

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA REUTILIZACIÓN DE LA LEVADURA PARA  
EL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN LA PRODUCCION DE CERVEZA  
ARTESANAL DEL ESTILO BLONDE ALE EN LA EMPRESA CERVECERÍA OD  
COLOMBIA

DIEGO ARMANDO SALAZAR GARAVITO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA REUTILIZACIÓN DE LA LEVADURA PARA  
EL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN LA PRODUCCION DE CERVEZA  
ARTESANAL DEL ESTILO BLONDE ALE EN LA EMPRESA CERVECERÍA OD  
COLOMBIA

DIEGO ARMANDO SALAZAR GARAVITO

Proyecto integral de grado para optar el título de:  
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Diana Milena Morales Fonseca  
Jurado 1

---

Orlando Castiblanco Urrego  
Jurado 2

Bogotá D.C, Febrero de 2020

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectoría Académica y de Posgrados (E)

**Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN**

Secretaria general

**Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN**

Decano de Facultad de ingenierías

**Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería Química

**Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIERREZ**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a la memoria de mi abuelo Alcibíades Garavito, quien siempre fue la base y el ejemplo a seguir de nuestra familia, a quien debo todo lo que soy y gracias a quien estoy concluyendo esta gran etapa de mi vida de convertirme en profesional y cumpliendo su sueño de tener un ingeniero en la familia. Agradezco con todo el corazón su crianza, sus enseñanzas y esas raíces que siempre honraré con orgullo en su memoria con cada uno de mis actos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero, especiales agradecimientos a mi familia por brindarme la oportunidad de convertirme en profesional, fruto de su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. A mi abuelo Alcibíades, mis padres Armando y Esperanza, por su atención y comprensión que han sido de gran importancia a la hora de vencer cada dificultad presentada, siempre de la mejor forma de acuerdo a los buenos principios infundidos por medio de su ejemplo.

A todas las personas que contribuyeron en mi proceso de formación personal y profesional, a la Universidad de América y a todos los docentes que nos transmitieron sus experiencias y conocimientos para enriquecernos y contribuir al desarrollo de nuevos ingenieros. A Tertulia Beer Company por la disposición de su laboratorio y a Bendita Sea Growshop por la disposición de sus herramientas para el desarrollo de este proyecto. A la Cervecería OD Colombia, a su Headbrewer Daniel López por la oportunidad de llevar a cabo este proyecto siempre con su buena disposición y ganas de difundir conocimiento, experiencia que ha sido de gran aporte a mi formación como ingeniero, como cervecero, y de gran importancia para concluir este proyecto de manera exitosa.

## CONTENIDO

	pág.
<b>RESUMEN</b>	17
<b>INTRODUCCION</b>	18
<b>OBJETIVOS</b>	19
<b>1.MARCO TEORICO</b>	20
1.1 GENERALIDADES	20
1.2 FABRICACION DE CERVEZA	20
1.2.1 Materias primas	21
1.2.1.1 Agua	21
1.2.1.3 Malta	21
1.2.1.4 Levadura	22
1.2.1.5 Adjuntos	22
1.2.2 Proceso cervecero	22
1.3 REUTILIZACION DE LEVADURA	23
<b>2. CARACTERIZACION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL ESTILO BLONDE ALE</b>	24
2.1 PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL	24
2.2 MATERIAS PRIMAS	26
2.2.1 Agua	26
2.2.1.1 pH	28
2.2.1.2 Dureza del agua	28
2.2.1.3 Alcalinidad	29
2.2.1.4 Iones $Ca^{+2}$	29
2.2.1.5 Iones $Na^{+2}$	29
2.2.1.6 Iones $Mg^{+2}$	29
2.2.1.7 Iones $SO_4^{-2}$ .	30
2.2.1.8 Iones $Cl^-$	30
2.2.1.9 Relación sulfato-cloruro	30
2.2.2 Malta	37
2.2.2.1 Maltas base	37
2.2.2.2 Maltas especiales	38
2.2.2.3 Otros tipos de malta	39
2.2.3 Lúpulo	39
2.2.3.1 Composición del lúpulo	39
2.2.4 Levadura	40
2.2.4.1 Metabolismo de la levadura.	40
2.3 OPERACIONES UNITARIAS	42
2.3.1 Molienda	42
2.3.2 Macerado	43
2.3.3 Recirculado y formación de la cama de grano	46



2.3.4 Lavado de grano	46
2.3.4.1 Lavado por etapas	46
2.3.4.2 Lavado continuo	47
2.3.4.3 Lavado por etapas sin drenado total	47
2.3.5 Cocción y adición de lúpulo	48
2.3.5.1 Esterilización del mosto	48
2.3.5.2 Inactivación enzimática	48
2.3.5.3 Evaporación y concentración del mosto	49
2.3.5.4 Precipitación de proteínas insolubles	49
2.3.5.5 Disolución e isomerización de alfa ácidos	50
2.3.5.6 Utilización de lúpulo	50
2.3.5.7 Unidades de amargor	51
2.3.6 Whirlpool	52
2.3.7 Enfriado del mosto	53
2.3.8 Oxigenación del mosto	53
2.3.9 Fermentación	54
2.3.10 Filtrado	55
2.3.11 Carbonatación	58
2.3.11.1 Temperatura	58
2.3.11.2 Presión	58
2.3.12 Embarrilado	59
2.4 BALANCES DE MASA	62
2.4.1 Balance de masa global	62
2.4.2 Balance de masa por etapas	65
2.5 CARACTERIZACION SENSORIAL DEL PRODUCTO	69
<b>3. TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE LEVADURA</b>	<b>70</b>
3.1 COSECHA DE LEVADURA	70
3.1.1 Momento de cosecha de levadura	70
3.1.2 Métodos de cosecha de levadura	71
3.1.2.1 Top Cropping	72
3.1.2.2 Bottom Cropping	72
3.1.3 Manejo y Tratamiento de levadura	73
3.1.4 Viabilidad y vitalidad celular	73
3.1.5 Starter de levadura	73
3.1.6 Segunda Generación de levadura	74
3.1.7 Tercera Generación de levadura	74
<b>4. DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	<b>75</b>
4.1 ELABORACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO.	75
4.1.1 Preparación de materias primas	76
4.1.1.1. Agua	76
4.1.1.2 Malta	80
4.1.1.3 Lúpulo	80
4.1.1.4 Levadura	81

4.1.2 Operaciones unitarias	81
4.1.2.1 Molienda	81
4.1.2.2. Macerado	81
4.1.2.3 Recirculación y lavado de grano	82
4.1.2.4 Hervido del mosto	83
4.1.2.5 Enfriamiento del mosto	84
4.2 ANÁLISIS DE LAS FERMENTACIONES A ESCALA LABORATORIO.	85
4.2.1 Montaje de las fermentaciones experimentales	86
4.2.1.1 Preparación inóculos de levadura	86
4.2.1.2 Carga de los fermentadores	91
4.2.1.3 Inicio de las fermentaciones	91
4.2.2 Muestreo	91
4.2.3 Control de temperatura	92
4.2.4 Análisis de grados Brix	92
4.2.5 Producción de alcohol	96
4.2.6 Recuento en cámara de Neubauer	97
4.2.7 Comparación de las fermentaciones	100
4.3 ANALISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO.	103
4.3.1 Terminación del producto a escala laboratorio	103
4.3.2 Evaluación sensorial	105
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>115</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Proceso de producción de cerveza artesanal a nivel planta	24
<b>Figura 2.</b> Diagrama de bloques del proceso actual de producción	25
<b>Figura 3.</b> Filtros de agua utilizados en la Cervecería OD Colombia	27
<b>Figura 4.</b> Propiedades de la malta Pale Ale BESTMALZ importada por la empresa DISTRINES insumos de cerveza	38
<b>Figura 5.</b> Metabolismo de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	41
<b>Figura 6.</b> Molino de rodillos	42
<b>Figura 7.</b> Enzimas presentes en el macerado	43
<b>Figura 8.</b> Adición de la malta al equipo de macerado	44
<b>Figura 9.</b> Equipo de macerado <b>(a)</b> Interior del equipo <b>(b)</b> Mezcla de agua de macerado y malta molida	45
<b>Figura 10.</b> Bomba centrífuga y deposito pulmón para recirculado	46
<b>Figura 11.</b> Cama de grano al final del lavado	48
<b>Figura 12.</b> Precipitación de proteínas insolubles en el hervor	49
<b>Figura 13.</b> Línea de intercambiadores de calor	53
<b>Figura 14.</b> Tanques de fermentación cilindro cónicos	54
<b>Figura 15.</b> Filtro de placas	55
<b>Figura 16.</b> Montaje sistema cerrado de filtrado de cerveza	56
<b>Figura 17.</b> Entrada y salida del filtro. <b>(a)</b> Cerveza sin filtrar. <b>(b)</b> Cerveza filtrada	57
<b>Figura 18.</b> Levadura retenida en una placa filtrante	57
<b>Figura 19.</b> Llenado de barriles en la cervecería OD	60
<b>Figura 20.</b> Balance de masa global Cervecería OD Colombia	63
<b>Figura 21.</b> Diagrama de proceso Balance de masa por etapas	65
<b>Figura 22.</b> Estratificación de la levadura sedimentada	71
<b>Figura 23.</b> Extracción de levadura <b>(a)</b> La levadura se desliza uniformemente hacia abajo <b>(b)</b> Formación de embudo por extracción rápida	72
<b>Figura 24.</b> Sistema de macerado HERMS	75
<b>Figura 25.</b> Equipo utilizado para la elaboración del medio de cultivo	76
<b>Figura 26.</b> Inspección visual de la malta molida	81
<b>Figura 27.</b> Medición pH al inicio del macerado	82
<b>Figura 28.</b> Medida densidad de Run-off	83
<b>Figura 29.</b> Ebullición vigorosa del mosto	83
<b>Figura 30.</b> Serpentín de acero inoxidable para enfriado	84
<b>Figura 31.</b> Dimensiones cámara de Neubauer mejorada	87
<b>Figura 32.</b> Dilución serial de muestra	88
<b>Figura 33.</b> Fermentadores experimentales	91
<b>Figura 34.</b> Refractómetro con compensación automática de temperatura	93
<b>Figura 35.</b> Montaje cámara de Neubauer. <b>a)</b> Cámara de Neubauer. <b>b)</b> Cámara montada en microscopio	98
<b>Figura 36.</b> Trasvase de cerveza a fermentador secundario	104
<b>Figura 37.</b> Carbonatación forzada de cerveza	104
<b>Figura 38.</b> Llenado de botellas a contrapresión	105

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de la dureza del agua según su concentración de $\text{CaCO}_3$ .	28
<b>Tabla 2.</b> Composición del agua de diferentes ciudades cerveceras en mg/L	31
<b>Tabla 3.</b> Comparación del análisis de agua utilizado en la empresa con los parámetros establecidos por la resolución 2115	32
<b>Tabla 4.</b> Comparación del análisis de agua realizado en la empresa con el perfil de agua sugerido para una cerveza estilo Blonde Ale	33
<b>Tabla 5.</b> Sales usadas para el ajuste de agua para cerveza y sus iones	34
<b>Tabla 6.</b> Comparación ajustes de agua de macerado y lavado con rangos sugeridos para el estilo de cerveza.	36
<b>Tabla 7.</b> Utilización del lúpulo en función del tiempo de hervor y la densidad del mosto	51
<b>Tabla 8.</b> Volumen de $\text{CO}_2$ en función de La Presión en bares y Temperatura en $^{\circ}\text{C}$	59
<b>Tabla 9.</b> Etapas y principales variables en la elaboración de cerveza artesanal estilo Blonde ale en la empresa	61
<b>Tabla 10.</b> Materias primas y cantidad utilizada	62
<b>Tabla 11.</b> Resultados del balance de masa global	64
<b>Tabla 12.</b> Balance de masa en el Molino	65
<b>Tabla 13.</b> Balance de masa en macerado	66
<b>Tabla 14.</b> Balance de masa en tanque de lavado	66
<b>Tabla 15.</b> Balance de masa en hervidor	67
<b>Tabla 16.</b> Balance de masa en fermentador	68
<b>Tabla 17.</b> Balance de masa en filtro de placas	68
<b>Tabla 18.</b> Balance de masa en BBT	69
<b>Tabla 19.</b> Perfil de agua de elaboración para lotes experimentales y valores a ajustar	76
<b>Tabla 20.</b> Ajuste de agua para elaboración de medio de cultivo experimental	80
<b>Tabla 21.</b> Porcentajes y cantidad de malta utilizada en la elaboración del medio de cultivo experimental	80
<b>Tabla 22.</b> Adiciones de lúpulo a escala experimental	80
<b>Tabla 23.</b> Parámetros de los medios de cultivo elaborados	85
<b>Tabla 24.</b> Atenuación aparente promedio	103
<b>Tabla 25.</b> Principales descriptores sensoriales que pueden presentarse en la cerveza	106
<b>Tabla 26.</b> Guía de calificación BJCP	106
<b>Tabla 27.</b> Resultados evaluación sensorial	107

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Ecuación de alcalinidad residual	35
<b>Ecuación 2.</b> Ecuación unidades de amargor expresada en g/L	52
<b>Ecuación 3.</b> Concentración celular	88
<b>Ecuación 4.</b> Porcentaje de viabilidad	88
<b>Ecuación 5.</b> Tasa de inoculación en células viables	89
<b>Ecuación 6.</b> Tasa de inoculación experimental	89
<b>Ecuación 7.</b> Ecuación de correlación Grados Brix a Densidad	93
<b>Ecuación 8.</b> Porcentaje de alcohol en volumen	96
<b>Ecuación 9.</b> Atenuación aparente	101
<b>Ecuación 10.</b> Atenuación Aparente promedio	102

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
<b>Gráfica 1.</b> Curva de temperaturas de macerado para cerveza estilo Blonde ale	45
<b>Gráfica 2.</b> Cinética de fermentación de la levadura Safeale US-05 a 20°C y densidad inicial 1.055	86
<b>Gráfica 3.</b> Temperatura de las fermentaciones	92
<b>Gráfica 4.</b> Consumo de azúcares primera generación	94
<b>Gráfica 5.</b> Consumo de azúcares segunda generación	94
<b>Gráfica 6.</b> Consumo de azúcares tercera generación	95
<b>Gráfica 7.</b> Producción de alcohol primera generación	96
<b>Gráfica 8.</b> Producción de alcohol segunda generación	97
<b>Gráfica 9.</b> Producción de alcohol tercera generación	97
<b>Gráfica 10.</b> Crecimiento celular primera generación	98
<b>Gráfica 11.</b> Crecimiento celular segunda generación	99
<b>Gráfica 12.</b> Crecimiento celular tercera generación	99

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Resultados analisis del agua de elaboración	116
<b>Anexo B.</b> Ficha tecnica lúpulo chinook	117
<b>Anexo C.</b> Levadura safeale US-05	118
<b>Anexo D.</b> Ficha tecnica placas filtrantes SY50	119
<b>Anexo E.</b> Juzgamiento cerveza blonde ale elaborada en la empresa	120
<b>Anexo F.</b> Metodo de refractometría	121
<b>Anexo G.</b> Datos corregidos de densidad	122
<b>Anexo H.</b> Juzgamiento muestra fermentación 1	123
<b>Anexo I.</b> Juzgamiento muestra fermentación 2	124
<b>Anexo J.</b> Juzgamiento muestra fermentación 3	125
<b>Anexo K.</b> Juzgamiento muestra fermentación 4	126
<b>Anexo L.</b> juzgamiento muestra fermentación 5	127
<b>Anexo M.</b> Juzgamiento muestra fermentación 6	128

## GLOSARIO

**AIRLOCK:** dispositivo que permite que un recipiente sellado libere gases, pero impide la entrada de aire al recipiente.

**BLOW-OFF:** forma de airlock que consiste en un tubo que sale de la parte superior del fermentador y es sumergido en una cuba de agua permitiendo la descarga de CO<sub>2</sub> durante la fermentación.

**EMPASTE:** procedimiento donde se mezcla la malta molida con el agua de elaboración para dar inicio al macerado.

**ESTERES:** compuestos aromáticos y de sabores frutados generados en la fermentación.

**EXTRACTO:** compuestos de la malta que fueron solubilizados en la maceración y lavado.

**FENOLES:** compuestos aromáticos y de sabor producidos en la fermentación relacionados con sabores a clavo, especiados y ahumados deseados para algunos estilos de cerveza.

**GRADOS BRIX:** (símbolo °Bx) parámetro que relaciona la concentración de sacarosa en un líquido basado en el índice de refracción.

**INOCULACION:** introducción de un microorganismo a un medio de cultivo.

**LAUTER:** Equipo o proceso cervecero donde se realiza el lavado de los granos por medio de aspersores.

**MASH-OUT:** escalón de temperatura a aproximadamente 75°C donde se inicia la inactivación enzimática y se disminuye la viscosidad del mosto para facilitar su extracción.

**PORTER:** cerveza tipo Ale nacida en Inglaterra de color oscuro, densidad media y balance entre notas maltosas, tostadas y amargor.

**RUN-OFF:** extracto que va saliendo durante el lavado de los granos.

**STOUT:** cerveza tipo Ale muy oscura con notas fuertes a tostado, amargo y cuerpo alto.

**TANINOS:** compuestos presentes en las cáscaras del grano y conos de lúpulo indeseados en la cerveza por su sabor astringente.



## RESUMEN

La cervecería OD Colombia, ubicada en la ciudad de Bogotá es una empresa dedicada a la fabricación de cerveza artesanal, una industria emergente a nivel nacional que se encuentra en una importante etapa de crecimiento y desarrollo, generando diferentes oportunidades de negocio y el interés en buscar nuevas técnicas de producción que contribuyan a una proceso más rentable y sin comprometer la calidad del producto por medio de la reutilización de la segunda y tercera generación de levadura para la fermentación.

El presente proyecto se basó en el análisis comparativo del rendimiento en el consumo de azúcares, expresado en términos de la atenuación aparente además de las variables: producción de alcohol, crecimiento celular y propiedades sensoriales obtenidas al reutilizar la levadura *Safeale US-05* para la fermentación de cerveza artesanal estilo Blonde Ale a un volumen experimental de 4 L para cada generación por duplicado.

Se elaboró un medio de cultivo experimental a partir de las condiciones de preparación de cerveza artesanal a nivel planta. Se estableció una tasa de inoculación para los experimentos de  $2,52 \cdot 10^7$  células viables la cual se cumplió para todas las fermentaciones experimentales. El tiempo de fermentación de los experimentos fue de 8 días a una temperatura de  $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , presión ambiente y una densidad inicial del mosto de 1,050 de acuerdo al proceso realizado en la Cervecería OD Colombia.

Los resultados obtenidos para el rendimiento de las fermentaciones mostraron una atenuación aparente del 76%, donde la segunda generación mostro un menor rendimiento promedio en comparación a la primera generación del 0,4% y la tercera generación mostro un mayor rendimiento promedio en comparación con la primera generación del 2,7%.

En el caso de las propiedades sensoriales, mostraron que las 3 generaciones de levadura mantienen las características sensoriales del producto producido en la empresa independientemente de su rendimiento en la fermentación expresado en términos de la atenuación aparente

Se concluye que las cervezas obtenidas a partir de la reutilización de la levadura en la cervecería OD Colombia pueden cumplir con los requerimientos de calidad del producto elaborado actualmente en la empresa y es posible continuar con estudios de esta práctica a nivel planta.

**Palabras clave:** levadura, fermentación, re inoculación, cerveza, *Saccharomyces cerevisiae*, viabilidad.

## INTRODUCCION

Actualmente en Colombia la industria de la cerveza artesanal se encuentra en una importante etapa emergente y de crecimiento, en donde es un reto el desarrollo de nuevas estrategias de producción que permitan aumentar la competitividad manteniendo la calidad y mejorando la rentabilidad del proceso. Evaluando nuevas alternativas como el reciclaje de una materia prima basado en la reutilización de la levadura la cual es protagonista en el proceso fermentativo cervecero.

Con el fin de evaluar el efecto de la reutilización de levadura en la eficiencia del proceso fermentativo al reutilizar consecutivamente la levadura, se realizaron fermentaciones utilizando la segunda y tercera generación de levadura para analizar su rendimiento además de su efecto en las propiedades de la cerveza terminada, así como las condiciones adecuadas y procedimientos requeridos para lograr que este proceso obtenga igual o mejor rendimiento en comparación con la fermentación común llevada a cabo con la primera generación de levadura.

Los estudios realizados sobre reutilización de levadura en los procesos fermentativos cerveceros han sido realizados y practicados por grandes cervecerías sin embargo poco implementado en las cervecerías artesanales debido a la rigurosidad requerida para su práctica y la complejidad de algunos estilos de cerveza artesanal, lo que abre espacio a la búsqueda de tecnologías y técnicas de manufactura que permitan disminuir los costos de producción, sin dejar a un lado las características de una buena cerveza y la calidad del producto.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la reutilización de la levadura para el proceso de fermentación en la producción de cerveza artesanal estilo Blonde Ale.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Caracterizar el proceso actual de producción de cerveza artesanal.
2. Establecer los parámetros y condiciones de cultivo adecuados para la reutilización de la levadura.
3. Evaluar el rendimiento de la reutilización de la levadura en la fermentación del mosto por medio de un desarrollo experimental.

# 1. MARCO TEORICO

## 1.1 GENERALIDADES

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada de aspecto cristalino o turbio, obtenida de la fermentación de un mosto elaborado principalmente a partir de malta u otros cereales y aromatizado con lúpulo. Su graduación alcohólica comprende entre el 2,5 y 12% vol.<sup>1</sup>

La cerveza artesanal es una bebida fabricada en pequeñas cantidades utilizando sus materias primas en su estado natural y supervisando de forma más rigurosa cada una de las etapas del proceso, permitiendo un mayor control que da como resultado un producto lleno de frescura, naturalidad y gran calidad otorgada por unas propiedades organolépticas específicas. El énfasis en resaltar cualidades especiales en la cerveza artesanal genera un mayor costo de producción, materias primas y la necesidad de consumir el producto fresco o en su momento apropiado ya que normalmente la cerveza artesanal no es pasteurizada para conservar sus aromas y sabores, siendo esta la principal diferencia entre la cerveza artesanal y la cerveza comercial en donde se buscan procesos e ingredientes más económicos, el producto es pasteurizado y se utilizan estabilizantes y conservantes para preservar más tiempo el producto.<sup>2</sup>

## 1.2 FABRICACION DE CERVEZA

Con el paso de los siglos se han mantenido tres procesos bioquímicos principales para la fabricación de cerveza: La formación de las enzimas por medio de la germinación de la cebada en el proceso de malteado, la degradación del almidón en azúcares fermentables durante el macerado en la sala de cocción y la fermentación de los azúcares para producir alcohol y dióxido de carbono.<sup>3</sup> Llevando acabo de forma controlada y adecuada los procesos de macerado, cocción, fermentación, maduración y demás operaciones unitarias implicados en estas transformaciones, condiciones específicas que pueden variar de acuerdo al estilo de cerveza, aportan diferentes cualidades en la cerveza terminada.

---

<sup>1</sup>FONSECA, Víctor Jairo. Generalidades, En: Curso de elaboración de cerveza en casa. Bogotá: Fundación para el desarrollo y el arte cervecero Ars Cerevisae. 2011. p.4.

<sup>2</sup> EL BOOM DE LA CERVEZA ARTESANAL. Todo lo que debes saber sobre esta peculiar bebida. [En línea] 26 de 09 de 2014.<https://www.thebeertimes.com/boom-cerveza-artesanal-todo-lo-que-debes-saber-sobre-esta-peculiar-bebida/> [Consultado el 20 de 01 de 2019.]

<sup>3</sup> KUNSE, Wolfgang. Materias Primas. En: Tecnología Para Cervecedores y Malteros. Alemania: VLB Berlín, 2006. p. 29.

**1.2.1 Materias primas.** Para la elaboración de cerveza existen dos tipos de materias primas: Las materias primas básicas o esenciales que son la malta, el agua, el lúpulo y la levadura, mediante las cuales con un adecuado procesamiento se obtienen las características principales de la cerveza. Y las materias primas secundarias o también conocidas como adjuntos los cuales modifican en mayor o menor grado las características de la cerveza. Usados para diversos fines como ayudar a la clarificación y estabilización del producto, resaltar características como su brillo y espuma, atenuar su sabor para obtener cervezas suaves y dulces, además de agregados como sales usados en la adaptación de materias primas para ajustar variables tales como el pH y la calidad del agua entre otras condiciones específicas necesarias para facilitar las transformaciones intervenidas por enzimas a lo largo del proceso cervecero.<sup>4</sup>

**1.2.1.1 Agua** El agua compone del 90 al 95% de la cerveza, la calidad y las propiedades del agua son de gran importancia en la elaboración de cerveza debido a su interacción en cada una de las etapas del proceso: el malteado, el macerado, el hervido y la fermentación. En los que su eficiencia y carácter dependen del agua utilizada, presentando un notable efecto en las características de la cerveza. Por esta razón se deben realizar análisis y tratamientos previos a la elaboración, para facilitar las transformaciones a lo largo del proceso además de cumplir con los requerimientos de calidad y características particulares del estilo de cerveza a elaborar.<sup>5</sup>

**1.2.1.2 Lúpulo.** El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta de la familia cannabaceae, sus flores hembras ricas en resinas, aceites aromáticos y poli fenoles, son utilizadas primariamente para aportar amargor, sabores y aromas herbales y florales a la cerveza. Más allá de esto, el uso de lúpulo inhibe el crecimiento de bacterias actuando como conservante natural de la cerveza y además contribuye a la estabilidad y retención de la espuma.<sup>6</sup>

**1.2.1.3 Malta.** La malta es el producto de la germinación parcial, controlada y a condiciones específicas de los granos cebada, en donde se permite el desarrollo de enzimas que posteriormente mediarán las transformaciones bioquímicas del proceso de macerado, y a la vez se mantendrán los carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y demás compuestos necesarios en el proceso cervecero.

---

<sup>4</sup> FONSECA, Víctor Jairo. Materias primas e insumos, En: Curso de elaboración de cerveza en casa. Bogotá: Fundación para el desarrollo y el arte cervecero Ars Cerevisae. 2011. p.8.

<sup>5</sup> PAPAIZIAN, Charlie. Agua. En: The Complete Joy of Home brewing. Estados Unidos: Harper Collins Publishers Inc., 1991. p. 78.

<sup>6</sup> HIERONYMUS, Stan. The Hop and Aroma. En: For The Love of Hops: The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. Estados Unidos: Brewing Element Series.,2012. P 24.

**1.2.1.4 Levadura** La levadura es un hongo unicelular del genero *Saccharomyces* capaz de producir energía en condiciones anaerobias y de metabolizar los azúcares presentes en el mosto en alcohol, dióxido de carbono y otros compuestos que constituyen la esencia de la cerveza en el proceso de fermentación. Existen dos especies principales utilizadas en la elaboración de cerveza: *Saccharomyces cerevisiae* (levadura ale) y *S. pastorianus* (levadura lager), en las que se encuentran diversas cepas que aportan diferentes perfiles de sabor y carácter a la cerveza.<sup>7</sup>

**1.2.1.5 Adjuntos.** Son usados otros cereales sin maltear como fuente de almidón, aprovechando el alto potencial enzimático de la malta para degradar almidón de fuentes adicionales como lo son el arroz, maíz, trigo, sorgo entre otros con la finalidad de obtener características diferentes en la cerveza.<sup>8</sup>

**1.2.2 Proceso cervecero.** Partiendo del proceso de malteado donde se obtiene la malta a partir de la germinación parcial de los granos de cebada, seguido de un secado y tostado para detener esta germinación una vez se hayan producido las enzimas necesarias para el proceso de macerado, ocurre la primera transformación bioquímica presente en el proceso cervecero donde además según el tipo de malta y su grado de tostación aporta el color a la cerveza.

En la maceración la malta previamente molida se mezcla con el agua de elaboración y se lleva a una temperatura entre los 65°C y 70°C y un pH óptimo en donde se estimula la actividad enzimática en un tanque con agitación mecánica para mantener homogénea la temperatura con la finalidad de degradar el almidón en azúcares sencillos fermentables y extraerlos de los granos. Una vez terminada esta transformación el mosto obtenido es recirculado a la parte superior del equipo por medio de una bomba, con la finalidad de formar una cama de grano aprovechada para filtrar los sólidos presentes, seguido de un lavado de los granos para terminar de extraer los azúcares formados.

El mosto resultante es llevado al proceso de hervido en el que principalmente se desnaturalizan las enzimas para detener cualquier transformación y así concluyendo la segunda importante transformación bioquímica del proceso cervecero, se concentra el mosto en azúcares, se elimina la carga microbiana y se realiza la adición del lúpulo. Además, en el proceso de hervido también ocurre la sedimentación y precipitación de proteínas insolubles las cuales son posteriormente separadas del mosto en el proceso de Whirlpool.

---

<sup>7</sup> WHITE, Chris. Biología, Enzimas y Esteres. En: Yeast: The practical guide to beer fermentation. Estados Unidos: Brewing Element Series, 2010. p. 21.

<sup>8</sup> KUNSE, Wolfgang. Materias Primas. En: Tecnología Para Cerveceros y Malteros. Alemania: VLB Berlín, 2006. p. 103.

El mosto es seguidamente enfriado mediante intercambiadores de calor, aireado mediante inyección de oxígeno ya sea a la salida del intercambiador de calor o directamente en el fermentador y llevado a la temperatura y demás condiciones de inoculación de la levadura para iniciar la fermentación, tercera y fundamental transformación bioquímica del proceso cervecero. La cual es llevada a cabo en tanques cilindro cónicos que permiten purgar la levadura a lo largo de la fermentación y controlar la temperatura de fermentación por medio de serpentines y chaquetas refrigerantes.

El proceso fermentativo es clave para la calidad de la cerveza ya que en esta por medio del metabolismo de la levadura se transforman los azúcares fermentables en alcoholes, dióxido de carbono y otros subproductos de la fermentación que no constituyen más del 1% de la composición de la cerveza, pero estos contribuyen notablemente en el sabor e incluso son los encargados de dar la esencia de lo que es la cerveza.<sup>9</sup> Por esta razón se debe controlar con rigurosidad los factores que afectan la fermentación, como lo son: a) la composición del mosto: que contempla la concentración de azúcares, la disponibilidad de oxígeno y nutrientes para la levadura y pH. b) la levadura, teniendo en cuenta variables y parámetros como la tasa de inoculación, la cepa de levadura, atenuación, su viabilidad y vitalidad. Y por último c) el monitoreo y control de las condiciones de proceso como la temperatura de fermentación, la presión, y un adecuado sistema de fermentación.<sup>10</sup>

Por último, la cerveza ya fermentada es separada de la levadura y se almacena a temperaturas bajas durante un determinado tiempo para su proceso de maduración. Seguido de un proceso de filtración y carbonatación forzada en un tanque (BBT) donde se controla la temperatura y la presión para finalmente ser embotellada o embarrilada.

### **1.3 REUTILIZACION DE LEVADURA**

La levadura siempre ha sido reutilizada por los cerveceros incluso antes de saber que esta era la responsable de la fermentación, esta continua re inoculación de levaduras fue responsable de generar una gran variedad de cepas de levadura con diferentes características. Si esta práctica es llevada a cabo con una cuidadosa atención a la hora de la recolección y reutilización, un cervecero puede llegar a obtener de 5 a 10 generaciones de levadura de alta calidad a partir de un cultivo de levadura inicial. Siendo clave además reutilizar la levadura en su etapa óptima e inocular un conteo celular consistente o un peso celular húmedo para cumplir con la cantidad de levadura requerida.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> WHITE, Op. Cit., p. 20.

<sup>10</sup> KUNSE, Op. Cit., p. 76 – 84.

<sup>11</sup> WHITE, Op. Cit., p. 116.

## **2. CARACTERIZACION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL ESTILO BLONDE ALE**

En el proceso de producción de cerveza artesanal estilo Blonde Ale en la cervecería OD Colombia se encuentran presentes diferentes operaciones y procesos unitarios llevados a cabo de forma rigurosa y controlada en donde es de gran importancia garantizar la obtención de un producto final estable y de calidad. Dichas operaciones y procesos serán descritas en esta investigación con el fin de caracterizar las variables del proceso con la ayuda de un balance de masa.

Para realizar la caracterización del proceso actual de producción de cerveza artesanal estilo Blonde ale en la cervecería OD Colombia se estudiará el proceso a nivel planta y se detallaran cada una de las especificaciones de las etapas para más adelante analizar el efecto del reciclo de la levadura en el proceso fermentativo sin comprometer la estabilidad y calidad de la cerveza, además se realizara la respectiva caracterización de la cerveza elaborada según la guía de juzgamiento de cerveza BJCP con ayuda de un juez certificado para determinar las principales características del producto elaborado en la empresa.

### **2.1 PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL**

Con el fin de establecer las principales variables y condiciones del proceso se realizó una previa revisión bibliográfica de los factores más importantes a considerar en la producción de cerveza artesanal, y se visitó la planta para establecer las generalidades del proceso y realizar una descripción detallada de cada una de las etapas del proceso a nivel planta en donde la mayor parte de proceso es controlada de forma automática desde el panel de control por el cervecero líder y algunas tareas son realizadas por un operario.

**Figura 1.** Proceso de producción de cerveza artesanal a nivel planta.



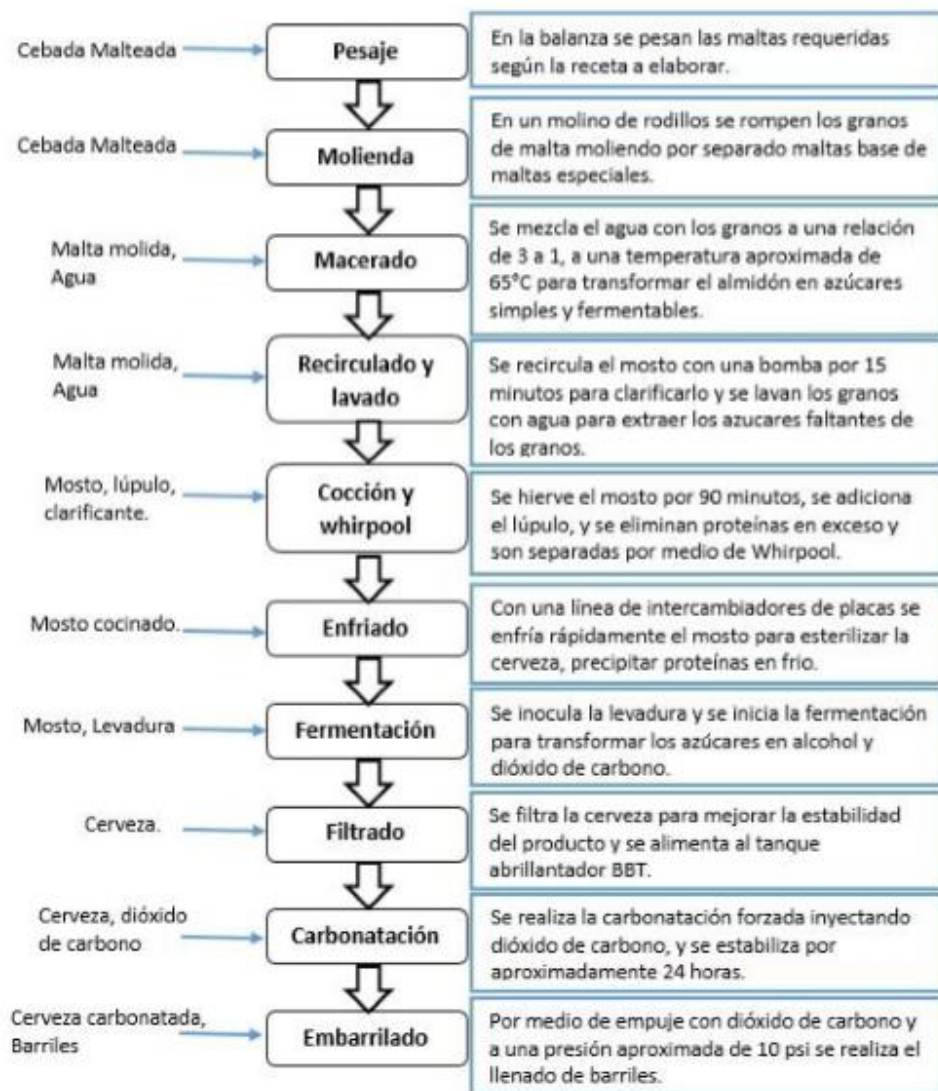
**Fuente:** elaboración propia.



En la figura 2 se muestra un esquema del proceso general llevado a cabo en la cervecería OD Colombia desde la etapa inicial en que se reciben y se adecuan las materias primas hasta la última etapa de proceso donde se obtiene la cerveza embotellada.

En el diagrama se representa cada una de las etapas del proceso para todos los estilos de cerveza elaborados en la empresa mostrando las materias primas utilizadas por medio de una flecha, además se muestra un cuadro con una descripción general del objetivo de cada etapa y sus principales condiciones y requerimientos.

**Figura 2.** Diagrama de bloques del proceso actual de producción.



**Fuente:** elaboración propia.

En el proceso de producción de cerveza artesanal es de vital importancia la calidad de las materias primas utilizadas, un adecuado manejo de estas y realizar los procesos de adecuación necesarios para cumplir con los requerimientos para el estilo de cerveza deseado, de esto depende también la obtención de un producto estable, con las propiedades esperadas y de excelente calidad. Considerando la importancia de las materias primas básicas del proceso de elaboración de cerveza, que son: Agua, Malta, levadura y lúpulo. Se mostrará a continuación una descripción de las materias primas empleadas en la producción de cerveza, sus principales características, propiedades y el efecto de estas en el resultado final y la calidad de una buena cerveza.

## **2.2 MATERIAS PRIMAS**

Lograr expresar las características deseadas en una buena cerveza y hacerlas llegar al consumidor, exige partir de unas materias primas de excelente calidad. Esto depende del riguroso cuidado desde el momento en que salen del fabricante o proveedor hasta que son manipuladas y transformadas por el cervecero con el fin de satisfacer las expectativas del cliente consumidor de cerveza artesanal el cual busca percibir sabores, aromas y sensaciones especiales.

**2.2.1 Agua.** El agua juega un papel muy importante en cada una de las etapas de la producción de cerveza. ya sea como ingrediente principal de la cerveza al ser pieza clave en la correcta transformación y extracción de azúcares en el macerado, ser el medio en el que se encuentran suspendidos los demás componentes de la cerveza y según su composición acentuar y resaltar los sabores de la malta y el lúpulo, ya sea como corriente de servicio en distintas operaciones del proceso como el enfriamiento rápido con intercambiadores de calor, como agua de empuje en algunos movimientos de la cerveza o el filtrado el cual ayuda a mejorar notoriamente la apariencia, la estabilidad del producto terminado y a retirar las células de levadura aun suspendidas en la cerveza al final de la fermentación.

Primero se debe considerar que al ser la cerveza un producto para el consumo humano, el agua para la producción de cerveza artesanal debe cumplir con los estándares de calidad que en Colombia se encuentran establecidos en la Resolución 2115 de 22 de junio de 2007 Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, en donde se indican las características, instrumentos básicos necesarios, frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua apta para el consumo humano<sup>12</sup> y el

---

<sup>12</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia. [ Consultado el 18 de enero del 2019]

decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, donde se señala el sistema para a protección y el control de la calidad del agua para el consumo humano.<sup>13</sup>

En la Cervecería OD Colombia se utiliza el agua suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB. el agua es inicialmente filtrada con un filtro de cartucho de polipropileno de 5 micras para eliminar los sólidos que puedan estar presentes en el agua, seguido de un filtro de cartucho de carbón activado para eliminar el cloro presente en el agua, disminuir los iones presentes y eliminar sabores y aromas indeseados en el agua. Luego de estimar el volumen de agua requerido para la producción en las operaciones de macerado con una relación de 3L de agua por cada 1Kg de malta, además del agua requerida para el lavado de los granos se carga el tanque de agua caliente con el agua filtrada desde el día anterior a la producción con la finalidad de dejar reposar el agua entre 12 y 18 horas para garantizar que no exista presencia de cloro.

**Figura 3.** Filtros de agua utilizados en la Cervecería OD Colombia.



**Fuente:** elaboración propia.

Se deben tener en cuenta diferentes parámetros y su efecto en la calidad del agua y en el sabor de la cerveza, los cuales deben ser analizados y ajustados previamente a la elaboración dependiendo del estilo de cerveza a elaborar. Estos parámetros a tener en cuenta son:

---

<sup>13</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Decreto número 1575 del 9 de mayo del 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua. Colombia. [Consultado el 18 de enero de 2019].

**2.2.1.1 pH.** El control del pH en la elaboración de cerveza es necesario en cada una de las etapas y es un factor crítico para una buena actividad de las enzimas a la hora del macerado en especial de la familia de las amilasas principales encargadas de la degradación de almidón en azúcares fermentables y dióxido de carbono. Un pH adecuado para el proceso de maceración se encuentra en un rango entre 5,2 y 5,8, el agua utilizada para lavar los granos también se debe encontrar en este rango para evitar la extracción de compuestos indeseados de los granos. En el momento de la cocción un pH alrededor de 5,5 es ideal para una buena extracción e isomerización de alfa ácidos del lúpulo, precipitación de proteínas, clarificación del mosto e incluso para una buena fermentación.

El pH del agua se ve también afectado por su composición en especial de la concentración de iones de calcio, magnesio, sulfatos y carbonatos y a la hora del macerado<sup>14</sup>. El calcio debe ser vigilado para evitar que su capacidad buffer supere la de los fosfatos presentes en los granos de malta responsables de la disminución de pH al rango óptimo de macerado, que también se ve afectado de forma significativa por los ácidos orgánicos presentes en las maltas especiales.<sup>15</sup>

**2.2.1.2 Dureza del agua.** La dureza de agua se refiere a la concentración de minerales en forma de sales de calcio y de magnesio y es expresada generalmente en ppm de CaCO<sub>3</sub>. La dureza es un factor que presenta gran incidencia en las propiedades de la cerveza y siempre debe ser medida y ajustada por el cervecero.<sup>16</sup> Para el agua de elaboración de cerveza es recomendable un agua de dureza significativa (93 mg/L de CaCO<sub>3</sub>) para un buen rendimiento en el proceso.<sup>17</sup>

**Tabla 1.** Clasificación de la dureza del agua según su concentración de CaCO<sub>3</sub>.

Tipo de agua	Concentración de CaCO <sub>3</sub> (mg/L)
Agua Blanda	≤ 17
Agua levemente dura	≤ 60
Agua moderadamente dura	≤ 120
Agua dura	≤ 180
Agua muy dura	> 180

**Fuente:** Revista Mash. Noventa por ciento Agua. [En línea] 17 de 08 de 2014 <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 23 de enero de 2019]

<sup>14</sup> FRECCIA NICO. The power of pH. junio 1997. [Consultado el 19 de enero 2019.]

<sup>15</sup> PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: Water: A Comprehensive guide for brewers. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Element Series, 2013. p. 185.

<sup>16</sup> NOVENTA PORCIENTO AGUA. [En línea] 17 de 02 de 2014. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 25 de febrero de 2019.]

<sup>17</sup> PALMER. Op. Cit., p. 135

**2.2.1.3 Alcalinidad.** La alcalinidad del agua es la suma de las concentraciones de iones de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos las cuales actúan aumentando el pH, siendo de suma importancia en cervezas elaboradas solo con granos malteados ya que si el pH del empaste excede el rango de 5,2 – 5,3 se disminuye la extracción de azúcares y se favorece la extracción de taninos compuestos indeseados en la cerveza. La alcalinidad puede ser expresada en las mismas unidades que la dureza y no debe exceder una concentración de 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub> para la elaboración de cerveza, en general una alcalinidad baja es deseada para cervezas claras y aumenta su necesidad para cervezas más oscuras o más complejas en cuanto a la acidez de las maltas.<sup>18</sup>

**2.2.1.4 Iones Ca<sup>+2</sup>.** El ion calcio juega un papel muy importante en la elaboración de cerveza y es de gran ayuda a los cerveceros que elaboran cerveza con agua alcalina, gracias a la reacción con los fosfatos presentes en la malta siendo uno de los principales mecanismos para la disminución del pH en el macerado. El calcio además promueve la actividad enzimática en el macerado, ayuda a la precipitación de proteínas en forma de oxalatos en el hervor y es un importante nutriente para la levadura mejorando su metabolismo y floculación. Para suplir estas necesidades el agua para la elaboración de cerveza debe tener una concentración de calcio entre 50 y 100 mg/L.<sup>19</sup>

**2.2.1.5 Iones Na<sup>+2</sup>.** El ion sodio en concentraciones óptimas ayuda a mejorar el cuerpo y la sensación en boca además de redondear y acentuar los sabores dulces de la malta. Tener presencia de sodio en exceso puede generar un sabor amargo y salado indeseado en la cerveza además de tener un efecto nocivo para la levadura a la hora de la fermentación. Para la elaboración de cerveza se recomienda tener menos de 50 mg/L de sodio y preferiblemente mantenerlo en concentraciones tan bajas como sea posible.<sup>20</sup>

**2.2.1.6 Iones Mg<sup>+2</sup>.** El ion magnesio es añadido generalmente en forma de sal de Epsom (sulfato de magnesio) cuando se busca aumentar la carga de sulfatos, el magnesio es necesario como nutriente de levadura, pero este se encuentra presente en altas concentraciones en el mosto de cebada, por esto se debe mantener lo más bajo posible y no exceder los 40 mg/L para evitar un sabor amargo desagradable en la cerveza.<sup>21</sup>

---

<sup>18</sup> PALMER. Op. Cit., p. 45

<sup>19</sup> PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: Water: A Comprehensive guide for brewers. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Element Series, 2013. p. 184.

<sup>20</sup> Revista Mash. Noventa por ciento agua. [En línea] 17 de 02 de 2014. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 25 de febrero de 2019.]

<sup>21</sup> PALMER. Op. Cit., p. 186

**2.2.1.7 Iones  $\text{SO}_4^{2-}$ .** El ion sulfato en cantidades moderadas (200 - 400 mg/L) es de carácter esencial para extraer las resinas del lúpulo aumentando el tiempo de permanencia del amargor y resaltando el sabor y el aroma del lúpulo. A concentraciones mayores a 400 mg/L pueden resultar en un amargor desagradable.<sup>22</sup>

**2.2.1.8 Iones  $\text{Cl}^-$ .** El ion cloruro es una de las adiciones más comunes en el agua de cerveza y en moderadas concentraciones acentúa la percepción del sabor dulce y proporciona una calidad más compleja y redonda en el carácter a malta. El ion cloruro puede ser corrosivo para los equipos incluso de acero inoxidable a concentraciones de más de 100 mg/L, a concentraciones mayores a 300 mg/L pueden afectar la clarificación de la cerveza, la estabilidad coloidal y el cuerpo de forma negativa y a concentraciones mayores a 400 mg/L puede afectar el sabor de la cerveza y la tasa de fermentación. Es recomendado que la concentración de cloruros en el agua de macerado no exceda los 200 mg/L.<sup>23</sup>

**2.2.1.9 Relación sulfato-cloruro.** Es necesario tener en cuenta la relación entre la concentración de sulfatos y cloruros y no solo su concentración por separado para lograr un balancear o resaltar el sabor de la malta o el lúpulo según el estilo de cerveza. Para cervezas lupuladas donde se busca resaltar el sabor y aroma de lúpulo una relación sulfato cloruro de 2:1 es idealmente correcta, además se recomiendan relaciones de 1:2 para cervezas tipo ale menos amarga y 1:3 para cervezas estilo porter y stout.<sup>24</sup>

El agua utilizada para la elaboración de cerveza puede variar según la ubicación de su fuente y presentar diferentes concentraciones de sales que favorecen o caracterizan los diferentes estilos de cerveza alrededor del mundo, a continuación, en la tabla 3 se muestra la composición del agua en mg/L y mg/L de  $\text{CaCO}_3$  para los valores de alcalinidad residual de diferentes lugares reconocidos donde se elabora cerveza.

---

<sup>22</sup> PALMER. Op. Cit., p. 187

<sup>23</sup> PALMER. Op. Cit., p. 189

<sup>24</sup> NOVENTA PORCIENTO AGUA. [En línea] 17 de 02 de 2014. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 28 de febrero de 2019.]

**Tabla 2.** Composición del agua de diferentes ciudades cerveceras en mg/L.

Ciudad	Estilo	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Alcalinidad Residual	Suma iones +	Suma iones -
Pilsen	Pilsener	10	3	3	3	4	4	-6	0,9	0,2
Dublín	Dry Stout	118	4	319	12	19	54	175	6,8	6,9
Dortmund	Export Lager	225	40	180	60	60	120	-36	17,2	7,1
Vienna	Vienna Lager	200	60	120	8	12	125	-80	15,3	4,9
Múnich	Octoberfest	76	18	152	-	2	10	60	5,4	2,8
Londres	British Bitter	52	32	104	86	34	32	29	9	3,3
Edimburgo	Scottish Ale	125	25	225	55	65	140	80	10,7	8,4
Burton	IPA	352	24	320	54	16	820	-3	21,9	22,8

**Fuente:** Water: A Comprehensive guide for brewers. Aguas históricas, tratamientos y estilos. p 142 [Consultado el 12 de febrero del 2019]

El agua es la materia prima requerida en mayor cantidad en el proceso cervecerero. Es de vital importancia que el cervecerero analice previamente el agua a utilizar e identifique el perfil de sales presentes, para realizar el correspondiente ajuste de acuerdo al estilo a elaborar para lograr favorecer el cuerpo, sabores y aromas deseados.

En el proceso cervecerero la mayor cantidad del agua empleada es usada para las operaciones de limpieza, otra parte se evapora a lo largo del proceso y empleada en diferentes operaciones como agua de empuje.

Para la elaboración de cerveza se deben cumplir los requisitos establecidos por la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 y el decreto 1575 de 2007 de Ministerios de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial<sup>25</sup> para garantizar que no sea un producto nocivo o representen un riesgo de enfermedad patológica para el consumidor, sin embargo el cumplir con estos requisitos no garantiza que el agua sea adecuada para elaborar cerveza y por consiguiente se deben ajustar las concentraciones de cada uno de los iones presentes en el agua descritos anteriormente, teniendo en cuenta que el agua dependiendo de su fuente deberá tener diferentes características se debe buscar ajustar en la mayor forma posible el agua para beneficiar el estilo a realizar.

En general para la última mitad del siglo 20 el agua recomendada para la elaboración de cerveza según diferentes fuentes debe tener las siguientes características:

- Debe ser agua limpia
- El agua debe ser hervida previamente para eliminar la dureza temporal

---

<sup>25</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Decreto número 1575 del 9 de mayo del 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua. Colombia. [Consultado el 18 de enero de 2019].

- Alcalinidad menor a 50 mg/L
- El agua debe contener entre 50 y 100 mg/L de calcio.

Sin embargo estas características solo se ajustan a cervezas estilo Pilsener y se deben tener en cuenta otros factores para otros estilos de cerveza como mayores valores de alcalinidad (entre 200 y 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub> para cervezas oscuras debido a la acidez de las maltas tostadas.<sup>26</sup>

En la cervecería OD Colombia el ajuste del agua es un factor determinante a la hora de cada cocción, por esta razón la empresa cuenta con un laboratorio de análisis de agua, donde el agua de elaboración es analizada previamente a cada cocción donde se miden las concentraciones de los iones principales para la elaboración de cerveza, permitiendo conocer el perfil de agua de elaboración y realizar el cálculo de la cantidad de sales requeridas para el ajuste de parámetros. Los parámetros de calidad del agua no contemplados en el análisis realizado en la empresa (Coliformes totales, *Escherichia coli*, Turbiedad, Color aparente y Conductividad) son realizados en un laboratorio externo (ver anexo A).

En la tabla 3. Se muestran los resultados del análisis del agua realizados en la empresa para un lote de cerveza y la comparación con los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2017.<sup>27</sup>

**Tabla 3.** Comparación del análisis de agua utilizado en la empresa con los parámetros establecidos por la resolución 2115.

Parámetro	Unidades	Resultado Análisis	Estándares resolución 2115 de 2017
Cloro residual	mg/L	0	0,3 - 0,2
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	50	250
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	25	250
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60	300
pH	Unidades	6,8	6,5 – 9
Coliformes totales	UFC/ 100cm <sup>3</sup>	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/ 100cm <sup>3</sup>	0	0
Turbiedad	UNT	1,61	2
Color Aparente	UPC	<5	15
Conductividad	us/cm a 25°C	76,8	1000

**Fuente:** MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007 .

<sup>26</sup> PALMER JOHN. How to brew, Everything You Need To Know To Brew. Boulder, Colorado: Brewers Publications .2006 [Consultado el 5 de febrero del 2019]

<sup>27</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Op. Cit.



Los resultados obtenidos en comparación con la resolución 2115 de 2007, indican que el agua utilizada para la elaboración de cerveza en la cervecería OD Colombia cumplen con los requerimientos y se encuentra bajo los límites permisibles emitidos por la resolución 2115 de 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.<sup>28</sup>

Además de esto los resultados obtenidos son comparados con el perfil de agua deseado para una cerveza estilo Blonde Ale sugeridos por John palmer en la literatura, para establecer las acciones correctivas y la adición de sales para el agua de macerado y lavado. En la tabla 5. Se muestran la comparación de los resultados del análisis realizado con el perfil de agua sugerido para una cerveza estilo Blonde Ale.

**Tabla 4.** Comparación del análisis de agua realizado en la empresa con el perfil de agua sugerido para una cerveza estilo Blonde Ale.

Parámetro	Unidades	Resultado Análisis	Parámetros sugeridos Blonde Ale
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	50	50-100
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	25	100-200
Calcio	mg/L Ca <sup>+2</sup>	16	50-100
Magnesio	mg/L Mg <sup>+2</sup>	4,8	0-30
Sodio	Mg/L Na <sup>+</sup>	28,52	100
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	25	0-80
Alcalinidad residual	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20	(-)60-0

**Fuente:** Palmer's Brewing Water Adjustment App Version 1.5 (US units). Style 18A Blonde Ale. [Consultado el 13 de febrero del 2019]

Los resultados obtenidos del análisis de agua realizado en la empresa comparado con el perfil sugerido para el agua de elaboración de una cerveza estilo Blonde Ale indicaron que las concentraciones de los parámetros Cloruros, Magnesio, Sodio Alcalinidad total y Alcalinidad residual se encuentran dentro del rango sugerido, pero las concentraciones de los parámetros Sulfatos y Calcio deben ser ajustados al rango sugerido por medio de la adición de sales, específicamente para este caso se debe adicionar sulfato de calcio para compensar los valores de las concentraciones mencionadas.

<sup>28</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia. [ Consultado el 10 de febrero del 2019]

El cálculo de la cantidad de sales a adicionar es basado en el porcentaje en peso de los iones en la sal a utilizar, a continuación, se muestra en la Tabla 5. Las sales utilizadas para el ajuste de agua en el proceso cervecero junto con el porcentaje en peso de cada ion presente.

**Tabla 5.** Sales usadas para el ajuste de agua para cerveza y sus iones.

Nombre comun	Nombre científico	Formula Molecular	Peso molecular	Iones y su porcentaje en peso.			
Yeso	Sulfato de Calcio	CaSO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O	172	Ca+2	23%	SO <sub>4</sub> -2	56%
	Cloruro de Calcio	CaCl <sub>2</sub> -2H <sub>2</sub> O	146	Ca+2	27%	Cl-	48%
Sal de Epsom	Sulfato de Magnesio	MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	246	Mg+2	10%	SO <sub>4</sub> -2	39%
Tiza	Carbonato de Calcio	CaCO <sub>3</sub>	100	Ca+2	40%	CO <sub>3</sub> -2	60%
Sal de mesa(*)	Cloruro de Sodio	NaCl	58	Na+	40%	Cl-	60%
La sal de mesa utilizada para la elaboracion de cerveza debe ser no ionizada.							

**Fuente:** DANIELS, Ray. Agua y sus iones. En: Designing great Beers. The ultimate guide to brewing classic beer styles.1996. [Consultado el 12 de febrero del 2019]

Para el caso de el sulfato de calcio, de formula molecular CaSO<sub>4</sub> – 2H<sub>2</sub>O los porcentajes de aporte de cada ion en peso con respecto al peso molecular de la sal son de 23% para el ion calcio y 56% para el ion cloruro, los cuales no suman 100% entre si debido a que la sal se encuentra di hidratada y por esto contiene además un porcentaje de agua del 21%. Basado en esto se calcula el aporte de los 57g de sulfato de calcio añadidos a los 380L de agua de macerado y los 78g de sulfato de calcio añadidos a los 420L de agua para lavado de granos de la siguiente manera:

- 1- Se calculó la concentración total de la sal añadida en mg/L para el agua de macerado realizando el cociente entre la cantidad de sal añadida expresada en mg y el volumen de agua utilizado.

$$57g \text{ CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O} \frac{1000mg}{1g} = 57000 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$$

$$\frac{57000 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}}{380L} = 150 \frac{mg}{L} \text{ CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$$

- 2- Seguido se multiplicó la concentración total de la sal por los porcentajes en peso de cada ion para obtener el valor del aporte de cada uno en mg/L.

Para el ion Ca<sup>+2</sup>:

$$150 \frac{mg}{L} \text{ CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,23 = 34,5 \frac{mg}{L} \text{ Ca}^{+2}$$

Para el ion SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>:

$$150 \frac{mg}{L} \text{ CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,56 = 84 \frac{mg}{L} \text{ SO}_4^{-2}$$

3- De igual forma se realizó el cálculo del aporte de cada sal para el agua de lavado.

$$78g CaSO_4 - 2H_2O \frac{1000mg}{1g} = 78000 mg CaSO_4 - 2H_2O$$

$$\frac{78000 mg CaSO_4 - 2H_2O}{420L} = 185,7 \frac{mg}{L} CaSO_4 - 2H_2O$$

Para el ion  $Ca^{+2}$ :

$$185,7 \frac{mg}{L} CaSO_4 - 2H_2O * 0,23 = 42,7 \frac{mg}{L} Ca^{+2}$$

Para el ion  $SO_4^{-2}$ :

$$185,7 \frac{mg}{L} CaSO_4 - 2H_2O * 0,56 = 103,9 \frac{mg}{L} SO_4^{-2}$$

4- Se sumó el valor de los aportes de cada ion a los valores de concentración iniciales obtenidos en el análisis de agua.

Para el agua de macerado:

$$\text{Concentracion } Ca^{+2} \text{ inicial} + \text{Aporte } Ca^{+2} = \text{Concentracion } Ca^{+2} \text{ ajustada}$$

$$16 \frac{mg}{L} Ca^{+2} + 34,5 \frac{mg}{L} Ca^{+2} = 50,5 \frac{mg}{L} Ca^{+2}$$

$$\text{Concentracion } SO_4^{-2} \text{ inicial} + \text{Aporte } SO_4^{-2} = \text{Concentracion } SO_4^{-2} \text{ ajustada}$$

$$25 \frac{mg}{L} SO_4^{-2} + 84 \frac{mg}{L} SO_4^{-2} = 109 \frac{mg}{L} SO_4^{-2}$$

Para el agua de lavado:

$$16 \frac{mg}{L} Ca^{+2} + 42,7 \frac{mg}{L} Ca^{+2} = 58,7 \frac{mg}{L} Ca^{+2}$$

$$25 \frac{mg}{L} SO_4^{-2} + 103,9 \frac{mg}{L} SO_4^{-2} = 128,9 \frac{mg}{L} SO_4^{-2}$$

Debido a la adición de  $Ca^{+2}$  y su efecto en la alcalinidad residual esta debe ser recalculada de nuevo usando la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.** Ecuación de alcalinidad residual.

$$\text{Alcalinidad residual} = \text{Alcalinidad total} - \left[ \left( \frac{Ca^{+2}}{1,4} \right) + \left( \frac{Mg^{+2}}{1,7} \right) \right]$$

**Fuente:** PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: How to Brew, everything you need to know to brew great beer every time. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Publications, 2006.

Donde los valores de alcalinidad residual y alcalinidad total se encuentran expresados en mg/L de CaCO<sub>3</sub> y los de Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> en mg/L.

Para el agua de macerado:

$$\text{Alcalinidad residual} = 25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 - \left[ \left( \frac{50,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}^{+2}}{1,4} \right) + \left( \frac{5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Mg}^{+2}}{1,7} \right) \right]$$

$$\text{Alcalinidad residual} = -14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Para el agua de lavado:

$$\text{Alcalinidad residual} = 25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 - \left[ \left( \frac{58,7 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}^{+2}}{1,4} \right) + \left( \frac{5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Mg}^{+2}}{1,7} \right) \right]$$

$$\text{Alcalinidad residual} = -19,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Los valores de alcalinidad residual deben ser ajustados para controlar su efecto en el pH de macerado, y el agua de lavado debe ser además acidificada en algunas ocasiones añadiendo ácido fosfórico.<sup>29</sup>

Los valores son ajustados por el cervecero de acuerdo a su experiencia y a su criterio, y los intervalos ajustados no son límites absolutos, pero brindan una sugerencia para elaborar un buen ejemplar del estilo de cerveza deseado. A continuación, en la Tabla 6. Se muestra el resultado ajustado de los perfiles de agua de macerado y lavado en comparación con los rangos sugeridos.

**Tabla 6.** Comparación ajustes de agua de macerado y lavado con rangos sugeridos para el estilo de cerveza.

Parámetro	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Alcalinidad total	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+2</sup>	Alcalinidad residual
Unidades	mg/L	mg/L	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Rango sugerido	50 - 100	0 - 30	0 - 80	100 - 200	50 - 100	<100	(-) 60 - 0
Agua de macerado	50,5	5	25	109	50	29	-14
Agua de lavado	58,7	5	25	128,9	50	29	-20

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>29</sup>PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: How to Brew, everything you need to know to brew great beer every time. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Publications, 2006. p. 343.

**2.2.2 Malta.** La cervecería OD Colombia utiliza diferentes maltas del grupo de materias alemanas BESTMALZ®. Las cuales son importadas por la empresa DISTRINES insumos de cerveza. La empresa utiliza en la producción de sus diferentes cervezas diversas combinaciones de maltas base y especiales para obtener los perfiles de malta deseados para cada estilo de cerveza, estos perfiles pueden variar desde el sabor dulce natural de la malta base y hacerse más complejos al ser combinado con maltas especiales que pueden aportar notas a caramelo, sabores tostados, entre otros dependiendo del previo procesamiento de los granos en el malteado.

**2.2.2.1 Maltas base.** Las maltas base como Pilsen, Pale Ale, entre otras constituyen la mayor parte de los azúcares fermentables del mosto, fueron horneadas a bajas temperaturas para no desnaturalizar las enzimas presentes con el fin de conservar su poder diastático y tener una buena conversión de almidón. Algunas otras maltas como Viena y Múnich son horneadas a temperaturas más altas para crear sabores más cálidos y espesos, pero sin embargo esto disminuye el poder diastático y la conversión de almidón puede tomar un poco más de tiempo.<sup>30</sup>

Para la cerveza artesanal estilo Blonde ale la empresa utiliza malta tipo Pale Ale como malta base, una malta adecuada para variaciones de estilos ingleses y cervezas pálidas que aporta color dorado y sabores a cereal y malta.

---

<sup>30</sup>Ibíd., p.224.

**Figura 4.** Propiedades de la malta Pale Ale BESTMALZ importada por la empresa DISTRINES insumos de cerveza.

ESPECIFICACIONES		MÍNIMO	MÁXIMO
Humedad	%		4.9
Extracto de molienda fina	%	80.5	
Diferencia de extracto EBC	%		2.0
Viscosidad (8,6%)	mPa·s		1.60
Friabilidad	%	81.0	
Vidriosidad	%		2.5
Proteína, base seca	%	9.0	11.5
Nitrógeno soluble	mg/100 g	610	780
Índice Kolbach	%	38.0	45.0
Color del mosto	EBC	5.0	7.0
	L	2.3	3.1
pH en el mosto		5.7	6.1
Ganulometría > 2,5 mm	%	90.0	
Poder diastásico	WK	250.0	
β-Glucano			350.0

**Fuente:** DISTRINES Ltda.insumos de la cerveza. [En línea] 2019, de <http://distrines.com/maltas/2/malta-pale-ale> [Consultado el 05 de 04 del 2019]

**2.2.2.2 Maltas especiales.** Las maltas caramelo o también llamadas por el nombre cristal son granos que luego de su activación enzimática en el malteado reciben una leve tostión entre 100 y 160°C, en función del color y el sabor deseado sin embargo esto provoca la caramelización de azúcares a formas poco fermentables y el oscurecimiento de los granos por reacciones de Maillard. De estos sabores obtenidos las maltas más oscuras pueden aportar sabores a tofe y azúcar quemado mientras que las más claras pueden otorgar sabores a miel y caramelo suaves.<sup>31</sup>

Las maltas tostadas o torrefactas son elaboradas a partir del tostado a altas temperaturas de maltas base totalmente secas a temperaturas mayores a 170 ° C.

<sup>31</sup> CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 10 de 2014. <https://www.cervezartesa.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 21 de julio de 2019.]

a medida que es más alta la temperatura más presenta la reacción de Maillard en detrimento de la caramelización, dando como resultado colores entre mediana y totalmente oscuro y sabores a tostado, nuez y galleta. Debido a su intensidad son utilizadas en porcentajes bajos dependiendo de si se quiere solo aumentar el color de la cerveza pero con poco efecto sobre el sabor de esta.<sup>32</sup>

**2.2.2.3 Otros tipos de malta.** Aparte de la malta utilizada, los cerveceros suelen también utilizar otros tipos de granos para la elaboración de cerveza ya sea el trigo, centeno o avena. Con el fin de resaltar diversas propiedades como realzar el cuerpo y la espuma o asimismo generar un perfil de sabor más complejo y único.

En la cervecería OD son utilizados además de malta base, pequeños porcentajes no mayores al 5% de maltas de caramelo, trigo malteado y dextrinas con el fin de dar un poco de complejidad a la cerveza, dar un ligero soporte de cuerpo y contribuir a la retención de la espuma por el uso de trigo.

**2.2.3 Lúpulo.** El lúpulo es el ingrediente encargado principalmente de aportar el amargor característico de la cerveza el cual es balanceado con los sabores dulces de la malta, para la elaboración de cerveza son utilizados únicamente los conos de la planta femenina, los cuales son separados de las hojas y secados hasta un 10% de humedad para luego medir la cantidad de alfa ácidos presentes, ser almacenados a bajas temperaturas, protegidos de la luz y el oxígeno. En la actualidad las flores de lúpulo son procesadas en diferentes presentaciones como extractos y pellets para facilitar su almacenamiento, conservación y utilización en el proceso.<sup>33</sup>

**2.2.3.1 Composición del lúpulo.** En el lúpulo se encuentran principalmente tres tipos de sustancias de interés para el proceso cervecero:

**Resinas:** Las resinas blandas presentes en el lúpulo componen entre el 10 y 20 % donde los alfa ácidos más importantes Humulona, Cohumulona y Adhumulona son insolubles y no aportan amargor, pero al ser añadidos al hervor se transforman en iso-alfa ácidos se vuelven parcialmente solubles y aportan el sabor amargo. Y los beta ácidos como lo son la Lupulona, Colupulona y Adlupulona también se isomerizan y aportan mucho menos amargor que los alfa ácidos, pero toman importancia en lúpulos envejecidos donde los alfa ácidos se oxidan y estos por el contrario mejoran.<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> CERVEZA ARTESANA. *Ibíd.*

<sup>33</sup>HUXLEY, Steve. Los lúpulos. En: Cerveza poesía líquida, Un manual para cervesiafilos. España, Universidad politécnica de Valencia, 2006. p. 129.

<sup>34</sup> *Ibíd.*, p. 131

**Aceites:** El lúpulo abarca un gran espectro de aceites aromáticos que componen entre un 0,2% y 0,5% del lúpulo donde se encuentran diversas sustancias como esteroides y aldehídos, pero los de mayor importancia en este grupo de compuestos son los terpenos principalmente, humuleno, cariofileno, mircenol y farneseno entre otros y según esto se pueden encontrar aromas herbáceos, florales, afrutados, cítricos y especiados que pueden ser combinados para generar diferentes perfiles aromáticos en la cerveza.<sup>35</sup>

**Polifenoles:** Componen entre el 2% y 5% del lúpulo, su principal función es reaccionar con proteínas no deseadas en el mosto haciéndolas insolubles y ayudándolas a precipitar ayudando a la formación del sedimento caliente para luego ser separados. Además, estos compuestos contribuyen a la formación y retención de la espuma.<sup>36</sup>

Existen diversas variedades del lúpulo provenientes de diferentes partes del mundo, para la elaboración de cerveza artesanal estilo blonde ale en la cervecería OD es utilizado lúpulo Chinook una variedad de lúpulo americano caracterizado por sus aromas pinosos con un sutil matiz a pomelo y su considerable composición de alfa ácidos ideal para adiciones de amargor y también de aroma<sup>37</sup>. En el anexo B se muestra la ficha técnica del lúpulo Chinook utilizado en la empresa.

**2.2.4 Levadura.** La levadura es la encargada de por medio de su metabolismo, transformar el mosto en cerveza al consumir los azúcares presentes principalmente el etanol y dióxido de carbono, por esto se deben suministrarle siempre las mejores condiciones posibles para lograr una fermentación exitosa.

**2.2.4.1 Metabolismo de la levadura.** Tras ser inoculada la levadura en el mosto las células de levadura usan sus reservas de glucógeno y el oxígeno disponible en el medio para hidratar y revitalizar sus membranas, mejorando su permeabilidad celular y permitiendo una mejor absorción de azúcares y nutrientes del mosto. Los azúcares más fácilmente asimilados por la levadura son los más simples tales como glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa. Sin embargo, algunas cepas de levadura son capaces de metabolizar maltotriosa unas más que otras. Esta capacidad de consumir azúcares y la composición de azúcar y nutrientes en el mosto tienen un efecto directo sobre la cinética y la atenuación de la levadura.<sup>38</sup>

---

<sup>35</sup> *Ibíd.*, p. 131

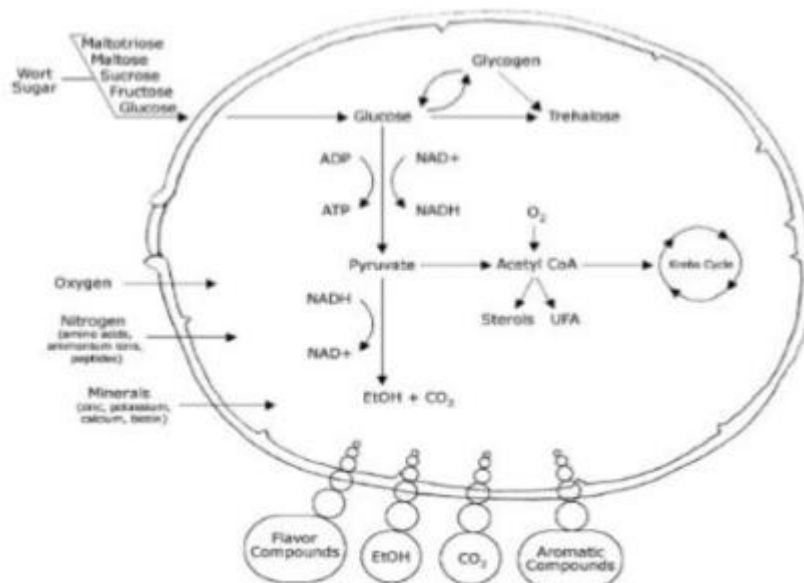
<sup>36</sup> *Ibíd.*, p. 133

<sup>37</sup>EL JARDIN DEL LUPULO. Lúpulo: Chinook. [En línea] <https://eljardindellupulo.blogspot.com/2015/02/lupulo-chinook.html> 15 de 02 de 2019. [Consultado el 26 de Agosto de 2019.]

<sup>38</sup> WHITE. Chris. Op. Cit., p. 23



**Figura 5.** Metabolismo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.



**Fuente:** WHITE, Chris. Biología enzimas y esteroides En: Yeast. The practical guide to beer fermentation. Colorado. 2010. [Consultado el 17 de junio del 2019]

Según el tipo de fermentación deseada existen principalmente dos tipos de levadura a utilizar:

**Levadura lager (*Saccharomyces pastorianus*).** También conocida como levadura de fermentación baja debido a que se encuentra en la parte inferior del tanque durante la fermentación. Su temperatura óptima de fermentación puede estar entre los 5 y 10 °C, ofrece fermentaciones neutras y limpias que tardan más tiempo que la levadura ale.<sup>39</sup>

**Levadura Ale. (*Saccharomyces cerevisiae*).** La levadura Ale también conocida como de alta fermentación debido a que durante la fermentación se encuentra suspendida cerca de la parte superior del tanque de fermentación. Su temperatura óptima de trabajo es entre los 12 y 25 °C y produce distintos perfiles por la producción de otros compuestos además de alcohol como esteroides y fenoles<sup>40</sup>.

La levadura utilizada para la elaboración de cerveza artesanal estilo Blonde Ale es la *Safeale US-05* del fabricante Fermentis. La cual es una Ale americana de atenuación media, que ofrece una fermentación de sabor neutral y presenta

<sup>39</sup> DE CLERK, Jean. Textbook of brewing. EE.UU. Chapman and Hall.2009. p. 133 [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=1NIJAAAAYAAJ&hl=es&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.com.co/books?id=1NIJAAAAYAAJ&hl=es&source=gbs_book_other_versions)

<sup>40</sup> BROWN, C., CAMPBELL, I., y PRIEST, F. Introducción a la biotecnología. Zaragoza. España. Editorial Acribia .1989. p. 98-99. ISBN: 978-84-200-0666-6.

buenas propiedades de suspensión a lo largo de la fermentación. La ficha técnica de la levadura *Safeale US-05* se encuentra en el anexo C.

## 2.3 OPERACIONES UNITARIAS

**2.3.1 Molienda.** El proceso de molienda o molturación en la elaboración de cerveza consiste principalmente en romper la cascara del grano preferiblemente de manera longitudinal con el fin de separar, desintegrar y exponer el endospermo al proceso enzimático que se llevara a cabo posteriormente en el macerado, además de formar un lecho filtrante con la cascara de los granos de vital importancia más adelante en el proceso de recirculado y lavado de granos. Si no se lleva a cabo una correcta molturación puede generar problemas como dificultad para separar el mosto de los granos, extracción de taninos indeseados de la cascara y turbiedad que puede terminar en el producto final.<sup>41</sup>

Para llevar a cabo este proceso de trituración mecánica de los granos de malta, los equipos más comúnmente utilizados para la molienda en seco son los molinos de rodillos, los cuales consisten en rodillos dispuestos en pares con una determinada abertura y posición. Pueden ser desde dos hasta seis rodillos dependiendo de la cantidad de malta y el propósito de la molienda.<sup>42</sup>

**Figura 6.** Molino de rodillos.



**Fuente:** KGB Beer Accesories.Molino para malta con motor. [En línea] <https://brewmasters.com.mx/las-temperaturas-de-maceracion-ciencia-y-arte/> [Consultado el 13 de mayo de 2019]

---

<sup>41</sup> VEREMA Procésodo de molienda de la malta para cerveza. [En línea] 07 de 09 de 2012. <https://www.verema.com/blog/el-blog-del-cervecero/1000485-proceso-molienda-malta-para-cerveza> . [Consultado el 16 de Julio de 2019.]

<sup>42</sup> KUNZE. Wolfgang. Op. Cit., p. 234.

**2.3.2 Macerado.** Este proceso consiste básicamente en someter la mezcla de agua de elaboración y los granos de malta molidos a una serie de descansos a diferentes temperaturas, durante tiempos específicos para activar las enzimas presentes en los granos y degradar el almidón contenido en la malta en azúcares fermentables. En el proceso de macerado las enzimas actúan como proteínas catalizadoras en la degradación de almidón y su actividad depende estrictamente de la temperatura y el pH que deben ser controlados estrictamente durante esta etapa para estimular la actividad de un grupo de enzimas específico.<sup>43</sup>

A continuación, se muestran los diferentes grupos de enzimas presentes en la malta con su rango de temperaturas de activación y una breve descripción de su actividad en la Figura 7.

**Figura 7.** Enzimas presentes en el macerado.

Enzima	Rango Optimo de Temperatura	Rango Optimo de PH	Función
Fitasa	30 – 52°C	4.4 – 5.5	Baja el PH del Mosto. Actualmente no es utilizado.
Beta Glucanasa	36 – 45°C	4.5 – 5.0	Reduce la viscosidad del mosto, y mejora la clarificación.
Peptidasa	46 – 57°C	4.6 – 5.2	Produce Amino Nitrógeno Libre (FAN), que es esencial para la levadura y la fermentación.
Proteasa	46 – 57°C	4.6 – 5.2	Rompe proteínas grandes y reduce la turbiedad.
Beta Amilasa	54 – 65°C	5.0 – 5.6	Produce azúcares cortos, altamente fermentables.
Alpha Amilasa	68 – 75°C	5.3 – 5.8	Produce azúcares de larga cadena, poco fermentables, que agregan cuerpo a la cerveza.

**Fuente:** Brewmasters. Las temperaturas de Maceración, Ciencia y arte. [En línea] 02 de 07 de 2013 <https://brewmasters.com.mx/las-temperaturas-de-maceracion-ciencia-y-arte/> [Consultado el 11 de junio de 2019]

Sin embargo, en la actualidad las maltas son desarrolladas con mayor precisión y tecnología dando como resultado maltas altamente modificadas y de calidad que hacen que estos escalones sean obsoletos, pero dependiendo del resultado

<sup>43</sup> EBLINGER, Hans. Wort production. En: Handbook of brewing: Processes, technology, markets. Alemania, 2009. p. 168.

deseado o el uso de otros cereales adjuntos son realizados algunos descansos en estas temperaturas.<sup>44</sup>

En el proceso de maceración inicialmente el equipo es cargado con el volumen establecido de agua previamente tratada por filtración y seguido se añade la malta molida junto con la adición de sales para el ajuste del agua de macerado, el agua es añadida a una temperatura de 73°C ya que al hacer contacto con el equipo y la malta que se encuentran a temperatura ambiente de aproximadamente 20°C lograr una temperatura de empaste correcta cercana 63°C requerida para el proceso. Una vez iniciado el proceso de macerado una muestra es tomada y llevada al laboratorio para medir el pH de macerado inicial, verificar que se encuentre en el rango esperado y realizar el respectivo ajuste si es necesario.

**Figura 8.** Adición de la malta al equipo de macerado.



**Fuente:** elaboración propia.

El macerado es realizado en un equipo el cual cuenta con calentamiento por fuego directo, agitación mecánica, control de temperatura y una chaqueta que permiten mantener homogénea la temperatura de la mezcla y realizar diferentes curvas de temperatura de macerado.

---

<sup>44</sup> DICKEL, T., DELGADO, A. Effects of Mashing Parameters on Mash  $\beta$ -Glucan, FAN and Soluble Extract Levels. Reino Unido. Journal of the institute of brewing. 2005. p 316.

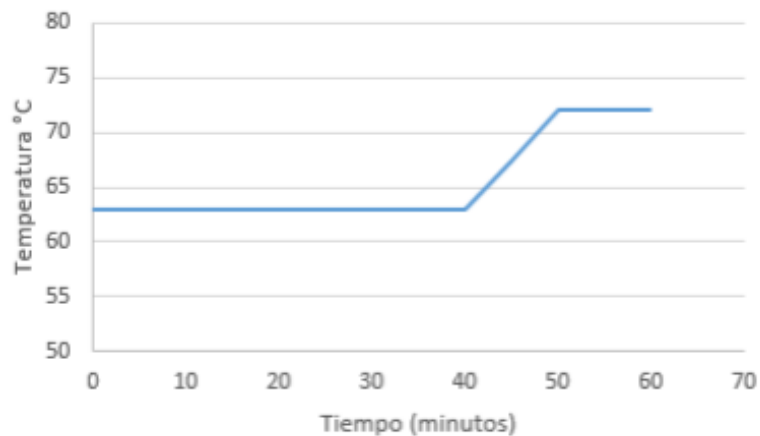
**Figura 9.** Equipo de macerado **(a)** Interior del equipo **(b)** Mezcla de agua de macerado y malta molida.



**Fuente:** elaboración propia.

En el proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo Blonde Ale en la Cervecería OD, la temperatura de macerado es controlada a 63°C durante 40 minutos o hasta completar la conversión de almidón en azúcares, seguido de un escalón de temperatura a 72°C por 15 minutos, finalmente se toma una muestra para medir el pH final de macerado y seguido transferir la mezcla al equipo Lauter por medio de una bomba centrífuga en donde se lleva a cabo el recirculado y lavado de grano.

**Gráfica 1.** Curva de temperaturas de macerado para cerveza estilo Blonde ale.



**Fuente:** elaboración propia.

**2.3.3 Recirculado y formación de la cama de grano.** Una vez está la mezcla en el Lauter se inicia el recirculado por 15 minutos a temperatura de 72°C para formar la cama de grano, a través de un deposito pulmón el cual evita que la bomba succione directamente del equipo y así no compactar la cama de grano, lo que puede dificultar la separación del mosto de los granos. El deposito pulmón además permite observar la clarificación del mosto a lo largo del recirculado y cuenta con un toma muestras.

**Figura 10.** Bomba centrífuga y deposito pulmón para recirculado.



**Fuente:** elaboración propia.

**2.3.4 Lavado de grano.** El lavado de grano es realizado una vez es terminado el proceso de macerado con el propósito de extraer el máximo de azúcares contenidos en los granos, en este proceso generalmente el agua es agregada por rociado o aspersion para evitar romper la cama de grano filtrante. Dependiendo el equipo y de la forma en que se realiza este lavado este puede llevarse a cabo de diferentes métodos.<sup>45</sup>

**2.3.4.1 Lavado por etapas.** Consiste principalmente en realizar varias adiciones de agua al empaste por lo general 2 veces o en ocasiones puede llegar a ser 3 veces siendo cada una recirculada y drenada de los granos, este método de lavado apareció cuando aún no se contaban con equipos de volumen suficiente para el mosto elaborado y el agua de cada etapa de lavado era enviado a calderas diferentes para elaborar cervezas de diferentes densidades. Actualmente este método es utilizado por cerveceros caseros para elaborar diferentes cervezas de un mismo empaste y también para realizar diferentes extracciones de maltas tostadas en cada etapa de lavado.

---

<sup>45</sup>MOSHER, Randy. Additional Sparging techniques. En: Mastering Homebrew: The complete guide to Brewing delicious beer. EE.UU. Brewing Amateurs manuals. 2015. p. 142.

Sin embargo, su principal desventaja es el ingreso de oxígeno por el aire absorbido en la cama de granos cada vez que se drena por completo cada etapa de lavado, esto tiene como consecuencia la oxidación de taninos presentes en la cascara de los granos que pueden oscurecer el mosto y aportar astringencia.<sup>46</sup>

**2.3.4.2 Lavado continuo.** Este es el método más usado por las grandes cervecerías debido a que ofrece un mosto mejor clarificado y de mejor calidad que los otros métodos, este método puede ser realizado en el equipo de maceración, pero también puede realizarse en un equipo por separado bombeando el empaste del equipo de macerado al equipo en que se realizara el recirculado y lavado o lauter por la parte inferior para evitar al máximo la oxidación. El uso de un equipo aparte permite a una planta la capacidad de aumentar su capacidad de producción ya que mientras un lote se encuentra en la etapa de recirculado y lavado ya es posible iniciar la maceración de otro lote consecutivo.

Una vez se forma la cama de grano y se drena hasta una capa superior de al menos 3 centímetros sobre la cama se inicia la aspersión de agua de forma continua con un volumen previamente establecido y se toma la medida de la densidad del extracto hasta un punto crítico de 1.010 donde se debe detener el lavado, a partir de este punto el extracto obtenido es indeseado debido a la presencia de taninos y el agua retenida en el equipo de los granos hace el papel de agua de empuje.

**2.3.4.3 Lavado por etapas sin drenado total.** Este método es la combinación de los dos anteriores, en el que permanece un volumen de agua sin drenar que cubre la cama de grano entre cada etapa evitando la oxidación, este método puede presentar mayor eficiencia que el lavado continuo al tener mayor tiempo de contacto con el agua, pero teniendo como desventaja un mayor tiempo de lavado, requiere de un equipo de mayor volumen con aspas para ayudar a la formación de canales y evitar que se compacte la cama de grano afectando negativamente su permeabilidad debido a una mayor presión hidráulica por la altura del líquido.

Al terminar el tiempo de recirculado y una vez la cama de grano se encuentra formada se inicia la carga del tanque de hervido y evitando que se seque la cama de grano se alimenta seguidamente el agua previamente ajustada a una temperatura de 75°C para el lavado de granos y así terminar de extraer los azúcares presentes en los granos. se toman muestras del extracto en él toma muestras del tanque pulmón y se mide la densidad para no excederse y extraer compuestos indeseados.

El lavado realizado en la cervecería OD es de tipo lavado continuo por aspersión, siendo este el más conveniente debido a la protección de la cama de grano evitando al máximo la absorción de oxígeno en el mosto caliente y una buena

---

<sup>46</sup> *Ibíd.*, p. 143.

extracción de azúcares, pero para este es necesario un mayor volumen de agua de empuje a través de la cama de grano.

**Figura 11.** Cama de grano al final del lavado.



**Fuente:** elaboración propia.

**2.3.5 Cocción y adición de lúpulo.** Una vez el mosto extraído es cargado en el equipo de cocción, este es expuesto a una fuente de calor hasta alcanzar una ebullición constante y vigorosa por un tiempo que puede ir desde 60 a 120 minutos, en este momento del proceso se incorpora el lúpulo y se concentra el mosto, además de otros propósitos mencionados a continuación.<sup>47</sup>

**2.3.5.1 Esterilización del mosto.** Las materias primas utilizadas como la malta y el lúpulo e incluso el agua pueden contener mohos y bacterias, la temperatura y el tiempo de hervido, sumado con la acción antibiótica de algunos componentes del lúpulo y el bajo pH son suficientes para garantizar que estos sean eliminados.

**2.3.5.2 Inactivación enzimática.** La mayor parte de las enzimas presentes son inactivadas con el aumento de la temperatura ya sea en el escalón de mash-out o en el recirculado, sin embargo, su desnaturalización se da a partir de los 76°C y en el hervor se detiene la actividad enzimática remanente para fijar la composición de azúcares y carbohidratos presentes en el mosto.<sup>48</sup>

---

<sup>47</sup> GIGLIARELLI, Pablo. El Hervor. Ciencia Cervecera. [en línea]. 13 de septiembre del 2019. Disponible en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=364>

<sup>48</sup> EBLINGER. Op. Cit., p. 186.



**2.3.5.3 Evaporación y concentración del mosto.** La concentración del mosto se da por la evaporación de agua en el hervor junto con compuestos volátiles indeseados que pueden tener efecto negativo en el sabor y aroma de la cerveza, tales como el Sulfuro de dimetilo (DMS), productos de la degradación de grasas como el hexanal, algunos aldehídos como el 2-metilbutanal. Y productos de reacciones de Maillard como el furfural.<sup>49</sup>

Durante este proceso ocurre un aumento de la densidad del mosto que puede ser directamente proporcional a la tasa de evaporación de la olla dependiendo de la geometría del equipo, la tasa de evaporación comúnmente a escala casera se encuentra entre el 10 y 15 % y es un factor que debe ser medido para realizar estimaciones y ajustes para lograr la densidad deseada.

**2.3.5.4 Precipitación de proteínas insolubles.** El mosto recién extraído contiene proteínas de tipo albuminoideas que en su mayoría son indeseables en la cerveza y deben ser removidas ya que pueden causar turbidez y sabores indeseados, Estas proteínas junto con otros polipéptidos presentes se combinan con polifenoles y taninos provenientes de la malta y el lúpulo. Un hervor vigoroso aumenta la posibilidad de encuentros entre estos compuestos y la formación de cúmulos de proteínas y taninos que al colisionar entre si se adhieren y por su propio peso son precipitadas siendo estos la principal composición del sedimento caliente que queda en el tanque conocido como hot turb.<sup>50</sup>

**Figura 12.** Precipitación de proteínas insolubles en el hervor.



**Fuente:** elaboración propia.

---

<sup>49</sup> EBLINGER. Op. Cit., p. 187.

<sup>50</sup>HORNSEY, I. Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología. Ed. Acribia. Zaragoza, España 2003. Capítulos 2,4,6.

**2.3.5.5 Disolución e isomerización de alfa ácidos.** A demás de las propiedades de conservación aportadas por el lúpulo los principales compuestos de interés son los alfa ácidos encargados de aportar el sabor amargo a la cerveza y también aceites esenciales presentes en el lúpulo seco encargados de aportar sabor y aroma todo esto dependiendo de la forma en que este es utilizado.<sup>51</sup>

**2.3.5.6 Utilización de lúpulo.** La isomerización de los alfa ácidos presentes en las resinas de lúpulo ocurre a temperaturas mayores a 70°C produciendo Iso Alfa Ácidos, compuestos solubles encargados de dar sabor amargo de la cerveza. Es decir que dicha transformación aumenta principalmente con la temperatura y el tiempo de exposición, las adiciones de lúpulo que duran entre 90 y 45 minutos serán responsables de aportar amargor, a partir de 40 y 20 minutos de hervor habrá una menor isomerización y aun se conservara parte de los compuestos aromáticos del lúpulo produciendo un amargor más suave y sabores característicos del lúpulo utilizado, las adiciones de lúpulo entre 0 y 10 minutos conservaran aun hasta 2/3 de su composición de sustancias volátiles como el Mirceno y habrá baja isomerización de alfa ácidos produciendo principalmente aromas a lúpulo.<sup>52</sup> Sin embargo otros factores como la densidad del mosto afectan la utilización del lúpulo, en la siguiente tabla se muestra el factor de utilización de lúpulo en función de la densidad del mosto y el tiempo de hervor.

---

<sup>51</sup> GIGLIARELLI, Pablo. Técnicas de lupulización. REVISTA MASH Ciencia Cervecera. [en línea]. [20 de septiembre de 2019]. Disponible en: [<http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=442>]

<sup>52</sup> GIGLIARELLI, Pablo. Calculo de IBUs. REVISTA MASH Ciencia Cervecera. [en línea]. [20 de septiembre de 2019]. Disponible en: [<http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=71>]

**Tabla 7.** Utilización del lúpulo en función del tiempo de hervor y la densidad del mosto.

Boil time (min.)	Boil gravity									
	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.055	0.050	0.046	0.042	0.038	0.035	0.032	0.029	0.027	0.025
10	0.100	0.091	0.084	0.076	0.070	0.064	0.058	0.053	0.049	0.045
15	0.137	0.125	0.114	0.105	0.096	0.087	0.080	0.073	0.067	0.061
20	0.167	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098	0.089	0.081	0.074
25	0.192	0.175	0.160	0.147	0.134	0.122	0.112	0.102	0.094	0.085
30	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094
35	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.133	0.122	0.111	0.102
40	0.242	0.221	0.202	0.185	0.169	0.155	0.141	0.129	0.118	0.108
45	0.253	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.123	0.113
50	0.263	0.240	0.219	0.200	0.183	0.168	0.153	0.140	0.128	0.117
55	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132	0.120
60	0.276	0.252	0.231	0.211	0.193	0.176	0.161	0.147	0.135	0.123
70	0.285	0.261	0.238	0.218	0.199	0.182	0.166	0.152	0.139	0.127
80	0.291	0.266	0.243	0.222	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130
90	0.295	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132

**Fuente:** PALMER, John. Agua y sus iones. En: How to brew. Everything you need to know to brew great beer every time. Colorado. 2017. [Consultado el 17 de junio del 2019]

**2.3.5.7 Unidades de amargor.** El cálculo de unidades de amargor permite aproximar cuanta cantidad de alfa ácidos serán solubilizados en el mosto, el uso de fórmulas permite hacer aproximaciones a los cerveceros, pero sin embargo los diversos factores que afectan la utilización hacen que estas varíen de un equipo a otro, por esto el cálculo aproximado de las unidades de amargor funciona mejor como una herramienta de referencia que debe adaptarse al equipo y forma de trabajo, pero no es muy aproximado para ser comparado con las aproximaciones hechas en otros equipos.<sup>53</sup>

La siguiente expresión es uno de los métodos usados para el cálculo aproximado de las unidades de amargor.<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Palmer, Op. Cit., p. 77

<sup>54</sup> Glenn Tinseth, "Glenn's Hop Utilization Numbers," 1995, accessed November 15, 2016, <http://www.realbeer.com/hops/research.html>.

**Ecuación 2.** Ecuación unidades de amargor expresada en g/L.

$$IBU = \frac{\text{Cantidad de lupulo} * \% AA * \% Utilizacion * 10}{V \text{ final.}}$$

**Fuente:** Glenn Tinseth, "Glenn's Hop Utilization Numbers," 1995, accessed November 15, 2016, <http://www.realbeer.com/hops/research.html>.

Dónde:

Cantidad de lúpulo = g de lúpulo añadidos.

%AA = porcentaje de alfa ácidos del lúpulo utilizado.

% Utilización = utilización en función de la densidad final y el tiempo de hervor

V final = Volumen del mosto al final del hervor.

El lupulado de la cerveza estilo Blonde ale en la cervecería OD es realizado con lúpulo la variedad de lúpulo Chinook de 12,7 % de alfa ácidos, en dos adiciones de 350g durante 60 minutos y 300 g durante 5 minutos para aportar específicamente amargor y aroma en la cerveza. Se calculó la cantidad aproximada de alfa ácidos disueltos teniendo en cuenta su tiempo de utilización y la densidad final del mosto que corresponde a 1,050.

Con el uso de la fórmula de unidades de amargor se realizó el cálculo aproximado de para las adiciones de lúpulo realizadas en la empresa de la siguiente forma.

$$IBU_{60} = \frac{350g * 0,127 * 0,231 * 10}{650L}$$
$$IBU_{60} = 0,1579 \frac{g}{L}$$
$$IBU_5 = \frac{300g * 0,127 * 0,046 * 10}{650L}$$
$$IBU_5 = 0,02696 \frac{g}{L}$$

El valor utilizado para el volumen total al final del hervor proviene del balance de materia considerando el volumen cargado en el fermentador y este es la suma las pérdidas a lo largo del enfriado del mosto y residuo de hot turb en el tanque.

**2.3.6 Whirlpool.** Esta práctica se basa principalmente en recircular el mosto en el equipo de hervor a través de una entrada tangencial al finalizar el hervor para generar un remolino o vórtice que provoca que las partículas sólidas presentes en el mosto se acumulen al fondo del equipo para luego ser separadas por decantación.<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> CERVEZA ARTESANAL DESDE 2003. Whirlpool: la técnica que marca la diferencia en la elaboración de cerveza. [En línea]. [5 de mayo de 2019]. Disponible en: [<https://www.cervezartesana.es/blog/post/whirlpool-la-tecnica-que-marca-la-diferencia-en-la-elaboracion-de-cerveza.html>]

**2.3.7 Enfriado del mosto.** El enfriamiento del mosto luego de terminar el hervor es un proceso de gran importancia para evitar la contaminación, la presencia de sabores no deseados y turbiedad en el producto final debido a las proteínas que no fueron precipitadas y separadas. El enfriamiento debe producirse tan rápido como sea posible desde la temperatura de hervor hasta temperatura ambiente por medio del uso de intercambiadores de calor de placas, los cuales son los más adecuados para la producción de cerveza.<sup>56</sup>

En la cervecería OD el mosto es enfriado usando una línea de tres intercambiadores de calor utilizando glicol proveniente de un chiller como refrigerante para enfriar agua en el primer intercambiador de la línea, y esta luego enfría la cerveza en los siguientes dos intercambiadores de la línea. El enfriamiento es realizado a contracorriente y la temperatura de salida de la cerveza es de 20°C.

**Figura 13.** Línea de intercambiadores de calor.



**Fuente:** elaboración propia.

**2.3.8 Oxigenación del mosto.** La oxigenación del mosto frío antes de la fermentación provee a la levadura de oxígeno suficiente para su crecimiento a lo largo de la fermentación. La cantidad requerida de oxígeno depende de la salud de la levadura, la temperatura y composición del mosto. Una cerveza de alta densidad tendrá un mayor requerimiento de oxígeno para una buena fermentación, el requerimiento de oxígeno para un lote de cerveza puede estar entre 3 y 30 mg/L de O<sub>2</sub> disuelto. Bajos niveles de oxigenación pueden causar un aumento en la producción de esteres por parte de la levadura, fermentaciones lentas y bajas atenuaciones.<sup>57</sup>

En la cervecería OD el Oxígeno es directamente inyectado a la salida de la línea de intercambiadores de calor por 20 minutos a un caudal de 7 L/min para garantizar el mínimo de Oxígeno requerido por la levadura.

---

<sup>56</sup> PAPAZIAN, Op. Cit., p. 278.

<sup>57</sup> WHITE, Op. Cit., p. 63.

**2.3.9 Fermentación.** La fermentación es un proceso biológico que se da por medio de la acción del metabolismo anaerobio de la levadura sobre los azúcares presentes en un medio de cultivo en este caso particular el mosto cervecero, donde la levadura consume los azúcares presentes en el medio para producir principalmente alcohol y dióxido de carbono, además de otros subproductos como esteroides entre otros que a pesar de representar aproximadamente el 1% de la composición de la cerveza brindan la esencia particular del sabor de la cerveza.<sup>58</sup>

Una vez la levadura es inoculada en el mosto consume los azúcares presentes en el mosto para producir nuevas células, etanol, dióxido de carbono y compuestos de sabor. Para que la levadura lleve a cabo de forma adecuada este proceso es importante brindarle las mejores condiciones para que esta pueda hacer su trabajo, por esto es de vital importancia contemplar y controlar todos los factores implicados en la fermentación.

En la cervecería OD la fermentación es llevada a cabo en tanques cilindro cónicos donde una vez es cargado el mosto a una temperatura aproximada de 20°C, la levadura es hidratada en 10 veces su peso en volumen de mosto a 25°C durante media hora y luego inoculada en el tanque para dar inicio a la fermentación.

**Figura 14.** Tanques de fermentación cilindro cónicos.



**Fuente:** elaboración propia.

Una vez inoculada la levadura para iniciar el proceso fermentativo se inicia a disminuir la temperatura hasta llevara a una temperatura de fermentación de 17°C durante aproximadamente 12 días hasta que la levadura haya consumido todos

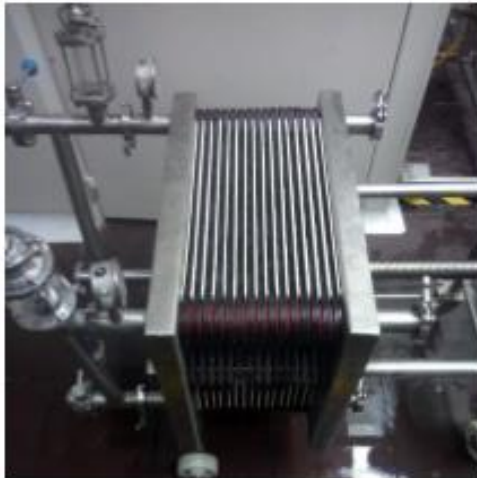
---

<sup>58</sup> GIGLIARELLI, Pablo. Fermentación. Ciencia Cervecera. [en línea]. 28 de febrero de 2019. Disponible en: <http://www.revistamash.com.ar/detalle.php?id=379>.

los azúcares disponibles, una vez terminado este proceso la cerveza es enfriada gradualmente disminuyendo aproximadamente 5°C diarias para su maduración en frío a 4°C para posteriormente ser filtrada y carbonatada.

**2.3.10 Filtrado.** El filtrado de cerveza requiere ser llevado a cabo cuidadosamente debido al peligro de oxidación de la cerveza y es realizado comúnmente con un filtro de placas. Para el montaje de filtración es requerido el uso de una bomba, además de un tanque auxiliar con agua caliente a una temperatura de 85°C para realizar la esterilización de las placas y las mangueras. El tanque donde va a ser almacenada la cerveza filtrada debe ser previamente lavado, sanitizado y el aire contenido debe ser purgado con dióxido de carbono para luego cerrar el sistema de filtración conectando el equipo por la parte superior desde el blow off del fermentador donde se encuentra la cerveza evitando el ingreso de aire al sistema.

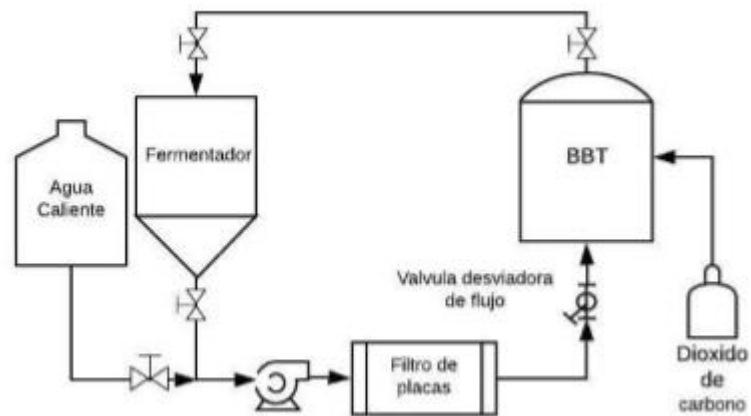
**Figura 15.** Filtro de placas.



**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se muestra un diagrama del montaje de filtrado de cerveza en la cervecería OD.

**Figura 16.** Montaje sistema cerrado de filtrado de cerveza.



**Fuente:** elaboración propia.

El filtrado de cerveza en la cervecería OD es realizado utilizando un filtro de 15 placas filtrantes de 40cm x 40cm hechas de un polímero compuesto principalmente de celulosa blanqueada y otros aditivos presentados en la su ficha técnica junto con su uso adecuado (Ver anexo D), las cuales tienen un diámetro de poro entre 3 y 6  $\mu\text{m}$  que logran retener las células de levadura y partículas aun suspendidas en la cerveza ofreciendo una filtración clara y que contribuye a la apariencia y estabilidad de la cerveza.

Una vez es armado el filtro y el montaje de filtración, se humedecen las placas con agua caliente para que estas se expandan y se pueda proceder a apretar el filtro y verificar que no existan fugas haciendo pasar agua caliente, que es drenada antes de la entrada del BBT que espera por la cerveza filtrada para así además sacar el aire de la línea de filtrado.

Para iniciar la transferencia de cerveza se da paso a la conexión superior de los tanques para igualar la presión en ellos y facilitar la transferencia del líquido, luego de igualar la presión se abre paso a la cerveza sin prender la bomba y esta empuja el agua caliente de la línea hasta ser drenada. Ya una vez sale el agua y la línea es purgada con cerveza, se da paso al flujo al interior del tanque BBT con la válvula desviadora de flujo, se cierra el sistema de filtración y se inicia a bombear a la menor potencia posible hasta completar la filtración y transferencia del lote de cerveza.



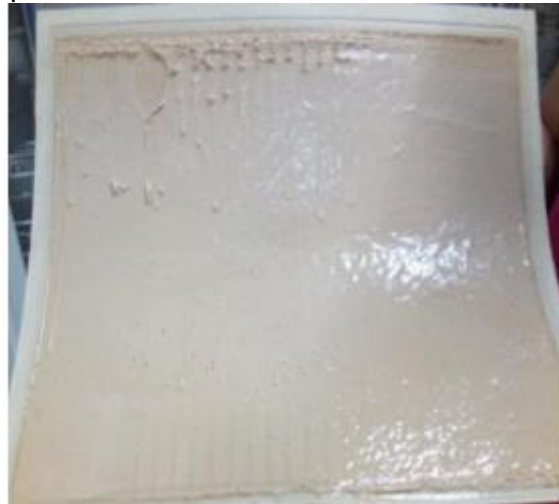
**Figura 17.** Entrada y salida del filtro. **(a)** Cerveza sin filtrar. **(b)** Cerveza filtrada.



**Fuente:** elaboración propia.

Se puede observar una notable comparación en la apariencia de la cerveza luego de ser filtrada y ser retiradas las células de levadura suspendidas, las cuales quedaron retenidas en las placas del filtro y pueden ser observadas al desarmar el filtro como se muestra a continuación en la Figura 18.

**Figura 18.** Levadura retenida en una placa filtrante.



**Fuente:** elaboración propia.

**2.3.11 Carbonatación.** La carbonatación hace referencia a la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede contener la cerveza a determinada temperatura, la cantidad máxima que esta puede contener es denominada punto de saturación y es expresada en volumen, en donde un litro de CO<sub>2</sub> disuelto en un Litro de cerveza corresponde a un volumen. Este punto de saturación depende de dos variables principalmente.<sup>59</sup>

**2.3.11.1 Temperatura.** Esta variable es inversamente proporcional al punto de saturación, es decir que cuanto más fría este la cerveza en el momento de la carbonatación mayor es su punto de saturación, y la presión requerida para disolver determinado volumen de CO<sub>2</sub> será menor que a mayores temperaturas.

**2.3.11.2 Presión.** Al tener la cerveza en un recipiente cerrado la presión es directamente proporcional al punto de saturación, cuando la cerveza carbonatada se encuentra finalmente embotellada o embotellada se mantiene cerrada y presurizada. Pero inmediatamente esta es destapada disminuye la presión y como consecuencia el punto de saturación liberando el CO<sub>2</sub> en exceso generando el burbujeo denominado como carbonatación.<sup>60</sup>

Basado en el punto de saturación en función de la temperatura y la presión es realizada la carbonatación forzada de cerveza en un equipo cerrado y con refrigeración llamado BBT, donde además de ser inyectado el CO<sub>2</sub> usando una piedra difusora, la cerveza adquiere una apariencia más brillante y está lista para ser embotellada. Este proceso es realizado con ayuda de los valores del punto de saturación de CO<sub>2</sub> en función de la presión y la temperatura mostrados en la siguiente tabla.<sup>61</sup>

---

<sup>59</sup> PALMER, Op. Cit., p. 165.

<sup>60</sup> PALMER, Op. Cit., p. 166.

<sup>61</sup>KUNZE, Op. Cit., p. 763.

**Tabla 8.** Volumen de CO<sub>2</sub> en función de La Presión en bares y Temperatura en °C.

		Temperatura °C															
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Carbonatación Volúmenes CO <sub>2</sub>	1.5			0.08	0.16	0.25	0.34	0.43	0.53	0.62	0.72	0.82	0.92	1.03	1.13	1.24	1.35
	1.6		0.06	0.15	0.24	0.34	0.43	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.04	1.14	1.26	1.37	1.48
	1.7	0.04	0.13	0.22	0.32	0.42	0.51	0.61	0.72	0.82	0.92	1.04	1.15	1.26	1.38	1.49	1.61
	1.8	0.11	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.71	0.81	0.92	1.03	1.15	1.26	1.38	1.50	1.62	1.74
	1.9	0.17	0.27	0.37	0.48	0.58	0.69	0.80	0.91	1.02	1.14	1.26	1.38	1.50	1.62	1.75	1.87
	2.0	0.24	0.34	0.45	0.56	0.66	0.78	0.89	1.01	1.12	1.24	1.36	1.49	1.61	1.74	1.87	2.00
	2.1	0.31	0.41	0.52	0.63	0.75	0.86	0.98	1.10	1.22	1.35	1.47	1.60	1.73	1.86	2.00	2.13
	2.2	0.37	0.48	0.60	0.71	0.83	0.95	1.07	1.20	1.32	1.45	1.58	1.71	1.85	1.99	2.12	2.26
	2.3	0.44	0.55	0.67	0.79	0.91	1.04	1.16	1.29	1.42	1.56	1.69	1.83	1.97	2.11	2.25	2.39
	2.4	0.50	0.62	0.74	0.87	1.00	1.12	1.25	1.39	1.52	1.66	1.80	1.94	2.08	2.23	2.38	2.52
	2.5	0.57	0.69	0.82	0.95	1.08	1.21	1.35	1.48	1.62	1.76	1.91	2.05	2.20	2.35	2.50	2.65
	2.6	0.63	0.76	0.89	1.02	1.16	1.30	1.44	1.58	1.72	1.87	2.01	2.16	2.32	2.47	2.63	2.78
	2.7	0.70	0.83	0.97	1.10	1.24	1.38	1.53	1.67	1.82	1.97	2.12	2.28	2.43	2.59	2.75	2.91
	2.8	0.76	0.90	1.04	1.18	1.32	1.47	1.62	1.77	1.92	2.07	2.23	2.39	2.55	2.71	2.88	3.04
	2.9	0.83	0.97	1.11	1.26	1.41	1.56	1.71	1.86	2.02	2.18	2.34	2.50	2.67	2.83	3.00	3.17
3.0	0.89	1.04	1.19	1.34	1.49	1.64	1.80	1.96	2.12	2.28	2.45	2.61	2.78	2.95	3.13	3.30	

**Fuente:** HANSELBIER. Tabla de carbonatación de cerveza en barril. [En línea] <https://blog.hanselbier.es/tabla-de-carbonatacion-cerveza-barril/> [ Consultado el 10 de septiembre de 2019]

En la cervecería OD luego de que la cerveza es trasvasada al BBT, esta es llevada a una temperatura de 6°C y una presión de 0.95 bar inyectando CO<sub>2</sub> a través de la piedra difusora para solubilizar 2.5 volúmenes de CO<sub>2</sub> por litro de cerveza. La cerveza se deja en el tanque por 24 horas para lograr una carbonatación más estable.

**2.3.12 Embarrilado.** Para el embarrilado de cerveza en la cervecería OD a los barriles previamente lavados y sanitizados se les realiza un barrido de CO<sub>2</sub> para retirar el aire de su interior y son presurizados a aproximadamente 0.8 bar para que este al ser llenado contrarreste la presión con que sale la cerveza del tanque y evitar que esta se vuelva espuma, pero aun así tenga un pequeño diferencial de presión que permita la transferencia del líquido hacia el barril.

Para este procedimiento es utilizada una válvula de llenado de barriles para controlar que el CO<sub>2</sub> salga del barril a medida que entra la cerveza evitando una caída de presión muy agresiva y detenga el flujo en caso de que este se llene. El volumen de llenado es aproximado pesando el líquido que entra al barril. A continuación, en la figura se muestra el proceso de llenado de un barril de 60L de capacidad siendo este ya producto terminado listo para su distribución.

**Figura 19.** Llenado de barriles en la cervecería OD.



**Fuente:** elaboración propia.

Teniendo en cuenta todos los parámetros caracterizados del proceso de producción de cerveza artesanal estilo Blonde Ale se realizó una tabla de todas las operaciones unitarias y las variables medidas y a considerar en cada una de estas para la elaboración de la cerveza artesanal estilo Blonde Ale en la empresa.

**Tabla 9.** Etapas y principales variables en la elaboración de cerveza artesanal estilo Blonde ale en la empresa.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Molienda</b>	Calibración Molino	Distancia entre rodillos	1,5	mm
	Empaste	pH inicial	5,4	-
	Conversión de azúcares	Temperatura	63	°C
<b>Macerado</b>	Aumento de T	Tiempo	40	Minutos
		Tiempo	10	Minutos
	Mash out	Temperatura	72	°C
		Tiempo	15	Minutos
<b>Recirculado</b>	Formación de cama de grano	pH final	5,4	-
		Temperatura	72	°C
		Tiempo	15	Minutos
<b>Lavado de grano</b>	Lavado continuo	Temperatura	75	°C
	Run-off	Densidad	1,012	-
<b>Cocción</b>	Densidad antes de hervor	Densidad	1,048	-
		Hervor	Tiempo	90
	Whirlpool	Tiempo	15	Minutos
	Descanso	Tiempo	15	Minutos
<b>Enfriamiento</b>	Salida del mosto	Temperatura	20	°C
<b>Oxigenación</b>	Inyección de oxígeno	Tiempo	20	Minutos
		Caudal	7	L/min
<b>Fermentación</b>	Densidad inicial	OG	1,05	-
	Inoculación de levadura	Temperatura	25	°C
		Tasa de inoculación	0,45	g/L
	Fermentación primaria	Temperatura	17	°C
		Tiempo	12	Días
	Enfriado	Tiempo	3	Días
		Temperatura	5	°C
<b>Filtración</b>	Maduración	Tiempo	5	Días
		Densidad final	FG	1,012
	Grado alcohólico	% V/V	5	%
<b>Carbonatación</b>	Filtro de placas	Diámetro de poro	0,3 - 0,6	µm
	Carbonatación forzada	Volumen de CO <sub>2</sub>	2,5	L CO <sub>2</sub> /L cerveza

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.4 BALANCES DE MASA

El balance de masa es una herramienta matemática basada en la ley de conservación de la energía donde se establecen las entradas y salidas de un proceso cumpliendo que la masa que entra al sistema debe ser igual a la suma de la masa que sale del sistema y la que se acumula.

**2.4.1 Balance de masa global.** A continuación, se explicará de forma detallada los pasos empleados en el balance de masa realizado para el proceso de producción de cerveza estilo Blonde Ale en la Cervecería OD Colombia.

- 1- Se identificaron las cantidades de las materias primas utilizadas para un lote estimado de 610L los cuales se muestran en la tabla 10.

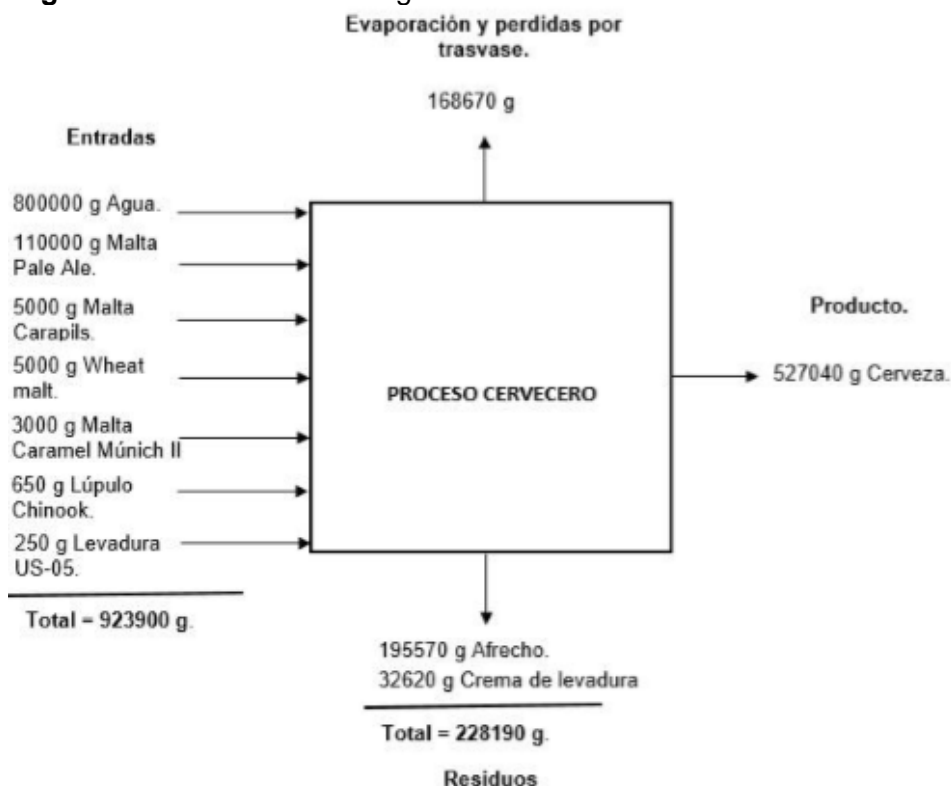
**Tabla 10.** Materias primas y cantidad utilizada.

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Agua	800000
Malta Pale Ale	110000
Malta Carapils	5000
Wheat malt	5000
Malta Caramel Múnich II	3000
Lúpulo Chinook	650
Levadura US-05	250

**Fuente:** elaboración propia.

- 2- Se establecieron las corrientes de entrada y de salida del proceso global mostrados en la figura 20.

**Figura 20.** Balance de masa global Cervecería OD Colombia.



**Fuente:** elaboración propia.

- 3- Se realizó la sumatoria de las corrientes de entrada al proceso: Agua, Maltas, Lúpulo y levadura para establecer el peso total de las corrientes de entrada. Además, se recolectó y se pesó el afrecho resultante al final del macerado. Las purgas de levadura a lo largo de la fermentación fueron pesadas y sumadas para establecer el peso de las corrientes de residuos dando como resultado 195570 g de afrecho y 32620 g de crema de levadura para un total aproximado de residuos de proceso de 228190 g.

Partiendo de 800 L de agua se obtuvieron finalmente 527040 g de cerveza embarrilada equivalentes a 521,82 L de cerveza debido a las pérdidas por el trasvase de la cerveza de un equipo a otro, el agua retenida en los granos y crema de levadura, y el agua de empuje utilizada en el proceso de filtración.

Para realizar el cálculo del peso del agua de litros a gramos se realizó el siguiente cálculo a partir de la densidad:

Partiendo de un valor de densidad del agua de 1 g/mL o 1000 g/L entonces:

$$800L \times \frac{1000g}{L} = 800000 g$$

- 4- Para estimar el valor de la corriente de cerveza terminada se realizó la suma de la cantidad de barriles llenos en donde el control del llenado es realizado directamente pesando los barriles a lo largo del llenado, donde se obtuvieron 9 barriles de 60L llenados cada uno con aproximadamente 58560 g de cerveza de densidad 1010 g/L.

Partiendo de que se llenaron 9 barriles cada uno con aproximadamente 59560 g de cerveza entonces:

$$9 \text{ barriles} \times 58560g = 527040 g$$

Dando como resultado 527040 g de cerveza terminada que con el valor de la densidad de la cerveza pueden ser representados en volumen multiplicando por el inverso de su densidad de la siguiente manera:

$$527040 g \times \frac{L}{1010g} = 521,82 L$$

- 5- Finalmente, para calcular el valor de la corriente de pérdidas por evaporación y trasvases se aplicó la ley de conservación de la materia y por consecuente se restaron a la sumatoria de las corrientes de entrada el valor de las corrientes de salida de residuos y de cerveza terminada, conociendo las demás corrientes del proceso global entonces:

$$923900g - 228190g - 527040g = 168670g$$

En la tabla 11 se presentan los resultados finales del balance de masa global del proceso de producción de cerveza estilo Blonde Ale en la Cervecería OD Colombia.

**Tabla 11.** Resultados del balance de masa global.

<b>Corriente</b>	<b>Total Materia prima (g)</b>	<b>Total Residuos (g)</b>	<b>Total cerveza terminada (g)</b>	<b>Total perdidas (g)</b>
<b>Cantidad</b>	923900	228190	527040	168670
<b>Componentes</b>	Agua, maltas, Lúpulo y levadura	Crema de levadura y afrecho	Cerveza embotellada	Evaporación y perdidas por trasvases

**Fuente:** elaboración propia.

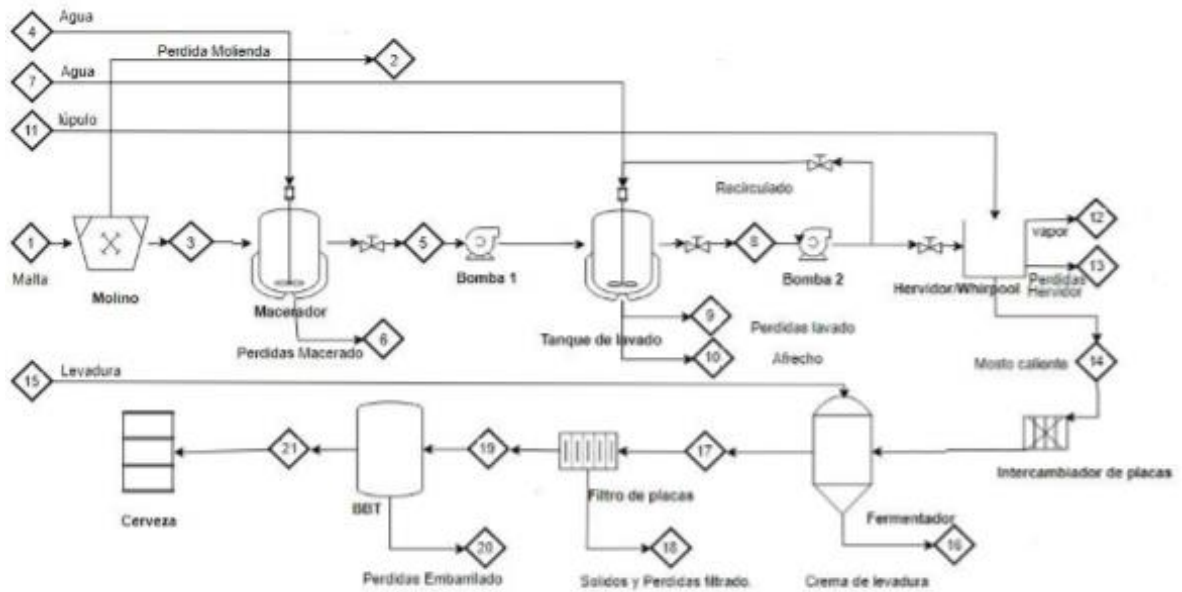
A partir de los datos obtenidos en el balance de masa global del proceso es posible calcular el porcentaje de volumen recuperado del proceso comparando el volumen de cerveza obtenido de 521,82L con respecto al volumen del lote estimado de 610 L de cerveza de la siguiente forma:



$$\% \text{ Volumen recuperado} = \frac{521,82}{610} \times 100 = 85,54\%$$

**2.4.2 Balance de masa por etapas.** A continuación, en la figura se muestra un diagrama que describe el proceso de producción de cerveza en la Cervecería OD Colombia indicando las materias y corrientes del proceso para un lote estimado de 610L.

**Figura 21.** Diagrama de proceso Balance de masa por etapas.



**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 12.** Balance de masa en el Molino.

Balance de masa molienda.			
Componente	Corrientes (g)		
	Entrada	Salida	
	1	2	3
Malta Pale Ale	110000	45,3	109954,7
Malta Carapils	5000		5000
Malta de trigo	5000		5000
Malta Munich 2	3000		3000
Lúpulo Chinook			
Levadura			
Agua			
<b>Total</b>	<b>123000</b>	<b>45,3</b>	<b>122954,7</b>
<b>Balance total.</b>	<b>123000</b>	<b>123000</b>	

**Fuente:** elaboración propia.

Dónde: 1 = Granos de malta, 2 = Perdidas de grano, 3 = Malta molida.

**Tabla 13.** Balance de masa en macerado.

Balance de masa macerador				
Componente	Corrientes (g)			
	Entradas		Salidas	
	3	4	5	6
Malta Pale Ale	109954,7		107663,6	2291,1
Malta Carapils	5000		4895,8	104,2
Malta de trigo	5000		4895,8	104,2
Malta Munich 2	3000		2937,5	62,5
Lupulo Chinook				
Levadura				
Agua		380000	372082,0	7918,0
<b>Total</b>	<b>122954,7</b>	<b>380000</b>	<b>492474,7</b>	<b>10480</b>
<b>Balance total.</b>	<b>502954,7</b>		<b>502954,7</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde: 3 = Malta molida, 4 = Agua de macerado, 5 = Mezcla de Agua y granos, 6 = Perdidas macerado.

La corriente 6 de pérdidas de macerado incluye el agua que se evapora y la pérdida generada en el trasiego usando la bomba 1, unificados en una sola corriente debido a la imposibilidad de ser medidos por separado durante el proceso.

**Tabla 14.** Balance de masa en tanque de lavado.

Balance de masa tanque de lavado.					
Componente	Corrientes (g)				
	Entradas		Salidas		
	5	7	8	9	10
Malta Pale Ale	107663,6		26269,2		81394,4
Malta Carapils	4895,8		1194,5		3701,3
Malta de trigo	4895,8		1194,5		3701,3
Malta Munich 2	2937,5		716,7		2220,8
Lupulo Chinook					
Levadura					
Agua	372082,0	420000	625000,0	62529,7	104552,3
<b>Total</b>	<b>492474,7</b>	<b>420000</b>	<b>654375</b>	<b>62529,7</b>	<b>195570</b>
<b>Balance total.</b>	<b>912474,7</b>		<b>912474,7</b>		

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde: 5 = mezcla de agua y granos, 7 = Agua de lavado, 8 = mosto sin hervir, 9 = perdidas lavado, 10 = afrecho.

La corriente 8 corresponde al mosto total cargado en el hervidor y las pérdidas del lavado de grano contemplan 62529,7 g de agua de lavado que sirvieron como agua de empuje el lavado de azucares, para evitar secar la cama de grano y no fueron cargados al hervidor para evitar la extracción de compuestos indeseados de los granos.

**Tabla 15.** Balance de masa en hervidor.

Balance de masa Hervidor / Whirlpool					
Componente	Corrientes (g)				
	Entradas		Salidas		
	8	11	12	13	14
Malta Pale Ale	26269,2			1801,7	24467,5
Malta Carapils	1194,5			81,9	1112,6
Malta de trigo	1194,5			81,9	1112,6
Malta Munich 2	716,7			49,2	667,6
Lupulo Chinook		650		548,327	101,673
Levadura					
Agua	625000,0		35000,0		550038
Total	654375,0	650	35000	42525	577500
<b>Balance total.</b>	<b>655025,0</b>		<b>655025,0</b>		

**Fuente:** elaboración propia.

Dónde: 8 = mosto sin hervir, 11 = Lúpulo, 12 = Evaporación, 13 = Perdidas equipo  
14 = Mosto hervido cargado en fermentador.

La corriente 13 de pérdidas en el equipo contempla los sedimentos separados en el whirlpool junto con la cerveza que queda atrapada en el equipo y la cerveza que se pierde en la carga del fermentador a lo largo de la línea de intercambiadores de calor.

**Tabla 16.** Balance de masa en fermentador.

<b>Balance de masa Fermentador</b>				
<b>Componente</b>	<b>Corrientes (g)</b>			
	<b>Entradas</b>		<b>Salidas</b>	
	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
Malta Pale Ale	24467,5		1371,5	23096,0
Malta Carapils	1112,6		62,4	1050,3
Malta de trigo	1112,6		62,4	1050,3
Malta Munich 2	667,6		37,4	630,2
Lupulo Chinook	101,7		5,70	95,97
Levadura		250	212,50	37,50
Agua	550038		30868,2	519169,8
<b>Total</b>	<b>577500</b>	<b>250</b>	<b>32620,0</b>	<b>545130,0</b>
<b>Balance total.</b>	<b>57750</b>		<b>57750</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde: 14 = mosto hervido, 15 = Levadura, 16 = crema de levadura, 17 = cerveza fermentada.

**Tabla 17.** Balance de masa en filtro de placas.

<b>Balance de masa Filtro de Placas.</b>			
<b>Componente</b>	<b>Corrientes (g)</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	
	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Malta Pale Ale	23096,0	614,3	22481,7
Malta Carapils	1050,3	27,9	1022,3
Malta de trigo	1050,3	27,9	1022,3
Malta Munich 2	630,2	16,8	613,4
Lupulo Chinook	95,97	2,55	93,42
Levadura	37,5	37,5	
Agua	519169,8	13773,0	505396,9
<b>Total</b>	<b>545130,0</b>	<b>14500</b>	<b>530630</b>
<b>Balance total.</b>	<b>545130,0</b>	<b>545130</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde 17 = cerveza fermentada, 18 = Sólidos y pérdidas filtrado, 19 = cerveza filtrada.

**Tabla 18.** Balance de masa en BBT.

Balance de masa BBT.			
Componente	Corrientes (g)		
	Entrada	Salida	
	19	20	21
Malta Pale Ale	22481,7	152,1	22329,6
Malta Carapils	1022,3	6,9	1015,4
Malta de trigo	1022,3	6,9	1015,4
Malta Munich 2	613,4	4,1	609,2
Lupulo Chinook	93,4	0,6	92,8
Levadura			
Agua	505396,9	3419,3	501977,6
<b>Total</b>	<b>530630,0</b>	<b>3590,0</b>	<b>527040,0</b>
<b>Balance total.</b>	<b>530630,0</b>	<b>530630,0</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

Dónde: 19 = cerveza filtrada, 20 = Pérdidas embotellado, 21 = cerveza embotellada.

## 2.5 CARACTERIZACION SENSORIAL DEL PRODUCTO

El estilo de cerveza a estudiar en esta investigación es Blonde Ale basado en la guía de juzgamiento de cerveza de la organización BJCP (Beer Judge Certification Program), descrita de forma general como una cerveza de color amarillo suave a dorado profundo, de sabor suave con carbonatación media, fácil de beber orientada al sabor de la malta, bajo amargor y aroma a dulce de malta con bajo sabor a lúpulo y tonos frutados.<sup>62</sup>

Se realizó una descripción sensorial de la cerveza estilo Blonde Ale elaborada en la cervecería OD Colombia por parte del Cervecerero profesional y juez BJCP certificado Daniel López, indicando que cumple con las características del estilo siendo una muy buena representación de este y se encuentra dentro de los parámetros. (Ver anexo E)

---

<sup>62</sup> STRONG, G. ENGLAND, C. Beer Judge Certification Program 2015 style guidelines. 2015. p. 32 [En línea]. Disponible en: [https://www.bjcp.org/docs/2015\\_Guidelines\\_Beer.pdf](https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf)

### 3. TRATAMIENTO Y REUTILIZACION DE LEVADURA.

La reutilización de levadura es un procedimiento que requiere ser llevado a cabo de la forma más cuidadosa posible para evitar tener efectos negativos sobre la salud de la levadura y evitar contaminaciones. Para cumplir con esto es importante considerar todos los factores implicados a la hora de la cosecha de levadura y los análisis y tratamientos necesarios previos la siguiente fermentación. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* tiene una esperanza de vida limitada cuando se trata de ser replicada consecutivamente, el envejecimiento de las células de levadura puede llevar a modificaciones genéticas, morfológicas y metabólicas tales como alteraciones en la forma, tamaño y superficie de la célula, disminución del metabolismo. Sin embargo, esta puede ser reutilizada hasta 7 veces pero el número de veces puede ser limitado por las políticas de calidad de la empresa.<sup>63</sup>

#### 3.1 COSECHA DE LEVADURA

A la hora de la cosecha de levadura se ven implicados dos factores a considerar:

- El momento en que se cosecha la levadura
- El método de cosecha de levadura.

**3.1.1 Momento de cosecha de levadura.** La levadura debe ser extraída del fermentador lo más rápido y tantas veces como sea posible debido a la influencia de varias razones. A lo largo de la maduración de la cerveza, las células de levadura excretan sustancias albuminoideas de bajo peso molecular las cuales no pueden ser reabsorbidas luego de que se difunden en la cerveza teniendo un efecto negativo sobre la retención de la espuma. Además de estas sustancias, las células de levadura más viejas que presentan cicatrices del proceso de gemación, una vez se han consumido las sustancias de reserva inician la producción de sus componentes celulares donde enzimas de secreción interna degradan las membranas dentro y fuera de la célula de levadura provocando el descontrol de su metabolismo y la muerte celular. Este proceso es conocido como autólisis y las sustancias liberadas en las que se encuentran aminoácidos, ácidos grasos insaturados y enzimas proteolíticas presentan un efecto negativo en la retención de la espuma, estabilidad del sabor de la cerveza y también pueden ser el medio de cultivo de agentes contaminantes.<sup>64</sup>

Ya que la levadura no sedimenta idealmente luego de finalizar la fermentación principal, en periodos de reposo de la cerveza aparecen considerables concentraciones de células de levadura aun activas en la superficie y presencia de efervescencias de algunas nubes de levadura que suben a la superficie desde el

---

<sup>63</sup>POWEL, Chris. The impact of brewing yeast cell age on fermentation performance, attenuation and flocculation. Reino Unido. FEMS Yeast Research 3. 2003. p 149.

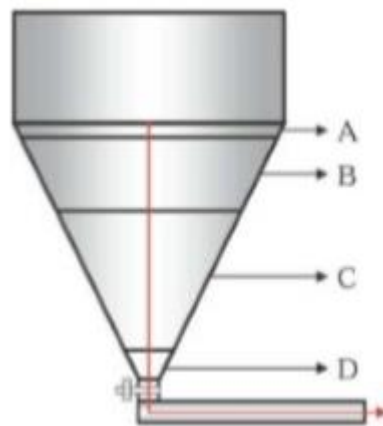
<sup>64</sup> KUNSE, Wolfgang. Op. Cit., p. 504.

sedimento caliente ubicado en el cono del tanque cuando este no tiene refrigeración en esta parte. Aun así la mayor parte de la levadura sedimenta poco a poco en el cono del fermentador y además es considerablemente influenciada por la altura del tanque.<sup>65</sup>

La levadura sedimentada en el cono del tanque presenta una estratificación de células debido a que la población de levaduras está compuesta por células jóvenes y envejecidas que presentan diferentes propiedades de sedimentación. Por lo general la levadura es cosechada al final de la fermentación donde se encuentra la fracción que comprende células vírgenes y de mediana edad.

La Figura 22 muestra un esquema que ilustra la estratificación de las células de levadura sedimentadas en el cono durante la fermentación.<sup>66</sup>

**Figura 22.** Estratificación de la levadura sedimentada.



**Fuente:** POWEL, Chris D. The impact of brewing yeast cell age on fermentation performance, attenuation and flocculation. En: FEMS Yeast research 3. 2003. p 150.

Donde La fracción A indica la población más joven de células, Las fracciones B y C representan las células de edad promedio y la fracción D indica la población mayormente envejecida. Las fracciones A y B son las comúnmente utilizadas en las técnicas de cosecha tradicionales.

**3.1.2 Métodos de cosecha de levadura.** La levadura puede ser cosechada de la parte superior del fermentador (Top Cropping), o de la parte inferior del tanque (Bottom Cropping) luego de terminar la fase de fermentación principal.

<sup>65</sup> KUNSE, Wolfgang. Op. Cit., p. 504.

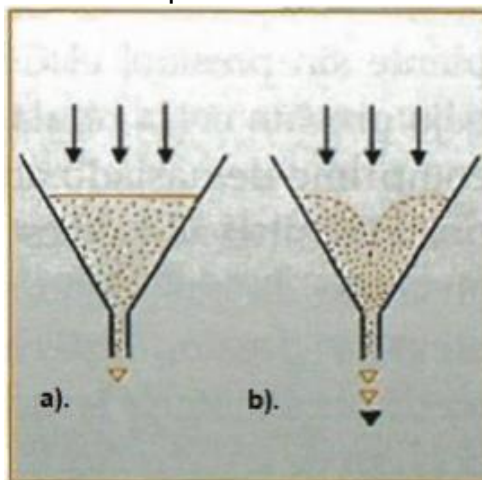
<sup>66</sup> POWEL, Chris. Op. Cit., p. 150.

**3.1.2.1 Top Cropping.** Para el segundo o tercer día de la fermentación la levadura de mejor calidad va a subir a la superficie y dependiendo de sus propiedades de sedimentación tendrá la capacidad de permanecer arriba durante la fermentación, en este momento si la fermentación es realizada en un tanque abierto o en un tanque cilindro cónico cerrado con tapa, el cervecero puede retirar levadura de la superficie con la desventaja de correr el riesgo de contaminación de la cerveza por parte de microorganismos indeseados.<sup>67</sup>

**3.1.2.2 Bottom Cropping.** La mayoría de cerveceros cosechan la levadura del fondo de los recipientes debido al mayor uso de tanques cilindro cónicos para los procesos fermentativos, también evitando cualquier riesgo de contaminación de la cerveza. Este método presenta la desventaja de la presencia de otros sedimentos en el fondo del tanque además de células de levadura, pero aun así es el método más fácil para los cerveceros con los equipos de fermentación utilizados hoy en día.

Para este método la extracción de levadura del tanque puede ser llevado a cabo aprovechando la presión de la columna de cerveza que se encuentra sobre la levadura o por medio del uso de una bomba adicional. Durante la extracción la levadura debe descender lo más lento posible para mantener la inter fase formada entre la levadura sedimentada y la cerveza, de lo contrario podría formarse un embudo por la extracción rápida y extraer cerveza que luego debe ser recuperada.<sup>68</sup>

**Figura 23.** Extracción de levadura **(a)** La levadura se desliza uniformemente hacia abajo **(b)** Formación de embudo por extracción rápida.



**Fuente:** KUNSE, Wolfgang. Cosecha de levadura En: Tecnología para cerveceros y malteros. BLV Berlin. 2006. [Consultado el 13 de septiembre del 2019]

<sup>67</sup> WHITE, Chris. Op. Cit., p. 504.

<sup>68</sup> KUNSE, Wolfgang. Op. Cit., p. 505.



**3.1.3 Manejo y Tratamiento de levadura.** En la mayoría de cervezas el grado de alcohol es relativamente bajo y la levadura continua viva y saludable después de la fermentación, El manejo de la levadura requiere las mejores prácticas durante su almacenamiento y manipulación para que esta permanezca saludable, según esto se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:<sup>69</sup>

- Evitar corrientes de aire.
- Usar siempre un ambiente estéril y trabajar al lado de una llama abierta.
- Minimizar el vertido de un recipiente a otro.
- Utilizar papel aluminio u otras cubiertas sanitarias.
- Limpieza estricta, utilización de sanitizantes y alcohol al 70%.

**3.1.4 Viabilidad y vitalidad celular.** La viabilidad celular hace referencia a que cantidad de células de la población de levadura se encuentran vivas y pueden reproducirse, llamadas Unidades formadoras de colonia, además de esto también es importante el estado y la salud en de las células de levadura o lo que conocemos como vitalidad celular. Si se desea garantizar la salud de la levadura para la fermentación se recomienda elaborar un starter de levadura que consiste en ayudar a la levadura a revitalizarse y desarrollarse para ser inoculada suministrándole un sustrato de un mosto de baja densidad entre 1,020 y 1,040 sin lúpulo y buena oxigenación. Si no se llevan a cabo las medidas de sanitización adecuadas y disponibilidad de nutrientes para la levadura no es recomendado hacer un starter.<sup>70</sup>

Para este caso de estudio se realizó el análisis de viabilidad celular de las muestras de levadura y en lugar de la vitalidad se realizó la activación de la levadura para asegurar la buena salud de la levadura inoculada. La levadura fue cosechada en dos escenarios diferentes en donde la segunda generación de levadura fue cosechada del fermentador tanque cilindro cónico de la planta y la tercera generación de levadura fue cosechada de la fermentación experimental realizada de la fermentación llevada a cabo por la segunda generación de levadura a escala experimental.

Este proceso debe realizarse a una temperatura aproximada de 22°C-25°C con agitación vigorosa ya sea manual o con un agitador magnético para suministrar a la levadura el oxígeno requerido para su crecimiento y el desarrollo de una membrana celular saludable necesaria para la absorción de nutrientes.<sup>71</sup>

---

<sup>69</sup> WHITE, Op. Cit., p. 108.

<sup>70</sup> ZAINASHEFF, Jamil. Yeast Starter. En: Zymurgy [En línea]. marzo-abril, 2007. [citado 15 oct., 2019]. Disponible en: [https://www.homebrewersassociation.org/homebrewing/zymurgy\\_magazine/pdf/MAzym07\\_YeastStarter.pdf](https://www.homebrewersassociation.org/homebrewing/zymurgy_magazine/pdf/MAzym07_YeastStarter.pdf)

<sup>71</sup> PALMER, Op. Cit., p. 118.

**3.1.5 Starter de levadura.** A la hora de reutilizar la levadura es importante garantizar que las células estén saludables para tener una buena fermentación. La elaboración del starter consiste en llevar un alícuota de levadura a un volumen 10 veces mayor que este a un mosto o medio de cultivo de densidad entre 1,030 y 1,040, suficientes para brindar a la levadura sustrato suficiente para su crecimiento sin provocar demasiado estrés innecesario para la levadura.

**3.1.6 Segunda Generación de levadura.** Fueron recolectados del fermentador de la planta una muestra de 200 g de crema de levadura en el día 12 de fermentación, el momento de cosecha adecuado fue basado en el esquema de estratificación de levadura en el cono y con ayuda del cervecero de la empresa en un Erlenmeyer previamente esterilizado e inmediatamente fue refrigerada para su posterior tratamiento.

**3.1.7 Tercera Generación de levadura.** Se recolectó la levadura sedimentada luego de terminadas las fermentaciones de segunda generación ya después de que la cerveza fue trasvasada a un segundo fermentador donde se separó la primera fracción de células envejecidas. El momento de la cosecha de levadura fue a los 15 días de su inoculación donde se encontraba la fracción con predominancia de células más jóvenes al final de la fermentación, Se realizó el proceso para las dos fermentaciones y se seleccionó la más viable para su reutilización.

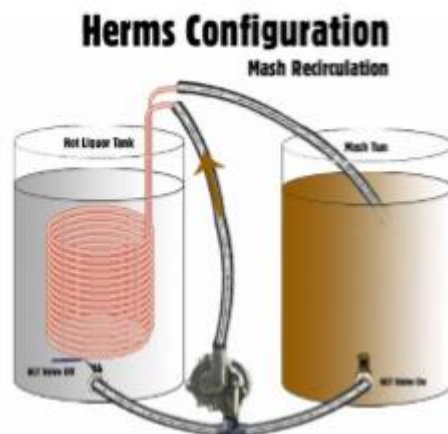
## 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para evaluar el efecto de la reutilización consecutiva de la levadura *Safeale US-05* hasta la tercera generación en la cerveza artesanal estilo Blonde Ale, se elaboró un lote del medio de cultivo mosto cervecero escalado a un volumen de 20 litros para cargar 4 fermentadores experimentales cada uno con un volumen de 4L y se inoculó inicialmente las dos primeras generaciones de levadura cada una por duplicado. Al terminar las fermentaciones se cosecho la tercera generación de levadura, se elaboró un segundo lote del medio de cultivo y se cargaron 2 fermentadores con 4 litros de mosto en donde se inoculo la tercera generación de levadura y su duplicado.

### 4.1 ELABORACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO.

Con ayuda de la caracterización detallada del proceso en el primer objetivo se escaló la producción a nivel planta a un volumen experimental de 20 L elaborados en un tren de cocción con macerado de sistema de intercambio de calor por recirculado o conocido por sus siglas en inglés como HERMS, el cual permitió cumplir con las variables de cada etapa de la elaboración. En la figura se muestra un esquema de su funcionamiento.

**Figura 24.** Sistema de macerado HERMS.



**Fuente:** BEER INFINITY. How viable is electric brewing? herms. [En línea] <http://www.beerinfinity.com/how-viable-is-electric-brewing-herms/> [Consultado el 10 de septiembre de 2019]

La recirculación del mosto es realizada a través de un serpentín sumergido en el tanque de agua caliente permitiendo subir la temperatura del empaste sin exponer el macerado al fuego directo y realizar diversos descansos de temperatura de forma eficiente.

**Figura 25.**Equipo utilizado para la elaboración del medio de cultivo.



**Fuente:** Elaboración propia.

**4.1.1 Preparación de materias primas.** Las materias primas utilizadas fueron escaladas basadas en las composiciones establecidas por la empresa descritas en el balance de masa y descripción detallada de las operaciones unitarias.

**4.1.1.1. Agua.** El agua utilizada para la elaboración fue analizada en el laboratorio y se obtuvieron los resultados presentados en la siguiente tabla comparados con el ajuste realizado en la empresa.

**Tabla 19.** Perfil de agua de elaboración para lotes experimentales y valores a ajustar.

<b>Parámetro</b>	<b>Ca<sup>+2</sup></b>	<b>Mg<sup>+2</sup></b>	<b>Alcalinidad total</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Na<sup>+2</sup></b>	<b>Alcalinidad residual</b>
<b>Unidades</b>	mg/L	mg/L	mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO <sub>3</sub>
<b>Valor medido</b>	8	4,8	50	25	25	33	41
<b>Agua de macerado</b>	50,5	5	50	109	50	33	-14
<b>Agua de lavado</b>	58,7	5	50	128,9	50	33	-20

**Fuente:** elaboración propia.

Para el tratamiento del agua de elaboración se filtró con los filtros de polipropileno de 5µm y de carbón activo, se dejó reposar entre 12 y 18 horas y se realizó el cálculo de las sales para realizar un ajuste de parámetros lo más cercano posible al utilizado a nivel planta de los parámetros Calcio, sulfatos y cloruros.

La cantidad de malta utilizada para la producción de 20 L de cerveza fue de 7 Kg de malta y basado en esta cantidad se calculó el volumen de agua de macerado basado en la relación utilizada de 3 litros de agua por Kg de malta y se calculó el volumen de agua de lavado basado en la relación utilizada de 3,3 L de agua por Kg de malta de la siguiente forma:

Para el macerado:

$$V \text{ agua de macerado} = \text{Kg de malta} * \frac{3L}{\text{Kg de malta}}$$

$$V \text{ agua de macerado} = 7Kg * \frac{3L}{\text{Kg de malta}}$$

$$V \text{ agua de macerado} = 21L$$

Para el lavado:

$$V \text{ agua de lavado} = \text{Kg de malta} * \frac{3.3L}{\text{Kg de malta}}$$

$$V \text{ agua de lavado} = 7Kg * \frac{3.3L}{\text{Kg de malta}}$$

$$V \text{ agua de lavado} = 23,1L$$

Una vez se calcularon los volúmenes de agua de lavado y macerado se procedió a realizar el cálculo de la adición de sales, para el macerado se tomó un volumen de ajuste de 26L ya que en el equipo utilizado para el macerado tiene un volumen de 5 L debajo del falso fondo ya que el macerado y el lavado de granos fueron realizados en un solo equipo y no en dos como en el caso de la configuración de planta de la cervecería OD.

Se calculó la cantidad de sales necesarias para ajustar la cantidad de sulfatos, cloruros y calcio en el agua de lavado y macerado de la siguiente forma.

Para el agua de macerado:

Fue necesario aumentar 25 mg/L la concentración de cloruros con el uso de cloruro de calcio. Para saber la cantidad de sal a añadir se multiplico la cantidad del aporte deseado por el volumen de agua utilizado y se dividió por el porcentaje en peso del ion Cl<sup>-</sup> presente en el cloruro de calcio di hidratado tomado de la tabla 5.

$$25 \frac{mg}{L} \text{ Cl}^- * 26L = 650 \text{ mg Cl}^-$$

$$\frac{650 \text{ mg Cl}^-}{0,48} = 1354,16 \text{ mg CaCl}_2 - 2H_2O$$

Luego de conocer la cantidad de cloruro de calcio a añadir se calculó la cantidad del aporte del ion Ca<sup>+2</sup>.multiplicando la cantidad de cloruro de calcio a añadir por el porcentaje en peso del ion calcio en la sal y dividiendo en el volumen de agua.

$$1354,16 \text{ mg CaCl}_2 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,27 = 338,54 \text{ mg Ca}^{+2}$$

$$\frac{338,54 \text{ mg Ca}^{+2}}{26\text{L}} = 13,02 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

El otro parámetro ajustado fue la concentración de sulfatos de la misma manera que con el cloruro de calcio, pero con sus respectivos porcentajes en peso, se aumentaron 84 mg/L del ion  $\text{SO}_4^{2-}$  y se calculó el aporte de ion  $\text{Ca}^{+2}$ .

$$84 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{SO}_4^{-2} * 26\text{L} = 2184 \text{ mg SO}_4^{-2}$$

$$\frac{2184 \text{ mg SO}_4^{-2}}{0,56} = 3900 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$$

para el ion  $\text{Ca}^{+2}$ :

$$3900 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,23 = 897 \text{ mg Ca}^{+2}$$

$$\frac{897 \text{ mg Ca}^{+2}}{26\text{L}} = 34,5 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

El aporte total de calcio se calculó por medio de la suma del calcio aportado por cada una de las sales agregadas.

$$13,02 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} + 34,5 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} = 47,52 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

El valor de este aporte se sumó con la cantidad de calcio presente en el agua de elaboración.

$$47,52 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} + 8 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} = 55,52 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

De la misma manera se realizaron los cálculos para el ajuste de agua de lavado presentados a continuación:

Se calculó la cantidad necesaria de cloruro de calcio a añadir para aumentar la concentración del ion  $\text{Cl}^-$  en 25 mg/L y su aporte de ion  $\text{Ca}^{+2}$ .

$$25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Cl}^- * 23,1\text{L} = 577,5 \text{ mg Cl}^-$$

$$\frac{577,5 \text{ mg Cl}^-}{0,48} = 1203,12 \text{ mg CaCl}_2 - 2\text{H}_2\text{O}$$

Aporte de  $\text{Ca}^{+2}$ :

$$1203,12 \text{ mg CaCl}_2 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,27 = 324,8 \text{ mg Ca}^{+2}$$

$$\frac{324,8 \text{ mg Ca}^{+2}}{23,1\text{L}} = 14,06 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

Para el ajuste de sulfatos se calculó la cantidad necesaria para aumentar 103.9 mg/L del ion  $\text{SO}_4^{2-}$  y su respectivo aporte de calcio.

$$103.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{SO}_4^{-2} * 23,1\text{L} = 2400,09 \text{ mg SO}_4^{-2}$$

$$\frac{2400,09 \text{ mg SO}_4^{-2}}{0,56} = 4285,8 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$$

Para el ion  $\text{Ca}^{+2}$ :

$$4285,8 \text{ mg CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O} * 0,23 = 985,73 \text{ mg Ca}^{+2}$$

$$\frac{985,73 \text{ mg Ca}^{+2}}{23,1\text{L}} = 42,67 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

Aporte total de calcio:

$$14,06 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} + 42,67 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} = 56,73 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

Ajuste total de calcio:

$$56,73 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} + 8 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}} = 64,73 \frac{\text{mg Ca}^{+2}}{\text{L}}$$

Debido a los ajustes realizados donde se aumentó la concentración de ion  $\text{Ca}^{+2}$  y su ya mencionado efecto en la alcalinidad residual esa fue recalculada para el agua de macerado y lavado usando la ecuación 1.

Para el agua de macerado:

$$\text{Alcalinidad residual} = 50 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 - \left[ \left( \frac{55,52 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}^{+2}}{1,4} \right) + \left( \frac{4,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Mg}^{+2}}{1,7} \right) \right]$$

$$\text{Alcalinidad residual} = 7,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Para el agua de lavado:

$$\text{Alcalinidad residual} = 50 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 - \left[ \left( \frac{64,73 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}^{+2}}{1,4} \right) + \left( \frac{4,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Mg}^{+2}}{1,7} \right) \right]$$

$$\text{Alcalinidad residual} = 0,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

En la siguiente tabla se muestran el perfil de agua ajustado para la elaboración de los lotes experimentales.

**Tabla 20.** Ajuste de agua para elaboración de medio de cultivo experimental.

<b>Parámetro</b>	<b>Ca<sup>+2</sup></b>	<b>Mg<sup>+2</sup></b>	<b>Alcalinidad total</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Na<sup>+2</sup></b>	<b>Alcalinidad residual</b>
<b>Unidades</b>	mg/L	mg/L	mg/L CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO <sub>3</sub>
<b>Agua de macerado</b>	55,52	5	50	109	50	33	7,5
<b>Agua de lavado</b>	64,73	5	50	128,9	50	33	0,9

**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.1.2 Malta.** Se utilizaron 7 Kg de malta para la elaboración de los lotes experimentales teniendo en cuenta los porcentajes de cada malta utilizados en la empresa descritos previamente en el balance de masa global de la producción a nivel planta.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades y porcentaje de malta utilizados.

**Tabla 21.** Porcentajes y cantidad de malta utilizada en la elaboración del medio de cultivo experimental.

<b>MALTA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>
<b>Pale Ale</b>	89%	6,260
<b>Carapils</b>	4%	0,285
<b>Wheat malt</b>	4%	0,285
<b>Caramel Múnich II</b>	2%	0,171
<b>Total</b>	100%	7

**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.1.3 Lúpulo.** Las adiciones de lúpulo Chinook utilizadas fueron escaladas al volumen experimental a partir de los datos obtenidos en el balance de masa a nivel planta, basados en la cantidad de lúpulo añadida, su tiempo de utilización, el volumen del mosto al final del hervor y el porcentaje de alfa ácidos. Dichas adiciones son presentadas en la tabla 22.



**Tabla 22.** Adiciones de lúpulo a escala experimental.

LÚPULO	% ALFA ÁCIDOS	TIEMPO DE HERVOR	CANTIDAD
Chinook	12,7%	60 min	12,3 g
Chinook	12,7%	5 min	10,6 g

**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.1.4 Levadura.** Las tres generaciones de levadura *Safeale US-05* fueron preparadas previamente para ser inoculadas en la misma cantidad en las fermentaciones experimentales en referencia a la tasa de inoculación establecida a nivel planta.

**4.1.2 Operaciones unitarias.** El medio de cultivo fue elaborado replicando lo mejor posible cada una de las variables establecidas en la caracterización del proceso de elaboración a nivel planta.

**4.1.2.1 Molienda.** La molienda de la malta se realizó en un molino de dos rodillos y se inspeccionó visualmente el resultado obtenido verificando que no fuera demasiado fina y sin romper demasiado la cascara de los granos.

**Figura 26.** Inspección visual de la malta molida.



**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.2.2. Macerado.** La maceración de la malta se llevó a cabo logrando de manera exitosa la curva de temperaturas de macerado establecida a nivel planta a excepción de una leve demora en el aumento de temperatura de un escalón a otro debido al sistema utilizado.

Los parámetros como el pH inicial y final de macerado fueron medidos con un medidor de pH marca HANNA previamente calibrado y se verificó el cumplimiento

de estos parámetros. El pH al inicio y al final del macerado fue de 5.4 de acuerdo con lo establecido en el procesamiento a nivel planta.

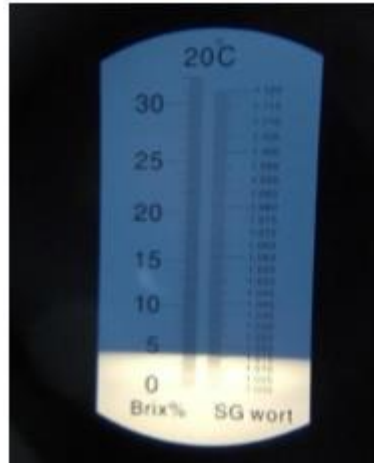
**Figura 27.** Medición pH al inicio del macerado.



**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.2.3 Recirculación y lavado de grano.** Una vez se terminó la maceración se inició el recirculado durante 15 minutos a 72°C, se formó la cama de grano necesaria para la clarificación del mosto y lavado de los granos. La maceración y el lavado fueron realizados en el mismo equipo lo que facilitó la formación de la cama de grano, seguidamente se alimentó el agua para realizar el lavado continuo sin drenaje total tal y como es realizado a nivel planta. Se midió la densidad del extracto (Run-off) con el uso de un refractómetro y se verificó el correcto lavado sin extraer a una densidad menor a 1.010 según lo establecido.

**Figura 28.** Medida densidad de Run-off.



**Fuente:** elaboración propia.

En la figura 28 se observa el un valor de 1,015 medida del extracto Run-off para uno de los dos lotes experimentales elaborados.

**4.1.2.4 Hervido del mosto.** El mosto extraído se cargó en el recipiente de hervido obteniendo un volumen de 30L, llevado a ebullición vigorosa por 90 minutos y se realizaron las adiciones de lúpulo. Al terminar el hervor se obtuvo un mosto volumen de 23 L mosto de densidad 1.050.

**Figura 29.** Ebullición vigorosa del mosto.



**Fuente:** elaboración propia.

**4.1.2.5 Enfriamiento del mosto.** Se utilizó un serpentín de acero inoxidable sumergido durante los últimos 20 minutos del hervor para su esterilización, a finalizar el hervor se bombeo agua fría a través de este utilizando una bomba sumergible en un banco de agua con hielo. El mosto fue llevado a temperatura de 20°C.

**Figura 30.** Serpentín de acero inoxidable para enfriado.



**Fuente:** elaboración propia.

Se elaboraron dos lotes del medio de cultivo experimental escalado, en los que se midieron y controlaron las variables establecidas para cada una de las operaciones unitarias a partir de la caracterización del proceso a nivel planta.

Los datos de los dos lotes elaborados para este estudio son presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** Parámetros de los medios de cultivo elaborados.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Lote 1</b>	<b>Lote 2</b>	<b>Unidades</b>
<b>Molienda</b>	Calibración molino	Distancia entre rodillos	1,5	1,4	1,4	mm
	Empaste	pH inicial	5,4	5,4	5,4	-
	Conversión de azúcares	Temperatura	63	63	63	°C
<b>Macerado</b>	Aumento de T	Tiempo	40	40	40	Minutos
		Temperatura	10	15	15	Minutos
	Mash out	Temperatura	72	72	72	°C
		Tiempo	15	15	15	Minutos
<b>Recirculado</b>	Formación de cama de grano	pH final	5,4	5,4	5,4	-
		Temperatura	72	72	71	°C
		Tiempo	15	15	15	Minutos
<b>Lavado de grano</b>	Lavado continuo	Temperatura	75	75	75	°C
	Run off	Densidad	1,012	1,015	1,014	-
	Densidad antes de hervor	Densidad	1,048	1,038	1,038	-
<b>Cocción</b>	Hervor	Tiempo	90	90	90	Minutos
	Whirlpool	Tiempo	15	-	-	Minutos
	Descanso	Tiempo	15	30	30	Minutos
<b>Enfriamiento</b>	Salida del mosto	Temperatura	20	20	21	°C

**Fuente:** elaboración propia.

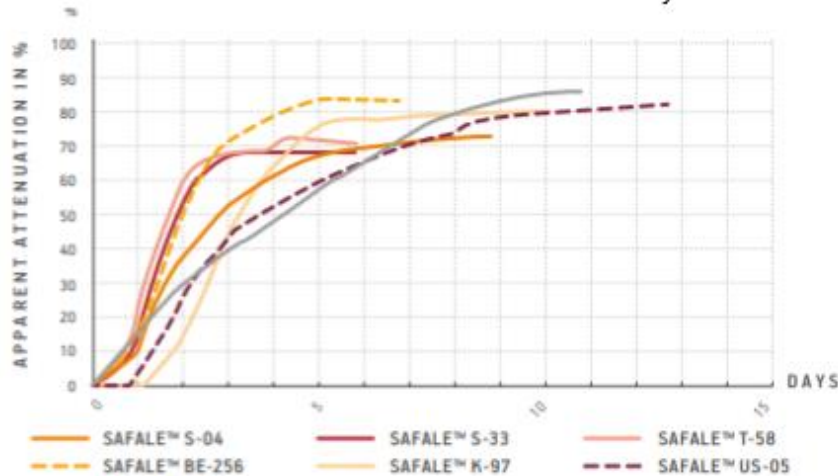
El valor de la densidad antes de hervor obtenido en las fermentaciones experimentales fue de 1,038 a diferencia del obtenido a nivel planta debido a la diferencia de tasas de hervor entre los equipos sin embargo se obtuvo al final un medio de cultivo mosto cervecero de OG 1,050 y pH 5,4 como se esperaba.

#### **4.2 ANÁLISIS DE LAS FERMENTACIONES A ESCALA LABORATORIO.**

Con el fin de analizar el rendimiento de las diferentes generaciones de levadura a escala laboratorio se tomaron muestras durante 8 días cada 8 horas de cada uno de los fermentadores para posteriormente realizar un análisis comparativo de: 1) consumo de azúcares por refractometría, 2) producción de alcohol, 3) crecimiento celular. Posteriormente se analizó el rendimiento de los procesos fermentativos en términos de la atenuación aparente. El control y monitoreo de las fermentaciones se llevó a cabo manteniendo la temperatura del ambiente entre 17°C y 18°C, se registró la temperatura indicada en un termómetro adherido a cada fermentador al momento de la toma de muestras. El tiempo de muestreo fue establecido basado en la información de la cinética de fermentación la levadura a

unas condiciones de 20° C y una densidad inicial de 1,055 proporcionados por el fabricante de la levadura, los cuales se encuentran cerca de las condiciones de esta experimentación.

**Gráfica 2.** Cinética de fermentación de la levadura Safeale US-05 a 20°C y densidad inicial 1.055.



**Fuente:** FERMENTIS. For you brewers, Tips and tricks. [En línea] <https://fermentis.com/en/tips-n-tricks/for-you-brew> [Consultado el 15 de octubre de 2019]

**4.2.1 Montaje de las fermentaciones experimentales.** Con los resultados obtenidos en la experimentación se realizó la comparación entre las fermentaciones de segunda y tercera generación con respecto a la primera generación.

**4.2.1.1 Preparación inóculos de levadura.** La preparación de los inóculos de levadura fue realizada siguiendo de forma estricta los parámetros establecidos para el manejo de levadura para evitar la contaminación durante su tratamiento para la re inoculación.

La cantidad de levadura a inocular en g/L se estableció a partir de la caracterización del proceso a nivel planta donde se inocularon 250 g de levadura activa seca en 650 L de cerveza. Se calculó la tasa de inoculación experimental establecida de la siguiente manera.

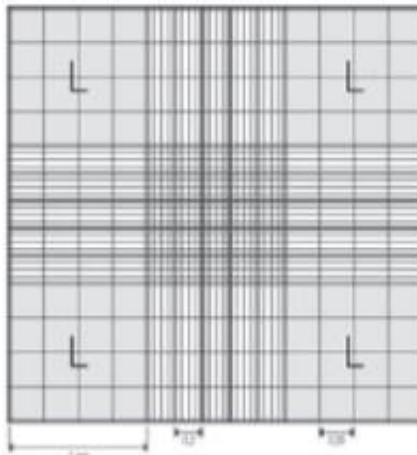
$$\frac{250g}{650L} * 4L = 1,54g$$

la inoculación de las dos fermentaciones de primera generación y establecer la tasa de inoculación en células viables por mL de las siguientes fermentaciones, se hidrataron 4g de levadura activa seca en 40mL de mosto sin lúpulo de densidad

1,040 a 25°C extraídos de forma cuidadosa a los 20 minutos del hervor en un Erlenmeyer de 250 mL con agitación manual suave durante 30 minutos. Luego de hidratar la levadura se inocularon 15,4 mL de la levadura en cada fermentador y se tomó un alícuota de 0,5 mL del inóculo preparado y se diluyó para ser llevado al microscopio y realizar el recuento de células en cámara de Neubauer mejorada y el cálculo de la viabilidad celular.

La cámara de Neubauer permite determinar el número de células en determinado volumen, Se utilizó una cámara de Neubauer mejorada de profundidad 0,1mm marca BOECO.

**Figura 31.** Dimensiones cámara de Neubauer mejorada.



**Fuente:** LABORATORIO CLINICO. Cámaras de recuento. [En línea] [https://www.brand.de/fileadmin/user/pdf/GK900/Zaehlkammern/GK900\\_05\\_Clinical\\_Lab\\_Zaehlkammern\\_s.pdf](https://www.brand.de/fileadmin/user/pdf/GK900/Zaehlkammern/GK900_05_Clinical_Lab_Zaehlkammern_s.pdf) [ Consultado el 23 de septiembre de 2019]

La cámara está compuesta por 9 cuadrados cada uno de 1 mm x 1mm, el cuadrado de la mitad está dividido en 25 cuadrados con aristas de 0,2mm y estos divididos a su vez en 16 cuadrados con aristas de 0,05 mm. Este cuadrado de la mitad de superficie 1mm x 1mm y profundidad de 0,1mm es el volumen de la cámara utilizado para el conteo de levaduras donde se recomienda contar siempre alrededor de 100 células por cuadrante para minimizar en lo posible el error de medición del método.<sup>72</sup>

El alícuota se preparó basado en la metodología planteada por Chris White en el libro “Yeast”, diluyendo la muestra de crema de levadura a un factor de  $1 \times 10^{-3}$  por medio de 3 diluciones seriales 1/10 tomando 0,5mL de alícuota y completando el volumen con 4,5mL de agua destilada, seguido a la muestra diluida se añadieron 2

<sup>72</sup> LIBKIND DIEGO, TOGNETTI CELIA, MOLINE MARTÍN. Curso teórico-práctico sobre microscopía y recuento de levaduras para productores de cerveza. Instituto de investigaciones en biodiversidad y medioambiente IMBIOMA. 2014. [En línea] 190 Disponible en: <http://www.somoscervecedores.com/wpcontent/uploads/2014/11/Teorica-Curso-Microscopio-La-Plata-2014-V5.pdf>

gotas de azul de metileno, se agito vigorosamente y se cargó inmediatamente la muestra al microscopio.<sup>73</sup>

**Figura 32.** Dilución serial de muestra.



**Fuente:** elaboración propia.

A partir del dato obtenido de 521 células totales y 15 células muertas en 5 cuadrados medianos de la cámara, se calculó la concentración celular de la muestra en células viables por mililitro y el porcentaje de viabilidad de la siguiente manera.

**Ecuación 3.** Concentración celular.

$$\text{Células/mL} = \frac{\Sigma \text{Células} * \frac{1}{\text{factor de dilucion}}}{1\text{mm} * 1\text{mm} * 0,1\text{mm} * \frac{5}{25}}$$

**Fuente:** LIBKIND DIEGO, TOGNETTI CELIA, MOLINE MARTÍN. Curso teórico-práctico sobre microscopia y recuento de levaduras para productores de cerveza. Instituto de investigaciones en biodiversidad y medioambiente IMBIOMA. 2014.

$$\text{Células/mL} = \frac{521 * \frac{1}{1 * 10^{-3}}}{1\text{mm} * 1\text{mm} * 0,1\text{mm} * \frac{5}{25}} = 2,6 * 10^7 \frac{\text{Células}}{\text{mL}}$$

**Ecuación 4.** Porcentaje de viabilidad.

$$\% \text{Viabilidad} = \frac{\Sigma \text{Células totales} - \Sigma \text{Células muertas}}{\Sigma \text{Células totales}} * 100$$

**Fuente:** elaboración propia.

<sup>73</sup> WHITE, Op. Cit., p. 170.



$$\%Viabilidad = \frac{521 - 15}{521} * 100 = 97,1\%$$

A partir de los datos obtenidos se calculó la concentración de células viables por mL por medio de la siguiente ecuación.

**Ecuación 5.** Tasa de inoculación en células viables.

$\text{Células Viables} = \text{Concentración celular} * \%Viabilidad$
--

**Fuente:** elaboración propia.

$$\text{Células Viables} = 2,6 * 10^7 \frac{\text{Células}}{\text{mL}} * 97,1\% = 2,52 * 10^7 \frac{\text{Células Viables}}{\text{mL}}$$

Partiendo de la levadura activa seca hidratada en una relación de 1g de levadura por cada 10 mL de mosto, se inocularon 15,4 mL de crema de levadura de concentración  $2,52 * 10^7$  células viables por mililitro correspondientes a la tasa de inoculación en peso calculada de 1,54g de levadura activa seca para cada fermentador de 4 L, lo que permitió establecer la tasa de inoculación experimental calculada de la siguiente forma:

**Ecuación 6.** Tasa de inoculación experimental.

$\frac{\text{Volumen de inóculo} * \text{concentración células viables}}{\text{volumen de mosto}} = \text{tasa de inoculación}$
---

**Fuente:** elaboración propia.

$$\frac{15,4\text{mL} * 2,52 * 10^7 \frac{\text{células viables}}{\text{mL}}}{4\text{L}} = 9,7 * 10^7 \frac{\text{Células viables}}{\text{L}}$$

Para la preparación del inóculo de segunda generación se tomaron 5 mL de la crema de levadura recolectada del cono y se elaboró un starter en 50mL de mosto estéril repitiendo el procedimiento de reactivación y agitación por 30 minutos establecido en la primera generación de levadura. Luego se tomó un alícuota de 0,5mL y se elaboró la respectiva preparación de la muestra diluida al mismo factor de dilución para sus correspondientes análisis de concentración celular y viabilidad establecidos.

$$\text{Células}/\text{mL} = \frac{474 * \frac{1}{1 * 10^{-3}}}{1\text{mm} * 1\text{mm} * 0,1\text{mm} * \frac{5}{25}} = 2,37 * 10^7 \frac{\text{Células}}{\text{mL}}$$

$$\%Viabilidad = \frac{474 - 14}{474} * 100 = 97\%$$

Se obtuvo como resultado una concentración celular de  $2,37 \cdot 10^7$  células por mililitro y una viabilidad del 97 % lo permitió calcular un total de  $2,29 \cdot 10^7$  células viables por mililitro.

$$Celulas Viables = 2,37 * 10^7 \frac{Celulas}{mL} * 97\% = 2,29 * 10^7 \frac{Celulas Viables}{mL}$$

Usando el valor obtenido y despejando de la ecuación 6 se calculó el volumen de inoculo que cumple con la tasa de inoculación establecida.

$$Volumen de inoculo = \frac{Volumen de mosto * tasa de inoculacion}{concentracion de celulas viables.}$$

$$Volumen de inoculo = \frac{4L * 9,7x10^7 \frac{Celulas viables}{L}}{2,37 * 10^7 \frac{celulas viables}{mL}} = 16,4 mL$$

Por ultimo para la tercera generación se añadieron 50 mL de mosto estéril extraído de la misma forma que para las dos generaciones anteriores al residuo de levadura sedimentada luego de sacar la cerveza fermentada con la segunda generación de su respectivo fermentador secundario, se agito para homogenizar y paso cuidadosamente la crema de levadura de cada uno de los dos fermentadores a un Erlenmeyer para iniciar el starter agitando por 30 minutos. Una vez finalizado se realizó analisis la concentración celular y viabilidad de cada muestra obteniendo como resultado para la primera de  $2 \cdot 10^7$  células por mililitro y una viabilidad del 95% y para la segunda  $2.3 \cdot 10^7$  células por mililitro y una viabilidad del 96%. Basado en este cálculo se seleccionó la muestra de mayor viabilidad y se calculó el volumen de inoculo para cumplir con la tasa de inoculación establecida por medio de las ecuaciones 5 y 6 planteadas anteriormente de la siguiente manera.

$$Celulas Viables = 2,3 * 10^7 \frac{Celulas}{mL} * 96\% = 2,2 * 10^7 \frac{Celulas Viables}{mL}$$

$$Volumen de inoculo = \frac{4L * 9,7x10^7 \frac{Celulas viables}{L}}{2,2 * 10^7 \frac{celulas viables}{mL}} = 17,6 mL$$

Se tomaron 17,6 mL de la muestra de levadura de tercera generación preparada para ser inoculada en cada una de los dos fermentadores experimentales.

**4.2.1.2 Carga de los fermentadores.** El medio de cultivo mosto cervecero fue preparado y se cargaron 4L en fermentadores de recipientes PET de capacidad de 6L con su correspondiente tapón, y airlock para permitir la salida del dióxido de carbono producido durante la fermentación y se agitaron durante 10 minutos para garantizar un mínimo de oxigenación disponible para la levadura.

**Figura 33.** Fermentadores experimentales.



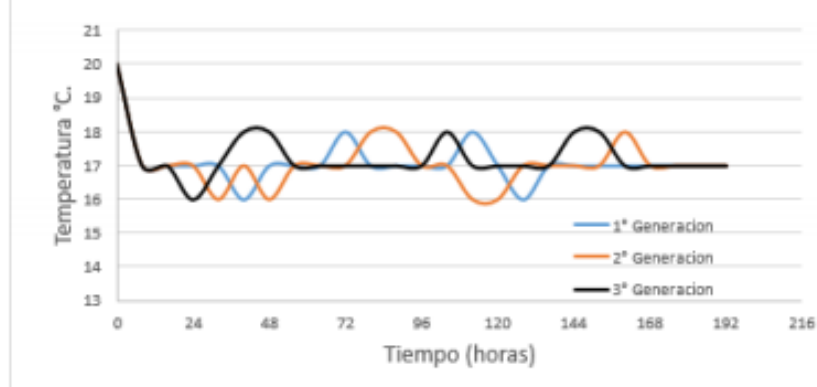
**Fuente:** elaboración propia.

**4.2.1.3 Inicio de las fermentaciones.** Una vez cargados los fermentadores se inoculó la levadura previamente preparada para la primera y segunda generación de levadura cada una por duplicado. Luego de la cosecha y preparación de la levadura de tercera generación se cargó, inoculó y dio inicio a las fermentaciones de tercera generación. Los fermentadores fueron numerados del 1 al 6 para su análisis, siendo 1 y 2 la primera generación de levadura, 3 y 4 la segunda generación y 5 y 6 la tercera generación.

**4.2.2 Muestreo.** Para evaluar el rendimiento de los procesos fermentativos se realizó la toma de muestras de 3 mL desde el momento de la inoculación en tubos de ensayo de vidrio con tapa de 5 mL para cada una de las fermentaciones llevando de forma estricta la metodología planteada de manipulación de levadura. Las muestras recogidas fueron almacenadas a 5°C por no más de 10 horas y llevadas al laboratorio, donde se realizó el análisis de consumo de azúcares por medio de refractometría y seguido se preparó cada muestra para analizar la concentración celular por medio de recuento en cámara de Neubauer. Para la preparación de las muestras se tomó 0,5 mL de cada muestra, se completó con 4,5 mL de agua destilada en un tubo de ensayo para un factor de dilución 1:10 y luego se repitió el procedimiento para un factor de dilución total de  $10^{-2}$ .

**4.2.3 Control de temperatura.** Luego de cargados los fermentadores a temperatura de 20°C e inoculada la levadura se llevan los fermentadores a una temperatura de 17°C establecida a partir del proceso a nivel planta. Se controló la temperatura del ambiente que fue el mismo para cada par de fermentaciones por generación y se midió la temperatura de cada fermentación al momento de la toma de muestras con un termómetro externo logrando mantener la misma temperatura para cada generación y su réplica. Se analizó la temperatura fermentación con respecto al tiempo como se muestra en la gráfica 3.

**Gráfica 3.** Temperatura de las fermentaciones.



**Fuente:** elaboración propia.

Los resultados presentados en la gráfica 3 muestran que se logró controlar la temperatura de fermentación entre 16°C y 18°C, presentando una variación de  $\pm 1^\circ\text{C}$  de la temperatura establecida de fermentación (17°C).

**4.2.4 Análisis de grados Brix.** Fueron determinados los grados Brix de cada una de las muestras tomadas por medio de medición directa con el método de refractometría (Anexo F), se utilizó un refractómetro con compensación automática de temperatura RHB- 32SG.

**Figura 34.** Refractómetro con compensación automática de temperatura.



**Fuente:** elaboración propia.

Posteriormente se realizó la corrección y correlación entre los datos medidos en grados Brix a densidad por medio del uso de la ecuación planteada por Novotný<sup>74</sup> para esta aproximación, debido al efecto del alcohol producido durante la fermentación sobre la medición del instrumento.

**Ecuación 7.** Ecuación de correlación Grados Brix a Densidad.

$$FG = -0,002349 BXi + 0,006276BXf + 1$$

**Fuente:** NOVOTNÝ, Petr. Revisión del refractómetro: Control de la fermentación perfeccionado mediante refractometría. En: Zymurgy [En línea]. Julio-agosto, 2017

Dónde: FG = Densidad final o durante la fermentación.

BXi =Grados Brix iniciales.

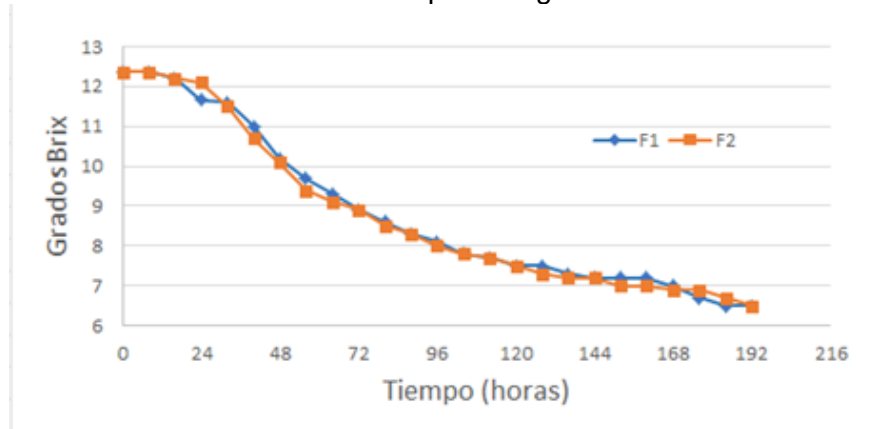
BXf = Grados Brix finales o durante la fermentación.

Los datos corregidos de densidad obtenidos son presentados en el Anexo G. Para evaluar el consumo de azúcares durante las fermentaciones se generaron las gráficas de consumo de azúcares de cada generación con respecto al tiempo como se muestra en las gráficas 4, 5 y 6.

<sup>74</sup> NOVOTNÝ, Petr. Revisión del refractómetro: Control de la fermentación perfeccionado mediante refractometría. En: Zymurgy [En línea]. Julio-agosto, 2017. [citado 20 nov., 2019]. Disponible en: <https://www.homebrewersassociation.org/zymurgy/revison-del-refractometro-control-de-la-fermentacion-perfeccionado-mediante-la-refractometria/>.

Para el análisis de datos se calculó la desviación estándar y el promedio, donde fue necesario previamente aplicar la función logaritmo en base 10 para normalizar la distribución de los datos, debido a que se trata de un proceso microbiológico.<sup>75</sup>

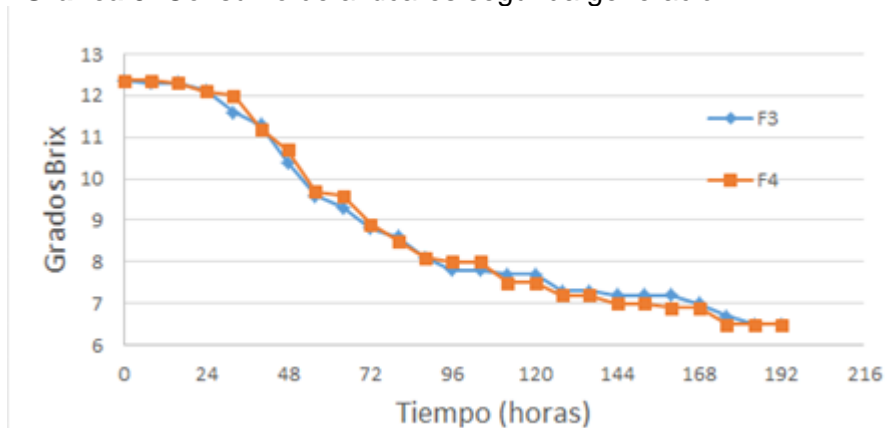
**Gráfica 4.** Consumo de azúcares primera generación.



**Fuente:** elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos, se analizó que las fermentaciones de primera generación alcanzaron el máximo consumo de azúcares esperado según las condiciones a nivel planta (**6,5 °Brix**) al finalizar el tiempo de muestreo. Las dos fermentaciones de primera generación presentaron un comportamiento uniforme entre sí, evidenciado por una desviación estándar de 0,094 para ambos experimentos y un valor promedio de 0,935 para la fermentación 1 y 0,933 para la fermentación 2.

**Gráfica 5.** Consumo de azúcares segunda generación.



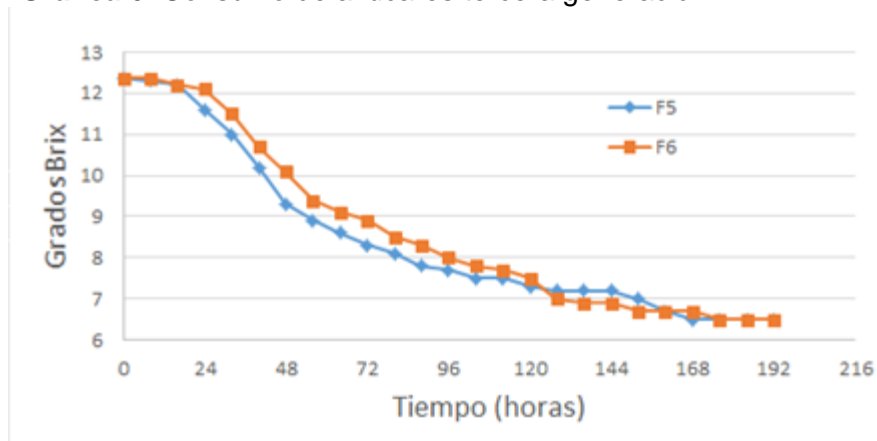
**Fuente:** elaboración propia.

<sup>75</sup> CUESTA, Alicia. Características de los resultados de medición de métodos microbiológicos. Validación de métodos microbiológicos. FAO. [En línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/rla3013/pdf/aseg8.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/rla3013/pdf/aseg8.pdf)

A partir de los datos obtenidos en la gráfica 5, se analizó que las fermentaciones de segunda generación lograron alcanzar el máximo consumo de azúcares esperados durante el tiempo de muestreo y se observó que la fermentación 4 alcanzó este valor máximo 16 horas antes de finalizar el muestreo.

Las dos fermentaciones de segunda generación mostraron un comportamiento uniforme entre sí, evidenciado por una desviación estándar de 0,096 para la fermentación 3 y 0,101 para la fermentación 4 y un valor promedio de 0,935 para la fermentación 3 y 0,934 para la fermentación 4.

**Gráfica 6.** Consumo de azúcares tercera generación.



**Fuente:** elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos en la gráfica 6 se analizó que las fermentaciones de tercera generación lograron alcanzar el máximo consumo de azúcares esperado en menor tiempo que la primera y segunda generación. Se observó que fermentación 5 alcanzó este valor máximo 24 horas antes de finalizar el muestreo y la fermentación 6 16 horas antes de finalizar el muestreo.

Las dos fermentaciones de tercera generación mostraron un comportamiento uniforme entre sí, además de un mayor consumo de azúcares que la primera y segunda generación. Todo esto evidenciado por una desviación estándar de 0,095 para la fermentación 5 y de 0,1 para la fermentación 6, y un valor promedio de 0,918 para la fermentación 5 y de 0,927 para la fermentación 6.

Las tres generaciones de levadura alcanzaron el máximo consumo de azúcares esperado según las condiciones a nivel planta al finalizar el tiempo de muestreo.

**4.2.5 Producción de alcohol.** El porcentaje de alcohol durante las fermentaciones fue determinado a partir de los datos de densidad obtenidos de la corrección y correlación realizada a los grados Brix medidos para cada una de las muestras y aplicando la siguiente formula.<sup>76</sup>

**Ecuación 8.** Porcentaje de alcohol en volumen.

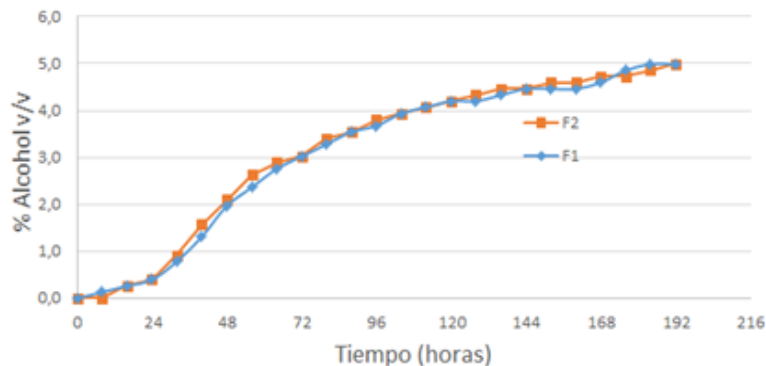
$$\%ABV = (DI - DF) * 131,25$$

equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. 2013. 181 p

Dónde: %ABV =Porcentaje de alcohol en volumen.  
DI= Densidad inicial del mosto.  
DF=Densidad final del mosto.

Una vez calculados los datos de porcentaje de alcohol en volumen para cada una de las muestras se realizó la gráfica de %ABV con respecto del tiempo para el promedio de cada una de las generaciones de levadura y realizar su comparación como se muestra en las gráficas 7, 8 y 9.

**Gráfica 7.** Producción de alcohol primera generación.

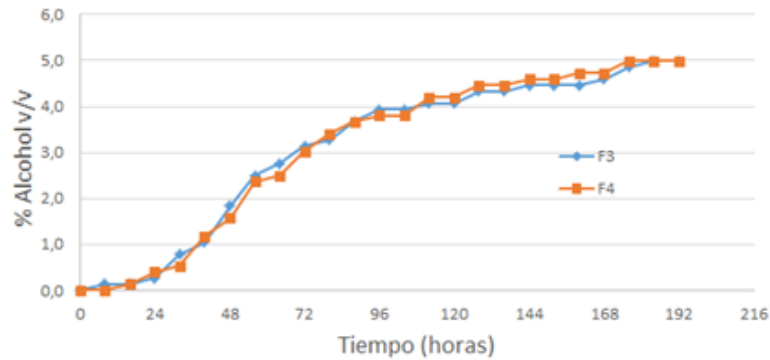


**Fuente:** elaboración propia.

<sup>76</sup> ESPINAR, Galo R. Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. 2013. 181 p

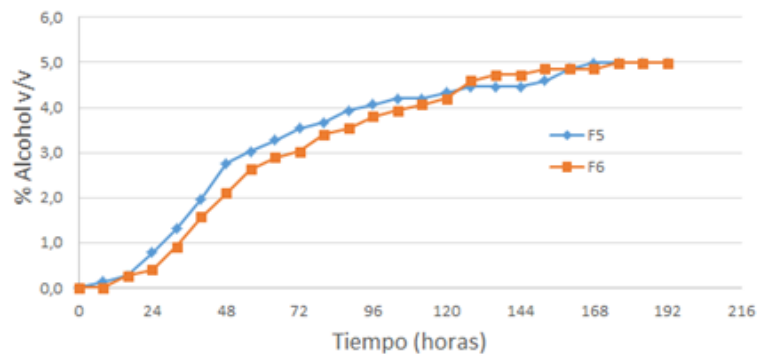


**Gráfica 8.** Producción de alcohol segunda generación.



**Fuente:** elaboración propia.

**Gráfica 9.** Producción de alcohol tercera generación.

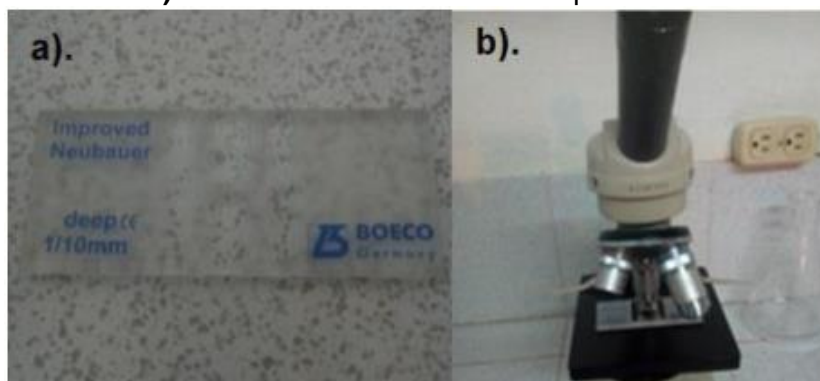


**Fuente:** elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos, se analizó que la producción de alcohol para las tres generaciones de levadura alcanzando un porcentaje aproximado del **5% V/V** de acuerdo al esperado a partir de las condiciones a nivel planta. Se evidencio que la producción de alcohol por parte de la tercera generación de levadura ocurrió más rápido con respecto a las otras dos generaciones de levadura. El comportamiento de la producción de alcohol se calculó en función del consumo de azúcares y se comporta de forma inversamente proporcional.

**4.2.6 Recuento en cámara de Neubauer.** Para generar las curvas de crecimiento celular por medio de esta técnica se cargó la muestra previamente diluida en la cámara, se realizó el conteo de celular por cuadrante con ayuda del microscopio y se calculó el número de células por medio de la ecuación 3.

**Figura 35.** Montaje cámara de Neubauer. **a)** Cámara de Neubauer. **b)** Cámara montada en microscopio.

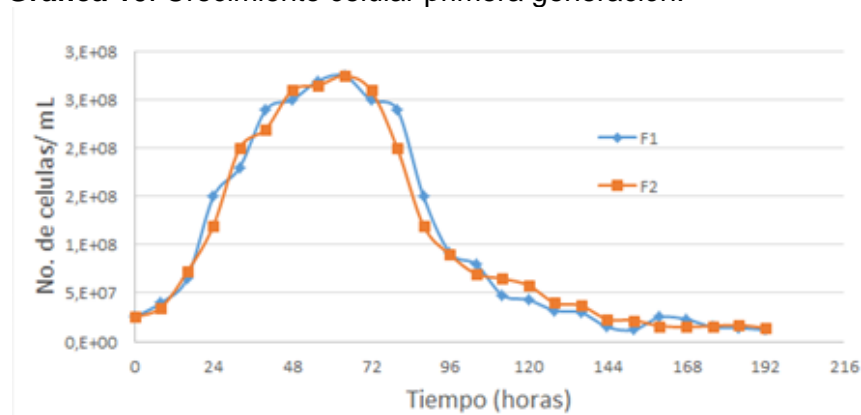


**Fuente:** elaboración propia.

Una vez se realizó el cálculo se generaron las gráficas de crecimiento celular para cada generación con respecto al tiempo como se muestra a continuación en las gráficas 10, 11 y 12.

Para el análisis de datos se calculó la desviación estándar y el promedio, donde también fue necesario previamente aplicar la función logaritmo en base 10 para normalizar la distribución de los datos, debido a que se trata de un proceso microbiológico.

**Gráfica 10.** Crecimiento celular primera generación.

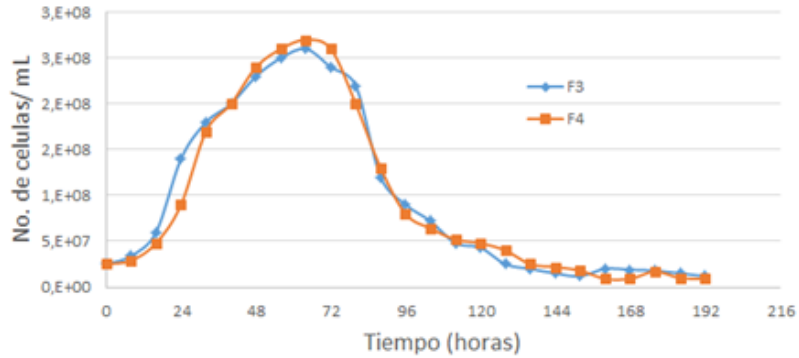


**Fuente:** elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se analizó que las fermentaciones de primera generación mostraron un comportamiento uniforme entre sí, evidenciado por una desviación estándar de 0,489 para la fermentación 1 y de 0,461 para la fermentación 2, y un valor promedio de 7,77 para la fermentación 1 y de 7,79 para la fermentación 2.

Se identificó un crecimiento estable y un valor máximo de  $2,75 \times 10^8$  Células/mL a las 64 horas para las dos fermentaciones de primera generación.

**Gráfica 11.** Crecimiento celular segunda generación.

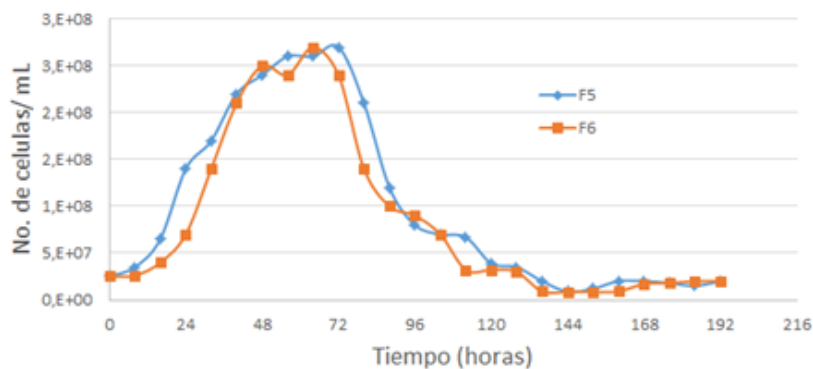


**Fuente:** elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se analizó que las fermentaciones de segunda generación mostraron un comportamiento uniforme entre sí, evidenciado por una desviación estándar de 0,483 para la fermentación 3 y de 0,51 para la fermentación 4, y un valor promedio de 7,74 para la fermentación 3 y de 7,72 para la fermentación 4.

Se observó un crecimiento estable donde la fermentación 3 presento una mayor velocidad a partir de las 16 horas hasta alcanzar un valor máximo de  $2,6 \times 10^8$  Células/mL a las 64 horas, menor al de la fermentación 3 de  $2,7 \times 10^8$  Células/mL alcanzado a las 64 horas a pesar de su menor velocidad de crecimiento.

**Gráfica 12.** Crecimiento celular tercera generación.



**Fuente:** elaboración propia

A partir de los datos obtenidos se analizó que las fermentaciones de tercera generación mostraron un comportamiento uniforme entre sí, evidenciado por una

desviación estándar de 0,486 para la fermentación 5 y de 0,51 para la fermentación 6, y un valor promedio de 7,75 para la fermentación 3 y de 7,66 para la fermentación 6.

Se observó un crecimiento estable donde la fermentación 5 presento una mayor velocidad a entre las 16 y 40 horas y alcanzó un valor máximo de  $2,7 \times 10^8$  Células/mL a las 72 horas. La fermentación 6 a pesar de presentar una menor velocidad de crecimiento durante las primeras 24 horas alcanzo el valor máximo a las 64 horas de  $2,7 \times 10^8$  Células/mL.

Se analizó que el crecimiento celular no sufre un efecto significativo entre las diferentes generaciones de levadura, sin embargo, la primera generación de levadura presenta un crecimiento más estable y un valor máximo de  $2,75 \times 10^8$  Células/mL a las 64 horas, mayor al alcanzado por la segunda y tercera generación de  $2,7 \times 10^8$  Células/mL.

El mayor crecimiento presentado por la primera generación de levadura se debió a que la levadura activa seca utilizada al ser una cepa comercial está ya cuenta con la cantidad suficiente de esteroides y minerales necesarios para su proceso de multiplicación celular. Las siguientes generaciones a reinocular requieren un proceso de aireación más adecuado y según los resultados obtenidos la adición de nutrientes si es necesario.<sup>77</sup>

**4.2.7 Comparación de las fermentaciones.** En el estudio previo donde se comparan los métodos de viabilidad/vitalidad celular y su efecto en el rendimiento de la fermentación realizado por White<sup>78</sup>, el autor concluye que el concepto y la interpretación de la salud de una población de levaduras requiere de un enfoque multidisciplinario ya que estos dos factores también son reflejados para otros sistemas celulares y los resultados sensoriales obtenidos deben cumplir políticas de calidad establecidos por cada cervecería. Por lo tanto, se establece que para las cervecías el rendimiento de una levadura en fermentación es considerado como su capacidad para atenuar el mosto, es decir la cantidad de azúcares que fueron fermentados en relación a los presentes en el medio de cultivo.

Con base a la información recopilada y los datos correlacionados de densidad se calculó la atenuación aparente por utilizando la ecuación 9. Y se generaron las gráficas para cada generación de levadura para su posterior comparación.

---

<sup>77</sup>FERMENTIS. For you brewers, Tips and tricks. p 24. [En línea] <https://fermentis.com/en/tips-n-tricks/for-you-brew> [ Consultado el 20 de octubre de 2019]

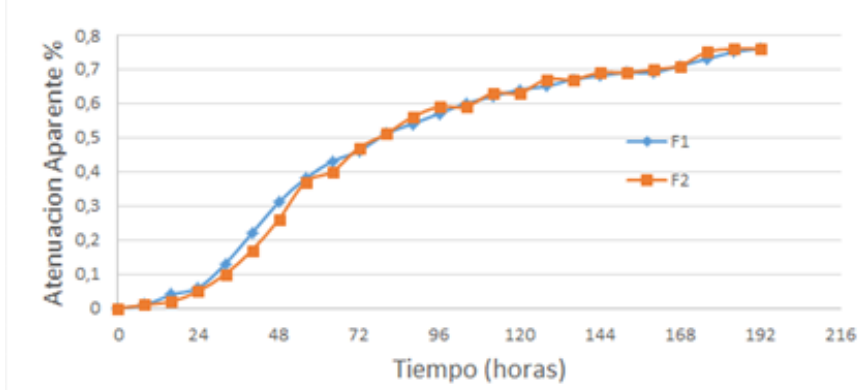
<sup>78</sup> WHITE, L. Comparison of yeast viability/vitality methods and their relationship to fermentation performance. *Brewing Yeast Fermentation Performance* (2da Edición). Oxford, Inglaterra. Blackwell Science. 2003. Pág. 138-147

**Ecuación 9.** Atenuación aparente.

$$\%AA = \frac{(OG - FG)}{(1 - FG)} * 100$$

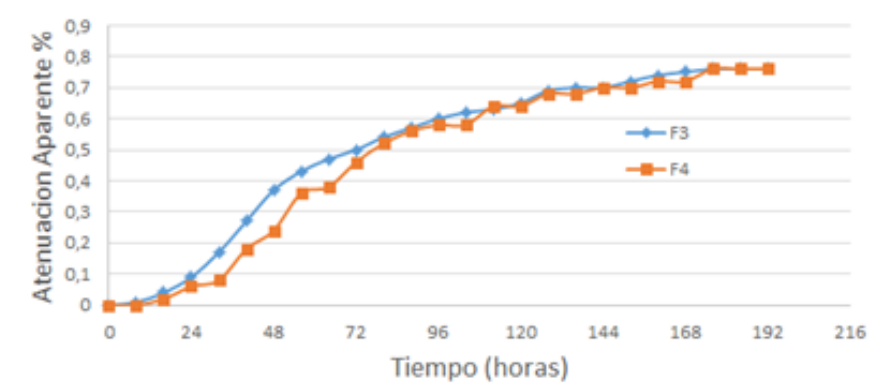
**Fuente:** WHITE, L. Comparison of yeast viability/vitality methods and their relationship to fermentation performance. *Brewing Yeast Fermentation Performance* (2da Edición). Oxford, Inglaterra. Blackwell Science. 2003

**Gráfica 13.** Atenuación aparente primera generación.



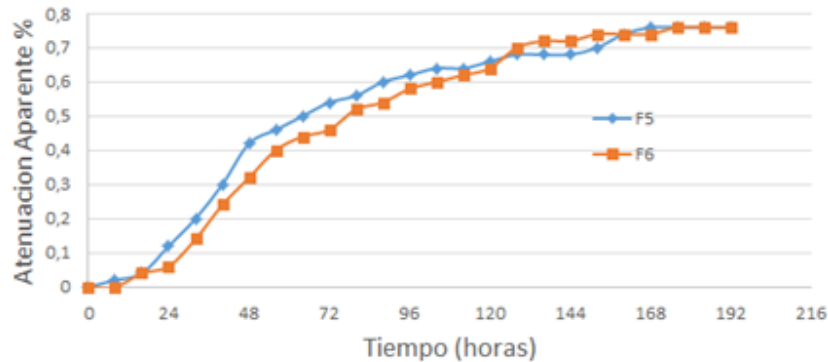
**Fuente:** elaboración propia.

**Gráfica 14.** Atenuación aparente segunda generación.



**Fuente:** elaboración propia.

**Gráfica 15.** Atenuación aparente tercera generación.



**Fuente:** elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se analizó que las tres generaciones de levadura alcanzaron una atenuación aparente del 76% demostrando que la composición del medio de cultivo y las condiciones de fermentación fueron uniformes para los experimentos. Además, se confirma que la tercera generación de levadura presenta un consumo de azúcares más rápido y alcanza la atenuación aparente esperada 8 horas antes que la primera generación y 16 horas antes que la primera generación de levadura.

Para comparar el rendimiento expresado a través de la atenuación aparente se calculó la atenuación aparente promedio de todas las muestras tomadas cada 8 horas para cada una de las generaciones de levadura por medio de la ecuación 10.

**Ecuación 10.** Atenuación Aparente promedio.

$$\% \text{Atenuación aparente promedio} = \frac{\Sigma \% \text{Atenuación aparente}}{\text{No de } \% \text{ de Atenuación aparente}}$$

**Fuente:** elaboración propia

Los datos obtenidos de atenuación aparente promedio son mostrados a continuación en la tabla 24.

**Tabla 24.**Atenuación aparente promedio.

<b>Generación</b>	<b>Experimento</b>	<b>% AA promedio</b>	<b>% AA promedio por generación.</b>
1	1	47,4%	47,4%
	2	47,4%	
2	3	50,1%	47,0%
	4	47,1%	
3	5	51,3%	50,1%
	6	48,9%	

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla 24 evidencia que la tercera generación de levadura presentó un aumento en el rendimiento de la fermentación del 2,7% con respecto a la primera generación de levadura mientras que la segunda presentó una diferencia negativa del 0,4% en su rendimiento de fermentación con respecto a la primera generación.

#### **4.3 ANALISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO.**

Para realizar el análisis sensorial del producto terminado se realizó una cata a ciegas bajo los lineamientos de la guía de juzgamiento de cerveza BJCP con ayuda de un juez certificado, donde una muestra de cada generación fue evaluada para verificar el cumplimiento de los parámetros del estilo elaborado, se realizaron las observaciones correspondientes a cada muestra y se comparó el resultado obtenido con la segunda y tercera generación de levadura con respecto a la primera.

**4.3.1 Terminación del producto a escala laboratorio.** Una vez pasado el muestreo, el día 10 cada fermentación fue trasvasada a un a un fermentador secundario previamente sanitizado con el uso de un sifón y siendo empujada con CO<sub>2</sub> para ser separada de la primera levadura en flocular la cual aún no es ideal para la cosecha.

**Figura 36.** Trasvase de cerveza a fermentador secundario.



**Fuente:** elaboración propia.

Una vez en el fermentador secundario cada fermentación fue enfriada de 17°C a 4°C bajando la temperatura aproximadamente 5 grados diarios y permanecer esta temperatura hasta el día 15.

Luego de 15 días las fermentaciones fueron enviados a un barril de 10 L y se realizó la carbonatación forzada colocando 2.5 volúmenes de CO<sub>2</sub>. La presión inyectada al barril fue consultada en la tabla de saturación de CO<sub>2</sub> en función de la temperatura y la presión a para una temperatura de 4°C a la que se encuentra la cerveza. Se inyectó el CO<sub>2</sub> en el barril a una presión de 0,82 bar y se dejó estabilizar por 24 horas a esas condiciones de presión y temperatura.

**Figura 37.** Carbonatación forzada de cerveza.



**Fuente:** elaboración propia.



Luego de terminar la carbonatación se embotella la cerveza usando una llenadora a contrapresión lo que permitió dar un buen trato a la cerveza terminada purgando el aire de las botellas y llenar la botella desde abajo para evitar al máximo la oxidación de la cerveza.

**Figura 38.** Llenado de botellas a contrapresión



**Fuente:** elaboración propia.

Se llenaron 8 botellas de 330 mL por cada proceso fermentativo y se realizó el procedimiento de evaluación sensorial a una muestra al azar de cada una de las fermentaciones realizadas.

**4.3.2 Evaluación sensorial.** El juez BJCP certificado Heiner Rodríguez encargado del juzgamiento realizó el respectivo procedimiento de evaluación sensorial para cada una de las muestras a los 20 días desde el inicio de cada fermentación y registro los resultados en el formato de juzgamiento *Beer Scoresheet* de la organización BJCP, los cuales se encuentran en los anexos (Ver anexos H – M).

En el formato de juzgamiento *Beer Scoresheet* se describe y compara sensorialmente la muestra con respecto a un estilo determinado en cuanto a los aspectos de aroma, apariencia, sabor, sensación en boca e impresión general, además de la presencia de diferentes características o descriptores sensoriales que pueden o no estar presentes en la cerveza. Los descriptores sensoriales más comunes en la cerveza y sus características son presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 25.** Principales descriptores sensoriales que pueden presentarse en la cerveza.

DESCRIPTOR	CARACTERÍSTICAS
Presencia de acetaldehído	Olor o sabor similar a manzana verde
Presencia de alcoholes superiores.	Olor o sabor similar a whisky, sensación caliente
Astringencia	Sequedad en boca
Presencia de diacetilo	Olor o sabor similar a mantequilla
Presencia de DMS	Olor o sabor similar a maíz cocido
Presencia de esteres	Olor o sabor frutal o floral
Presencia de olor o sabor a césped	Olor o sabor pastoso recién cortado u hojas verdes
Presencia de oxidación por luz	Aroma apestoso, similar a un zorrillo
Presencia de sabor metálico	Sabor similar a cobre, hierro o sangre
Presencia de sabor a moho	Olor o sabor similar a moho
Presencia de oxidación	Olor o sabor similar al del vino o jerez.
Presencia de fenoles	Olor o sabor especiado (pimienta o clavo) o Clorofenoles presentan olor o sabor similar a plástico o cinta adhesiva.
Presencia de solventes	Olor o sabor similar a thinner o acetona
Presencia de ácido acético	Olor o sabor a vinagre
Presencia de sulfuros	Olor similar a huevo podrido
Presencia de olor o sabor vegetal	Olor o sabor similar a repollo, apio, espárragos.
Presencia de olor o sabor a levadura	Olor o sabor a levadura, similar a pan

**Fuente:** elaboración propia.

Adicionalmente al final de este formato se presenta una sección de comentarios y calificación donde se da una puntuación a los aspectos a evaluar tales como: aroma (hasta 12 puntos), apariencia (hasta 3 puntos), sabor (hasta 20 puntos), sensación en la boca (hasta 5 puntos) e impresión general (hasta 10 puntos) para un valor total de 50 puntos que permiten dar una calificación a la muestra como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 26.** Guía de calificación BJCP.

CALIFICACIÓN	PUNTAJE
<b>Excepcional</b>	(45 - 50)
<b>Excelente</b>	(38 - 44)
<b>Muy buena</b>	(30 - 37)
<b>Buena</b>	(21 - 29)
<b>Tolerable</b>	(14 - 20)
<b>Problemática</b>	(00 - 13)

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación en la tabla 25 se reportan los datos obtenidos de la evaluación sensorial realizada a cada una de las muestras de cerveza terminada utilizando el formato Beer Scoresheet de la organización BJCP.

**Tabla 27.** Resultados evaluación sensorial.

<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPTORES PRESENTES</b>	<b>PUNTAJE</b>
1	Esteres Oxidación DMS	34
2	Esteres Oxidación DMS	35
3	Esteres Oxidación	40
4	Esteres Oxidación	39
5	Esteres Oxidación DMS Alcoholes superiores	37
6	Esteres Oxidación Alcoholes superiores	38

**Fuente:** elaboración propia.

Los resultados indicaron que en general todas las muestras cumplen con los parámetros requeridos para representar el estilo y las características establecidas en el juzgamiento al producto elaborado en la empresa, pero aun así se presentaron diferencias en cuanto al balance esperado y presencia de algunos compuestos producidos en la fermentación.

En cuanto a las muestras de primera generación se obtuvieron puntuaciones de 34 y 35 para las fermentaciones 1 y 2 respectivamente, calificando a las muestras como una muy buena representación del estilo. Se encontró la presencia moderada de esteres y leve presencia de oxidación en las muestras.

En cuanto a las muestras de segunda generación se obtuvieron puntuaciones de 40 y 39 puntos para las fermentaciones 3 y 4 respectivamente, calificando a las muestras como una excelente representación del estilo con presencia de los sabores esperados expresados de forma limpia y con un excelente balance.

En cuanto a las muestras de tercera generación se obtuvieron puntuaciones de 37 y 38 puntos para las fermentaciones 5 y 6 respectivamente, calificando a la muestra 5 como una muy buena representación del estilo y a la muestra 6 como una excelente representación del estilo. Se encontraron leves diferencias en cuanto al balance de las dos muestras y se encontró en común una leve presencia de DMS.

## CONCLUSIONES

- Se establecieron las condiciones del medio de cultivo y cosecha de levadura para la reutilización a partir del proceso a nivel planta, dando como resultado un valor de tasa de inoculación en células viables de  $2,52 \cdot 10^7$  y una densidad inicial del mosto de 1,050 para esta experimentación, para la reutilización de levadura es requerido la mayor viabilidad posible a partir un valor recomendado del 95%, para el caso particular se obtuvieron valores de viabilidad celular de 97,1% para la primera generación de levadura, 97% para la segunda generación de levadura y 96% para la tercera generación de levadura logrados gracias al iniciador de levadura preparado previamente a cada fermentación.
- El comportamiento de las fermentaciones en cuanto al consumo de azúcares presentó mínimas diferencias, mostrando una máxima variación de  $\pm 0,25^\circ\text{Bx}$  por parte de la segunda generación en comparación con la primera durante las primeras 56 horas y el tiempo restante no se presentó diferencia significativa en el consumo de azúcares. A pesar del comportamiento poco variable presentado por la segunda generación de levadura el análisis sensorial dio como resultado las muestras con las mejores características sensoriales.
- El comportamiento de la tercera generación en cuanto al consumo de azúcares presentó un mayor consumo de  $0,45^\circ\text{Bx}$  con respecto a la primera generación a las primeras 40 horas y alcanzo el consumo máximo de azúcares esperado 24 horas antes de finalizar el tiempo de muestreo y se mantuvo constante.
- La producción de alcohol alcanzada por todas las fermentaciones fue de 5%ABV como lo establecido a nivel planta corroborando la adecuada elaboración del medio de cultivo y el cumplimiento de las condiciones de fermentación establecidas en esta investigación.
- La mínima variación de temperatura obtenida durante las fermentaciones de  $\pm 1^\circ\text{C}$  permitió un crecimiento celular uniforme y unas buenas condiciones de fermentación necesarios para los análisis realizados en este trabajo.
- El porcentaje de atenuación general de la segunda y tercera generación presentó un comportamiento aceptable similar al de la primera generación de levadura, los resultados sensoriales del producto mostraron a la segunda generación de levadura como la que presentó las mejores características sensoriales y la tercera también cumplió con las características sensoriales esperadas.

## RECOMENDACIONES

- El proceso de reutilización de levadura estudiado en este caso particular puede ser escalado a nivel planta piloto con mejores condiciones de fermentación que permitan un plan de purgas y cosecha de levadura, para evaluar el rendimiento del proceso fermentativo en comparación con los resultados obtenidos a nivel laboratorio.
- La reutilización consecutiva de levadura puede ser llevada a cabo para el mismo estilo de cerveza elaborado con otra levadura apta para el estilo y comparar su rendimiento con los resultados obtenidos con la levadura *Safeale US-05*.
- Para terminación de producto a escala laboratorio no es posible llevarse a cabo el proceso de filtración, dando paso a la implementación de una posible mejora en la terminación del producto a escala laboratorio para ser comparado con los resultados sensoriales obtenidos en este caso de estudio.
- Al llevar el proceso de reutilización de levadura mayor escala se recomienda realizar análisis microbiológicos de la levadura reutilizada para garantizar la consistencia y calidad en la implementación de esta práctica.
- La levadura cosechada del proceso de fermentación de cerveza artesanal estilo Blonde ale puede ser reutilizada para la fermentación de otro estilo de cerveza y realizar la correspondiente comparación con los resultados obtenidos en este estudio.
- Para estudios posteriores a esta investigación se recomienda presentar un registro de tablas de los datos obtenidos sobre el comportamiento de la levadura en su reutilización consecutiva, para facilitar el análisis y la comparación de los resultados con otros casos de estudio de la levadura *Safeale US-05*.

## BIBLIOGRAFIA

CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 10 de 2014. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 21 de julio de 2019.]

CERVEZA ARTESANAL DESDE 2003. Whirpool: la técnica que marca la diferencia en la elaboración de cerveza. [En línea]. [5 de mayo de 2019]. Disponible en: [<https://www.cervezartesana.es/blog/post/whirpool-la-tecnica-que-marca-la-diferencia-en-la-elaboracion-de-cerveza.html>]

CUESTA, Alicia. Características de los resultados de medición de métodos microbiológicos. Validación de métodos microbiológicos. FAO. [En línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/rla3013/pdf/aseg8.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/rla3013/pdf/aseg8.pdf)

BROWN, C., CAMPBELL, I., y PRIEST, F. Introducción a la biotecnología. Zaragoza. España. Editorial Acribia .1989. p. 98-99. ISBN: 978-84-200-0666-6.

DE CLERK, Jean. Textbook of brewing. EE.UU. Chapman and Hall.2009. p. 133 [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=1NIJAAAAYAAJ&hl=es&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.com.co/books?id=1NIJAAAAYAAJ&hl=es&source=gbs_book_other_versions)

DICKEL, T., DELGADO, A. Effects of Mashing Parameters on Mash  $\beta$ -Glucan, FAN and Soluble Extract Levels. Reino Unido. Journal of the institute of brewing. 2005. p 316.

EBLINGER, Hans. Wort production. En: Handbook of brewing: Processes, technology, markets. Alemania, 2009. p. 168.

EL BOOM DE LA CERVEZA ARTESANAL. Todo lo que debes saber sobre esta peculiar bebida. [En línea] 26 de 09 de 2014.<https://www.thebeertimes.com/boom-cerveza-artesanal-todo-lo-que-debes-saber-sobre-esta-peculiar-bebida/> [Consultado el 20 de 01 de 2019.]

EL JARDIN DEL LUPULO. Lupulo: Chinook. [En línea] <https://eljardindellupulo.blogspot.com/2015/02/lupulo-chinook.html> 15 de 02 de 2019. [Consultado el 26 de Agosto de 2019.]

ESPINAR, Galo R. Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. 2013. 181 p

FERMENTIS. For you brewers, Tips and tricks. p 24. [En línea] <https://fermentis.com/en/tips-n-tricks/for-you-brew> [ Consultado el 20 de octubre de 2019]

FRECCIA NICO. The power of pH. junio 1997. [Consultado el 19 de enero 2019.]

FONSECA, Víctor Jairo. Generalidades, En: Curso de elaboración de cerveza en casa. Bogotá: Fundación para el desarrollo y el arte cervecero Ars Cerevisae. 2011. p.4.

FONSECA, Víctor Jairo. Materias primas e insumos, En: Curso de elaboración de cerveza en casa. Bogotá: Fundación para el desarrollo y el arte cervecero Ars Cerevisae. 2011. p.8.

GIGLIARELLI, Pablo. El Hervor. Ciencia Cervecera. [en línea]. 13 de septiembre del 2019. Disponible en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=364>

Glenn Tinseth, "Glenn's Hop Utilization Numbers," 1995, accessed November 15, 2016, <http://www.realbeer.com/hops/research.html>.

HIERONYMUS, Stan. The Hop and Aroma. En: For The Love of Hops: The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. Estados Unidos: Brewing Element Series., 2012. P 24.

HUXLEY, Steve. Los lúpulos. En: Cerveza poesía líquida, Un manual para cervesafilos. España, Universidad politécnica de Valencia, 2006. p. 129.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486- 6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

KUNSE, Wolfgang. Materias Primas. En: Tecnología Para Cerveceros y Malteros. Alemania: VLB Berlín, 2006. p. 29.

LIBKIND DIEGO, TOGNETTI CELIA, MOLINE MARTÍN. Curso teórico-práctico sobre microscopía y recuento de levaduras para productores de cerveza. Instituto de investigaciones en biodiversidad y medioambiente IMBIOMA. 2014. [En línea] 190 Disponible en: <http://www.somoscervceros.com/wpcontent/uploads/2014/11/Teorica-Curso-Microscopio-La-Plata-2014-V5.pdf>

<sup>1</sup> WHITE, Op. Cit., p. 170.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia. [ Consultado el 18 de enero del 2019]



NOVENTA PORCIENTO AGUA. [En línea] 17 de 02 de 2014. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 25 de febrero de 2019.]

MOSHER, Randy. Additional Sparging techniques. En: Mastering Homebrew: The complete guide to Brewing delicious beer. EE.UU. Brewing Amateurs manuals. 2015. p. 142.

NOVOTNÝ, Petr. Revisión del refractómetro: Control de la fermentación perfeccionado mediante refractometría. En: Zymurgy [En línea]. Julio-agosto, 2017. [citado 20 nov., 2019]. Disponible en: <https://www.homebrewersassociation.org/zymurgy/revison-del-refractometro-control-de-la-fermentacion-perfeccionado-mediante-la-refractometria/>.

Revista Mash. Noventa por ciento agua. [En línea] 17 de 02 de 2014. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>. [Consultado el 25 de febrero de 2019.]

PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: Water: A Comprehensive guide for brewers. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Element Series, 2013. p. 185.

PALMER, John. Alcalinidad residual, Malta acida y pH de macerado. En: How to Brew, everything you need to know to brew great beer every time. Estados Unidos, Boulder, Colorado: Brewing Publications, 2006. p. 343.

POWEL, Chris. The impact of brewing yeast cell age on fermentation performance, attenuation and flocculation. Reino Unido. FEMS Yeast Research 3. 2003. p 149.

PAPAZIAN, Charlie. Agua. En: The Complete Joy of Home brewing. Estados Unidos: Harper Collins Publishers Inc., 1991. p. 78.

HIERONYMUS, Stan. The Hop and Aroma. En: For The Love of Hops: The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. Estados Unidos: Brewing Element Series.,2012. P 24.

STRONG, G. ENGLAND, C. Beer Judge Certification Program 2015 style guidelines. 2015. p. 32 [En línea]. Disponible en: [https://www.bjcp.org/docs/2015\\_Guidelines\\_Beer.pdf](https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf)

VEREMA Procésso de molienda de la malta para cerveza. [En línea] 07 de 09 de 2012. <https://www.verema.com/blog/el-blog-del-cervezero/1000485-proceso-molienda-malta-para-cerveza>. [Consultado el 16 de Julio de 2019.]

WHITE, Chris. Biología, Enzimas y Esteres. En: Yeast: The practical guide to beer fermentation. Estados Unidos: Brewing Element Series, 2010. p. 21.

WHITE, L. Comparison of yeast viability/vitality methods and their relationship to fermentation performance. *Brewing Yeast Fermentation Performance* (2da Edición). Oxford, Inglaterra. Blackwell Science. 2003. Pág. 138-147

ZAINASHEFF, Jamil. Yeast Starter. En: *Zymurgy* [En línea]. marzo-abril, 2007. [citado 15 oct., 2019]. Disponible en: [https://www.homebrewersassociation.org/homebrewing/zymurgy\\_magazine/pdf/MA\\_zym07\\_YeastStarter.pdf](https://www.homebrewersassociation.org/homebrewing/zymurgy_magazine/pdf/MA_zym07_YeastStarter.pdf)

## **ANEXOS**

## ANEXO A.

### RESULTADOS ANALISIS DEL AGUA DE ELABORACIÓN.




#### REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1120473**

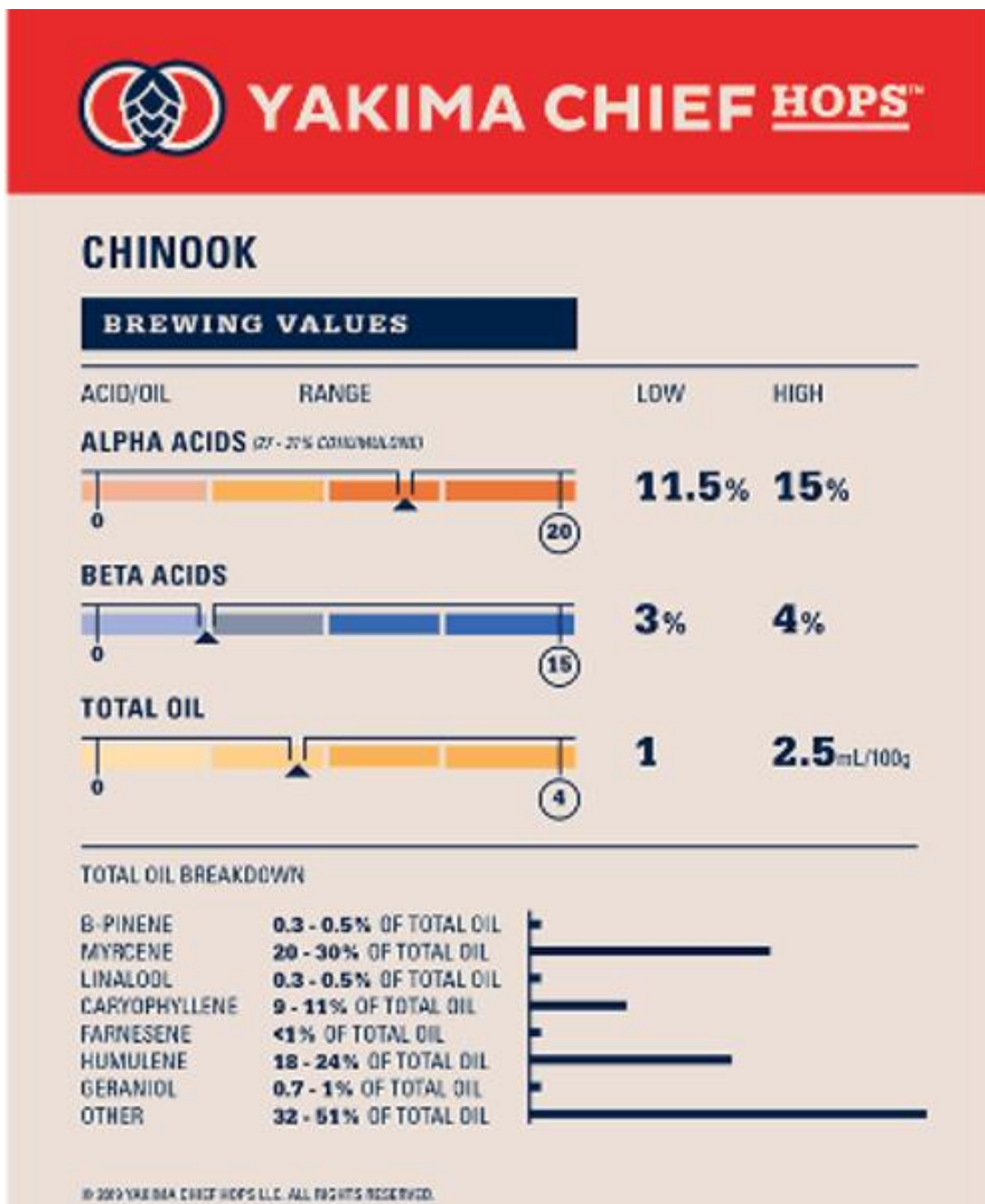
REG-REA-094 Versión 5.0

Ciudad y fecha de reporte: **Bogotá, D.C., 2019-11-23**

INFORMACION DEL CLIENTE						
Empresa	Diego Amanda Salazar	Teléfono	319-2023711			
N.I.T.	1022406284	Email	<a href="mailto:salazardicpas@gmail.com">salazardicpas@gmail.com</a>			
Dirección	Carrera 57A # 2A-39					
INFORMACION DE LA MUESTRA						
Muestra	Agua para consumo humano				Tipo de Envase	Pásticos, Bolsa-Nasco
Fecha de recepción	2019-11-12	Características	Materia Prima	Tamaño Muestra	1,100 mL	
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	17 °C	Norma	Resolución 2115 de 2007	
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Muestreo por	Cliente	
No. Lote	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	NR	
Proveedor	N.A.			Sitio de Muestreo	NR	
RESULTADOS						
PARAMETRO	Fecha de resultado	METODO	Resultado	Unidades	Limites máximos permisibles Resolución 2115 de 2007	
Fisicoquímica						
Color Aparente	2019-11-15	Organoléptico	<5	Unidades pt-Co	Máximo 15	
Conductividad eléctrica	2019-11-15	Electrométrica, SM 2510 B	79.8	µs/cm	Máximo 1.000	
Turbidez	2019-11-15	Nefelométrica, SM 2130 B	1.61	NTU	Máximo 2.0	
Microbiología						
A.P Coliformes totales	2019-11-14	SM 9222 B	<1	UFC/100 mL	Cero	
E. Coli	2019-11-14	SM 9222 I	<1	UFC/100 mL	Cero	
Los resultados son válidos sólo para las muestras en referencia y los ensayos realizados. No se permite la reproducción parcial o total del informe sin previa autorización escrita por parte de ASINAL S.A.S.						
CALIFICACION DE LA MUESTRA.						
<b>Microbiología</b>						
Aceptable	Calidad Microbiológica "Aceptable", teniendo en consideración los parámetros relacionados en el presente reporte <1 es el límite de cuantificación del laboratorio, e índice Cero (0) o no presencia.					
<b>Fisicoquímica</b>						
Aceptable	Calidad Fisicoquímica "Aceptable", teniendo en consideración los parámetros relacionados en el presente reporte					

  
**BELISARIO ACEVEDO D, Ph.D.**  
 Director Técnico

ANEXO B.  
FICHA TECNICA LUPULO CHINOOK.



## ANEXO C.

### LEVADURA SAFEALE US-05.



Levadura ale americana, que produce cervezas bien balanceadas, con baja concentración de diacetilo y un paladar final limpio, fresco y vivaz. Forma una capa superficial y se caracteriza por permanecer en suspensión durante la fermentación.

**INGREDIENTES:** Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agente emulsionante E491

**ÉSTERES  
TOTALES**

40

ppm a 18°D y 20°C  
en tubos ERC

**ALCOHOLES  
SUPERIORES TOTALES**

269

ppm a 18°D y 20°C  
en tubos ERC

**AZÚCARES  
RESIDUALES**

11 g/l\*

\* 3g maltotriosa/L,  
corresponde a un atenuación  
aparente de 81%

**FLOCULACIÓN**

+/-

**SEDIMENTACIÓN**

Medio

**FERMENTACIÓN:** ideal 18-28°C (64-82°F)

**DOSIS:** 50 a 80 g/hl en la fermentación primaria

#### INSTRUCCIONES DE SIEMBRA:

Previamente a la inoculación, se debe rehidratar la levadura seca en un recipiente con agitación hasta formar una crema. El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de 25 a 29°C (77°F to 84°F). Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva de 15 a 30 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 30 minutos. Posteriormente se siembra la crema obtenida en los fermentadores. Alternativamente, se puede sembrar directamente levadura seca en el fermentador, asegurando que la temperatura del mosto supere los 20 °C (68 °F). Este procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en forma progresiva sobre la superficie del mosto, asegurando que la misma cubra toda el área disponible, evitando la formación de grumos. Se deja en reposo por 30 minutos y luego se mezcla el mosto, por ejemplo, utilizando aireación.

#### ANÁLISIS TÍPICOS:

% peso seco:	94.0 – 96.5
Células viables al envasado:	> 6 x 10 <sup>8</sup> /g
Bacterias totales*:	< 5 / ml
Bacterias ácido acéticas*:	< 1 / ml
Lactobacilos*:	< 1 / ml
Pediococcus*:	< 1 / ml
Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml
Microorganismos patógenos:	en acuerdo a la regulación vigente

\*Cuando la levadura seca es inoculada a una tasa de 100 g/hl o > 6 x 10<sup>8</sup> células viables / ml

#### ALMACENAMIENTO

Durante el transporte: el producto puede ser transportado y almacenado a temperatura ambiente durante 3 meses, sin que sea afectada su performance.  
A destino: Conservar en lugar fresco (< 10 °C / 50 °F) y ambiente seco.

#### VIDA ÚTIL

36 meses luego de la fecha de producción. Ver la fecha máxima recomendada para su imprenta en el sachet.  
Los sachet abiertos deben ser sellados y almacenados a 4°C (39°F) y utilizados dentro de los 7 días posteriores a su apertura. No utilizar los sachet blandos o dañados.

## ANEXO D.

### FICHA TECNICA PLACAS FILTRANTES SY50.

TECHNICAL DATA SHEET

# SYNTHAFIX™

## DEPTH FILTER SHEETS



### Synthetic fiber reinforced filter sheets

Depth filter sheets are used to remove particles from liquids. This means that liquids can be clear-, fine- or sterilization-filtered. For depth filtration filter media of a thickness of 2.5–4.5 mm are required. The particles are retained using two filtration principles: 1. surface filtration and 2. depth filtration. The liquid flows through a three-dimensional, asymmetrical fiber network in the depth filter. The solid components are retained using mechanical and electrokinetic effects. This significantly increases the absorption capacity. The purpose of a filtration process is to produce either a liquid (filtrate) or solids (retentate). Depth filtration focuses mainly on the production of liquid filtrate.

Formats are available from 6 cm round to 2.425 m x 1.215 m square. Practically every format in between is possible, which means they can be installed in any commercially available sheet filter. Depth filter sheets have a particle absorption capacity of up to 4 kg/m<sup>2</sup>. Furthermore, any available filter sheet grade is available as lenticular module (FILTRDISC™, see brochures for DISCSTAR™ and FILTRDISC™ modules).

#### Material

Filter sheets:

- Cleaned and bleached cellulose
- Natural filter aid (kieselgur, perlite)
- Cationic wet strength agent
- Polymer fibres

#### Handling

Depth filter sheets are used in sheet filters such as those in the FILTROX NOVOX® range. The sheets (except with NOVOX® OD and NOVOX® CP) must be wetted when fitted into the filter and should be pre-rinsed with 50 l/m<sup>2</sup> of clean water/buffer for industrial applications and for use in the drinks industry. A pressure difference between inlet and outlet is required to allow flow. The filters are exhausted when the differential pressure exceeds a given value (1–2.5 bar, depending on the porosity and application). With certain applications it is possible for the filter sheets to be regenerated. Please refer to the special instructions for this purpose.

The sheets can be sterilized with hot water (85 °C).

#### SYNTHAFIX™ SY retention rates

Module type	Retention rate [µm]	Water equivalent* [l/m <sup>2</sup> min] Δp=1 bar	Filtration type
SY 30	12.0–5.0	421–758	Clear
SY 50	6.0–3.0	225–393	Clear
SY 100	1.5–0.6	140–253	Germ reducing
SY 120	0.7–0.4	69–119	Sterile


\* does not correspond to the effective flow rate

#### Bacterial log reduction value (LRV)

Type	Test microbe	Load	LRV
SY 100	Reduction of microbe quantity in filtrate		
SY 120	<i>Serratia marcescens</i>	1.0 x 10 <sup>7</sup> /cm <sup>2</sup>	>6
Test microbe	<i>Serratia marcescens</i> : ATCC 14756		


# ANEXO E.

## JUZGAMIENTO CERVEZA BLONDE ALE ELABORADA EN LA EMPRESA.



### BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.homebrewersassociation.org>



http://www.bjcp.org

---

Judge Name (print) David Lopez Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry #  

Judge BJCP ID E2526 Subcategory (spell out) Blonde ALE

Judge Email acaruth@gmail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_

Use Avery label # 5100

**BJCP Rank or Status:**

Apprentice     Recognized     Certified  
 National     Master     Grand Master  
 Honorary Master     Honorary GM     Mead Judge  
 Provisional Judge     Rank Pending

**Non-BJCP Qualifications:**

Professional Brewer     Beer Sommelier     Non-BJCP  
 Certified Cicerone     Master Cicerone  
 Sensory Training     Other \_\_\_\_\_

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

**Acetaldehyde** – Green apple-like aroma and flavor.  
 **Alcoholic** – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.  
 **Astringent** – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.  
 **Diacetyl** – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.  
 **DMS (dimethyl sulfide)** – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.  
 **Estery** – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).  
 **Grassy** – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.  
 **Light-Struck** – Similar to the aroma of a skunk.  
 **Metallic** – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.  
 **Musty** – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.  
 **Oxidized** – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.  
 **Phenolic** – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).  
 **Solvent** – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.  
 **Sour/Acidic** – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).  
 **Sulfur** – The aroma of rotten eggs or burning matches.  
 **Vegetal** – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)  
 **Yeasty** – A bready, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Comments**

**Aroma** (as appropriate for style) 8 /12  
Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
Malta medio-alto de caracter a grano  
Estera frutales medio-baja, Lúpulo bajo  
de caracter citrico, Oxidacion medio-baja

**Appearance** (as appropriate for style) 3 /3  
Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
Amarillo pálido, Borra transparente.  
Cabeza media de retencion media

**Flavor** (as appropriate for style) 13 /20  
Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
Malta media caracter a grano, Lúpulo  
bajo caracter citrico, Fermentacion limpia  
Balance hacia el grano, Final dulce

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 4 /5  
Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
Cuerpo medio bajo, Carbonatacion media  
Creosidad baja, sin astringencia

**Overall Impression** 5 /10  
Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
Buena cerveza, buena interpretacion  
del estilo, mejor guarda para evitar  
oxidacion

**Total** 33 /50

**SCORING GUIDE**

**Outstanding** (45 - 50): World-class example of style.  
**Excellent** (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.  
**Very Good** (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.  
**Good** (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.  
**Fair** (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.  
**Problematic** (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.

	<b>Stylistic Accuracy</b>	
Classic Example <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Not to Style
Flawless <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Significant Flaws
Wonderful <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Lifless

Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213



## ANEXO F. METODO DE REFRACTOMETRÍA.

### PRINCIPIO

El método se basa en la medición del índice de refracción de la muestra diluida y su relación con el contenido de sólidos disueltos (Brix). El contenido de sólidos disueltos de las soluciones azucaradas se determina utilizando un refractómetro que tiene la conversión directa a valores de Brix.

### Equipos y materiales

- Pipeta volumétrica de 1mL
- Refractómetro con compensación automática de temperatura (ATC) RHB-32SG.
- Frasco Lavador
- Papel suave para limpieza de los lentes

### Reactivos

- Agua destilada.
- Muestra del mosto.

### Procedimiento



Adicionar agua destilada en la unidad óptica del refractómetro para la verificación del cero. Tomar muestra de mosto cerca de 20 °C en pipeta volumétrica y colocar una gota sobre el lente de refractómetro, esperar 30 segundos y cerrar la unidad óptica. Establecer la lectura en presencia de luz. Limpiar el lente con agua destilada y secar con el papel de limpieza. Repetir el procedimiento para cada muestra de mosto.

**ANEXO G.**  
**DATOS CORREGIDOS DE DENSIDAD.**

tiempo (h)	Densidad 1	Densidad 2	Densidad 3	Densidad 4	Densidad 5	Densidad 6
0	1,050	1,050	1	1,050	1,050	1,050
8	1,049	1,049	1,048	1,049	1,048	1,049
16	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048	1,048
24	1,044	1,047	1,047	1,047	1,044	1,047
32	1,044	1,043	1,044	1,046	1,040	1,043
40	1,040	1,038	1,042	1,041	1,035	1,038
48	1,035	1,034	1,036	1,038	1,029	1,034
56	1,032	1,030	1,031	1,032	1,027	1,030
64	1,029	1,028	1,029	1,031	1,025	1,028
72	1,027	1,027	1,026	1,027	1,023	1,027
80	1,025	1,024	1,025	1,024	1,022	1,024
88	1,023	1,023	1,022	1,022	1,020	1,023
96	1,022	1,021	1,020	1,021	1,019	1,021
104	1,020	1,020	1,020	1,021	1,018	1,020
112	1,019	1,019	1,019	1,018	1,018	1,019
120	1,018	1,018	1,019	1,018	1,017	1,018
128	1,018	1,017	1,017	1,016	1,016	1,015
136	1,017	1,016	1,017	1,016	1,016	1,014
144	1,016	1,016	1,016	1,015	1,016	1,014
152	1,016	1,015	1,016	1,015	1,015	1,013
160	1,016	1,015	1,016	1,014	1,013	1,013
168	1,015	1,014	1,015	1,014	1,012	1,013
176	1,013	1,014	1,013	1,012	1,012	1,012
184	1,012	1,013	1,012	1,012	1,012	1,012
192	1,012	1,012	1,012	1,012	1,012	1,012

ANEXO H.

JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 1.

## BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.bjcp.org> <http://www.homebrewersassociation.org>

Judge Name (print) HEINZ J. RODRIGUEZ H. Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 16 F1

Judge BJCP ID E 3345 Subcategory (spell out) BUDWE ALE

Judge Email dasophieiner@hotmail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_

Use Avery label # 5160

Bottle Inspection:  Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.

Comments \_\_\_\_\_

**BJCP Rank or Status:**

Apprentice  Recognized  Certified  
 National  Master  Grand Master  
 Honorary Master  Honorary GM  Mead Judge  
 Provisional Judge  Rank Pending

**Non-BJCP Qualifications:**

Professional Brewer  Beer Sommelier  Non-BJCP  
 Certified Cicerone  Master Cicerone  
 Sensory Training  Other \_\_\_\_\_

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

Acetaldehyde – Green apple-like aroma and flavor.  
 Alcoholic – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.  
 Astringent – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.  
 Diacetyl – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.  
 DMS (dimethyl sulfide) – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.  
 Ester – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).  
 Grassy – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.  
 Light-Struck – Similar to the aroma of a skunk.  
 Metallic – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.  
 Musty – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.  
 Oxidized – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.  
 Phenolic – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).  
 Solvent – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.  
 Sour/Acidic – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).  
 Sulfur – The aroma of rotten eggs or burning matches.  
 Vegetal – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)  
 Yeasty – A bread, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Aroma** (as appropriate for style) 8 /12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
CARACTER A MALTA MEDIO A MEDIANO CON NOTAS MEDIAS DE LUPULO OTTICO, Y UNA PREPARA MEDIA DE ESTERES FRUTALES Y UNA OXIDACION EN LA PREPARA

**Appearance** (as appropriate for style) 2 /3  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
PALISO A CERVO PROFUNDO CLARO, LIMPIO Y CON UNA CUBIERTA DE ESPUMA BLANQUECINA DE BATA CONSISTIDA Y UNA RETENCION MEDIA

**Flavor** (as appropriate for style) 14 /20  
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
CARACTER MEDIA A MALTA CON ALCOR Y CERVEZA Y FINJO A CARACTER RETRICO DEL LUPULO, CON UNA FERMENTACION LIMPIA Y UN BALANCE MEDIO, QUE PREDOMINA EN EL RETRICO

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 3 /5  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO MEDIO A MEDIO ALTO, CON CARBONATA MEDIA Y UN ORIENTAMIENTO NOLO Y EVEND CRETOSTADO QUE ANUN LA MATEMORADO

**Overall Impression** 7 /10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
CERVEZA CON UNA BUENA APARIENCIA, Y FINAL DULCE AGRADABLE QUE CON BUEN BALANCE INTERPRETA EN EL ESTILO, REVISAR OXIDACION DEL PRODUCTO FINAL



**Total** 34 /50

SCORING GUIDE	Outstanding (45 - 50): World-class example of style.	Stylistic Accuracy
	Excellent (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.	<input type="checkbox"/> Classic Example <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Not to Style
	Very Good (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.	<input type="checkbox"/> Flawless <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Significant Flaws
	Good (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.	<input type="checkbox"/> Wonderful <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Lifeless
Fair (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.		
Problematic (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.		

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213 Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)

# ANEXO I.

## JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 2.

### BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.homebrewersassociation.org>

Judge Name (print) HENRIE L. PODERQUENY Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 76 FZ.  
 Judge BJCP ID E3345 Subcategory (spell out) BLONDE ALE  
 Judge Email dosapheinec@hotmail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_  
Use Avery label # 5160

Bottle Inspection:  Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.

Comments \_\_\_\_\_

**BJCP Rank or Status:**

<input type="checkbox"/> Apprentice	<input checked="" type="checkbox"/> Recognized	<input type="checkbox"/> Certified
<input type="checkbox"/> National	<input type="checkbox"/> Master	<input type="checkbox"/> Grand Master
<input type="checkbox"/> Honorary Master	<input type="checkbox"/> Honorary GM	<input type="checkbox"/> Mead Judge
<input type="checkbox"/> Provisional Judge	<input type="checkbox"/> Rank Pending	

**Non-BJCP Qualifications:**

<input type="checkbox"/> Professional Brewer	<input type="checkbox"/> Beer Sommelier	<input type="checkbox"/> Non-BJCP
<input type="checkbox"/> Certified Cicerone	<input type="checkbox"/> Master Cicerone	
<input type="checkbox"/> Sensory Training	<input type="checkbox"/> Other	

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

- Acetaldehyde** – Green apple-like aroma and flavor.
- Alcoholic** – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.
- Astringent** – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.
- Diacetyl** – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.
- DMS (dimethyl sulfide)** – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.
- Estery** – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).
- Grassy** – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.
- Light-Struck** – Similar to the aroma of a skunk.
- Metallic** – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.
- Musty** – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.
- Oxidized** – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.
- Phenolic** – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).
- Solvent** – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.
- Sour/Acidic** – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).
- Sulfur** – The aroma of rotten eggs or burning matches.
- Vegetal** – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.).
- Yeasty** – A bread, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Aroma** (as appropriate for style) 7 /12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
CARACTER DE MATA MEDIA A ALTO CON NOTA A MIEL, CARMA DE PEN NO TOIADA, BASSO CARACTER DE LUPULO CIBRECO, ESTERES FRUTALES Y UN POCO DE OXIDACION MEDIA A BASSO

**Appearance** (as appropriate for style) 3 /3  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
COLOR PAREDO Y DORADO PROFUNDO, CLARIDAD LIMPIA, CON CABEZA DE BIRMA MEDIA DE BUENA RETENCION Y COLOR BLANQUECINO

**Flavor** (as appropriate for style) 14 /20  
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
CARACTER MEDIO DE LA MATA, CON NOTAS CILIMEL A UNA CASCARA DE PAN, Y BASSO CARACTER A LUPULO CIBRECO AFRICANO, Y UNA FERMENTACION LIMPIA, BAVINDEADO HASTA EL GRANO Y UN FINA QUE PERMANECE EN EL RETROGUSTO UN POCO DULCE

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 3 /5  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO POCO A MEDIO ALTO, CARBONATACION MEDIA Y DE ALTA CREMOSIDAD QUE MANTENIA BASSO CALIENTE Y BASSO ASIRENCIA

**Overall Impression** 8 /10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
CEVEZA CON BUEN CARACTER MATEOSO QUE ES FACIL DE TOMAR Y REFRESCANTE, TENER EN CUENTA PROCEDER CONDE TEMPLOR OXIDACION PARA GENERAL SABORES MATE LIMPIOS.



Total 35 /50

SCORING GUIDE	<b>Outstanding</b> (45 - 50): World-class example of style.	<b>Stylistic Accuracy</b>
	<b>Excellent</b> (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.	Classic Example <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Not to Style
	<b>Very Good</b> (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.	Flawless <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Significant Flaws
	<b>Good</b> (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.	Wonderful <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Lifeless
<b>Fair</b> (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.		
<b>Problematic</b> (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.		

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213  
 Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)

ANEXO J.

JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 3.

## BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.homebrewersassociation.org>

<http://www.bjcp.org>

Judge Name (print) HEINER L. RODRIGUEZ M.

Judge BJCP ID E 3345

Judge Email dasco@heiner@hotmail.com

Use Avery Label # 5160

Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 28 F3

Subcategory (spell out) FLORIDE ALE

Special Ingredients: \_\_\_\_\_

Bottle Inspection:  Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.

Comments \_\_\_\_\_

**BJCP Rank or Status:**

Apprentice  Recognized  Certified

National  Master  Grand Master

Honorary Master  Honorary GM  Mead Judge

Provisional Judge  Rank Pending

**Non-BJCP Qualifications:**

Professional Brewer  Beer Sommelier  Non-BJCP

Certified Cicerone  Master Cicerone

Sensory Training  Other \_\_\_\_\_

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

Acetaldehyde – Green apple-like aroma and flavor.

Alcoholic – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as hot.

Astringent – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.

Diacetyl – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.

DMS (dimethyl sulfide) – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.

Estery – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).

Grassy – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.

Light-Struck – Similar to the aroma of a skunk.

Metallic – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.

Musty – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.

Oxidized – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.

Phenolic – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).

Solvent – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.

Sour/Acidic – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).

Sulfur – The aroma of rotten eggs or burning matches.

Vegetal – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)

Yeasty – A bread, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Aroma** (as appropriate for style) 10 / 12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
AROMA A DULCE DE MALTA MODERADO  
A ALTO PAN, CASCADA DE PAN NO TOSTADO,  
BAJA PRESENCIA A LUPULO CIBICO, Y ESTERES  
NO INMAYOS

**Appearance** (as appropriate for style) 2 / 13  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
AMARILLO OBLADO, LICORANTE TURBA, PERO  
LIMPIO CON CABEZA DE ESPUMA BLANQUECINA  
DE RETENCION MEDIA A ALTA.

**Flavor** (as appropriate for style) 15 / 20  
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
CARACTER DULCE DE LA MALTA SUAVE, TRAZO  
MASCADA DE PAN NO TOSTADO, CARAMELO BLANCO  
BAJA A MORNADA PRESENCIA A LUPULO CIBICO  
AMERICANO, DE FERMENTACION LIMPIA Y  
BAJOS ESTERES, DONDE A MALTA Y FINAL SE E

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 4 / 15  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO MEDIO, CARBONATACION MEDIA A  
MEDIA ALTA, CALENTAMIENTO NULO Y MUY BAJA  
AGUA CREMOSIDAD Y SIN ASTRINGENCIA

**Overall Impression** 8 / 10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
CARACTER SUAVE A TIEMPO, QUE DA FACILIDAD  
DE BEBER Y SE CREA LA MALTA,  
CON UNA FERMENTACION LIMPIA, Y BAJA  
PRESENCIA A LUPULO, LO QUE GENERA  
UNA BUENA INTERPRETACION DEL ESTILO  
AMERICANO

**Total** 39 / 50

**SCORING GUIDE**

**Outstanding** (45 - 50): World-class example of style.

**Excellent** (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.

**Very Good** (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.

**Good** (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.

**Fair** (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.



**Problematic** (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.

Classic Example	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stylistic Accuracy
Flawless	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Technical Merit
Wonderful	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Intangibles
					Not to Style
					Significant Flaws
					Lifeless

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213 Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)

ANEXO K.

JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 4.

# BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.homebrewersassociation.org>

<http://www.bjcp.org>

Judge Name (print) WENDEL L RODRIGUEZ M Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 26 FA  
 Judge BJCP ID E3346 Subcategory (spell out) BLONDE ALE  
 Judge Email dqsrophetrev@hotmail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_  
Use Avery label # 5160

Bottle Inspection:  Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.  
 Comments \_\_\_\_\_

**BJCP Rank or Status:**  
 Apprentice  Recognized  Certified 9 /12  
 National  Master  Grand Master  
 Honorary Master  Honorary GM  Mead Judge  
 Provisional Judge  Rank Pending

**Non-BJCP Qualifications:**  
 Professional Brewer  Beer Sommelier  Non-BJCP  
 Certified Cicerone  Master Cicerone  
 Sensory Training  Other

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**  
 Acetaldehyde – Green apple-like aroma and flavor.  
 Alcoholic – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.  
 Astringent – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.  
 Diacetyl – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.  
 DMS (dimethyl sulfide) – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.  
 Estery – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).  
 Grassy – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.  
 Light-Struck – Similar to the aroma of a skunk.  
 Metallic – Tinny, coinny, copper, iron, or blood-like flavor.  
 Musty – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.  
 Oxidized – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.  
 Phenolic – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).  
 Solvent – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.  
 Sour/Acidic – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).  
 Sulfur – The aroma of rotten eggs or burning matches.  
 Vegetal – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)  
 Yeasty – A bready, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Aroma** (as appropriate for style) 9 /12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
CARACTER A MALTA MEDIO A MEDIANO, DULCE PAN, CARMENO, PRESENCIA BAJA DE ESTERES FRUTALES, BAJA PRESENCIA DE LUPULO OTIVO, CARACTER LIMPIO DE FERMENTACION

**Appearance** (as appropriate for style) 2 /3  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
A MARIDO SUAVE A PROFUNDO, CON CARA DE ESPUMA BLANQUECINA DE DETECTOR MEDIA, TURBIDEZ MEDIA Y LIMPIA

**Flavor** (as appropriate for style) 19 /20  
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
DULCE MARIDO CARACTER A GRASO, PNO, CARMENO PUNTO PIZCADO, ESTERES BAJOS, BAJA PRESENCIA LUPULO AMERICANO FRUTAL, CON PALACE MARIDO, FINAL SECO Y MARIDO

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 4 /5  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO MEDIO, CARBONATAION MEDIA, BAJO CALENTAMIENTO A BUJO, Y SIN ASTINGENCIA

**Overall Impression** 8 /10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
FACIL DE BEBER, ORIENTADA MALSA CON NOTAS FRUTALES INTERSANTIC, LIMPIO Y NO AGRIVA, BUENA INTERPRETACION DE ESTILOS

Total 40 /50


SCORING GUIDE	Outstanding	(45 - 50): World-class example of style.
	Excellent	(38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.
	Very Good	(30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.
	Good	(21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.
Fair	(14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.	
Problematic	(00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.	

	Stylistic Accuracy				
	Classic Example	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Not to Style
	Flawless	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Significant Flaws
	Wonderful	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Lifeless

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213 Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)


ANEXO L.

JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 5.



# BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program



http://www.bjcp.org http://www.homebrewersassociation.org

---

Judge Name (print) WALTER L. RODRIGUEZ M. Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 36 FS

Judge BJCP ID E3345 Subcategory (spell out) BLONDE ALE

Judge Email doscofheinec@hotmail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_

Use Avery label # 5160

BJCP Rank or Status:  Apprentice  Recognized  Certified  National  Master  Grand Master  Honorary Master  Honorary GM  Mead Judge  Provisional Judge  Rank Pending

Non-BJCP Qualifications:  Professional Brewer  Beer Sommelier  Non-BJCP  Certified Cicerone  Master Cicerone  Sensory Training  Other

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

Acetaldehyde – Green apple-like aroma and flavor.

Alcoholic – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.

Astringent – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.

Diacetyl – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.

DMS (dimethyl sulfide) – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.

Estery – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).

Grassy – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.

Light-Struck – Similar to the aroma of a skunk.

Metallic – Tinny, coinny, copper, iron, or blood-like flavor.

Musty – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.

Oxidized – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.

Phenolic – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).

Solvent – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.

Sour/Acidic – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).

Sulfur – The aroma of rotten eggs or burning matches.

Vegetal – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)

Yeasty – A bready, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

Comments \_\_\_\_\_

**Aroma** (as appropriate for style) 7 / 12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
CARACTER DE MALTA MEDIA ALTO A ALTOS CON  
BAJA PRESENCIA A MEDIA AURDO CITRICO  
AMARILLO, Y BAJA PRESENCIA DE ESTERES  
ROSTACEI

**Appearance** (as appropriate for style) 3 / 13  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
AMARILLO PASADO A ROJAZO PROFUNDO CON CORONA  
BLANQUECINA DE BATA DENSIAS Y RETENCION  
MEDEA

**Flavor** (as appropriate for style) 15 / 20  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other flavor characteristics  
PRESENCIA DE LA MALTA DULCE COMO A GIANO  
CAUSADA DE PAN, Y BAJA PRESENCIA A  
LUBIO CIBRICO, BALANCEADO A LA MALTA Y  
CON FERMENTACION LIMPIA Y FINAL MEDIO SECO

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 4 / 15  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO MEDIO A MEDIO ALTO, CARBONATAION  
MEDEA, Y BUENO CALENTAMIENTO, Y SIN  
ASTRINGENCIA, CREMOSA EN BOCA

**Overall Impression** 8 / 10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
CEERVEZA FACIL DE BEBER DE BUENA  
ADRENCIA Y BUEN FINESSE PARA INTERPRETACION  
DE ESTILO, CIERTOS SABORES A MEDIO DE  
ALTA SER DERIVADO DE LA CALIDAD DE  
MATERIAS PRIMAS, DEJAR ESTAR CALIFAREI

Total 37 / 50

**SCORING GUIDE**

**Outstanding** (45 - 50): World-class example of style.

**Excellent** (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.

**Very Good** (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.

**Good** (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.

**Fair** (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.


**Problematic** (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.

Classic Example	<input type="checkbox"/>	Stylistic Accuracy	<input type="checkbox"/>	Not to Style	<input type="checkbox"/>
Flawless	<input type="checkbox"/>	Technical Merit	<input checked="" type="checkbox"/>	Intangibles	<input type="checkbox"/>
Wonderful	<input type="checkbox"/>	Significant Flaws	<input type="checkbox"/>	Lifeless	<input type="checkbox"/>

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213 Please send any comments to Comp\_Director@BJCP.org

ANEXO M.

JUZGAMIENTO MUESTRA FERMENTACION 6.



# BEER SCORESHEET

AHA/BJCP Sanctioned Competition Program <http://www.homebrewersassociation.org>

http://www.bjcp.org

Judge Name (print) HEINER L RODRIGUEZ M Category # 18 Subcategory (a-f) A Entry # 36 F6

Judge BJCP ID E3245 Subcategory (spell out) BLONDE ALE

Judge Email de-rodriguez@chadonail.com Special Ingredients: \_\_\_\_\_

Use Every Label # 5160

Bottle Inspection:  Appropriate size, cap, fill level, label removal, etc.

Comments \_\_\_\_\_

**BJCP Rank or Status:**

Apprentice  Recognized  Certified  
 National  Master  Grand Master  
 Honorary Master  Honorary GM  Mead Judge  
 Provisional Judge  Rank Pending

**Non-BJCP Qualifications:**

Professional Brewer  Beer Sommelier  Non-BJCP  
 Certified Cicerone  Master Cicerone  
 Sensory Training  Other \_\_\_\_\_

**Descriptor Definitions (Mark all that apply):**

Acetaldehyde – Green apple-like aroma and flavor.  
 Alcoholic – The aroma, flavor, and warming effect of ethanol and higher alcohols. Sometimes described as *hot*.  
 Astringent – Puckering, lingering harshness and/or dryness in the finish/aftertaste; harsh graininess; huskiness.  
 Diacetyl – Artificial butter, butterscotch, or toffee aroma and flavor. Sometimes perceived as a slickness on the tongue.  
 DMS (dimethyl sulfide) – At low levels a sweet, cooked or canned corn-like aroma and flavor.  
 Estery – Aroma and/or flavor of any ester (fruits, fruit flavorings, or roses).  
 Grassy – Aroma/flavor of fresh-cut grass or green leaves.  
 Light-Struck – Similar to the aroma of a skunk.  
 Metallic – Tinny, coin, copper, iron, or blood-like flavor.  
 Musty – Stale, musty, or moldy aromas/flavors.  
 Oxidized – Any one or combination of stale, winy/vinous, cardboard, papery, or sherry-like aromas and flavors.  
 Phenolic – Spicy (clove, pepper), smoky, plastic, plastic adhesive strip, and/or medicinal (chlorophenolic).  
 Solvent – Aromas and flavors of higher alcohols (fusel alcohols). Similar to acetone or lacquer thinner aromas.  
 Sour/Acidic – Tartness in aroma and flavor. Can be sharp and clean (lactic acid), or vinegar-like (acetic acid).  
 Sulfur – The aroma of rotten eggs or burning matches.  
 Vegetal – Cooked, canned, or rotten vegetable aroma and flavor (cabbage, onion, celery, asparagus, etc.)  
 Yeasty – A bread, sulfury or yeast-like aroma or flavor.

**Aroma** (as appropriate for style) 8 /12  
 Comment on malt, hops, esters, and other aromatics  
CARAMELO DE MANTA MEDIO ALTO, CON PRESENCIA  
SUAVE PA OMS PAN Y CARAMELO, BAJA A  
MEGA FERMENTACION DEL LUPULO, Y BAJA PRESENCIA  
DE ESTERES

**Appearance** (as appropriate for style) 3 /13  
 Comment on color, clarity, and head (retention, color, and texture)  
ANABELO SUAVE A BARRIL FERMENTADO, CON COGNA  
MARCA DE ALTA VERGEN Y REFERENCION HECHA  
CLARA Y LISIPA

**Flavor** (as appropriate for style) 16 /20  
 Comment on malt, hops, fermentation characteristics, balance, finish/aftertaste, and other flavor characteristics  
BUENA INICIAL A GRANO PAN, Y CARAMELO  
CON BAJA PRESENCIA DE LUPULO CIBRADO  
Y BAJA VERGEN PARA LA MANTA, CON UN  
FIN DE SECO Y OVE FAVORABLE CON  
UN RUIZOR A GRANO ATRAL.

**Mouthfeel** (as appropriate for style) 3 /5  
 Comment on body, carbonation, warmth, creaminess, astringency, and other palate sensations  
CUERPO MEDIO A MEDIO LIGERO, CON  
CARBONATAcion MEDIA, Y UN CALENTAMIENTO  
BASTA A NULO, ~~SECO~~ Y SIN ASTRINGENCIA

**Overall Impression** 8 /10  
 Comment on overall drinking pleasure associated with entry, give suggestions for improvement  
RESERVA FACIL DE BEBER, ORIENTADA  
A LA MANTA Y OF BUENA APARENCIA  
Y BAJA PRESENCIA DE LUPULO, ~~BAJA~~ BAJA  
INTERPRETACION DE ESTILO, RESERVA MATERIAL  
PARA PARA MEDIANE CALIDAD DE PROBLETO  
FINAL.

Total 38 /50

SCORING GUIDE	<b>Outstanding</b> (45 - 50): World-class example of style.	Stylistic Accuracy <input type="checkbox"/> Classic Example <input type="checkbox"/> Technical Merit <input type="checkbox"/> Not to Style <input type="checkbox"/> Flawless <input type="checkbox"/> Intangibles <input type="checkbox"/> Significant Flaws <input type="checkbox"/> Wonderful <input type="checkbox"/> Lifeless
	<b>Excellent</b> (38 - 44): Exemplifies style well, requires minor fine-tuning.	
	<b>Very Good</b> (30 - 37): Generally within style parameters, some minor flaws.	
	<b>Good</b> (21 - 29): Misses the mark on style and/or minor flaws.	
<b>Fair</b> (14 - 20): Off flavors/aromas or major style deficiencies. Unpleasant.		
<b>Problematic</b> (00 - 13): Major off flavors and aromas dominate. Hard to drink.		

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213 Please send any comments to [Comp\\_Director@BJCP.org](mailto:Comp_Director@BJCP.org)



