavina (B2) (mgr)	0,18
Ácido ascórbico (C) (mgr)	0,00
Ácido Linoleico (gr)	0,00
Ácido Linolénico (gr)	0,00

Fuente: Nutriguia, 2009

El típico proceso de malteado de la malta Pale se desarrolla de la siguiente manera:

Los granos frescos se lavan y empapan hasta que comienza la germinación. Se les proporciona un grado de humedad constante para promover la germinación y el crecimiento del acrospiro; es decir, del pequeño tallo que comienza a crecer del grano.

Se deja crecer el acrospiro hasta una longitud similar a la de la semilla, o un poco menos. Este proceso tarda unos 4 o 6 días para la cebada. Tras esto, la malta verde se cuece a una temperatura de 38°C a 49 °C durante 24 horas, y después de 60°C a 71°C, hasta que el contenido de humedad sea menor del 6%. Las maltas oscuras para cerveza se cuecen a veces de diferente manera para potenciar diferentes características³⁷.

Hay variedades que dan granos durmientes, lo que es ventajoso para el caso de que la espigas maduras se humedezcan antes de la recolección, de manera que se den condiciones favorables para que los granos germinen cuando todavía se encuentran en la espiga, pero constituye un inconveniente si obliga al malteado a recurrir a un tratamiento prolongado y complejo para germinar los granos.

En el transcurso de los años, se ha ido imponiendo, prácticamente en todo el mundo, el aroma de las cervezas elaboradas a partir de cebada malteada. Además, la cebada utilizada para la elaboración de malta destinada a la producción de cerveza es más rica en almidón, que es la sustancia que da origen al extracto fermentable⁵.

2.5.1.6 MALTAS BASE

La malta se obtiene de la cebada, la cual es una planta gramínea y está en la categoría de cereal, como el trigo o el maíz.

Maltas de 2 hileras (2-row)

Esta malta tiene como característica principal el tener menos cáscara que la 6 hileras y ser más “carnosa”, es decir tener más almidones que nos darán un mayor rendimiento a la hora de extracción del mosto (más azúcares fermentables). Algunos cerveceros creen que el usar maltas con menos cáscara ayudará a reducir la cantidad de taninos y sabores a fenol derivados de esta, pero también es importante recordar que la cáscara nos ayuda como filtro al momento de lavar los granos y debemos tomar esto en cuenta para tener un buen filtro al momento de extraer el mosto⁵.

Maltas de 6 hileras (6-row)

Esta malta tiene como característica principal el tener más cáscara y un potencial enzimático más alto el cual puede convertir entre un 30 y un 40 % de los adjuntos en azúcares y dextrinas. Al igual que las 2 hileras, los cerveceros llegan a preocuparse por usar esta malta debido a que puede generar más taninos y fenoles en la cerveza. Podemos encontrar diferentes tipos de maltas con estas características como:

- Pale Ale Malt
- Pale Malt
- Pilsner Malt
- Munich Malt
- Viena Malt

En resumen podemos decir que la malta 2 hileras nos dan más rendimiento para la extracción de azúcares fermentables y que las 6 hileras nos sirve para hacer cervezas con una mayor cantidad de adjuntos (otros granos y/o cereales) debido a su alto contenido enzimático.

Grano Germinado – Secado a Baja Temperatura	=	Malta Pilsen
Grano Germinado – Secado a Mediana Temperatura	=	Malta Múnich
Grano Germinado – Secado a Alta Temperatura	=	Viena

La malta Pilsen es la que más se utiliza en todo el mundo para elaboración de cerveza, debido a que su color es muy claro y su sabor suave, dándonos como resultado cervezas rubias o doradas con sabores muy suaves. Las maltas Múnich y Vienna, nos dan como resultado cervezas de tonos un poco más oscuros que pueden llegar al rojo claro y sabores más intensos a malta ⁵.

2.5.1.7 MALTAS ESPECIALES

Son maltas que aportan colores, sabores y olores especiales a los diferentes tipos de cervezas que se van a elaborar. Cuando se ha secado el grano y se ha obtenido una malta básica, se la deja más tiempo en el horno, se obtiene maltas tostadas, que se llaman Malta Caramelo, y se utiliza para darles más color a la cerveza rubia, y también acentuar el sabor a malta ³⁷.

Fig. 2.5
Tipos de malteados



Fuente: Castaño, 2012

Cuanto más tiempo se tuesta el grano, más oscuro será el color de la malta, por el grado de tostado que se obtiene por este motivo encontraremos maltas caramelo de 30, 50, 80°C, indican el grado de tostado al que ha sido sometidas ⁵.

Si mezclamos malta básica con malta caramelo 30°C, obtendremos una cerveza con color un poco más oscuro que el que obtendríamos usando solo malta base y con un sabor a malta más pronunciado ya que el tostado acentúa el sabor.

2.5.1.8 MALTA ACIDA

Esta malta contiene altos niveles de ácido láctico y se usan para cervezas con un ligero toque ácido como algunas weissbier.

2.5.1.9 MALTA NEGRA

Se tuesta cebada no malteada para hacerla. Da un color muy oscuro y un sabor tostado y seco.

2.5.1.10 MALTA AMBAR

Un toque especial de tostado usado principalmente por cerveceros ingleses para dar un color rojizo y un sabor a bísquet.

2.5.1.11 BLACK PATENT MALT

La cebada malteada se tuesta a temperaturas muy altas y se deja hornear por mucho más tiempo que la malta chocolate. Estas temperaturas tan altas destruyen los enzimas y casi la totalidad de los almidones. Estas maltas no producen azúcares fermentables. Se usa principalmente para dar color y un toque más seco.

2.5.1.12 MALTA CHOCOLATE

El nombre chocolate se refiere no al sabor, si no al color obtenido al tostar los granos. Es similar a la Black Patent malt pero es más ligera en sabor y color ⁵

2.5.1.13 MALTA CARAMELO O CRYSTAL MALTA

Esta malta tiene un color cobrizo y dependiendo del grado de tostado imparte un color más o menos fuerte. El sabor que imparte esta malta es a caramelo y le da un ligero toque dulce a la cerveza.

2.5.1.14 MALTA DE TRIGO

Es trigo malteado sin cáscara, y se usa en su mayoría para hacer las cervezas alemanas weissbier (cervezas de trigo) aunque también se le añade en pocas cantidades a algunos estilos de cerveza para ayudar a tener una mejor retención.

2.5.2 LÚPULO

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta trepadora de la familia de las cannabaceae, del orden de las urticaceae. Es, por tanto, pariente del cannabis. Sus hojas y flores son de color verde con glándulas de lupulina amarillas debajo de los pétalos. Es una planta de hoja perenne y dióica. Lo cual significa que las flores masculinas y femeninas crecen sobre plantas diferentes⁵⁰

Fig. 2.6
Planta de lúpulo y Lúpulo en pellets



Fuente: Riquelme, 2010

En las flores del lúpulo residen las denominadas glándulas de lupulina, una resina de color amarillento extraída de los pétalos que durante el proceso de elaboración de la cerveza se transforma en sustancias amargas (sabor característico de la cerveza). Esta resina contiene ácidos alfa y beta, polifenoles y aceites esenciales, constituyentes naturales que confieren a la cerveza algunas de sus propiedades saludables.

Para la elaboración de cerveza se utilizan sólo las flores (también llamadas conos o piñas) de las plantas femeninas antes de que sean fecundadas, estas flores son desecadas antes de ser usadas ⁵⁷.

Los ácidos del lúpulo proporcionan estabilidad antibacteriana y funcionan como conservante natural. Además, se ha demostrado que el principal constituyente de los ácidos del lúpulo, es también muy rico en poli fenoles, unos antioxidantes naturales muy potentes que protegen frente a la acción perjudicial de los radicales libres. Por este motivo, el lúpulo de la cerveza contribuye a prevenir las enfermedades cardiovasculares o el envejecimiento ⁵⁰

Tabla 2.7
Composición química del lúpulo seco

COMPONENTES QUÍMICOS	PORCENTAJE
Materias Nitrogenadas	17,5 %
Materias No Nitrogenadas	27,5 %
Celulosa Bruta	13,3 %
Aceites Esenciales	0,4 %
Taninos	3,0 %
Extracto al Éter (Resinas)	1,3 %
Agua	1,5 %
Cenizas	7,5 %

Fuente: Granados, 2007

La presencia de estos constituyentes otorgan a esta bebida una capacidad antioxidante equivalente a la del vino. Pero para que todas estas propiedades sean efectivas debe cumplirse, desde su cultivo hasta su procesamiento, con un protocolo fitosanitario que asegure su calidad, tanto fisicoquímica como microbiológica

Antiguamente se usaban las hojas del lúpulo para agregar a la cerveza, hoy en día se puede comprar los llamados “PELLETS”, que son hojas molidas y deshidratadas que vienen en unos cilindros de 1cm. aproximadamente por 4 mm. de ancho. El lúpulo cumple varias funciones importantes, como: amargor, sabor aroma y conservación ⁵³.

2.5.2.1 AMARGOR

La adición de lúpulo en la cerveza logra que tenga un mayor o menor grado de amargo, según la cantidad de lúpulo que se adicione y el estilo de cerveza a elaborar

2.5.2.2 SABOR

El lúpulo también otorga sabor a la cerveza. Existen variedades de lúpulo que se utilizan solo para dar sabor, porque son muy pobres en cuanto a poder de amargo y aroma

2.5.2.3 AROMATICOS

Se puede intensificar el aroma de la cerveza gracias al agregado de lúpulo. Existen lúpulos que solo se utilizan para proporcionar una mejor aroma, ya que son muy aromáticos y baja concentración de amargo y sabor. Además de ácidos, el lúpulo también contiene ácidos beta, los cuales también añaden amargor a la cerveza cuando se oxidan. Sin embargo, los ácidos beta oxidados no son tan amargos como los ácidos alfa isomerizados y contribuyen mucho menos al amargor final de la cerveza.

2.5.2.4 CONSERVACIÓN

El lúpulo es un gran bactericida, por lo que ayuda a la cerveza a prolongar el tiempo de vida, evitando la descomposición a causa de bacterias.

2.5.3 LEVADURA DE CERVECERA

La levadura es el microorganismo que se nutre de los azúcares fermentables contenidos en el mosto produciendo como subproductos alcohol etílico y CO₂ (que mezclado con el agua se convierte en anhídrido carbónico) bajo condiciones de ausencia de oxígeno. Si existe oxígeno en el mosto, la levadura lo consume para multiplicarse produciendo pequeñas cantidades de agua.

Según la cantidad de levadura que añadamos al mosto se provocarán fermentaciones diferentes. Si añadimos poca levadura, la fermentación y los subproductos de esta serán diferentes a los resultantes de la fermentación que se realice con mucha levadura. Si queremos mantener el perfil de sabor de nuestras cervezas tendremos que usar siempre la misma cantidad de levadura.

Fig. 2.7
Levadura cerveza



Fuente: <http://www.botanical-online.com/levaduradecerveza.htm>

Las levaduras se nutren, aparte de azúcares, de otros elementos como el zinc y el cobre, de fósforo, aminoácidos y amino nitrógenos. El mosto a fermentar ha de contener estos productos para que las levaduras se reproduzcan, inicialmente, más rápidamente y también para una correcta evolución de la fermentación a posteriori.

Cualquier exceso de uno de estos productos podría producir un efecto contrario e inhibir el efecto de la levadura consiguiendo con ello que las fermentaciones sean lentas e incluso que se paren¹².

Problemas de turbiedad en las cervezas y sabores extraños, entre otros, son producidos por fermentaciones mal realizadas. Desde una falta de oxígeno en el mosto al inicio de la fermentación, hasta la falta de cualquier aminoácido indispensable para el metabolismo de la levadura.

Excesos o faltas de estos productos dependen de la modificación de la malta (nivel de germinación de esta), de la cantidad de proteínas que contiene la malta, de las temperaturas y método de maceración y filtración, del tiempo y temperatura de cocción, de la rapidez con la que se enfría el mosto cocido, de la temperatura del mosto al añadir la levadura, de la temperatura de la levadura al añadirla al mosto, del estado de la levadura en el momento de añadirla al mosto⁵.

Una vez que la levadura haya consumido casi todo el oxígeno del mosto, habrá llegado al final de su proceso de multiplicación, a partir de este momento empezará a consumir los azúcares del mosto y a producir alcoholes y CO₂. Cuando la concentración de azúcares fermentables con respecto al oxígeno contenido en el mosto exceda 100 miligramos por litro, entrará la levadura en fase de fermentación abandonando la fase de multiplicación¹².

Según el tipo de levadura la fermentación durará más o menos días, normalmente los límites de una fermentación sana se sitúan entre tres y once días (tres para un Ale a temperaturas altas de 16 a 24°C para un Doble Bock a temperaturas muy bajas de 4°C. Una vez que se hayan fermentado la mayoría de los azúcares, el ritmo de la

fermentación disminuirá considerablemente hasta llegar al momento en que la levadura empezará a flocular y a depositarse en el fondo del tanque para pasar a una situación de inactividad total ⁵.

La cantidad de levadura que se use para las fermentaciones y las constantes de crecimiento y fermentación, resultantes de las temperaturas y variedad de nutrientes contenidos en el mosto, producirán subproductos muy diferentes que afectarán al sabor final de la cerveza de manera muy distinta. Para mantener un sabor siempre igual habrá que mantener todas las constantes durante la elaboración de las cervezas iguales.

Para la fabricación de la cerveza se puede partir de cultivos de una sola célula (cultivo puro) para la propagación de la levadura; pero para los cerveceros la levadura se recupera después de la fermentación y se puede emplear una y varias veces durante varias generaciones.

Diversas cepas de levadura tienen características diferentes e individuales de sabor, las levaduras que se usan en la fabricación de cerveza se pueden clasificar como pertenecientes a una u otra de las dos especies del género *saccharomyces*:

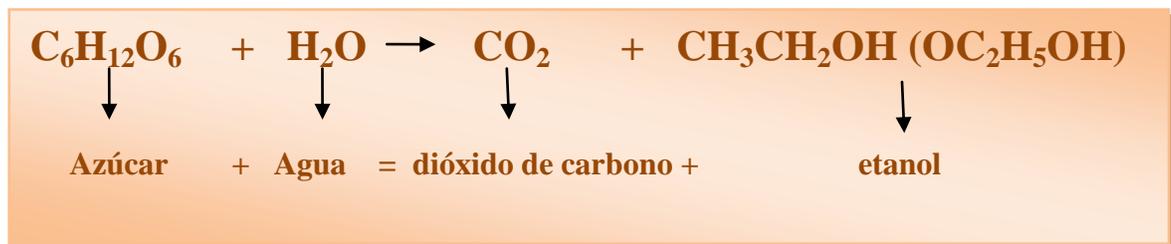
- *saccharomyces cerevisiae*
- *saccharomyces uvarum*

Siendo los de fermentación alta los pertenecientes a la *cerevisiae* y a la de fermentación baja a la *uvarum*. Las demás especies se clasifican como levaduras salvajes como la *cándida*, *pichia*, *cloquera*, *pongue*, etc. pues deterioran el sabor de la cerveza. La típica levadura cervecera es oval o esférica con diámetro de 2 a 8 μm y longitud de 3 a 15 μm ⁵⁹.

La levadura contiene un promedio de 75% de agua y entre los constituyentes más importantes de la sustancia seca el 90 a 95% es materia orgánica, la cual tiene un 45% de carbohidratos 5% de materias grasas y 50% de materias nitrogenadas, siendo las

más importantes en las nitrogenadas las proteínas y en menos cantidad las vitaminas, dentro de las materias inorgánicas que viene a ser en un 5 a 10% encontramos fósforo, potasio, sodio, magnesio, cinc, hierro, y azufre, y el contenido de materias grasas es de un 8%.

El nombre de este hongo se debe a que alimenta de azúcares cuando se encuentra en un medio más azucarado y, en unas condiciones adecuadas de temperatura de temperatura y humedad, producen la transformación de los azúcares (glucosa) más el agua del medio en que se habita en dióxido de carbono y etanol según la ecuación Gay-Lussac para la fermentación alcohólica siguiente:



2.5.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS LEVADURAS

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación. No encajan perfectamente en ningún grupo de hongo por lo que parece apropiado revisar, siquiera sea someramente, clasificación de los hongos en general.

Ficomietos

Los ficomicetos desarrollan normalmente micelios, tubos ramificados, protegidos por una pared, de diámetro bastante uniforme, que contienen citoplasma y numerosos núcleos. Los micelios de los ficomicetos no tienen septos transversos.

Algunos (como los mohos del pan, *Mucor* y *Rhizopus*) tienen células sexuales masculinas y femeninas de igual tamaño y forma. Otros tienen células sexuales femeninas de mayor tamaño, por ejemplo *Pseudoperonospora*, el responsable de la peronospora del lúpulo.

Ascomicetos

Los ascomicetos tienen micelios divididos por septos trasversos, poseen esporas características (ascosporas), producidas en sacos, nominados aseas, una vez que se ha producido la fusión sexual. Otras esporas, llamadas conidios, no proceden de la unión sexual. Constituye el grupo más numeroso de los hongos y en el se incluyen muchas levaduras, como los *Saccharomyces*, y hongos, como los *Pergillus* y *Penicillium*, muy usados en las industrias microbiológicas.

Basidiomicetos

Los basidiomicetos también poseen micelios divididos por redes transversas, pero sus basidiosporas se forman en cuatro ecrescencias de una célula característica, denominada basidio. La roya y el carbón de la cebada constituyen ejemplos de basidiomicetos, pero más familiares resultan los champiñones o los níscalos o robellones. A este grupo pertenecen las levaduras del género *Sporobolomyces* que posee esporas externas, poco corrientes denominadas balistosporas ⁸.

2.5.4 AGUA CERVECERA

Fig. 2.8
Agua Cervecera



Fuente: <http://www.opdisa.com/cual-es-la-diferencia-entre-agua-purificada-y-agua-de-manantial.php/>

La naturaleza del agua empleada en la fabricación de cerveza es de mucha atención y se llega a decir que el éxito de la cerveza depende del empleo adecuado del agua ya que constituye cerca del 95% del contenido de la cerveza por lo que es un ingrediente fundamental y del cual interesa esencialmente su contenido de sales y especialmente su dureza. Como norma general se recomienda utilizar aguas blandas con poco contenido en sales aunque ciertos tipos de cerveza requieren una gran cantidad de sulfatos como la agua del río.

En general cuanto más blanda sea el agua será más apta para la elaboración, aunque hay casos de otras cervezas, que utilizan aguas sulfurosas, más duras y con una importante concentración de sales minerales ³³.

Según cerveceros uno de los principales puntos que se debe vigilar la concentración de bicarbonatos, ya que al elevarse se incrementa el pH. Es por eso que el pH del agua es el de más importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución de 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 ejercen una influencia específica, influencia estabilizadora de los iones 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 se halla en forma de sulfato ⁸.

El ión magnesio se encuentra raramente en dosis superiores a 30 mg/l. El ión potasio se encuentra raramente en gran cantidad produce el mismo efecto pero en menor cuantía. La mayoría de los demás iones como cloruros, sulfatos, sodio y potasio no tienen otra influencia que en el sabor de la cerveza ³³.

Tabla 2.8
Composición del agua para fabricar cerveza

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

Fuente: <http://culturillacervecera.blogspot.com/2008/03/agua.html>

2.6 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico que además de generar etanol desprende grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) además de energía para el metabolismo de las bacterias anaeróbicas y levaduras⁸.

La fermentación alcohólica (denominada también como fermentación del etanol o incluso fermentación etílica) es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aire (oxígeno - O₂), originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (por regla general azúcares: como pueden ser por ejemplo la glucosa, la fructosa, la sacarosa, el almidón, etc.) para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol (cuya fórmula química es: (CH₃-CH₂-OH), dióxido de carbono (CO₂) en forma de gas y unas moléculas de ATP (adenosin trifosfato), que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico³³.

El etanol resultante se emplea en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, la sidra, el cava, etc. Aunque en la actualidad se empieza a sintetizar también etanol mediante la fermentación a nivel industrial a gran escala para ser empleado como biocombustible.

La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno para ello disocian las moléculas de glucosa y obtienen la energía necesaria para sobrevivir, produciendo el alcohol y CO₂ como desechos consecuencia de la fermentación. Las levaduras y bacterias causantes de este fenómeno son microorganismos muy habituales en las frutas y cereales y contribuyen en gran medida al sabor de los productos fermentados ⁵⁹.

Una de las principales características de estos microorganismos es que viven en ambientes completamente carentes de oxígeno (O₂), máxime durante la reacción química, por esta razón se dice que la fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico ⁵.

Si nos remontamos al origen etimológico de la palabra “fermentar”, rápidamente podremos entender lo que acontece en un depósito de fermentación. La palabra “fermentar” procede del término latino “fervere”, que significa “hervir”. Dicha denominación nos hace una idea del aspecto que toma el líquido, aunque en este caso la sensación de agitación se produce principalmente por el desprendimiento de CO₂, no exento de un desprendimiento de calor, de aquí que no es raro pensar que de la observación del proceso, se llegase a este término. Así, lo que ahora conocemos como “levadura”, antes de Pasteur era conocido como “fermento”.



GLUCOSA → ETANOL + ANHIDRIDO + CALOR + SUBPRODUCTOS
CARBONICO

Es evidente que durante el proceso de fermentación el líquido sufre una serie de cambios, entre los que más se evidencian está el cambio en su composición, pasando de un líquido en el que predominan los azúcares (agua + azúcar) a uno en el que predomina el etanol.

Podemos por tanto plantear la fermentación como el proceso donde la glucosa es transformada por un microorganismo en etanol y en una serie de componentes con especiales cualidades sensoriales (olor y sabor) y con desprendimiento de CO₂ y calor³³.

2.6.1 FERMENTACIÓN BAJA

Estas cervezas son fermentadas con levaduras específicas (*Saccharomyces uvarum* y la *Saccharomyces carlsbergensis*) que se hunden en la parte inferior de la cuba (de ahí su nombre de fermentación baja).

Las fermentaciones de este tipo se producen a temperaturas relativamente baja entre 4 – 9°C. Pertenecen a este tipo estilos como Pilsen, Bockbier y la Doppelbock (doble Bock) entre otros.

2.6.1 FERMENTACIÓN ALTA

Son cervezas elaboradas con levaduras del tipo *saccharomyces cerevisiae*, las fermentaciones de este tipo se producen a temperaturas relativamente altas 15–20°C. Estas levaduras tienden a flotar y por eso se denominan "fermentación alta"⁵.

2.7 GELATINIZACIÓN

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden beber agua de manera reversible; es decir, pueden hincharse ligeramente con el agua y volver luego al tamaño original al secarse. Sin embargo cuando se calientan en agua, los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelatinización, que es la disrupción de la ordenación de las moléculas en los gránulos. Durante la gelatinización se produce la

lixiviación de la amilasa, la gelatinización total se produce normalmente dentro de un intervalo más o menos amplio de temperatura, siendo los gránulos más grandes los que primero gelatinizan.

La temperatura a la que diversos almidones gelatinizan es realmente un intervalo de temperaturas específicos para cada almidón. Los gránulos dentro de un almidón se hinchan y en espera de mezclas de temperaturas ligeramente diferentes, se hinchan los granos más grandes que los pequeños. La temperatura de gelatinización se alcanza dependiendo del tipo de almidón aproximadamente a $60 - 71^{\circ}\text{C}$ ⁶¹.

Fig. 2.9
Granos de almidón en células de cebada visto con un microscopio

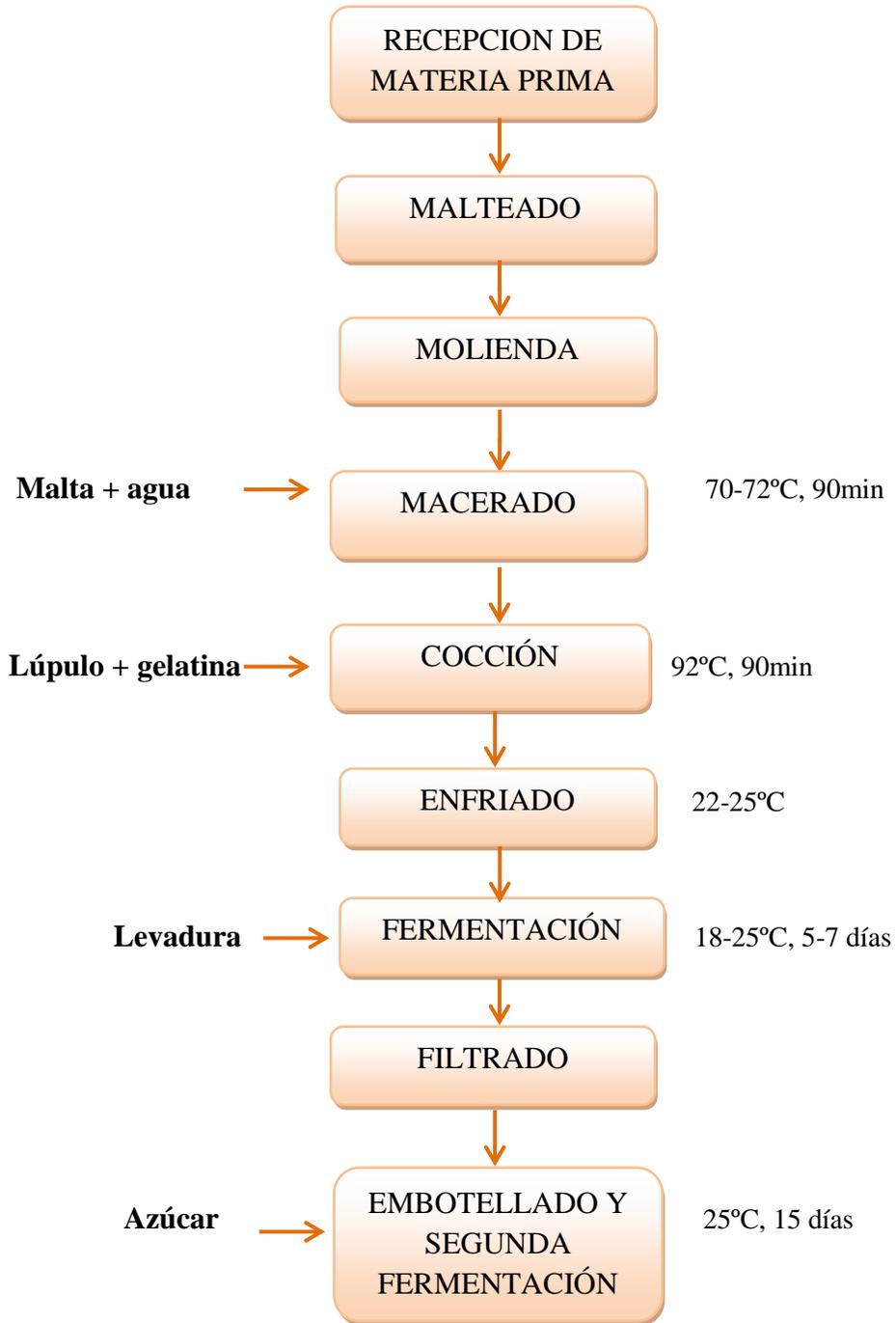


Fuente: http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Vaclavik/almidones.pdf

2.8 PROCESO DE ELABORACION DE CERVEZA

En la figura 2.10, se muestra el diagrama de bloques de la elaboración cerveza artesanal

Fig. 2.10
Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal



2.8.1 RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

No todas las variedades de cebada son óptimas para la elaboración de la cerveza. Se utilizan las denominadas cebadas cerveceras aptas para ser malteadas y, en última instancia, poder ser utilizadas en la elaboración de la cerveza. Las cebadas cerveceras deben poseer una serie de características físicas y bioquímicas. Entre las físicas, el grano de la cebada debe ser grueso, uniforme, con forma redondeada y tener un color amarillo claro, obviamente, debe estar libre de infecciones de microorganismos. La cascarilla o glumilla a su vez debe ser fina y rizada. También en esta etapa se selecciona y elimina de los granos de cebada palitos y otras impurezas.

2.8.2 PRODUCCIÓN DE MALTA

La cerveza no se puede elaborar sin malta, consecuentemente la producción de malta de cebada es el primer paso en la producción de cerveza esto es por supuesto posible con otros cereales como por ejemplo: trigo, centeno, sorgo o mijo, pero históricamente por varias razones la malta de cebada ha sido la más usada existen tres fases en el proceso de malteado: remojo, germinación y secado.

2.8.1.2 REMOJO

En tanques de fondo cónico se inicia el crecimiento del grano, se usa agua de 12 a 16 °C y el aire utilizado se inyecta por separado lo anterior se realiza por un periodo de 40 a 48 horas. El agua entra al embrión a través del micrópilo, hasta que el contenido de humedad de los granos aumenta de 44 a 46%, el agua es cambiada cada 6 u 8 horas y nunca es reciclada. El remojo inicial remueve el polvo de la superficie, tierra y microorganismos y también algunos taninos. La adsorción de agua ocurre rápidamente al principio y disminuye con el tiempo.

2.8.1.3 GERMINACIÓN

Del tanque de remojo la cebada es transferida al recipiente de germinación. Durante un periodo de 4 días a 13-16 °C y 100% de humedad, la cebada crece. Esta cama es

lentamente mezclada por una máquina para prevenir que las raicillas se enreden entre sí y para promover un crecimiento uniforme en toda la cama, la actividad respiratoria del grano genera calor y CO₂, lo cual provee la energía requerida para continuar con los cambios germinativos ².

2.8.1.4. SECADO

Puede hacerse en el mismo recipiente en que ocurrió la germinación. Para prevenir desnaturalización de las enzimas requeridas para el proceso de cervecería, la malta verde, es secada lentamente. La temperatura del aire de secado incrementa de 50 a 80 °C con varios gradientes. El aire forzado a través de la cama, disminuye el contenido de humedad de la malta hasta un 4%. La remoción de agua es relativamente fácil al inicio pero se vuelve más difícil a medida que hay que remover el agua del centro del grano ⁷.

2.8.3 MOLIDO DE LA MALTA

Molienda de la malta, con la cual se prepara una suspensión de agua 45 - 60 °C; esta suspensión se somete a una operación de calentamiento gradual en el macerador, la que recibe el nombre de sacarificación. Normalmente las cervezas se elaboran con varios tipos de malta, de acuerdo con las características que se deseen en el producto; las maltas oscuras contribuyen en el color de la cerveza, mientras que maltas horneadas a bajas temperaturas contribuyen con altas actividades enzimáticas. Cuando se utilizan adjuntos sólidos, estos se maceran en una paila aparte llamada cocedor de adjuntos, donde se calientan a ebullición para gelatinizar el almidón ³⁵.

2.8.4 MACERACIÓN

La maceración es la operación en el cual la malta y los adjuntos son mezclados con agua en un proceso controlado de calentamiento, Para digerir y extraer proteínas, carbohidrato, enzimas y sustancias fenólicas, para obtener azúcares fermentables y compuestos nitrogenados para la nutrición de la levadura. Los errores durante este proceso no son fácilmente corregibles y pueden hacer que el resto del proceso sea

muy difícil, Comúnmente se divide en dos etapas que son reposo y acabado, entre el reposo y el acabado puede haber una pre filtración, pre enfriamiento y pre carbonatación. La maduración se puede hacer:

Dos etapas Reposo y acabado y durante el reposo hacer una segunda fermentación, en el paso de reposo acabado la temperatura es de 2 a 3°C y en acabado se puede enfriar a -1°C. Fermentar hasta el extracto límite Este sistema es americano y en el paso de fermentación a reposo se efectúa el enfriamiento y entre reposo y acabado, pre carbonatación, pre filtración, pre enfriamiento y durante la filtración final se hace también enfriamiento ⁴.

2.8.5 COCCIÓN

El mosto dulce pasa al tanque u olla de cobre o acero inoxidable calentándolo donde se le adiciona el lúpulo se somete a ebullición durante 30 - 90 min a presión atmosférica, la cantidad de lúpulo adicionada varía dependiendo del tipo de cerveza, entre 0,14 y 0,42 kg por hectolitro. Los objetivos de esta operación son varios: Extraer las resinas y aceites esenciales del lúpulo (las cuales además sufren reacciones de isomeración e hidrólisis).

Inactivar las enzimas para detener la conversión excesiva del mosto a cerveza. Coagular proteínas y favorecer las reacciones entre taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan clarificando así el producto. Esterilizar el mosto para evitar la presencia de microorganismos indeseables que compitan con la levadura durante la fermentación. Promover reacciones de caramelización, de Maillard y de oxidación de compuestos fenólicos para la formación de melanoidinas que contribuyen al color y sabor de la cerveza. Volatilizar y remover compuestos que confieren aromas indeseables. Disminuir el pH por precipitación de fosfato de calcio y otros iones. Eliminar agua (10 % del volumen aproximadamente) para concentrar el mosto ⁴.

2.8.6 ENFRIADO

El mosto lúpulado se enfría, por lo general en cambiadores de calor de placas, a temperaturas entre 6 y 15°C, lo cual provoca la precipitación de proteínas y taninos insolubles en partículas más finas que se separan por filtración o centrifugación, el caldo debe ser enfriado lo más pronto posible a 5 o 6°C, o lo que es más común de 7 a 10°C, durante este proceso el caldo pierde claridad tornándose turbio debido a la formación de un precipitado en frío en cual consiste en componentes de proteína poli fenoles que pierdes solubilidad.

2.8.7 FERMENTACIÓN

El proceso de fermentación se inicia con la inoculación del mosto lúpulado con un cultivo “puro” de levaduras. La fermentación se inicia generalmente a temperaturas de 7 - 11 °C en cervezas lager, la cual se incrementa a 10 - 15 °C en un tiempo de 3 a 5 días, para finalmente descender a las temperaturas iniciales; la fermentación dura en total entre 8 y 10 días. Las gravedades específicas típicas (densidades) del mosto lúpulado son de 1.032 - 1.040 g/cm³ para cervezas lager luego de la fermentación descende a 1.008 - 1.010 g/cm³. La relación de conversión de carbohidratos a alcohol se maneja en cervecería como atenuación. Los valores típicos de atenuación son de 70 - 80% ².

2.8.8 FILTRACION

La cerveza puede filtrarse parcial o totalmente para eliminar los residuos sólidos que pueda tener, suele enfrentarse al reto de un exceso de levadura en la cerveza que debe filtrarse. Este exceso de levadura limita inevitablemente el tiempo útil de la filtración. El separador elimina, de forma continua, una gran parte de la levadura de la cerveza antes de la filtración. Gracias al ajuste de la cantidad de células de levadura deseada en la cerveza joven mediante el separador, se estandarizan los procesos de maduración y post fermentación. De esta forma se consiguen condiciones del proceso definidas y una fermentación uniforme.

2.8.9 EMBOTELLADO Y SEGUNDA FERMENTACION

El contenido de anhídrido carbónico se regula en el tanque embotellador. El envasado de la cerveza se realiza en botellas, botes, cubas o barriles, generalmente se pasteuriza. La cantidad de alcohol oscila del 2 al 6%. Gracias al envasado la cerveza llega a su hogar con las mayores garantías de conservación, sabor y cuerpo. Las cervezas que hayan tenido una segunda fermentación en la botella pueden contener en el fondo de la misma un depósito de levadura o sedimento. Para no enturbiar la cerveza, habrá que tener cuidado al servirla. Este sedimento no sólo no es perjudicial sino que es señal de una buena cerveza que ha tenido una maduración posterior.

2.9 EL DETERIORO DE LA CERVEZA

La cerveza, durante el proceso de elaboración, puede tener tres tipos de deterioro: microbiológico, químico y físico.

2.9.1 EL DETERIORO MICROBIOLÓGICO

Los problemas de contaminación de la cerveza por microorganismo indeseables se han logrado minimizar, al implantar estrictas medidas higiénicas en diferentes etapas del proceso de obtención. Además, los microorganismos que puedan contaminar el mosto lupulado, gracias al contenido de alcohol, el pH y el efecto antimicrobiano de algunos componentes del lúpulo. Por esas razones, aunque el producto no se pasteurice, los riesgos de contaminación son bajos.

2.9.2 EL DETERIORO QUÍMICO

La cerveza posee una serie de congénitos que son susceptibles a la oxidación en presencia de oxígeno y luz. Al oxidarse, se originan sabores desagradables en el producto, fácilmente perceptible por el paladar. Para evitar el contacto de cerveza con la luz, factor que acelera las reacciones de oxidación, se envasa la bebida en botellas en botellas decolora ambar (café) o verde y en lata.

2.9.3 EL DETERIORO MICROBIOLÓGICO

La cerveza tiende a presentar turbidez por la precipitación de proteínas y dextrinas. Estas es una de las formas de deterioro que más perciben los consumidores y constituye un problema serio de imagen, porque, la mayoría de los casos, los clientes creen q la turbidez es un producto de la existencia de microorganismo y lo asocian con problemas de higiene ⁸.

2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño factorial se entiende aquel, en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los factores en cada ensayo completo o réplicas de experimento. Sin embargo el diseño factorial es muy importante porque se usa ampliamente en el trabajo de investigación y porque constituye la base para otros diseños de gran valor práctico.

Cada uno con dos niveles, pero en el diseño 2k tiene diferentes notaciones como ser la notación “(+), (-)” luego con letras minúsculas para identificar las combinaciones de los tratamientos y por último se utiliza los dígitos 1 y 0 para denotar los niveles alto y bajo del factor.

En el diseño factorial existen varios tipos como el 2k que consiste en k factores cada uno con dos niveles y 3k que consta de k factores cada uno con tres niveles, estos niveles pueden ser cualitativos y cuantitativos ⁹.

$$2^3 \quad \text{ecuación (1)}$$

Dónde:

2 = significa los niveles

3 = significa los factores o variables

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte práctica del presente trabajo de investigación denominado “Elaboración de cerveza artesanal, se realizó en el laboratorio taller de alimentos de la carrera de ingeniería de alimentos.

3.2. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

En la realización de la parte experimental de la investigación, se utilizaron diferentes materiales y equipos que se detallan a continuación:

3.2.1 EQUIPOS

- **Molino manual** se utiliza para el molido de la malta

Tabla 3.1
Especificaciones técnicas del molino manual

Características	Detalles
Marca	Victoria
Industria	Boliviana

Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.1
Molino manual



Fuente: Elaboración propia

- **Cocina industrial** se utilizará para la cocción de la malta

Tabla 3.2
Especificaciones técnicas de la cocina industrial

Características	Detalles
Material	Acero inox.
Industria	Boliviana
Funcionamiento	Gas
Hornalla	2

Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.2
Cocina industrial



Fuente: Elaboración propia

- **Balanza analítica**

Utilizada durante el pesado de la malta, lúpulo y levadura cervecera para la elaboración de “cerveza artesanal” (figura 3.3) y sus especificaciones técnicas, se muestran en el tabla 3.3

Tabla 3.3
Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Características	Detalles
Marca	SUNVAR
Modelo	BB 40 – 214
Industria	Argentina
Capacidad	12 Kg

Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.3
Balanza analítica



Fuente: Elaboración propia

- **Freezer Horizontal**

Para la refrigeración del mosto a fermentar, se utiliza un freezer horizontal (figura 3.4), sus especificaciones técnicas, se muestra en la tabla 3.4

Tabla 3.4
Especificaciones técnicas del freezer horizontal

Características	Detalles
Marca	Cónsul
Voltaje	220V
Industria	Brasileira
Potencia	226w

Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.4
Freezer horizontal



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 MATERIAL DE LABORATORIO

Los materiales usados en la elaboración, se detallan a continuación:

Tabla 3.5
Materiales de laboratorio

Materiales	Tamaño	Tipo
Probeta	500 ml	Vidrio
Matraz Erlenmeyer	250 ml	Vidrio
Densímetro		Vidrio
Alcoholímetro		Vidrio
Termómetros	100 - 250°C	Vidrio
Botellón	20 ltrs.	Plástico
Couler	20 Lts.	Plástico
Olla	20 lts.	Acero inoxidable
Cuchara	Mediana	Aluminio
Colador	Grande	Aluminio
Tapas corona	Pequeña	Metal
Jarra	1000 ml	Plástico
Manguera	Mediana	Plástico
Embudo	Pequeño	Pastico
Tapón	Mediano pequeño	Goma
Funda Maceradora	Mediano	Tela

Fuente: Elaboración propia

3.3 MATERIA PRIMA, INSUMOS Y ADITIVOS

Los insumos que se utilizaron para la elaboración de cerveza artesanal se detallan en el cuadro 3.6:

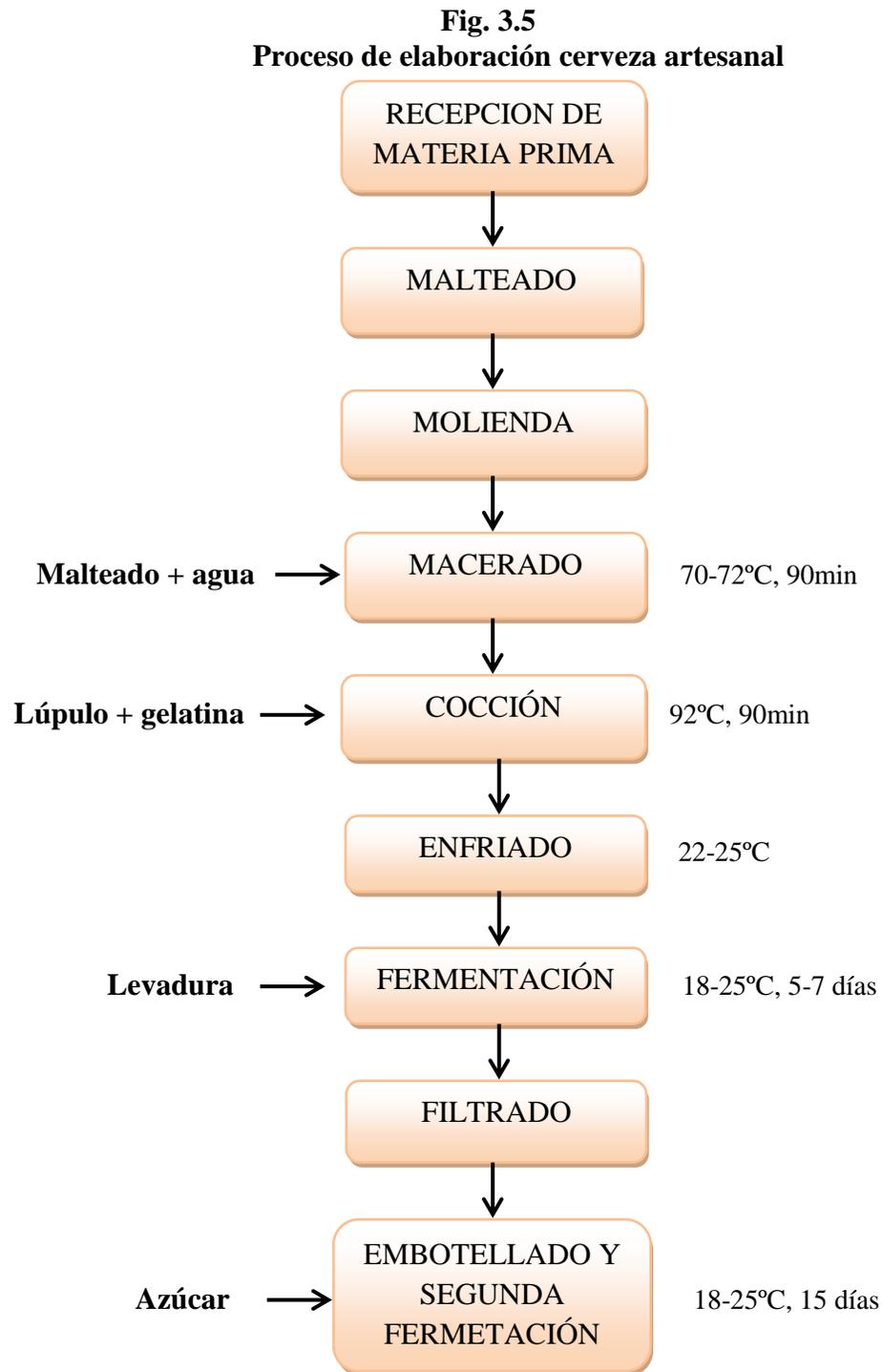
Tabla 3.6
Insumos y aditivos

Ingredientes	Procedencia
Cebada	Tarija
Lúpulo	Tarija
Levadura cervecera	Tarija
Azúcar	Tarija
Agua	Tarija
Gelatina sin sabor	Tarija

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En la figura 3.5, se muestra el diagrama de bloques de la elaboración de cerveza artesanal.



3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL

El proceso de elaboración de cerveza artesanal consta de una serie de etapas que detallaremos a continuación.

3.4.2 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

En esta etapa se selecciona y elimina de los granos de cebada palitos y otras impurezas.

3.4.3 MOLIENDA

La molienda consiste en destruir el grano, respetando la cáscara o envoltura y provocando la pulverización de la harina.

3.4.4 MACERACIÓN

El macerado consiste en mezclar la malta con agua caliente y estabilizar la mezcla a una temperatura aproximada de 67°C y luego se realiza un macerado escalonado empezando a unos 40°C y se va aumentando hasta los 75°C. Donde se obtendrán los azúcares que permitirán la obtención del alcohol.

3.4.5 COCCIÓN

Lograda la maceración se filtra el líquido, rico en azúcares y almidones. Este líquido es llevado a la cocción se agrega el lúpulo el cual serviría para dar amargo, sabor y aroma a la cerveza, también se debe adicionar gelatina para lograr eliminar las impurezas.

3.4.6 ENFRIADO

Para que actúen las levaduras se debe de bajar la temperatura de 92°C a 25°C, sumergida la olla en el agua con hielo en aprox. por media hora.

3.4.7 FERMENTACIÓN

Una vez enfriado el mosto a 25°C, se agrega la levadura ya activada. Durante la fermentación el mosto es sometido a una temperatura 15 a 22 °C por 5-7 días, para que en esta etapa las levaduras metabolicen los carbohidratos del mosto para la generación de etanol y CO₂.

3.4.8 FILTRADO

Esta etapa se realiza la eliminación de la capa de residuos que se formó durante la fermentación para lograr que esas impurezas se depositen en el fondo fermentador, por decantación.

3.4.9 EMBOTELLADO Y SEGUNDA FERMENTACION

El embotellado se realiza en botellas de vidrio color ámbar de 330 cm³ y agregar la cantidad de azúcar necesaria y mantener una temperatura 18 a 25 °C para que puedan fermentar dentro de la botella y generar alcohol y gas.

3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para obtener los resultados de la metodología experimental, se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

3.5.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MALTA CEBADA

En la tabla 3.6, muestra los parámetros, métodos y normas utilizados para el análisis fisicoquímico de la malta cebada, los cuales se realizaran en el en el laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Tabla 3.7
Determinación de las propiedades Físicoquímicas de la malta de cebada

Parámetros	Métodos	Normas
Humedad	Gravimetría	NB 074-74
Proteína	Volumétrica	NB 076-74
Cenizas	Gravimetría	NB 075-74
Carbohidratos	Cálculos	
Valor energético	Cálculos	

Fuente: RIMH, 2013

3.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Para caracterizar las variables de la elaboración de la cerveza se tomará en cuenta los siguientes aspectos.

3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño de experimentos hace referencia a una serie de técnicas estadísticas de investigación que permiten establecer diferencias o relaciones entre las variables de un problema a través de métodos científicos, buscando comprobar o rechazar hipótesis para la toma de decisiones.

3.5.2 DISEÑO FACTORIAL

Diseño factorial, es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, es decir, busca estudiar la relación entre los factores y la respuesta, y tiene la finalidad de conocer mejor como es esta relación y que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso.

Uno de los objetivos particulares más importantes que en general tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir, encontrar nuevas condiciones de operación que eliminen o disminuyan cierto problema de calidad en la variable de salida.

Los factores pueden ser de tipo Cualitativo (maquinas, tipo de material, operador, presencia o ausencia de una operación previa, etc.) o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.).

Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque. Se usan ampliamente en el trabajo de investigación, y porque constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico.

El más importante de estos casos especiales ocurre cuando se tienen k factores, cada uno con dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos como sería el caso de dos valores de temperatura presión o tiempo. También pueden ser cualitativos como sería el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superior" e "inferior" de un factor, o quizás, la ausencia o presencia de un factor.

Una réplica completa de tal diseño requiere que se recopilen $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y se conoce como diseño general 2^k . El diseño factorial utilizada en el trabajo experimental se muestra en la ecuación 3.1.

$$2^k \qquad \text{(Ecuación. 3.1)}$$

Donde

2 = número de niveles

k = número de variables

3.5.3 DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE COCCIÓN

Para la construcción de la matriz lógica experimental de diseño 2^3 que se puede observar en la tabla 3.8 se utilizaran las variables siguientes:

Tabla 3.8
Diseño experimental para la operación de cocción

Corridas	Factores			Interacciones				Respuesta
	T	t	C	Tt	TC	tC	TtC	Y1
1	-	-	-	+	+	+	+	Y ₁
2	+	-	-	-	-	+	-	Y ₂
3	-	+	-	-	+	-	-	Y ₃
4	+	+	-	+	-	-	+	Y ₄
5	-	-	+	+	-	-	-	Y ₅
6	+	-	+	-	+	-	+	Y ₆
7	-	+	+	-	-	+	+	Y ₇
8	+	+	+	+	+	+	-	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

T: Temperatura de cocción del mosto en °C

t : Tiempo de la cocción del mosto en min.

C: Concentración del lúpulo gr/lts.

Las variables respuesta será cualidades sensoriales (olor, sabor) de producto final

En el tabla 3.9, se muestran los niveles de variación de las variables en la operación de cocción de mosto

Tabla 3.9
Niveles de variación en la operación cocción

Factores	Nivel Inferior (%)	Nivel Superior (%)
Lúpulo g/l	0.7 (-)	0.9 (+)
temperatura °C	80 (-)	90 (+)
Tiempo min.	60 (-)	70 (+)

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, así como de productos de la industria farmacéutica, cosméticos, etc., por medio de los sentidos ⁶².

Se define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”.

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente ⁶³.

3.5.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA ETAPA DE COCCIÓN

Para determinar las condiciones en la etapa de la cocción mosto, se utilizará una evaluación sensorial en escala hedónica; compuesta por 10 a 20 jueces no entrenados para determinar los atributos de: color, aroma y sabor. El cual se realizará en el Laboratorio del Taller de Alimentos (LTA).

3.5.4 DISEÑO FACTORIAL EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

Así mismo para realizar el presente trabajo de investigación, se utilizará el diseño factorial de 2², conformada por dos variables: temperatura y tiempo de fermentación.

En el tabla 3.10, se muestra el diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de fermentación para la elaboración de cerveza artesanal.

Tabla 3.10
Diseño factorial de la matriz de variables para la operación de la primera fermentación

Corridas	Variables		Interacciones	Total
	T	T	T*t	
1	-	-	+	Y ₁
2	+	-	-	Y ₂
3	-	+	-	Y ₃
4	+	+	+	Y ₄

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

T: Temperatura de fermentación (°C)

t: tiempo de fermentación (días)

La variable respuesta a ser medida será: el contenido de alcohol en el producto terminado.

Tabla 3.11
Niveles de variación en la operación fermentación

Factores	Nivel Inferior (%)	Nivel Superior (%)
temperatura °C	7(-)	18 (+)
Tiempo días.	7 (-)	12 (+)

Fuente: Elaboración propia

3.5.5 EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA OPERACIÓN DE FERMENTACIÓN

Para determinar las condiciones en operación de fermentación, se utilizará una evaluación sensorial en escala hedónica; compuesta por 20 jueces no entrenados para determinar los atributos de: sabor, olor y color. El cual se realizará en el Laboratorio del Taller de Alimentos (LTA).

3.6 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Para obtener un producto terminado, se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

3.6.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El tabla 3.12, muestra los parámetros, métodos y normas utilizados para el análisis fisicoquímico de la cerveza artesanal, a ser realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.12
Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto terminado

Parámetros	Métodos	Normas
pH	Potenciaometría	NB381- 2001
Extracto real	Picnómetro	Sin referencia
Alcohol	Picnómetro	NB381- 2001
Acidez total	Volumetría	NB381- 2001
Acidez volátil	Volumetría	Sin referencia

Fuente: CEANID, 2013

3.6.2 PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 3.13, muestra los parámetros, métodos y normas utilizados para el análisis microbiológico de la cerveza artesanal.

Tabla 3.13
Determinación de las propiedades microbiológicas del producto terminado

Parámetros	Métodos	Normas
Coliformes totales	Número más probable	NB32005
Mohos y Levaduras	Recuento en placa	NB32006

Fuente: Elaboración propia

3.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Para determinar las condiciones de dosificación en el proceso de elaboración de las cerveza artesanal. Se utilizará una evaluación sensorial en escala hedónica; compuesta por 20 jueces no entrenados para determinar los atributos de: color, aroma y sabor.

3.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el tabla 3.14, se muestra el cronograma de actividades para llevar a cabo la parte experimental del presente trabajo de investigación.

Tabla 3.14
Cronograma de actividades

Actividades	Meses				
	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Revisión bibliográfica					
Análisis materia prima					
Parte experimental					
Interpretación de datos					
Recopilación y redacción final					
Impresión y revisión					
Defensa					

Fuente: Elaboración propia

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Para caracterizar la materia prima, se tomó en cuenta los siguientes aspectos que se detalla a continuación.

4.1.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA MALTA DE CEBADA

Los resultados del análisis fisicoquímico de la malta de cebada, se muestra en la tabla 4.1 El análisis se realizó en 100 gr. de muestra (anexo A) en el laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Tabla 4.1
Análisis químico de la malta de cebada

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Humedad	%	8,14
Cenizas	%	2,33
Proteína	%	11,61
Fibra	%	7,20
Materia grasa	%	3,06
Carbohidratos	%	67,65
Valor energético	%	344,61

Fuente: RIMH, 2013

Como se puede observar en el cuadro 4.1, los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la malta de cerveza, presenta un contenido de humedad del 8,14 %, cenizas 2,33 %, proteína total 11,61 %, fibra es 7,20 %, materia grasa es 3,06 %, carbohidratos 67,65 % y valor energético es de 344,61 cal/100 g.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Para determinar las condiciones (variables) en la operación de cocimiento, es decir, la concentración de lúpulo, tiempo y temperatura en el cocimiento del mosto, se procedió a realizar ocho muestras con diferentes concentraciones de lúpulo (0.7 – 0.9)

gr/lit tiempos (60 – 90) min. y temperatura (80 – 90) °C. Para lo cual se procedió a etiquetarlas las muestras de la siguiente manera:

- ❖ Muestra M1= concentración de lúpulo (0.7gr/lit) +temperatura (80°C) + tiempo (60 minutos)
- ❖ Muestra M2= concentración de lúpulo (0.9gr/lit) + temperatura (80°C) + tiempo (60 minutos)
- ❖ Muestra M3= concentración de lúpulo (0.7gr/lit) + temperatura (90°C) + tiempo (60 minutos)
- ❖ Muestra M4= concentración de lúpulo (0.9gr/lit) + temperatura (90°C) + tiempo (60 minutos)
- ❖ Muestra M5= concentración de lúpulo (0.7gr/lit) + temperatura (80°C) + tiempo (90 minutos)
- ❖ Muestra M6= concentración de lúpulo (0.9gr/lit) + temperatura (80°C) + tiempo (90 minutos)
- ❖ Muestra M7= concentración de lúpulo (0.7gr/lit) + temperatura (90°C) + tiempo (90 minutos)
- ❖ Muestra M8= concentración de lúpulo (0.9gr/lit) + temperatura (90°C) + tiempo (90 minutos)

Para tal efecto, se procedió a la realización de una evaluación sensorial; mediante un test de escala hedónica de 9 puntos. Para lo cual, se utilizó 20 jueces no entrenados; quienes calificaron los atributos de color, sabor y aroma.

Para la caracterización de las variables en el diseño experimental se tomó en cuenta los siguientes puntos.

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

En la tabla 4.2, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en escala hedónica, para la selección de la muestra en el diseño experimental para la elaboración de cerveza artesanal; obtenidas de la tabla B.2.1 (Anexo B.2).

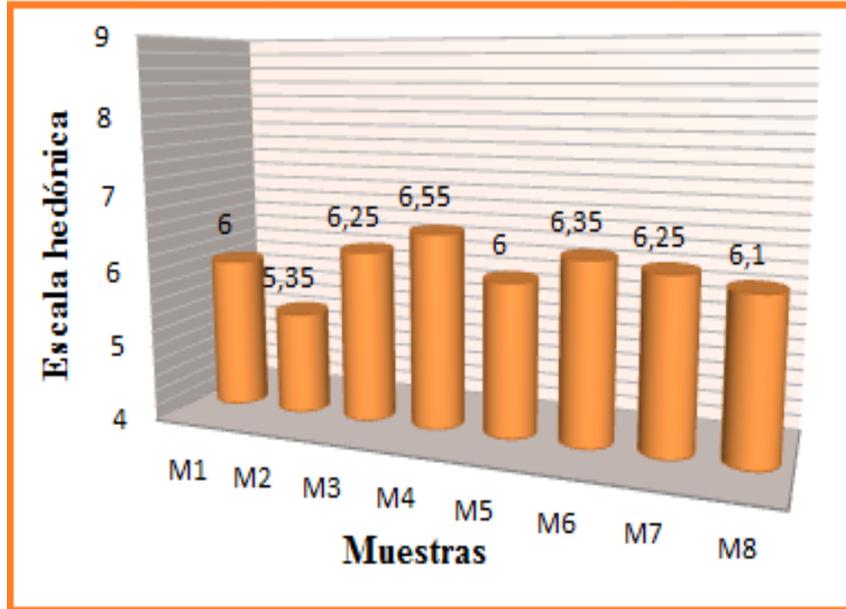
Tabla 4.2
Evaluación sensorial del atributo color en la etapa de cocimiento

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	6	6	7	8	5	6	5	5
2	5	4	5	9	4	6	4	5
3	6	7	8	6	5	5	7	8
4	7	6	6	5	9	5	7	7
5	4	5	7	7	8	8	9	6
6	7	5	7	8	7	8	7	7
7	6	5	7	6	5	6	5	5
8	5	5	6	6	5	6	6	6
9	6	6	6	6	4	6	8	7
10	5	6	8	5	8	7	7	8
11	7	5	6	8	7	7	9	6
12	6	4	7	5	5	4	7	6
13	5	5	5	6	6	6	4	6
14	7	7	6	6	7	8	7	8
15	6	5	5	8	5	4	5	6
16	8	4	8	9	6	6	4	4
17	7	5	5	5	7	8	7	5
18	5	4	5	5	6	7	6	5
19	6	6	5	6	5	7	5	6
20	6	7	6	7	6	7	6	6
Promedio	6	5,35	6,25	6,55	6	6,35	6,25	6,1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1, se muestra los valores promedio para el atributo color de cerveza artesanal en base a los resultados de la tabla 4.2

Fig. 4.1
Valores promedio para el atributo color en la etapa de cocción



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.1 muestra los valores promedio del atributo color, donde indica que la muestra M4 adquiere el mayor puntaje en escala hedónica con (6,55); en comparación con las muestras M6 (6,35), M3 (6,25), M7 (6,25), M8 (6,1), M1 (6,00), M5 (6,00) y que es menor M2 (5,35).

4.2.2 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR EN LA ETAPA DE COCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

La tabla 4.3, muestra el análisis de varianza para el atributo color en las muestras de cerveza artesanal de datos extraídos de la tabla B.2.2 (Anexo B.2).

Tabla 4.3
Análisis de varianza del atributo color en la etapa de cocción

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	243.19	159			
Tratamiento	17.84	7	2.54	2.06	3.26
Jueces	52.32	19	2.75	2.23	1.93
Error	173.03	133	1.23		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.3, se muestra el análisis de varianza para el atributo color en la etapa de cocción, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,06 < 3,26$); por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M4 (6,55); con mayor puntaje en la escala hedónica para el atributo color.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

La tabla 4.4, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en las muestras de cerveza artesanal; extraídos de la tabla B.3.1 (Anexo B.3).

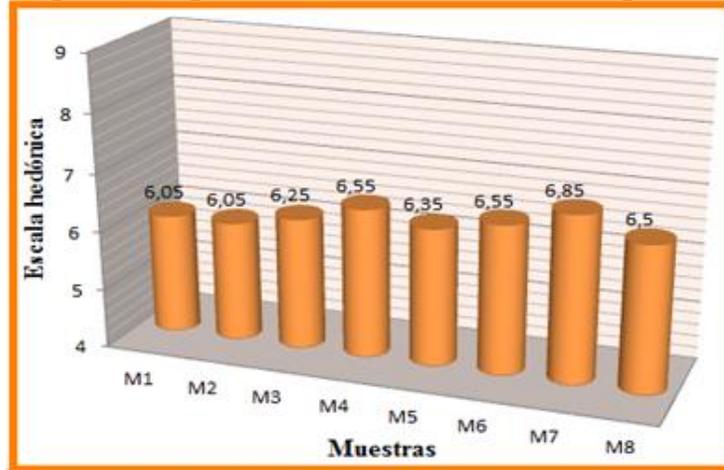
Tabla 4.4
Evaluación sensorial del atributo aroma en la etapa de cocción

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	7	5	8	8	6	6	7	7
2	6	7	6	7	7	6	7	6
3	7	6	7	8	7	7	8	7
4	6	6	5	6	7	6	5	6
5	7	5	8	8	6	6	7	7
6	6	7	6	7	7	6	7	6
7	7	6	7	8	7	7	8	7
8	6	6	5	6	7	6	5	6
9	5	7	7	5	6	8	8	8
10	5	6	5	7	6	7	7	7
11	6	5	4	5	5	5	6	6
12	6	5	5	6	5	7	7	5
13	5	7	5	6	6	6	7	5
14	6	5	6	6	7	8	8	6
15	7	5	4	8	6	7	7	7
16	5	6	8	5	6	6	4	6
17	6	7	7	7	7	7	8	8
18	6	7	8	6	6	6	7	7
19	7	6	6	5	7	8	8	6
20	5	7	8	7	6	6	6	7
Promedio	6,16	6,92	6,88	6,60	6,52	6,28	6,76	6,44

Fuente: Elaboración propia

En la figura4.2, se muestra los valores promedio para el atributo aroma de la cerveza artesanal en base a los resultados de la tabla 4.4.

Fig.4.2
Valores promedio para el atributo aroma en la etapa de cocción



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.2 muestra los valores promedio del atributo aroma, donde indica que la muestra M7 adquiere el mayor puntaje en escala hedónica con (6,85); en comparación con las muestras M4 (6,55), M6 (6,55), M8 (6,50), M5 (6,35), M3 (6,25), M2 (6,05) y M1 (6,05), que son menores.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

La tabla 4.5, muestra el análisis de varianza para el atributo aroma en las muestras de cerveza artesanal de datos extraídos de la tabla B.3.2 (Anexo B.3).

Tabla 4.5
Análisis de varianza del atributo aroma en la etapa de cocción del mosto

Fuente de variación	SC	GL	CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	152,19	199			
Tratamiento	10,54	7	1,51	2,09	3,26
Jueces	40,81	19	2,15	2,98	1,93
Error	100,83	133	0,72		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.5, se muestra el análisis de varianza para el atributo aroma en la etapa de cocimiento del mosto, $F_{cal} < F_{tab}$ (2,09 < 3,26); por lo tanto, se puede

decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M7(6,85); con mayor puntaje en la escala hedónica para el atributo aroma.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE COCCIÓN

La tabla 4.6, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor en las muestras de cerveza artesanal; extraídos de la tabla B.4.1 (Anexo B.4).

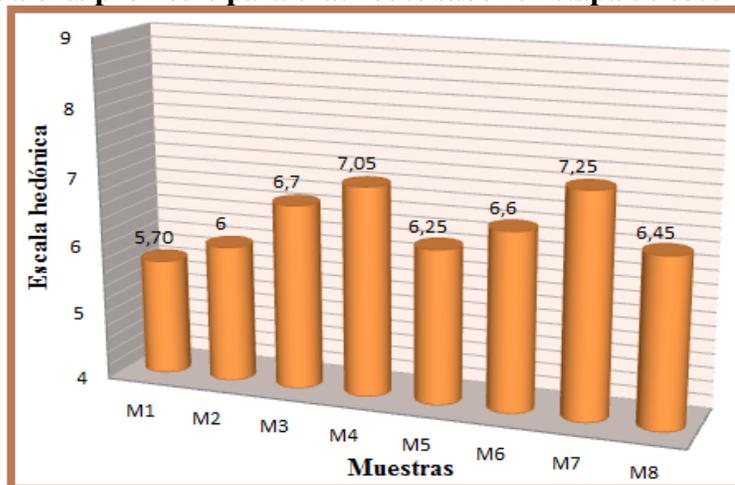
Tabla 4.6
Evaluación sensorial para el atributo sabor en la etapa de cocción

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	5	6	6	8	6	8	6	6
2	6	7	6	8	5	5	9	8
3	6	7	6	7	7	7	8	7
4	4	5	4	5	5	6	7	7
5	4	6	6	6	6	7	7	6
6	6	6	7	7	7	8	8	7
7	5	5	9	5	5	6	6	6
8	7	6	7	6	4	6	6	5
9	6	7	7	8	8	8	8	9
10	6	7	9	7	7	7	7	5
11	7	6	4	9	6	7	8	8
12	6	7	6	9	7	7	9	6
13	6	5	5	8	7	4	7	5
14	6	5	8	7	4	6	4	5
15	5	6	6	5	7	7	6	7
16	6	6	9	9	6	3	7	6
17	5	6	8	6	7	8	9	5
18	5	5	7	7	8	8	8	7
19	7	5	5	7	7	8	9	9
20	6	7	9	7	6	6	6	5
Promedio	5,70	6	6,7	7,05	6,92	6,25	7,25	6,45

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestra los valores promedio para el atributo sabor de la cerveza artesanal en base a los resultados de la tabla 4.6.

Fig.4.3
Valores promedio para el atributo sabor en etapa de cocción



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.3 muestra los valores promedio del atributo sabor, donde indica que la muestra M7 adquiere el mayor puntaje en escala hedónica con (7,25); en comparación con las muestras M4 (7,05), M6 (6,6), M3 (6,7), M8 (6,45), M5 (6,25), M2 (6,00) y M1 (5,70), que son menores.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

La tabla 4.7, muestra el análisis de varianza para el atributo sabor en las muestras de cerveza artesanal de datos extraídos de la tabla B.4.2 (Anexo B.4).

Tabla 4.7
Análisis de varianza del atributo sabor en la etapa de cocción

Fuente de variación	SC	GL	CM	F _{cal}	F _{tab}
Total	272	159			
Tratamiento	37,4	7	5,343	4,113	3,26
Jueces	52,75	19	2,776	2,137	1,93
Error	181,85	133	1,299		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.7, se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor en la etapa de cocción, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,03 < 3,26$); por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra M7 (7,25); con mayor puntaje en escala hedónica para el atributo sabor.

De acuerdo a los atributos analizados (color, aroma y sabor) en la etapa de cocción, se pudo observar que no existe significancia estadística. En base a las ocho muestras analizadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8. Se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M7 (concentración de lúpulo 0.7gr/lts + temperatura 90°C + tiempo 90 minutos), como la mejor opción ya que tienen el puntaje más alto en los dos atributos, sin embargo las otras muestras no se tomaron en cuenta debido a que tienen menor puntaje en escala hedónica.

4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR, AROMA Y SABOR PARA DETERMINAR EL TIEMPO Y TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Para determinar las condiciones (variables) en la etapa de la fermentación, es decir, el tiempo y temperatura de fermentación de la cerveza artesanal, se procedió a realizar cuatro muestras con diferentes tiempos (7 – 12) días y temperatura (7 – 18) °C. Utilizando 20 jueces no entrenados para evaluar los atributos color, aroma y sabor, que nos indicara el tipo de fermentación adecuado de la cerveza. Para lo cual se procedió a etiquetarlas las muestras de la siguiente manera:

- ✓ Muestra F1= temperatura (7°C) + tiempo (7 días)
- ✓ Muestra F2= temperatura (7°C) + tiempo (12 días)
- ✓ Muestra F3= temperatura (18°C) + tiempo (7 días)
- ✓ Muestra F4= temperatura (18°C) + tiempo (12 días)

4.3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN ETAPA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En la tabla 4.8, se muestra los resultados del atributo color, para la selección de la muestra en etapa de fermentación; obtenidas de la tabla 5.1 (Anexo B5).

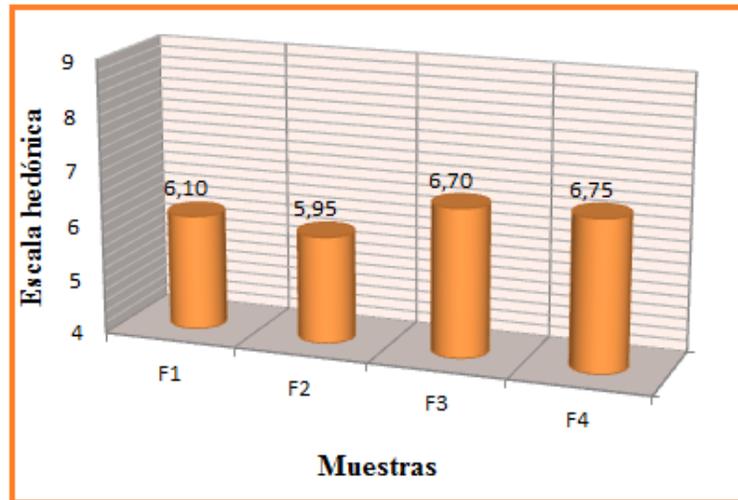
Tabla 4.8
Resultados del atributo color para la selección de la muestra en etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal

Jueces	Muestras			
	F1	F2	F3	F4
1	7	7	8	8
2	7	5	5	8
3	8	6	7	7
4	9	7	8	7
5	6	7	6	8
6	7	7	7	8
7	7	7	8	8
8	8	7	8	8
9	9	7	7	8
10	7	7	7	8
11	7	7	7	8
12	5	6	7	7
13	7	6	7	8
14	5	6	8	7
15	5	7	7	7
16	5	6	8	7
17	7	6	5	7
18	6	6	7	6
19	7	6	6	8
20	8	7	8	7
Promedio	6,10	5,95	6,70	6,75

Fuente: Elaboración propia

En la grafica 4.4, tenemos los valores promedios de la evaluacion sensorial del atributo color, para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.

Fig. 4.4
Datos promedios del atributo color para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal



Fuente: Elaboración propia

En esta grafica, podemos evidenciar que la muestra F4 es la mas aceptada por los jueces con un puntaje de 6,75 mientras que la muestra F3 tiene un puntaje de 6,70 la muestra F1 tiene un puntaje 6,10 y la muestra F2 tienen un puntaje de 5,95.

4.3.2 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En base a los resultados obtenidos de la suma de cuadrados de la tabla B 5 (Anexo B), se procede a construir la tabla 4.9 de análisis de varianza (ANVA) experimental de los efectos de los tratamientos para elegir la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.

Tabla 4.9
Análisis de varianza para la selección de la muestra en la etapa de fermentación
en la elaboración de cerveza artesanal

FV	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	84,750	79			
Tratamiento	10,050	3	3,350	4,856	8,57
Jueces	16,750	19	0,882	1,278	1,99
Error	57,950	57	0,690		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se muestra el análisis de varianza para el atributo color en la en la etapa de cocción, $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,856 < 8,57$); por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra F4 (6,75); con mayor puntaje en la escala hedónica para el atributo color.

4.3.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En la tabla 4.9, se muestra los resultados de la evaluación sensorial del atributo aroma, para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal; obtenidas de la tabla 6.1 (Anexo B 6).

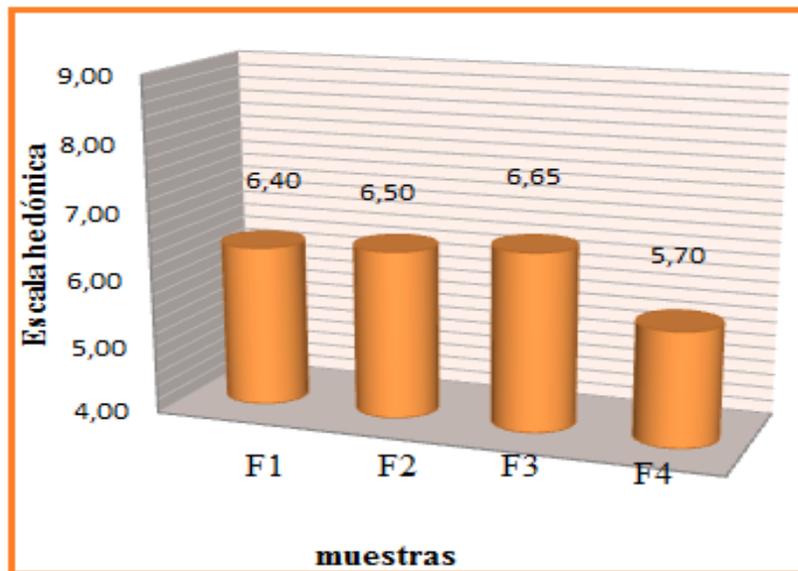
Tabla 4.10
Resultados del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal

Jueces	Muestras			
	F1	F2	F3	F4
1	7	6	5	6
2	6	5	6	5
3	7	6	7	6
4	5	7	8	6
5	7	6	6	5
6	6	6	7	7
7	8	8	9	6
8	7	7	8	5
9	8	7	1	6
10	6	7	6	6
11	5	5	7	6
12	7	7	6	5
13	7	6	7	5
14	6	7	8	6
15	6	6	7	6
16	6	5	7	5
17	5	6	7	7
18	7	8	8	5
19	5	8	6	6
20	7	7	7	5
Promedio	6,40	6,50	6,65	5,70

Fuente: Elaboración propia

En la grafica 4.10, tenemos los valores promedios de la evaluacion sensorial del atributo aroma, para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.

Fig. 4.5
Datos promedios del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, podemos evidenciar que la muestra F3 es la mas aceptada por los jueces con un puntaje de 6,65 mientras que la muestra F2 tiene un puntaje de 6,50 la muestra F1 6,40 tiene un puntaje y la muestra F4 tienen un puntaje de 5,70.

4.3.4 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En base a los resultados obtenidos de la suma de cuadrados de la tabla B 6 (Anexo B), se procede a construir la tabla 6.1 de análisis de varianza (ANVA) experimental de los efectos de los tratamientos para elegir la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal

Tabla 4.11
Análisis de varianza para la selección de la muestra en la etapa de fermentación
en la elaboración de cerveza artesanal

FV	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	103,1875	79			
Tratamiento	10,637	3	3,546	2,971	8.57
Jueces	20,9375	19	1,102	0,923	1,99
Error	71,613	57	1,194		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se muestra el análisis de varianza para el atributo aroma en la etapa de fermentación, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,971 < 8.57$); por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra F3 (6,65); con mayor puntaje en la escala hedónica para el atributo aroma.

4.3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En la tabla 4.12, se muestra los resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor, para la selección de la muestra en el atributo sabor en la etapa de fermentación, para la elaboración de cerveza artesanal; obtenidas de la tabla 7.1 (Anexo B7).

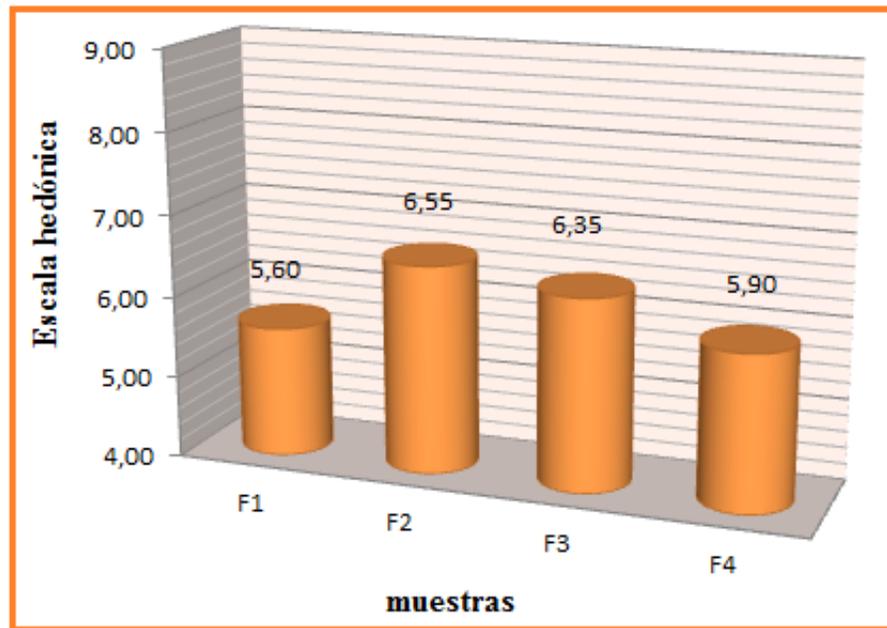
Tabla 4.12
Resultados del atributo sabor para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal

Jueces	Muestras			
	F1	F2	F3	F4
1	6	6	6	5
2	6	8	6	5
3	6	7	7	6
4	7	6	6	5
5	7	6	6	4
6	4	6	7	6
7	6	7	6	7
8	7	6	6	7
9	6	6	6	4
10	4	7	7	7
11	5	6	6	7
12	6	7	6	6
13	6	8	7	7
14	4	6	6	5
15	5	6	7	6
16	6	8	6	6
17	6	6	6	6
18	5	7	7	7
19	4	6	6	5
20	6	6	7	7
Promedio	5,60	6,55	6,35	5,90

Fuente: Elaboración propia

En la grafica 4.12, tenemos los valores promedios de la evaluacion sensorial del atributo sabor, para la selección de la muestra en etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.

Fig. 4.6
Datos promedios del atributo sabor para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal



Fuente: Elaboración propia

En esta grafica, podemos evidenciar que la muestra F2 es la mas aceptada por los jueces con un puntaje de 6,55 mientras que la muestra F3 tiene un puntaje de 6,35 la muestra F4 tiene un puntaje 5,90 y la muestra F1 tienen un puntaje de 5,60.

4.3.5 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En base a los resultados obtenidos de la suma de cuadrados de la tabla B 7 (Anexo B), se procede a construir la tabla 7.1 de análisis de varianza (ANVA) experimental de los efectos de los tratamientos para elegir la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.

Tabla 4.13
Análisis de varianza para la selección de la muestra en el proceso de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal

FV	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Total	65,200	111			
Tratamiento	11,100	3	3,700	8,39	8,57
Jueces	16,200	27	0,600	0,950	1,99
Error	37,900	81	0,632		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor en la etapa de fermentación, $F_{cal} < F_{tab}$ ($8,39 < 8,57$); por lo tanto, se puede decir que no existe diferencia significativa entre las muestras para $p < 0,05$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra F2 (6,55); con mayor puntaje en la escala hedónica para el atributo aroma.

De acuerdo a los atributos analizados (color, aroma y sabor) en la etapa de fermentación, se pudo observar que no existe significancia estadística. En base a las cuatro muestras analizadas F1, F2, F3 y M4. Se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra F2 (temperatura (7 °C) + tiempo (12 días)), como la mejor opción ya que tienen el puntaje más alto en los atributos, sin embargo la otras muestras no se tomaron en cuenta debido a que tienen menor puntaje en escala hedónica.

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Para caracterizar la cerveza artesanal, se tomo en cuenta cinco parametros los cuales, se muestran a continuacion.

4.4.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis físico-químico del producto terminado (cerveza artesanal), obtenido del Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo CEANID (Anexo C).

Tabla 4.14
Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto terminado

Parámetros	Unidad	Valor
Acidez total	%(m/m)	0,08
Acidez volátil	%	0,02
pH		4,12
Extracto real	%	3,24
alcohol	%(v/v)	4,83

Fuente: CEANID, 2014

4.4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.15, se muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado (Anexo C) al producto terminado.

TABLA 4.15
Determinación de las propiedades microbiológicas del producto terminado

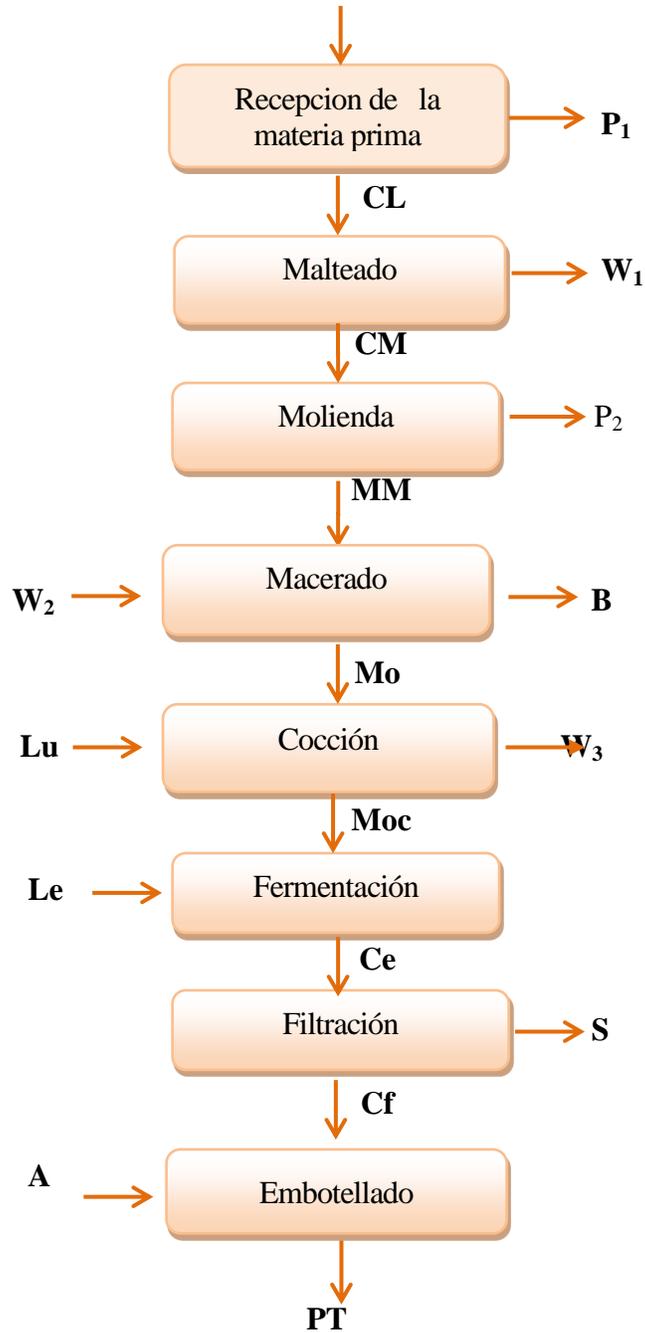
Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes totales	ufc/ml	<10
Mohos y Levaduras	ufc/ml	<10

Fuente: CIANID, 2014

4.5 BALANCE DE MATERIA

En la figura 4.7, se muestra el diagrama de bloques del balance de materia para el proceso de la elaboración de cerveza artesanal, se realizó tomando en cuenta para una cantidad de 3kg de cebada.

Fig. 4.7
Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal
C



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

C = cantidad de cebada

CL = cantidad de cebada limpia

P₁ = cantidad de pérdida en la recepción

MC = cantidad de cebada malteada

W₁ = cantidad de agua evaporada

MM = cantidad de malta molida

P₂ = cantidad de cebada malteada en la molienda

W₂ = cantidad de agua para el macerado

B = cantidad de bagazo

Mo = cantidad de mosto

Lu = cantidad de lúpulo

Moc = cantidad de mosto cocido

W₃ = cantidad de agua evaporada en la cocción

Le = cantidad de levadura

Ce = cantidad de cerveza

Cf = cantidad de cerveza filtrada

S = cantidad de sedimento

A = cantidad de jarabe de azúcar

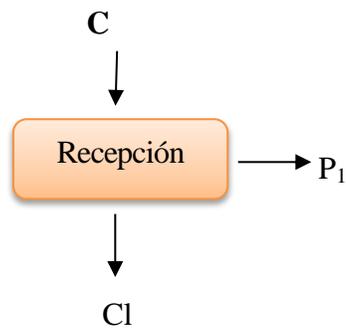
P = producto terminado

X_{H₂O} = fracción agua

4.5.1 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE RECEPCION DE LA MATERIA PRIMA

En la figura 4.8, se observa el balance de materia en la etapa de recepción de la materia prima.

Fig. 4.8
Diagrama de bloques en la etapa de recepción



Balance general de materia para en la etapa de recepción

$$C = Cl + P \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Dónde:

$$C = 3000 \text{ gr} \quad P = 185,35 \text{ gr} \quad Cl = ?$$

Remplazando en la ecuación (4.1):

$$Cl = P - C$$

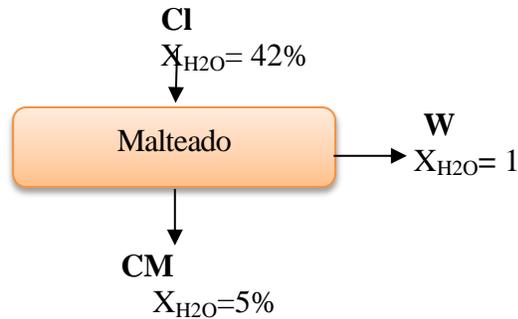
$$Cl = 3000 \text{ gr} - 185,35$$

$$Cl = 2814,65 \text{ gr de cebada limpia}$$

4.5.2 BALANCE DE MATERIA PARA EN LA ETAPA DE MALTEADO

En la figura 4.9, se observa el balance de materia en la etapa del malteado de la cebada.

Figura 4.9
Diagrama de bloques en la etapa del malteado



Balance de materia para la etapa del malteado:

$$Cl + CM = W \quad 1 \quad \text{ecuación (4.2)}$$

$$Cl * X_{H_2O} + CM * X_{H_2O} = W * X_{H_2O}$$

$$W = Cl * X_{H_2O} - CM * X_{H_2O}$$

Dónde:

$$Cl = 3996,803 \text{ gr} \quad CM = 2899,089 \text{ gr} \quad W = ?$$

Despejando W de la ecuación (4.2) tenemos:

$$W = Cl * X_{H_2O} - CM * X_{H_2O}$$

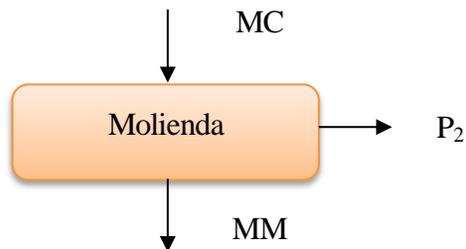
$$W = 3996,803 \text{ gr} * 0,42 - 2899,089 \text{ gr} * 0,05$$

$$W = 1533,707 \text{ gr de agua evaporada}$$

4.5.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE MOLIENDA DE LA MALTA DE CEBADA

En la figura 4.10, se observa el balance de materia en la etapa de molienda de la malta de cebada.

Fig. 4.10
Etapa de molienda de la malta de cebada



Balance general en la etapa de molienda de malta de cebada

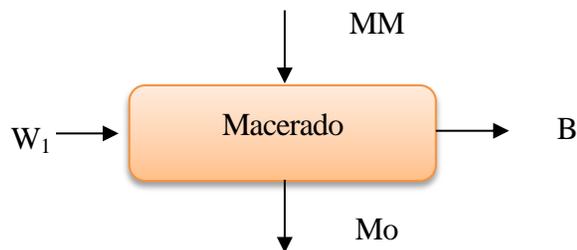
$$MC = MM + P_2 \quad \text{Ecuación [4.3]}$$
$$MM = MC - P_2 \quad \Rightarrow \quad MM = 2899,089 \text{ gr} - 57,982 \text{ gr}$$

MM = 2841,107 gr de malta de cebada molida

4.5.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE MACERADO DE LA MALTA

En la figura 4.11, se observa el balance de materia en la etapa de macerado de malta de cebada.

Fig. 4.11
Etapa de macerado de la malta de cebada



Balance general en la etapa de macerado de la malta de cebada

$$MM + W_1 = B + Mo \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

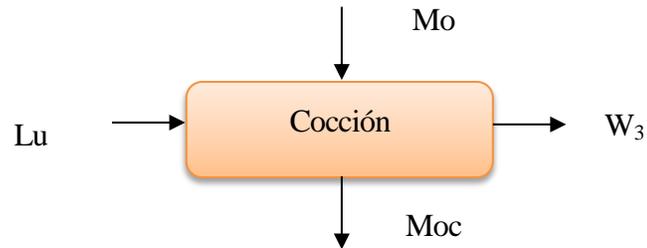
$$Mo = MM + W_1 - B \longrightarrow Mo = 2841,107 \text{ gr} + 15000 \text{ gr} - 5804,64 \text{ gr}$$

$$Mo = 12036,467 \text{ gr de mosto}$$

4.5.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE COCCIÓN DEL MOSTO

En la figura 4.12, se observa el balance de materia en la etapa de cocción del mosto

Fig. 4.12
Etapa de cocción del mosto



Balance general en la etapa de la cocción del mosto

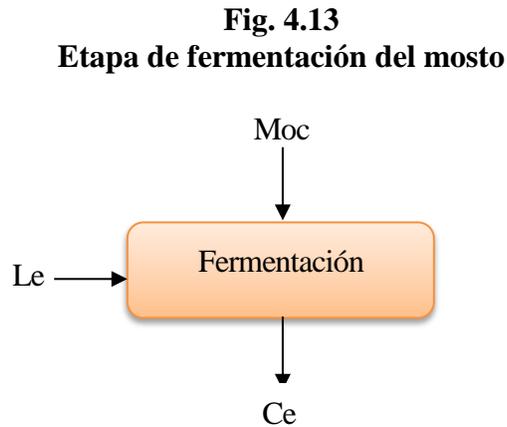
$$Mo + Lu = Moc + W_3 \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

$$W_3 = Mo + Lu - Moc \longrightarrow W_3 = 12036,467 \text{ gr} + 14 \text{ gr} - 9264,247 \text{ gr}$$

$$W_3 = 2786,22 \text{ gr de agua evaporada}$$

4.5.4 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL MOSTO

En la figura 4.13, se observa el balance de materia en la etapa de fermentación del mosto.



Balance general en la etapa de la fermentación del mosto

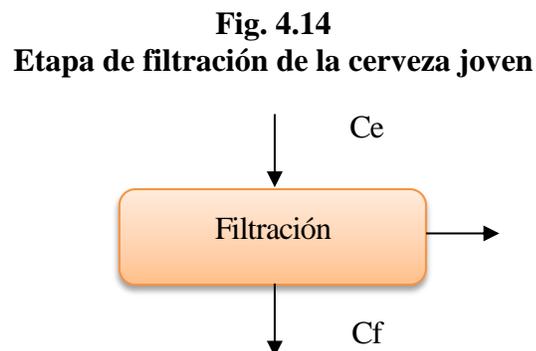
$$Moc + Le = Ce \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

$$Ce = Moc + Le \quad \longrightarrow \quad Ce = 9264,247\text{gr} + 11\text{gr}$$

$$Ce = 9274,247 \text{ gr de cerveza joven}$$

4.5.5 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE FILTRACIÓN DELACERVEZA JOVEN

En la figura 4.14, se observa el balance de materia en la etapa de filtración de la cerveza joven.



Balance general en la etapa de la filtración de la cerveza joven

$$C_e + S = C_f \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

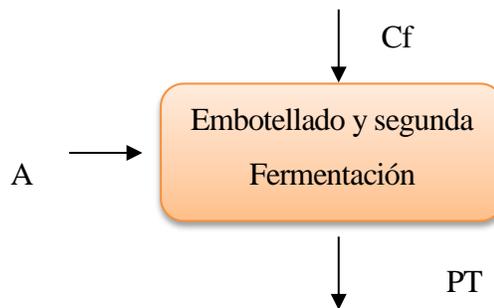
$$C_f = C_e - SS \quad \longrightarrow \quad C_f = 9274,247 \text{ gr} - 1625,22 \text{ gr}$$

$$C_f = 7649,027 \text{ gr de cerveza filtrada}$$

4.5.6 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE EMBOTELLADO Y SEGUNDA FERMENTACIÓN

En la figura 4.15, se observa el balance de materia en la etapa de embotellado y segunda fermentación de la cerveza joven.

Fig. 4.15
Etapa de embotellado y segunda fermentación



Balance general en la etapa de embotellado y segunda fermentación

$$C_f + A = PT \quad \text{Ecuación [4.3]}$$

$$PT = C_f + A \quad \longrightarrow \quad PT = 7649,027 \text{ gr} + 85,09 \text{ gr}$$

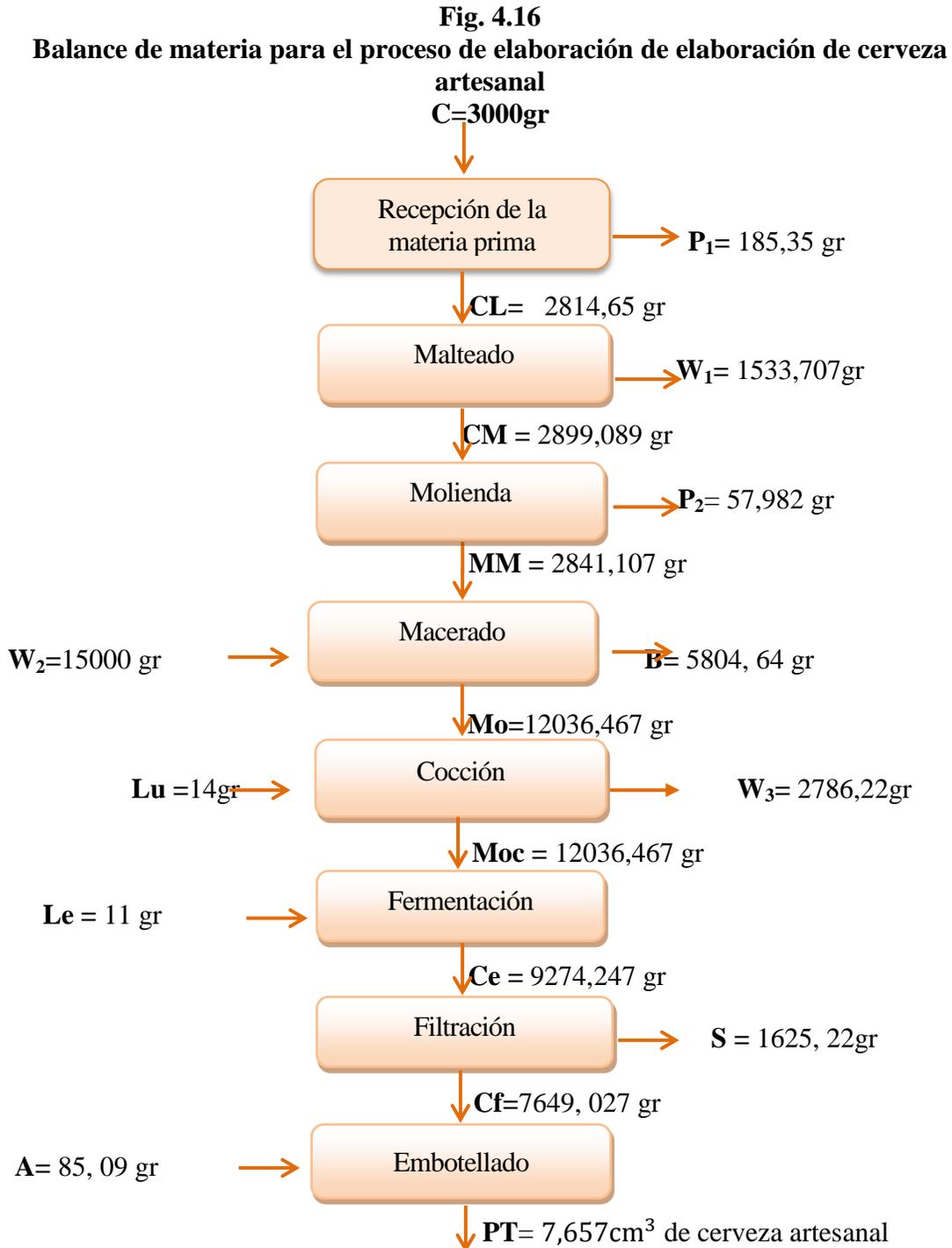
$$PT = 7734,117 \text{ gr cerveza artesanal}$$

$$d = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{d} = \frac{7734,027 \text{ gr}}{1010 \text{ gr/cm}^3} = 7,657 \text{ cm}^3 \text{ de cerveza artesanal}$$

4.5.7 RESUMEN DEL BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

En la figura 4.16, se muestra el resumen del balance materia en la elaboración de cerveza artesanal.



4.5.8 BALANCE DE ENERGÍA EN LA ETAPA DE MALTEADO

En el horno se realizó balance de energía para 3996,803gr de cebada germinada. En la figura 4.17, se muestra el diagrama de bloques para el balance de energía en la etapa de secado de la malta de cebada en la elaboración de cerveza artesanal.

Fig. 4.17
Diagrama de bloques para el balance de energía en la etapa del malteado



T_a = Temperatura inicial $T_a = 75^\circ\text{C}$
 T^a = Temperatura secado $T^a = 21^\circ\text{C}$

• Balance total:

$$Cl = W + MC \quad (1)$$

$$3996,803 = W + MC \quad (2)$$

$$W = 3996,803 - MC \quad (3)$$

• Balance parcial:

$$Cl * X_{1\text{H}_2\text{O}} = W * X_{2\text{H}_2\text{O}} + MC * X_{3\text{H}_2\text{O}}$$

$$3996,803 * 0,42 = 3996,803 - MC + MC * 0,05$$

$$W = 1533,707 \text{ gr de agua evaporada}$$

$$W = 1,533707 \text{ kg de agua evaporada}$$

• Balance de energía

$$Q_p = Q_g$$

Calor perdido = calor ganado

- Calor perdido

$$Q_p = Q_s + Q_l \quad (4)$$

- Calor ganado

$$Q_g = Q_s + Q_l \quad (5)$$

- Calor latente

Calculo del calor que se emplea en la evaporación del agua:

$$Q_{\text{latente}} = M_{\text{agua}} * Q_{\text{lat. vap}}$$

$$Q_{\text{latente}} = 1,533707\text{kg} * 554,43 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{\text{latente}} = 850.49\text{kcal}$$

- Calor sensible

Calculo del calor que se emplea en la evaporación del agua en calentar la cebada

$$Q_{\text{sensible}} = M_{\text{inicial}} * (T^a - T_a) * c_p$$

$$Q_{\text{sensible}} = 850.49 \text{ kcal} * (75 \text{ }^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}) * 0,2 \text{ kcal/kg} * ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 9185.29\text{kcal}$$

Remplazando la ecuación 5

$$Q_g = Q_s + Q_l$$

$$Q_g = 850.49 \text{ kcal} + 9185.29 \text{ kcal}$$

$$Q_g = 10035,78 \text{ kcal}$$

$$\text{Energía necesaria / kg agua} = \frac{Q_{\text{ganado}}}{M_{\text{agua}}} = \frac{3603,512 \text{ kJ}}{1,533707\text{kg}}$$

$$\text{Energía necesaria / kg agua} = 2346,544 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

4.5.9 CALOR NECESARIO PARA COCCIÓN DEL MOSTO

El calor necesario para realizar la cocción del mosto, se determina con la Ecuación:

$$Q_{\text{cocción}} = [M_{\text{Mo}} \times C_{p_{\text{Mo}}} \times (T_{f_{\text{Mo}}} - T_{i_{\text{Mo}}})] + [M_{\text{olla}} \times C_{p_{\text{olla}}} \times (T_{f_{\text{olla}}} - T_{i_{\text{olla}}})] + M_{\text{agua}} \cdot \lambda$$

Dónde:

$Q_{\text{cocción}}$ = Calor necesario para cocimiento del mosto

M_{Mo} = Cantidad de mosto = 1,204kg

$C_{p_{\text{Mo}}}$ = Capacidad calorífica de la mosto

$C_{p_{\text{Mo}}} = 3,77 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C}$

$T_{f_{\text{Mo}}} = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_{i_{\text{Mo}}} = 63^\circ\text{C}$

m_{olla} = Peso de la olla de acero inoxidable = 2,40kg

$C_{p_{\text{olla}}}$ = Capacidad calorífica del acero inoxidable

$C_{p_{\text{olla}}} = 0,12 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C}$

M_{agua} = Cantidad de agua evaporada en el escaldado = 2,786 kg

$C_{p_{\text{agua}}}$ = Capacidad calorífica del agua

$C_{p_{\text{agua}}} = 1 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C}$

$T_{f_{\text{olla}}} = 75^\circ\text{C}$

$T_{i_{\text{olla}}} = 50^\circ\text{C}$

λ = Calor latente del agua a $94 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\lambda = 636,79 \text{ Kcal/kg}$

Reemplazando datos en la Ecuación [4.21];

$Q_{\text{cocción}} = [1,204 * (90 - 63)] + [2,40 * 0,12 (75 - 50) + (0,04 * 2,786)]$

$Q_{\text{cocción}} = \mathbf{39, 819Kcal}$ necesario para cocimiento del mosto

4.5.10 BALANCE TÉRMICO DE LA FERMENTACIÓN

La reacción química está asociada con un cambio de energía, debido al reordenamiento de los átomos, la ecuación de la entalpía es:

$$\Delta H = \frac{Q}{L}$$

Dónde:

ΔH = Calor total de la reacción

Q = Calor desprendido

L= Cantidad molar

La Entalpía es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización. En un simple cambio de temperatura, el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante. Si la entalpía de los productos es mayor que la de los reactantes se toma calor del medio y decimos que es una reacción endotérmica. El cambio de entalpía se denomina ΔH y se define como:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{productos}} - \Delta H_{\text{reactantes}}$$

Especificaciones de las reacciones:

S = cantidad molar de azúcar

ΔH_R = calor normal de la reacción

ΔH_C = calores normales de la combustión 18 °C

$\Delta H_{C \text{ SACAROSA}} = -1348,9 \text{ Kcal/mol}$

$\Delta H_{C \text{ GLUCOSA}} = -673 \text{ Kcal/mol}$

$\Delta H_{C \text{ ETANOL}} = -326,7 \text{ Kcal/mol}$

La reacción es:



Determinar el calor de la reacción a partir de los calores de combustión

$$\Delta H_R = \Delta H_{C \text{ SACAROSA}} + \Delta H_{C \text{ GLUCOSA}} + \Delta H_{C \text{ AGUA}} - 2\Delta H_{C \text{ GLUCOSA}} - 2\Delta H_{C \text{ CO}_2} + 2\Delta H_{C \text{ ETANOL}}$$

$$\Delta H_R = -1348,9 - 673 + 0,2 * 673 - 2 * 326,7$$

$$\Delta H_R = - 22,5 \text{ Kcal/ mol}$$

Determinar la cantidad molar:

$$L = \text{cantidad del mosto} * \frac{\text{contenido de azúcar}}{PM}$$

$$L = 9,264 * \frac{0,11}{342} = 2.98 \text{ mol de azúcar}$$

Encontrar:

$$Q_{\text{fer}} = \Delta H_R * L$$

$$Q_{\text{fer}} = - 22,5 \text{ Kcal/ mol} * 2.98 \text{ mol}$$

$$Q_{\text{fer}} = 67.05 \text{ Kcal calor desprendido en la fermentación}$$

5.1 CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación podemos concluir lo siguiente:

- Según los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la malta de cerveza, presenta un contenido de humedad del 8,14 %, cenizas 2,33 %, proteína total 11,61 %, fibra es 7,20 %, materia grasa es 3,06 %, carbohidratos 67,65 % y valor energético es de 344,61 cal/100 g.
- De acuerdo a los atributos analizados (color, olor y sabor) en la etapa de cocción, se pudo observar que no existe significancia estadística. En base a las ocho muestras analizadas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8. Se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M7 (concentración de lúpulo 0.7gr/lts + temperatura 90°C + tiempo 90 minutos), como la mejor opción ya que tienen el puntaje más alto en los dos atributos, sin embargo la otras muestras no se tomaron en cuenta debido a que tienen menor puntaje en escala hedónica.
- Se realizó un diseño factorial 2^3 , donde se establece que los factores T (temperatura de cocimiento), t (tiempo de cocimiento) y C (concentración de lúpulo), no influyen de manera directa en la etapa de cocción; es decir, que los niveles de variación tomados en cuenta en las variables no son significativos $p < 0,05$.
- De acuerdo con la evaluación sensorial realizada en las cuatro muestras F1, F2, F3 y F4, para determinar la etapa de fermentación, se pudo observar que no existe significancia estadística para $p < 0,05$. Por lo tanto, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra F2 (temperatura (7 °C) + tiempo (12 días), con mayor puntaje en la escala hedónica como la mejor opción en cuanto a tiempo y temperatura.

- Según el diseño factorial 2^2 analizado, se establece que los factores (tiempo) y T (temperatura), no influyen de manera directa en la etapa de fermentación; es decir, que los niveles de variación tomados en cuenta en las variables (tiempo y temperatura) no son significativos $p < 0,05$.
- Según los resultados del análisis físico-químico realizado al producto final cerveza artesanal, se logró establecer que contiene una acidez total de 0,08 % (m/m); acidez volátil 0,02 %; extracto real 3,24 %; pH 4,12% y grado alcohólico 4,83% (v/v).
- De acuerdo al análisis microbiológico del producto final (cerveza artesanal) realizado, se puede observar que no contenía desarrollo de colonias

5.2 RECOMENDACIONES

El desarrollo de la presente investigación, permite sugerir las siguientes recomendaciones:

- ❖ Se recomienda utilizar el mejor tratamiento (concentración de lúpulo 0.7gr/lts + temperatura 90°C + tiempo 90 minutos) cuando se trate de elaborar cerveza artesanal de cebada.
- ❖ No se recomienda en la elaboración de cerveza artesanal utilizar el uso de alcoholes, agentes edulcorantes y saborizantes artificiales o sustitutos de lúpulo ya que afectan las características organolépticas y dejaría de llamarse cerveza artesanal.
- ❖ Es recomendable utilizar la técnica empleada en esta investigación para elaborar otros estilos de cerveza artesanal como: rojizas, negras, ahumadas.
- ❖ Se recomienda para un nuevo estudio, trabajar con otro tipo de materias primas que contengan almidón y puedan ser transformadas en azúcares fermentables para la elaboración de este tipo de bebidas.
- ❖ Es recomendable utilizar como alimento de animales, el bagazo de malta o sobrante de la maceración.