

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL
RUBIA A NIVEL SEMI-INDUSTRIAL A BASE DE LA UNIÓN DE DOS MALTAS
PARA LA EMPRESA MILENARIA**

**PAULA ANDREA CARDENAS DUARTE
FROILAN MAURICIO GUALDRON HERNANDEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

2019

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL
RUBIA A NIVEL SEMI-INDUSTRIAL A BASE DE LA UNIÓN DE DOS MALTAS
PARA LA EMPRESA MILENARIA**

**PAULA ANDREA CARDENAS DUARTE
FROILAN MAURICIO GUALDRON HERNANDEZ**

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

**Director:
RUBEN DARIO CARDENAS DUARTE
Microbiólogo industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

2019

Nota de aceptación

Ing. Alexander Jiménez Ramírez

Jurado 1

Ing. Angie Tatiana Ortega Ramírez

Jurado 2

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro.

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrado.

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano Facultad de Ingeniería.

Ing. JULIO CESAR 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 de grado es dedicado a mi familia por su apoyo incondicional, por sus bendiciones, alentarme en salud y darme sabiduría para poder culminar mi carrera. Gracias infinitas por apoyarme incondicionalmente para seguir adelante a pesar de las dificultades, gracias por sus consejos que me permitieron crecer día a día como persona, gracias por enseñarme a luchar por mis metas y gracias por enseñarme constantemente excelentes valores morales, los amo y esto es para ustedes. To the Campanella's, thank you for pushing me to keep following my dreams, love you. Por ultimo gracias a Dios por todas las bendiciones a lo largo de este camino, estoy acá por y gracias a él.

Paula Andrea Cardenas Duarte

Le dedico este proyecto de grado a las primeras personas quienes hicieron realidad esto, a mis padres Froilán y Argenis quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y dedicación, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre; Así mismo dedicar esta tesis a todos mis compañeros que durante el camino me apoyaron cuando más los necesité, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, y cada persona que dejo un grano de arena en mí, ya que se pudo subir un escalón más.

Froilan Mauricio Gualdron Hernandez

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de grado se lo dedicamos a nuestros padres y familiares, que estuvieron presentes desde el inicio de esta hermosa aventura, hasta este punto crucial de nuestra carrera y aún más de nuestras vidas. Gracias por inculcarnos todos los valores necesarios como lo fueron el respeto, honestidad, responsabilidad y sobre todo amor por el estudio, los cuales fueron nuestras bases para alcanzar esta meta.

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos al director del proyecto Ruben Dario Cardenas Duarte, por sus conocimientos otorgados y por el tiempo dedicado, tanto en la parte experimental como en la parte investigativa del proyecto. Por su excelente orientación y motivación, con la cual hemos podido culminar satisfactoriamente este trabajo de grado. A Milenaria por su enriquecedora orientación en la elaboración y el énfasis del documento.

Y a todas aquellas personas que hicieron que este proyecto fuera posible.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	20
OBJETIVOS	22
1.MARCO TEÓRICO	23
1.1 GENERALIDADES	23
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA ARTESANAL	23
1.2.1 Color	23
1.2.2 La espuma	24
1.2.3 Brillo y transparencia	24
1.2.4 Contenido alcohólico	24
1.2.5 Amargor y aroma	24
1.3 TIPOS DE CERVEZA ARTESANAL	24
1.3.1 Tipo lager	24
1.3.2 Tipo ale	25
1.3.3 Cervezas de trigo	25
1.3.4 Pale ale	25
1.3.5 Dark ale	25
1.3.6 Cervezas stout	25
1.3.7 Cervezas porter	25
1.3.8 Cervezas belgas	25
2.DESCRIPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, OPERACIONES UNITARIAS Y ETAPAS USADAS EN LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE CERVEZA ARTESANAL DE LA EMPRESA MILENARIA	26
2.1 MATERIAS PRIMAS	26
2.1.1 Agua	26
2.1.2 Características fisicoquímicas del agua en elaboración de cerveza	26
2.1.2.1 Calcio (Ca^{+2})	27
2.1.2.2 Sulfato (SO_4^{-2})	28
2.1.2.3 Magnesio (Mg^{+2})	28
2.1.2.4 Cobre (Cu^{+2})	28
2.1.2.5 Hierro (Fe^{+2})	28
2.1.2.6 Zinc (Zn^{+2})	29
2.1.2.7 Cloro (Cl^{-1})	29
2.1.2.8 Sodio (Na^{+1})	29
2.1.2.9 Dureza del agua	29
2.1.3 Características microbiológicas del agua en producción de cerveza	30
2.1.4 Agua de la empresa milenaria	31
2.1.5 Lúpulo	33

2.1.6 Malta caramelo 20	34
2.1.7 Malta Pilsen	35
2.1.8 Levadura SafAle US- 05	36
2.2 OPERACIONES UNITARIAS.	38
2.2.1 Calentamiento y preparación del agua	38
2.2.2 Molienda	39
2.2.3 Macerado	40
2.2.4 Lavado del grano (sparging)	42
2.2.5 Hervido del mosto	42
2.2.6 Adición del lúpulo	43
2.2.6.1 Medición cantidad de lúpulo	44
2.2.7 Enfriamiento de mosto	46
2.2.8 Fermentación	48
2.2.8.1 Largtime o fase de adaptación	49
2.2.8.2 Fase secundaria o de acondicionamiento	49
2.2.8.3 Fase secundaria o de acondicionamiento	50
2.2.8.4 Procesos de maduración y carbonatación	52
2.2.9 Embarillado	53
2.2.10 Limpieza	54
2.3 DIAGNÓSTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL EN MILENARIA	55
2.3.1 Proceso general de producción cerveza artesanal.	55
2.3.2 Diagrama de flujo del proceso de producción actual de la empresa milenaria	58
2.3.3 Balances de masa	59
2.3.4 Proceso actual de calentamiento y preparación del agua en la empresa milenaria	62
2.3.5 Proceso actual de molienda en la empresa milenaria	64
2.3.6 Proceso actual macerado en la empresa milenaria	64
2.3.7 Proceso actual del lavado del grano en Milenaria	67
2.3.8 Proceso actual hervido del mosto en la empresa milenaria	67
2.3.9 Proceso actual adición de lúpulo en la empresa milenaria	67
2.3.10 Proceso actual enfriamiento de mosto en la empresa milenaria	68
2.3.11 Proceso actual fermentación en la empresa milenaria	69
2.3.12 Proceso actual de embarillado en la empresa milenaria	72
2.3.13 Proceso actual de limpieza en la empresa milenaria	72
3.PROPUESTA DE MEJORA EN PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA EN MILENARIA	74
3.1 Matriz PUGH	75
3.2 Minerales presentes como iones en el agua	76
3.2.1 Sulfato de calcio (CaSO ₄)	78
3.2.2 Sulfato de Magnesio (MgSO ₄)	78

3.2.3 Carbonato de calcio (CaCO ₃)	79
3.2.4 Cloruro de Sodio (NaCl)	79
3.2.5 Cloruro de calcio (CaCl ₂)	79
3.2.6 Matriz de PUGH para selección de sales	80
3.2.7 Cálculo de cantidad necesaria de sal para adición al agua	84
3.2.8 Relación sulfato-cloruro	86
3.3 Métodos de reducción de alcalinidad en el macerado y el agua de lavado	86
3.3.1 Matriz PUGH para disminuir alcalinidad del mosto y lavado del grano	87
3.4 METODOS PARA AUMENTAR ALCALINIDAD (ACIDIFICAR) DEL MACERADO Y EL AGUA DE LAVADO	87
3.4.1 Matriz PUGH para aumentar alcalinidad del mosto y lavado del grano	90
3.5 Balance térmico del intercambiador de calor para enfriar mosto	90
3.6 Uso del agua en la limpieza y lavado	89
4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA TIPO ALE EN MILENARIA	92
4.1 PRODUCCIÓN PRIMER LOTE CON MEJORA DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA A BASE DE LA UNIÓN DE DOS MALTAS	92
4.2 PRODUCCIÓN SEGUNDO LOTE CON MEJORA DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA A BASE DE LA UNIÓN DE DOS MALTAS	94
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
4.3.1 Análisis realizados en Milenaria	96
4.3.2 Panel sensorial	99
4.3.3 Análisis de laboratorio	100
5. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA IMPLEMENTADA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL 1042	
5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO	104
5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN A NIVEL SEMI INDUSTRIAL	109
5.2.1 Costo por lote individual con la alternativa de mejora implementada	110
6. CONCLUSIONES	114
7. RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	120

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de la dureza por CaCO ₃ con el agua según la OMS	29
Tabla 2. Analisis de laboratorio de agua de la empresa milenaria	59
Tabla 3. Concentraciones de iones metalicos y de sulfatos en el agua milenaria	60
Tabla 4. características calidad del agua en Bogotá	32
Tabla 5. concentraciones de iones para diferentes estilos de cerveza	37
Tabla 6. Proceso general de producción de cerveza en milenaria	54
Tabla 7. Corrientes que entran y salen del proceso	58
Tabla 8. Balance de masa global producción de cerveza artesanal ale milenaria	59
Tabla 9. Balance de masa 1er lote de cerveza artesanal rubia Ale en Milenaria	61
Tabla 10. Comparacion perfil de agua milenaria y perfil de agua cerveza tipo ale	62
Tabla 11. pH cerveza artesanal rubia tipo ale de milenaria	65
Tabla 12. Valores usados en el cálculo de lúpulo necesario	66
Tabla 13. Dificultades y oportunidades de mejora en la producción de cerveza en milenaria	73
Tabla 14. Recomendaciones de concentraciones para iones en el agua	76
Tabla 15. Concentraciones de iones aportados por la adición de cada sal	78
Tabla 16. Criterios de selección sales	79
Tabla 17. Matriz de decisión PUGH selección de sales	81
Tabla 18 . Concentraciones aportados por la adición de sales en milenaria	83
Tabla 19 . Criterios de selección para disminuir alcalinidad del mosto en el agua de lavado	84
Tabla 20. Matriz de selección PUGH para disminuir alcalinidad	86
Tabla 21. Criterios de selección para aumentar alcalinidad en el macerado y el agua de lavado	87
Tabla 22. Matriz PUGH para aumentar alcalinidad	88
Tabla 23 Calculo transferencia de calor enfriando del mosto	89
Tabla 24. Análisis de laboratorio producto final con mejora	100
Tabla 25. Especificaciones de la inversión	102
Tabla 26. Costos materia prima por lote	104
Tabla 27. Costos de servicios públicos por lote	104
Tabla 28. Costos de mano de obra por lote	104
Tabla 29. Costos insumos por lote	105
Tabla 30. Inversiones total por lote	105
Tabla 31. Supuesto de producción con capacidad real de la empresa milenaria sin mejora	106
Tabla 32. Proyección de ventas de cerveza artesanal rubia en la empresa milenaria	107

Tabla 33. Costos materia prima por lote	109
Tabla 34. Costos de servicios públicos por lote	109
Tabla 35. Costos de mano de obra por lote	109
Tabla 36. Costos insumos por lote	109
Tabla 37. Inversiones total por lote	109
Tabla 38. Costos 1 y 2 con la propuesta de mejora	110
Tabla 39 Diferencia de costos con mejora y sin mejora	111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Perfil de aroma lúpulo Cascade	34
Figura 2. Especificaciones Malta Caramelo 20	34
Figura 3. Especificaciones malta Pilsen	36
Figura 4. Ingredientes levadura (<i>saccharomyces cerevisiae</i>), Agente emulsionante E491	37
Figura 5. Enzimas involucradas en el proceso de maceracion	40
Figura 6. Utilizacion en funcion de la densidad y el tiempo	45
Figura 7. Reacciones quimicas en la fermentación	48
Figura 8 Diagrama de bloques produccion de cerveza artesanal en milenaria	57
Figura 9. Balance de masa global	59
Figura 10. Diagrama de procesos producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria	61
Figura 11. Diagrama de procesos (Ampliada)	61
Figura 12. Diagrama de procesos (ampliada)	61
Figura 13. pH en el proceso de producción de cerveza	66
Figura 14. Construccion de matriz	75
Figura 15. Criterios, conceptos y puntuación de matriz PUGH (ejempl0)	75
Figura 16. Composición de minerales en la malta	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Proceso general de producción de cerveza en Milenaria	55
Cuadro 2. Dificultades y oportunidades de mejora en la producción de cerveza Milenaria	74

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Dureza total del agua	30
Ecuación 2. Ecuación porcentaje de atenuación	37
Ecuación 3. Potencial de amargor de lúpulo	43
Ecuación 4. Ecuación para el cálculo de amargor en IBUs	45
Ecuación 5. Balance térmico intercambiador de calor	46
Ecuación 6. Reacción principal fermentación alcohólica	47

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Perfil consumo de azúcares en el macerado	65
Gráfica 2. Consumo de azúcares durante la fermentación	70
Gráfica 3. Perfil producción de azúcares en el macerado (mejora 1er lote)	93
Gráfica 4. Perfil consumo de azúcares en la fermentación (mejora 1er lote)	94
Gráfica 5. Perfil producción de azúcares en el macerado (mejora 2do lote)	95
Gráfica 6. Perfil de consumo de azúcares en la fermentación (mejora 2do lote)	95
Gráfica 7. Comparación generación de azúcares lote sin mejora y lote 1 con mejora	96
Gráfica 8. Comparación generación de azúcares lote sin mejora y lote 2 con mejora	97
Gráfica 9. Comparación consumo de azúcares en la fermentación lote sin mejora y lote 1 con mejora	98
Gráfica 10. Comparación consumo de azúcares en la fermentación lote sin mejora y lote 2 con mejora	98
Gráfica 11. Diferencias percibidas en el sabor por el panel sensorial en el 1er lote con mejora	100
Gráfica 12. Diferencias percibidas en la apariencia por el panel sensorial en el 1er lote con mejora	100
Gráfica 13. Diferencias percibidas en el sabor por el panel sensorial en el 2do lote con mejora	101
Gráfica 14. Diferencias percibidas en la apariencia por el panel sensorial en el 2do lote con mejora	102

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de laboratorio agua diagnóstico de Milenaria	121
Anexo B. Análisis iones metálicos diagnóstico Milenaria	122
Anexo C. Análisis iones sulfato diagnóstico Milenaria	123
Anexo D. Análisis fisicoquímico 1er lote cerveza Milenaria	124
Anexo E. Análisis fisicoquímico cerveza, lote 1 con mejora	125
Anexo F. Análisis microbiológico cerveza de Milenaria	126
Anexo G. Ficha técnica producción cerveza tipo Ale en Milenaria, lote sin mejora	127
Anexo H. Ficha técnica cerveza tipo Ale en Milenaria, lote 1 con mejora	128
Anexo I. Ficha técnica cerveza tipo Ale en Milenaria, lote 2 con mejora	130
Anexo J. Ficha técnica malta Pilsen	132
Anexo K. Formato análisis sensorial	133
Anexo L. Ficha técnica malta Caramelo 20	143
Anexo M. Ficha técnica levadura SafAle US-05	144
Anexo N. Ficha técnica levadura SafAle Us-05	131

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
°C	Grados Celsius
IBU	International bitterness units
AA	Alfa- Ácidos
BJCP	Beer Judge Certification program
cm	Centímetros
EBC	European Brewery Convention
DMS	Sulfuro de dimetilo
DMSO	Dimetilsulfóxido
g	Gramo
h	Hora
kg	Kilogramo
L	Litro
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
pH	Concentración de iones hidrógeno [H] ⁺ Presentes en determinadas disoluciones
ppm	Partes por millón
s	Segundos
SMM	S-Metilo metionina
SST	Solidos suspendidos totales
T	Temperatura

GLOSARIO

ALCOHOL POR VOLUMEN: cantidad de alcohol en la cerveza, en términos de porcentaje de volumen de alcohol por volumen de cerveza.

ALE: es una cerveza fresca y lupulada con suficiente carácter a malta. Se caracteriza por sus sabores frutales y amargos derivados del lúpulo. Fermenta entre 19 y 22°C, en esta etapa la levadura se encuentra en suspensión.

ALFA-ÁCIDOS (AA): resinas que se encuentran en los lúpulos, precursoras de algunos compuestos que producen el amargor en la cerveza.

ALFA- AMILASAS: enzima presente en la cebada germinada que convierte los almidones en dextrinas y azúcares fermentables.

ATENUACIÓN: grado en el que la levadura consume los azúcares fermentables y los convierte en alcohol y dióxido de carbono.

CARBONATACIÓN FORZADA: la carbonatación forzada en la producción de cerveza implica la inyección a presión de dióxido de carbono en un barril de cerveza después de que se haya refrigerado.

CARBONATACION NATURAL: el dióxido de carbono es el gas proveniente de un proceso de fermentación. La fermentación produce alcohol y dióxido de carbono a medida que la levadura digiere el azúcar en el mosto.

DRY HOPPING: es el proceso de agregar lúpulo después de que la cerveza ha completado la fermentación primaria para aportar características de aroma a la cerveza sin aumentar significativamente el amargor.

HOT LIQUOR TANK: tanque en donde se hace calentamiento al agua que finalmente se convierte en cerveza. Es la primera etapa en la producción de cerveza.

IBU: sigla definida por la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros que significa International Bitterness Unit (Unidad Internacional de amargor) y se usa para medir cuanto de amarga es una cerveza. Un IBU equivale a un miligramo de iso-alpha-ácidos por litro de cerveza

LIQUOR: en términos de elaboración de cerveza, el agua caliente se le llama liquor, o en español licor.

STARCH CONVERTION: conversión de almidón, las enzimas convierten el almidón en componentes de sabor y azúcares fermentables.

RESUMEN

Milenaria, ubicada en la localidad Antonio Nariño en Bogotá Colombia, es una empresa dedicada a la fabricación y venta de cerveza artesanal, tiene la necesidad de aumentar y mejorar su producción. Por la alta demanda que presenta actualmente, en su proceso de fabricación ha tenido inconvenientes debido a la necesidad de mejora de etapas como lo son maceración, molienda, hervido, filtración, fermentación, entre otras; si estas etapas no son mejoradas se generará una disminución de variables de producción, como lo son tiempo, calidad y cantidad del producto final e incluso pérdidas de lotes de producción.

En Milenaria se ha llegado a identificar que no adicionar sales a su materia prima principal, que es el agua, es la causa principal de que los resultados de la fabricación de la cerveza no sean los mejores, ya que se está provocando pérdidas de materia prima e insumos, por consecuencia una baja calidad del producto final. Por este motivo, el análisis y la mejora de las etapas determinantes del proceso es un punto fundamental para hacer un proceso eficiente y rentable.

Una de las propuestas y problemáticas a tratar en Milenaria es el tratamiento del agua, debido a que es la materia prima que constituye el 85% de la cerveza y la que más afecta su sabor, teniendo en cuenta que se deben mantener los estándares de calidad como lo son la calidad en el sabor y el aroma. A su vez es necesario la determinación de parámetros como lo son grados de alcohol, pH, amargor y color, y para el caso de la producción semi-industrial de cerveza artesanal rubia a base de la unión de dos maltas, malta Pilsen y malta Caramelo 20, es necesario realizar un análisis exhaustivo de esta agua, saber de dónde proviene, conocer su perfil químico de minerales y saber si cuenta con un nivel base estándar de calidad de agua potable.

Para la mejora del proceso se realizará un diagnóstico de cada una de las etapas de la producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en la planta de Milenaria y se realizará un análisis bibliográfico, seleccionando la alternativa más apropiada e implementándola; se evidenciará una mejora en los análisis físicos, químicos y organolépticos. Finalmente se realizará un análisis de costos de la alternativa implementada, demostrando una mejora general en el proceso de producción, es decir, se analizarán las etapas implementadas en la producción de cerveza, las características del producto final y la rentabilidad del proceso.

PALABRAS CLAVES: Amargor, cerveza artesanal, fermentación, lúpulo, malta.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad proponer una alternativa de mejora en la producción de cerveza artesanal rubia a nivel semi-industrial con base en la unión de dos maltas para la empresa milenaria, teniendo en cuenta que esta mejora debe garantizar la calidad y rentabilidad del proceso. En Milenaria, se cuenta con diferentes operaciones unitarias como lo son hervido, molienda, maceración, fermentación, entre otras, y cada uno de estos procesos da propiedades organolépticas a el producto final.

La producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria se realiza a base de la unión de dos maltas, malta Pilsen y malta Caramelo 20; con adición de lúpulo Cascade y fermentación con levadura SafAle 50. Se deben mantener los estándares de calidad como lo son el sabor y el aroma, a su vez, es necesario la determinación de parámetros como lo son grados de alcohol, pH, amargor y color.

Actualmente el producto final de la fabricación de cerveza artesanal tiene diferentes características fisicoquímicas y organolépticas en un mismo estilo de cerveza, debido a los procesos no controlados que se realizan en las diferentes etapas; así mismo, la materia prima de mayor importancia y que se encuentra en mayor proporción en cualquier cerveza, que es el agua, no cuenta con un tratamiento para mejorar sus características químicas, que influyen en la calidad, sabor y apariencia del producto final deseado.

En el proceso de producción de cerveza artesanal se requiere de precisión en sus procesos, condiciones y actividades para asegurar un producto que cumpla con las características deseadas, por lo tanto, se necesita intervenir y corregir las fallas que afectan directamente la producción.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora en la producción de cerveza artesanal rubia a nivel semi-industrial a base de la unión de dos maltas para la empresa Milenaria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir qué materias primas, operaciones unitarias y etapas son usadas en la producción actual de cerveza artesanal de la empresa Milenaria.
2. Seleccionar la alternativa de mejora de producción de cerveza artesanal a base de la unión de las maltas Pilsen y Caramelo 20.
3. Evaluar la alternativa de mejora implementada en la producción de cerveza artesanal rubia.
4. Determinar los costos de la propuesta de mejora de producción de cerveza artesanal rubia para la empresa milenaria.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

La cerveza es una bebida alcohólica de sabor amargo proveniente de la fermentación de levaduras seleccionadas, de un mosto que proviene de malta de cebada en agua, mezclada con lúpulo para aromatizar, la cual es sometida a un proceso de cocción.

La industria cervecera a lo largo de los años ha tenido un constante crecimiento, siendo la cerveza artesanal una de las alternativas de producción de esta bebida una de las más aceptadas y usadas recientemente; en los últimos años se ha observado un crecimiento del casi 30 % anual en estas bebidas, generando un impacto positivo en los consumidores de este tipo de bebidas, quienes cada día se inclinan más hacia nuevos y mejores sabores.

Las cervezas artesanales son cervezas sin aditivos, sin conservantes y sin pasteurizar, debido a esto último son un producto que evoluciona a medida que pasa el tiempo, cada día sus características físicas y organolépticas cambian un poco. Se producen mediante un proceso natural a partir del grano de cebada o grano de malta, sin utilizar extractos ni productos diferentes del agua, levadura, lúpulo y el cereal o cebada para hacer la malta.

El sistema de elaboración consta de cinco etapas básicas: maceración, cocción, enfriamiento, fermentación (la primera en un fermentador y la segunda en la misma botella o barril) y envasado. No se admite ningún tipo de extracto (ni de maltas ni de lúpulos) para la obtención del mosto de la cerveza. Tampoco se admite el uso de aditivos ni coadyuvantes tecnológicos (antioxidantes, conservantes, colorantes, estabilizantes, etc.) sintéticos. En algunas variedades la composición puede incluir también otras materias primas naturales por aromatizarlas (azúcares, especias, frutas, etc.).

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA ARTESANAL

Toda cerveza cuenta con cuatro ingredientes básicos como lo son la malta (cebada malteada), el agua, el lúpulo y la levadura. La principal diferencia entre una cerveza industrial y una artesanal se encuentra en el tratamiento que se les da a las materias primas y en su proceso de elaboración. La cerveza artesanal, a diferencia de la industrial, no tiene ningún tipo de aditivo químico y se elabora en menor cantidad que una industrial, lo que le da características diferentes y más atractivas de sabor, color y textura.

1.2.1 Color Algunas materias primas involucradas en la cerveza le dan un tono diferente a esta; para encontrar el color deseado quien lo impone principalmente es

el mosto, es por esto que podemos encontrar maltas claras o maltas oscuras; del mismo modo es importante tener en cuenta las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua utilizada, ya que en la mayoría de los casos esta agua tiene presente distintos iones que influyen en tipo de cerveza a producir. El lúpulo influye más en el amargor y aroma de la cerveza, pero también aporta características de color.

1.2.2 La espuma. La formación de la espuma depende del contenido de gas carbónico y las proteínas que al final contienen en suspensión la cerveza, esto da un espumaje estable, el cual no permite la oxidación a la cerveza. La cantidad de iones presentes en el agua también influye en la cantidad de espuma¹.

1.2.3 Brillo y transparencia. Durante el proceso de elaboración de cerveza se debe tener minucioso cuidado con la filtración ya que esta influye en la turbidez de la bebida; así mismo se daña el brillo y la transparencia por la desgasificación o contaminación de oxígeno por fisuras en el sellado, o reacciones fotoquímicas por sobreexposición a la luz solar, por esto se usa el envase marrón para evitarlo; es importante tener en cuenta que toda cerveza debe ser clara y brillante.

1.2.4 Contenido alcohólico. La levadura transforma los azúcares del mosto en alcohol y gas carbónico, este grado alcohólico se debería mantener uniforme y se puede determinar dependiendo el consumo de azúcares en la fermentación, medido en °Brix o °P, o por medio de análisis de laboratorio.

1.2.5 Amargor y aroma. Estas dos son características aportadas especialmente por el lúpulo. En el mercado hay una gran variedad de lúpulos que aportan ya sea una o las dos características, es decir, en la producción de cerveza se puede utilizar un lúpulo que aporte las dos características o la unión de dos que aporten o la una o la otra. El amargor es medido en IBU.

1.3 TIPOS DE CERVEZA ARTESANAL

En el mercado se puede encontrar una gran variedad de cervezas, estas se clasifican por su color, amargor, el tipo de levadura usada, entre otras.

1.3.1 Tipo lager. Son cervezas que usan levadura lager, levaduras que actúan en la parte baja del fermentador, esto quiere decir que al fermentar será a menos de 10 °C y tiempos largos (1 a 3 Semanas); otra gran característica es las cantidades bajas de lúpulo que usan y por último, estas cervezas son de color claro.

¹ CERVEZAS DEL MUNDO. Proceso de elaboración. [En línea]. Disponible en: <https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 26 de abril de 2019.]

1.3.2 Tipo ale. Son de fermentaciones altas que rondan entre los 19°C en periodos cortos que van de 5 a 7 días, las recetas de las cervezas ale suelen ser hechas con bastante cantidad de lúpulo y contenidos de alcohol altos (5 a 7 %).²

1.3.3 Cervezas de trigo. Están hechas parcialmente o totalmente con malta de trigo, son claras de color y de baja graduación, son fermentadas con levadura ale, generalmente tiene 7% de alcohol.

1.3.4 Pale ale. Son de colores claros las cervezas tipo Pale ale, elaboradas con pequeñas porciones de malta tostada, suelen ser cervezas con mucho lúpulo, por ende, tienen mucho sabor.

1.3.5 Dark ale Este tipo de cerveza es de la familia de las “Ale” pero la diferencia es que es un tipo de cerveza oscura.

1.3.6 Cervezas stout Comúnmente son llamadas cervezas negras. Es un tipo de cerveza muy oscura, son hechas con una gran cantidad de malta tostada y caramelizadas y una buena dosis de lúpulo; su textura es espesa y cremosa con un fuerte aroma de malta.

1.3.7 Cervezas porter Son para muchos un tipo más de Stout, pero algo menos oscuras y fuertes. Son también cervezas ale con un buen color y también muy ricas en lúpulo.³

1.3.8 Cervezas belgas Las cervezas belgas son de un sabor muy intenso, con una buena dosis de lúpulo, con un fondo dulce que le dan las maltas ámbar y cristal, tienen un grado de alcohol ente el 6% y 7%, se podría decir que el color de las cervezas belgas está en el medio de un color de las pálido y las oscuras, en general son de un color rojizo.

²COCINISTAS. Los tipos de cerveza y sus nombres. [en línea]. Disponible en <https://www.cocinista.es/web/es/recetas/hacer-cerveza/trucos-y-consejos/los-tipos-de-cerveza-y-sus-nombres.html>. [Consultado el 26 de abril de 2019]

³ COCINISTAS. Los tipos de cerveza y sus nombres. [en línea]. Disponible en <https://www.cocinista.es/web/es/recetas/hacer-cerveza/trucos-y-consejos/los-tipos-de-cerveza-y-sus-nombres.html>. [Consultado el 26 de abril de 2019]

2. DESCRIPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, OPERACIONES UNITARIAS Y ETAPAS USADAS EN LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE CERVEZA ARTESANAL DE LA EMPRESA MILENARIA

La cerveza está hecha de agua, cebada malteada o malta, lúpulo y levadura. En la fabricación de cerveza, el agua caliente y la malta se mezclan en un tanque denominado macerador, el macerado se realiza a temperaturas precisas, para activar las enzimas que descomponen los almidones en azúcares. Después de aproximadamente una hora de maceración, la mayoría de estos azúcares se habrán disuelto en el agua caliente para formar el mosto.

El siguiente paso es el lavado del grano para eliminar azúcares restantes, luego el mosto es bombeado hacia el tanque hervidor para que alcance su punto de ebullición y se pueda hacer la adición de lúpulo. Por último el mosto es enfriado y pasa al tanque fermentador, donde se adiciona levadura, que convierte los azúcares en alcohol, dióxido de carbono y energía.

A lo largo de este capítulo se expondrán las generalidades de las materias primas y de cada una de estas etapas presentes en la fabricación de cerveza artesanal y a su vez se hará un diagnóstico del proceso de producción en la planta de Milenaria.

2.1 MATERIAS PRIMAS

La base principal en el sabor, olor y color de una cerveza artesanal radica principalmente en los ingredientes, es necesario conocer de donde provienen, sus características fisicoquímicas y microbiológicas, fecha de producción y caducidad, en el caso de los lúpulos, maltas y levaduras, ya que cada uno de estos factores proporciona características específicas en el producto final. Es importante resaltar que la cerveza rubia que se produce en Milenaria es de tipo Ale y la receta es del maestro cervecero de la planta.

2.1.1 Agua. El agua forma parte del 95% de la composición de una cerveza y conocer determinados parámetros físico-químicos del agua utilizada, es determinante para el proceso de elaboración y resultado final de esa bebida (espuma, sabor, transparencia).⁴

2.1.2 Características fisicoquímicas del agua en elaboración de cerveza. Uno de los aspectos más importantes para la elaboración de cerveza es el agua, ya que en primer lugar esta debe ser apta para el consumo humano, así mismo dependiendo de donde se obtenga este líquido, este tiene la presencia de sulfatos

⁴ EL AGUA, características y uso en la elaboración de cerveza,2013, [En línea] <https://www.fabricarcerveza.es/blog/el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-decerveza> [Consultado 26 abril de 2019]

de calcio (CaSO_4) o carbonatos de calcio (CaCO_3) que le pueden brindar a la cerveza un sabor ligeramente astringente o amargo, como también la presencia de iones de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) que en grandes cantidades pueden darle un sabor a la cerveza metálico; iones de Sodio (Na^+) que en exceso podrían dar a la cerveza un sabor salado y los iones de cloruro (Cl^-), solo o combinado con sodio, darán a la cerveza un sabor con más cuerpo.

Los minerales del agua pueden afectar la “starch conversion” del macerado, es decir afectan su pH y la producción de azúcares, pero una vez producidos los azúcares, el efecto de la química del agua sobre el sabor se reduce notablemente, esto quiere decir que si el agua sabe bien, la cerveza debería saber bien.

2.1.2.1 Calcio (Ca^{+2}). El calcio es uno de los elementos más importantes en el agua para la producción de cerveza, ya que la presencia de este afecta diferentes aspectos durante el proceso de producción, condicionalmente lo que provoca es la disminución del pH del mosto, favoreciendo la actividad de la α -amilasa, β -amilasas y proteasas, que son de las enzimas más importantes, adicionalmente le brinda tanto al mosto como a cerveza terminada, una mayor resistencia a la contaminación microbológica⁵.

Estas enzimas ayudan a catalizar la hidrólisis de los enlaces alfa-glucosídicos, de los polisacáridos como el almidón y el glucógeno, liberando glucosa y maltosa, esto quiere decir que vuelve más fermentable el mosto; en la maceración como durante en la ebullición, el calcio beneficia la degradación de proteínas, fomentando la proteólisis, que además de reducir el nivel proteico en el mosto, aumenta la concentración de nitrógeno amino libre FAN (Free Amino Nitrogen) ya que estos compuestos son utilizados por la levadura durante la fermentación para la fabricación de aminoácidos, y un aumento en los niveles de éstos en el mosto mejora la salud y el vigor de la levadura⁶.

La desventaja que tiene la adición de calcio es que la disminución de pH así mismo provoca una disminución en la utilización de lúpulo, dando a la cerveza menos amargor, esto provoca un aumento en costos ya que para alcanzar el nivel deseado de amargura, se necesita adicionar más lúpulo, aunque con una concentración

⁵ EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de calcio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos-cerveza/Tratamiento-agua/-/sulfato-de-calcio--Gypsum-/917.aspx> [Consultado el 26 de abril de 2019]

⁶ EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de calcio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos-cerveza/Tratamiento-agua/-/sulfato-de-calcio--Gypsum-/917.aspx> [Consultado el 26 de abril de 2019]

mayor a 200 ppm, se percibe un sabor a agua mineralizada, así mismo en el proceso de maceración reduce los taninos, mejora el color.

2.1.2.2 Sulfato (SO_4^{2-}). La adición de sulfatos en el agua para la producción de cerveza artesanal, contribuye a la dureza permanente y a la disminución de pH, el sulfato es el principal elemento del agua que influye directamente sobre la cantidad de lúpulo ya que resalta un amargor seco cuando los IBU's son muy elevados, lo recomendado para las Pilsen son concentraciones bajas, mientras para las lagers se aconsejan valores mayores.

Para Pilsners se recomiendan niveles por debajo de 10 ppm, alrededor de 25 – 50 ppm para la mayoría de las lagers claras y 30 – 70 ppm para la mayoría de las ales⁷. Así mismo promueve la degradación de almidón y proteínas, realza el amargor y ciertos compuestos aromáticos, se combina con el calcio y el magnesio haciéndolo más seco y crujiente.

2.1.2.3 Magnesio (Mg^{+2}). En la adición se tiene presente que el magnesio es valorado como un nutriente para la levadura, en la adición se aconseja niveles superiores a 30mg/l ya que esto aporta amargor seco y astringente a la cerveza. Los niveles de las mejores aguas del mundo rondan los 20-30 ppm de magnesio; protege a la levadura del estrés en la producción de etanol, así mismo ayuda a la floculación, mejora la utilización del lúpulo, permite la alta adición del lúpulo sin producir asperezas y asegura la actividad enzimática. Se debe tener en cuenta que a mayor de 125ppm actúa como un laxante.

2.1.2.4 Cobre (Cu^{+2}). La fuente más común de cobre en el agua es la corrosión de las tuberías de latón y cobre, o puede ser residual de las adiciones de sulfato de cobre para el control de algas en las represas. El cobre es tóxico en altas concentraciones. Pequeñas cantidades de cobre son beneficiosas en la preparación del mosto para reducir los sulfuros y otros compuestos de azufre. La levadura es un buen eliminador de cobre porque es un nutriente esencial, y el cobre residual generalmente no se encuentra en la cerveza.

2.1.2.5 Hierro (Fe^{+2}). El hierro en el agua tiene un sabor metálico o parecido a la sangre. Los altos niveles de hierro pueden provocar la corrosión de las tuberías de acero inoxidable, especialmente en combinación con cloruros y sulfuros. El hierro se puede eliminar mediante intercambio iónico o procesos de ósmosis inversa. Es un co-factor de enzimas, demasiado hierro causa la reacción Fenton, que es la que produce el peróxido de hidrógeno.

⁷ EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de magnesio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos-cerveza/Tratamiento-agua/-/Sulfato-de-magnesio/554.aspx> [Consultado el 26 de abril de 2019]

2.1.2.6 Zinc (Zn^{+2}). El zinc metal es generalmente menos soluble en agua que el calcio pero se disuelve fácilmente en ácidos. Los niveles de zinc natural en el agua potable normalmente son menos de 1 ppm. Sin embargo, el zinc es un nutriente vital de la levadura y los niveles recomendados en el mosto para una fermentación óptima son 0.1-0.5 ppm. Las concentraciones superiores a 0,5 ppm pueden provocar una actividad excesiva y sabores desagradables en la cerveza. El zinc se usa comúnmente en productos de inhibidores de corrosión patentados.

2.1.2.7 Cloro (Cl^{-1}). La existencia de cloro en el agua es buena para la parte de higiene, ya que nos garantiza un agua libre de bacterias. Pero el agua de elaboración de cerveza artesanal debe estar libre de cloro. Debido a que el agua corriente lo contiene previo a la elaboración es necesario declorinar con filtro de carbón o simplemente calentar el agua hasta que este se elimine.

Un agua fuertemente clorada puede resultar en sabores “medicinales”. Los niveles aceptables deben estar por debajo de 150 ppm. Si es demasiado alto, se puede reducir hirviendo el agua antes de su uso⁸. Mejora la claridad del producto final, y acentúa el carácter a malta; La concentración mayor a 250 ppm es un defecto, ya que puede producir sustancias no deseadas por los sulfatos.

2.1.2.8 Sodio (Na^{+1}). El sodio contribuye al cuerpo y la sensación en la boca de la cerveza, pero si se usa en grandes cantidades, puede producir un efecto demasiado salado en el resultado final de la cerveza.⁹ Se aconseja unas concentraciones de 70-150 ppm ya que rodea aromas y acentúa dulzor a mayores concentraciones de sulfato, pero menor concentración de sodio.

2.1.2.9 Dureza del agua. La dureza del agua debe ser previamente identificada por el maestro cervecero ya que este parámetro tiene incidencia directa en las propiedades finales del producto.¹⁰

Tabla 1. Clasificación de la dureza por $CaCO_3$ con el agua según la OMS

CONCENTRACIÓN en ppm de $CaCO_3$	Tipo de agua
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura

⁸ FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL. El agua en las propiedades organolépticas. [En línea] 27 de Diciembre de 2012 <https://www.verema.com/blog/cervezas/1038750-fabricacion-cerveza-artesanal-agua-propiedades-organolepticas> [Consultado 28 de abril de 2019]

⁹ THE BEER TIME. Ajustes del agua para la elaboración de cerveza. [en línea] <https://www.thebeertimes.com/ajustes-del-agua-para-la-elaboracion-de-cerveza/> [Consultado el 18 mayo de 2019]

¹⁰ FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-usoen-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de 03 de 209.]

Tabla1. (Continuación)

CONCENTRACIÓN en ppm de CaCO₃	Tipo de agua
121-180	Dura
180	Muy dura

Fuente. FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de marzo de 2019.]

La composición mineral del agua para fabricar cerveza artesanal, particularmente la razón dureza temporal/permanente, influye considerablemente tanto en el tipo de cerveza como en la calidad de la cerveza producida. La dureza es la medida del contenido de calcio y magnesio en el agua. La medida de la dureza del agua es referida como dureza total, es decir, la presencia tanto de dureza permanente como de dureza temporal.

Ecuación 1. Dureza total del agua

$$Dureza\ total = 50 * \left(\frac{[Ca]}{20} + \frac{[Mg]}{12.1} \right)$$

Donde:

[Ca] es la concentración de calcio

[Mg] es la concentración de magnesio

Fuente: PALMER, John y KAMINSKI, Colin. How to read a water report. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 132

2.1.3 Características microbiológicas del agua en producción de cerveza. Se considera la materia prima más importante en la fabricación de cerveza. Las normas no se refieren a un estilo de cerveza, si no a la potabilidad de la misma.

Reglas de elaboración de cerveza para el agua

1. La presencia o adición de sales afectan la alcalinidad del agua. La mejor conversión del mosto funciona a pH de 5,2 a 5,6

2. La dureza del calcio y el magnesio reaccionan con los fosfatos para neutralizar la alcalinidad. Esta reacción determina un número conocido como "alcalinidad residual" que afecta al pH del mosto.

En general, el agua para la elaboración de la cerveza debe tener un mínimo de 50-100 ppm de calcio, y de 50 a 150 ppm de alcalinidad total para cervezas de pánidas a tostadas.¹¹

En el agua no apta para el consumo humano se observan los coliformes totales los cuales son microorganismos de la familia de las enterobacterias. Su presencia en el agua indica contaminación microbiana reciente sin informar de su origen y una deficiente calidad del agua. Por ende, no se admite la presencia de ninguna unidad formadora de colonia en 100 ml de muestra.

Otro de los factores para tener presente del agua en la elaboración de cervezas, es la presencia de E. Coli, el cual es un indicador específico de contaminación fecal en el agua, responsable de gastroenteritis. De igual manera no se admite la presencia de ninguna unidad formadora de colonia en 100 ml de muestra.

2.1.4 Agua de la empresa milenaria. El agua usada en la producción de cerveza artesanal rubia en la empresa milenaria se toma del grifo, esta pasa por dos filtros, uno de 4 micras y otro de carbón activado. En uno de los análisis de laboratorio realizado por la empresa AllChem, el día 22 de febrero del 2019, presentado en la Tabla 2 (Anexo A), se indica que el agua utilizada para la elaboración de cerveza cumple con los parámetros exigidos por la resolución 2115 de 2007 para Agua destinada del consumo humano.

Tabla 2. Análisis de laboratorio del agua de la empresa Milenaria

Análisis	Unidades	Resultados	Limites
Coliformes totales	NMP/100ml	<1	<1
E.Coli	NMP/100ml	<1	<1

Fuente: elaboración propia

Al agua utilizada en la empresa Milenaria se le realizó a un análisis de laboratorio para determinar iones metálicos y de sulfatos presentes en esta, estos resultados se muestran en la Tabla 3 (Anexos B y C), realizados el día 26 de febrero y 6 de mayo, respectivamente. Es importante conocer el perfil del agua que se va a utilizar porque hay distintos perfiles para todos los tipos de cerveza que se pueden elaborar, estos iones proporcionan diferentes características de sabor, aroma y color al producto final. Es importante resaltar que iones carbonatos se tomaron en el

¹¹ CERVEZA ARTESANAL. El agua, Las nuevas reglas del agua y la cerveza. [En línea], septiembre 1 de 2013 <https://www.cervezartesana.es/blog/post/las-nuevas-reglas-del-agua-y-la-cerveza.html>. [Consultado 11 de marzo de 2019]

laboratorio de Milenaria con la ayuda de BrewLab, que es un kit que permite la medición de distintos iones.

Tabla 3. Concentraciones de iones metálicos y de sulfatos en el agua de Milenaria

Análisis Realizado	Técnicas	Unidades	Resultados
Calcio AA Aguas	Absorción atómica	mgCa/L	5.72
Sodio AA Aguas	Absorción atómica	mgNa/L	3.70
Cloruros en Aguas	Electrométrico-EIS	mgCl/L	4.12
Cobre AA en aguas	Absorción atómica	mgCu/L	<0.1
Hierro AA Aguas	Absorción atómica	mgFe/L	<0.2
Magnesio AA Aguas	Absorción atómica	mgMg/L	0.61
Zinc AA Aguas	Absorción atómica	mgZn/L	<0.05
Sulfatos en aguas	Absorción atómica	MgSO4-/L	5.61
Carbonatos	Titulador de lectura directa	Ppm	6

Fuente: elaboración propia

Para entender el perfil del agua que viene dado en un reporte de laboratorio, o que se puede conocer con kits que miden estos perfiles, es necesario entender que el agua es una molécula polar y su polaridad hace que se atraigan otras moléculas polares como cloruro de sodio, sulfato de calcio, carbonato de calcio entre otras, que por lo general se pueden dividir en iones negativos y positivos bajo la influencia de solventes polares como el agua. El agua es conocida como el solvente de mayor uso mundialmente porque disuelve no solo compuestos polares sino también no polares.

Un ion es un átomo o grupo de átomos que tienen carga positiva o negativa debido a la pérdida o ganancia de electrones, los iones cargados positivamente se conocen como cationes y los cargados negativamente se conocen como aniones. En un perfil de agua estos cationes y/o aniones son considerados como minerales disueltos y disociados o simplemente iones. El agua usada en la mayoría de las cervecerías pasa por un tratamiento que tiene como propósito la remoción de contaminantes, pero el propósito de un reporte de agua es informar sobre la calidad y los niveles de minerales presentes en ella.

Es importante resaltar que, como ya se mencionó anteriormente, el agua proviene del acueducto de Bogotá, estos resultados son variables porque dependen del tratamiento que se le realiza al agua en la planta de tratamiento de la ciudad. El agua de Bogotá tiene un pH de 7.3 según la última actualización realizada el 17 de agosto de 2017 por el gobierno nacional, este y otros datos son proporcionados en la tabla 4.

Tabla 4. Características Calidad del agua en Bogotá

Análisis	Unidades	Resultados
pH agua	Unidad de pH	7.29
Turbiedad	NTU	1.037
Alcalinidad total	mg de CaCO ₃ /L	17.99
Cloro residual libre	mg/L	1.24

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. [Sitio web]. Bogotá: MINTIC, Características Calidad del Agua – SIVICAP. [Consulta: 18 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Caracteristicas-Calidad-del-Agua-SIVICAP/jjzc-8w82>

2.1.5 Lúpulo El lúpulo es una planta de la familia de las cannabáceas, cuya flor es utilizada en la elaboración de la cerveza. Es la responsable de aportar el amargor y de que la cerveza exprese mejor algunos aromas y sabores propios.¹²

El mosto se cocina aproximadamente dos horas, la cocción se realiza por diversos motivos, los principales son: para su esterilización, para coagular las proteínas y poder eliminarlas posteriormente y para obtener el amargor del lúpulo.

El lúpulo sirve para dar amargor y aroma a la cerveza. Si se añade al principio de la cocción dará sólo amargor porque los aromas se volatilizarán con el transcurso de la cocción. Si se añade al final sólo dará aroma y no amargor porque para obtener este último se necesita que se izomericen los alfa ácidos del lúpulo mediante una cocción prolongada.

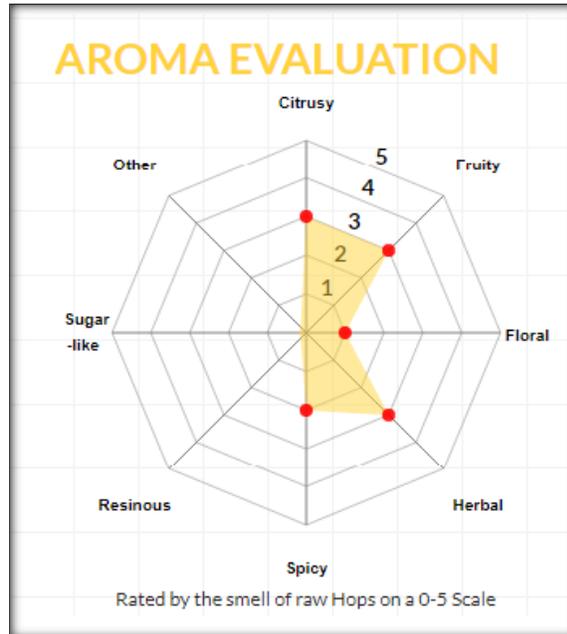
El lúpulo usado en Milenaria es lúpulo Cascade que viene en forma de pellets con un porcentaje de alfa ácidos de 7,2% y este proviene de Yakima Valley Hops en Estados Unidos, este lúpulo es distribuido en Colombia por Distrines Ltda Insumos de cervezas. Este es un lúpulo de doble propósito, presenta un agradable y equilibrado amargor ya a su vez se utiliza idealmente en las adiciones tardías del lúpulo para maximizar el sabor y aroma. El cítrico está respaldado por algunos tonos florales suaves y especiados que completan el perfil del lúpulo.

En la Figura 1 se evidencia que los aromas que predominan son el cítrico con un valor de 3 en una escala de 1 a 5, el frutal con un valor de 3 y el herbal con un valor

¹² Karla Riquelme, te explicamos que es el lúpulo, uno de los ingredientes esenciales en la cerveza, sabrosia, 2013, extraído de <https://www.sabrosia.com/2013/01/que-es-el-lupulo/>

de 3; pero también tiene aromas a flores con un valor cercano a 1 y valor de 2 de picante.

Figura 1. Perfil de aroma lúpulo Cascade



Fuente: DISTRINES Ltda. Insumos de cerveza [En línea] 2019, de <http://distrines.com/lupulos/28/lupulo-cascade> [consultado el 10 de marzo de 2019]

2.1.6 Malta caramelo 20 Se prepara a partir de malta germinada con alta humedad en un tambor rotativo de tostado de diseño especial, en dos etapas: primero la sacarificación para generar azúcares dentro del grano y luego el secado a alta temperatura para cristalizar dichos azúcares formando un caramelo característico.¹³ Esta malta aporta fuertes notas de sabor acaramelado y con aroma a malta y a su vez también le otorga un color oscuro a la cerveza.

La malta caramelo 20 usada en Milenaria proviene de Best Malt en Heidelberg, Alemania, estas maltas son distribuidas en Colombia por Distrines Ltda Insumos de cervezas.

¹³ N.N, MALTEAR, malteria argentina, 2009, extraído de http://www.maltear.com/malta_caramelo.html

Figura 2. Especificaciones Malta Caramelo 20

ESPECIFICACIONES		MÍNIMO	MÁXIMO
Humedad	%		4,5
Extracto de molienda fina	%	75,0	
Proteína, base seca	%		12,0
Color del mosto	EBC	41	60
	L	16	23
pH en el mosto		5,0	5,8

Fuente: DISTRINES Ltda. Insumos de cerveza [En línea] 2019, de <http://distrines.com/maltas/13/malta-caramel-aromatic> [consultado el 10 de marzo de 2019]

2.1.7 Malta Pilsen La malta Pilsen un clásico del continente europeo, ingrediente clave de miles de lagers. La malta Pilsen (también llamada Pilsener, Pilsen o simplemente Pils) se utiliza fundamentalmente para hacer cervezas lager y obviamente entre ellas las cervezas tipo Pilsen y otras muchas cervezas checas y alemanas. Es también la malta base utilizada para un gran número de cervezas belgas y Ale. Es de color muy claro, medida utilizada para medir el color en Europa, inferior a 4,5. Se trata de una malta base y puede usarse como la única malta de la receta. Suele obtenerse de cebada de dos hileras.¹⁴

La malta pilsen usada en Milenaria proviene de Best Malt en Heidelberg, Alemania, estas maltas son distribuidas en Colombia por Distrines Ltda Insumos de cervezas.

¹⁴ Cocinista.es Enciclopedia Cocinista Maltas y lúpulos Malta Pilsner, 2015, extraído de <https://www.cocinista.es/web/es/preguntas-frecuentes.html>

Figura 3. Especificaciones malta Pilsen

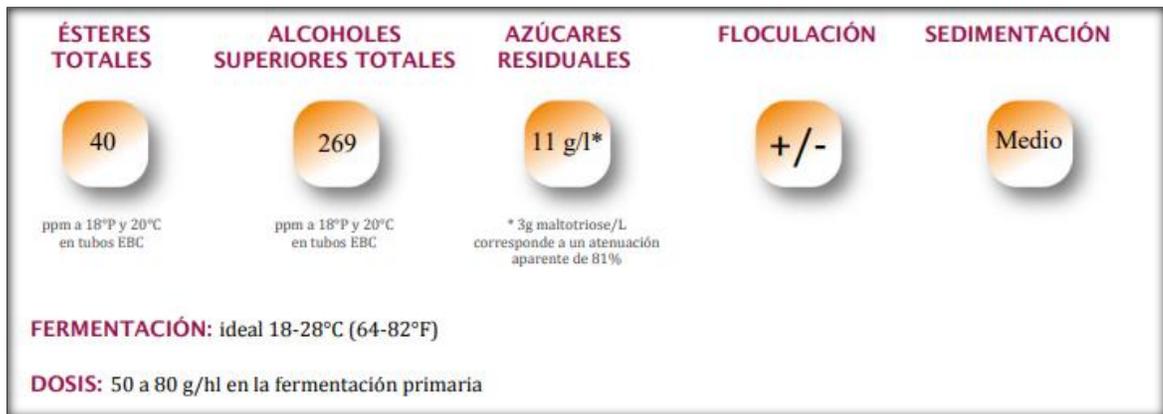
ESPECIFICACIONES		MÍNIMO	MÁXIMO
Humedad	%		4,9
Extracto de molienda fina	%	80,5	
Diferencia de extracto EBC	%		2,0
Viscosidad (8,6%)	mPa-s		1,60
Friabilidad	%	81,0	
Vidriosidad	%		2,5
Proteína, base seca	%	9,0	11,5
Nitrógeno soluble	mg/100 g	610	780
Índice Kolbach	%	36,0	45,0
Color del mosto	EBC	3,0	4,9
	L	1,6	2,3
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 cerveza [En línea] 2019, de <http://distrines.com/maltas/1/malta-pilsen> [consultado el 10 de marzo de 2019]

2.1.8 Levadura SafAle 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. En la figura 4 se muestra la concentración de esteres totales igual a 40 ppm, que indica la concentración de compuestos aromáticos que se generan durante la fermentación; los principales ésteres son acetato de etilo, que aporta aroma y olor a frutas, acetato de isoamilo y hexanoato de etilo. La figura 4 también indica la concentración de alcoholes superiores totales igual 269 ppm, indica la máxima concentración a la que se llega para que se empiecen a producir alcoholes diferentes al etanol como el propanol y butanol que generan defectos en las cervezas. Azucares residuales indica la cantidad de azucares, como maltotriosas y dextrinas, que no son asimilables por la levadura. Respecto a la floculación, si la levadura no queda en la espuma al final de la fermentación, una levadura altamente

floculenta podría asentarse rápidamente y dar una cerveza clara con pequeñas células en suspensión, por el contrario, una levadura baja en floculación se asentará lentamente y dejará la cerveza turbia por más tiempo, esta levadura tiene floculación media, ni alta ni baja. Por último la sedimentación media en la figura 4 indica la capacidad que tiene la levadura de separarse de la cerveza por medio de la precipitación de esta hacia el fondo del taque fermentador.

Figura 4. Ingredientes levadura (saccharomyces cerevisiae), Agente emulsionante E491



Fuente: Fermentis. SafAle US05, ingredientes Levadura (Saccharomyces cerevisiae), agente emulsionante E491. [En línea] 2019, <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2017/10/SafAle-US-05-2.pdf>. [Consultado el 11 de marzo de 2019.]

Algunos de los términos dados al comportamiento de la levadura son:

ATENUACIÓN: Este término es generalmente dado como un porcentaje para describir el porcentaje de azúcar de malta que es convertido, por la acción de la levadura, en etanol y CO₂. La mayoría de las levaduras atenúan en un rango que va del 65 al 80 %.

Esta atenuación aparente se determina comparando la gravedad inicial y final de la cerveza. Una Gravedad Original de 1.040 que fermenta a una gravedad final de 1.010 tendría una atenuación aparente del 75%.

Ecuación 2. Ecuación porcentaje de atenuación

$$\left(\%AA = 100 * \frac{100 * (DI - DF)}{(DI - 1)} \right)$$

Donde:

%AA indica el porcentaje de atenuación

DI indica la densidad inicial
DF indica la densidad final

Dependiendo de la atenuación se clasifica: 65-70% baja

71-75% Media

76-80% Alta

2.2 OPERACIONES UNITARIAS

Las operaciones unitarias son la base de la industria química, se pueden definir como un área del proceso o un equipo donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada; son actividades básicas que forman parte del proceso, en estas operaciones predomina una transformación, ya sea física o química, como por ejemplo separación, cristalización, evaporación, filtración, polimerización, isomerización y entre otras. La industria cervecera se encarga de transformar materias primas como lo son el agua, la malta o cebada, el lúpulo y la levadura en un producto final que es la cerveza y en su proceso de transformación cuenta con varias etapas y operaciones unitarias.

2.2.1 Calentamiento y preparación del agua. En todos los procesos de elaboración de cerveza es importante tener en cuenta que el agua tiene que ser potable, de ser así, siempre se puede elaborar una buena cerveza. No existe un agua ideal, diferentes tipos de cerveza requerirán diferentes cualidades en ella, y estas dependen de los metales presentes en esta, de su composición mineral.

Es importante preparar el agua con diferentes adiciones de sales para que aporten los iones necesarios dependiendo el perfil y hacer que esta llegue a una temperatura adecuada para el macerado que es alrededor de 60°C y 70°C. La temperatura de calentamiento oscila entre los 70 y 80°C, esto depende de la temperatura del ambiente, el tamaño del tanque y la distancia que haya entre el tanque de calentamiento y el macerador, ya que todos estos son factores que influyen a la pérdida de calor. Según Huxley¹⁵ cada estilo de cerveza tiene una concentración de iones y estas concentraciones son mostradas en la Tabla 5 en ppm.

Tabla 5. Concentración de iones para diferentes estilos de cerveza

Estilo	Ca^{+2}	Mg^{+2}	CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Cl^{-1}	Na^{+1}
1) Bohemian pilsner	<50	<5	<25	<10	<30	<25
2) Pilsner (alemana, belga)	<80	<5	<30	<20	<60	<25

¹⁵ HUXLEY, Steve. La materia prima. En: La cerveza, Poesía Líquida. 2 ed. España: Ediciones Trea, S.L., 2011. p 199-200

Tabla 5. (Continuación)

Estilo	Ca^{+2}	Mg^{+2}	CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Cl^{-1}	Na^{+1}
3) Ale (alemana, americana)	>100	10	<50	<150	<50	<50
4) Dortmund (Altbier, Export)	>150	<15	<50	>250	-	<50
5) Bocks (porter)	>100	10	<120	<50	>150	<100
6) Stouts	>100	10	<150	<50	>150	<100

Fuente: HUXLEY, Steve. La materia prima. En: La cerveza, Poesía Líquida. 2 ed. España: Ediciones Trea, S.L., 2011. p 199-200

2.2.2 Molienda. Existe una relación entre el tamaño de las partículas y la eficiencia en la extracción cuando se macera el grano molido. Partículas pequeñas son convertidas más rápidamente por las enzimas y rinden para una mejor extracción. El propósito de moler las maltas es romper la cascara del grano (de preferencia de manera longitudinal) y separarlo de su endospermo. Al mismo tiempo que se separa el endospermo para que pueda estar expuesto para el proceso enzimático al que se expondrá durante el macerado¹⁶

Durante el proceso de molido lo que los cerveceros buscan es la destrucción del grano para que se exponga el endospermo, mientras, se deja la cascara intacta. La cascara de la malta juega un papel importante en el proceso de separado y lavado del grano.⁸

La cascara actúa como un filtro natural que ayuda a retener la cama de granos en su lugar y poder separar el mosto de los granos con gran facilidad. De no ser así se generan problemas como maceraciones en donde el mosto convierte en una especie de masa, lo que hace muy difícil separar el mosto de los granos. Otros de los problemas de una mala técnica de molienda son los mostos turbios, ya que afectan las propiedades organolépticas de la cerveza y se obtienen mayores taninos en el producto final¹⁷.

El grano es comprimido y descascarado al pasar entre los rodillos. Los rodillos son comúnmente estriados para aumentar la fricción y ruedan en sentido contrario uno del otro. La capacidad y la eficacia de un molino dependen de la longitud, diámetro, velocidad y separación de los rodillos. El estrujado tiene dos efectos, la compresión y el pelado del grano. La compresión está relacionada con la distancia entre los rodillos, y el pelado o descascarado depende de la velocidad de rotación de los

¹⁶ CALDERON JOE, blog del cervecero – proceso de molienda de la malta para cerveza [en línea]. <https://www.verema.com/blog/el-blog-del-cervecero/1000485-proceso-molienda-malta-para-cerveza> [Consultado el 11 de marzo del 2019.]

¹⁷ SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 11 de marzo del 2019.]

mismos. Generalmente la distancia entre los dos rodillos debe de ser aproximadamente de 1mm, distancia que asegura la conservación de la cáscara intacta, aunque es ajustable ya que puede variar según el tipo de malta o cereal⁸.

Una buena molienda es esencial para obtener la mejor eficiencia del macerado y la extracción. Existen dos tipos básicos de molinos de granos disponibles comercialmente. El molino de discos y el de rodillos, el de discos usa dos discos contra-giratorios para moler la malta esto a menudo resulta en harina molida finamente y cáscaras despedazadas, lo que no es bueno para el drenaje del mosto. Ajustar la molienda muy fina generalmente lleva a lavados en donde se forma una masa y no pasa el mosto. Este tipo de molinos de granos puede producir una buena molienda sin producir mucho daño a las cáscaras si el espacio es ajustado correctamente (entre 0.89 y 1.07 mm – 0.035 y 0.042 pulgadas).¹⁸

2.2.3 Macerado. Macerar es el nombre que los fabricantes dan al proceso de remojado en agua caliente a los granos triturados de malta, este proceso hidrata la malta, activa sus enzimas y convierte los almidones del grano en azúcares fermentables, para alcanzar un alto grado de degradación del almidón contenido en la malta, así como la obtención de azúcares y dextrinas saludables, que serán las encargadas de fermentarse y convertirse en alcohol y dióxido de carbono.

En el proceso de maceración entran a jugar un rol importante las Beta-amilasas (β amilasas) y las Alfa-amilasas (α -amilasas), las cuales tienen un comportamiento a diferentes cambios de temperatura que pueden afectar o beneficiar la cerveza¹⁹

El almidón contenido en la malta debe ser degradado en maltosa para asegurar una fermentación más eficiente, así que el alcohol obtenido durante la fermentación de los azúcares contenidos en la malta es el principal componente de la cerveza.

La alfa-amilasa trabaja mejor en rangos de temperatura de alrededor 67.8 a 72°C en comparación a la beta-amilasa, y convierte el almidón en dextrinas. Estas dextrinas son cadenas largas de azúcares que pueden ser no digeribles por la levadura. Un mosto “dextrinoso” es un mosto macerado en un rango de temperatura alto, cercano a los 70 °C y que (teóricamente) va resultar en una cerveza con un dulzor residual, compuestos complejos de sabor derivados de estos azúcares y con cuerpo.²⁰

¹⁸ PALMER, John. How to brew [En línea] www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

¹⁹ CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea]. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 03 de 2019.]

²⁰ CERVEMICÓN. El secreto está en la malta, las cuatro palancas del macerado. <https://cervezomicon.com/tag/licuefaccion/>. [Consultado el 13 de 03 de 2019.]

La beta-amilasa trabaja mejor en un rango de temperatura de 55 a 65.5°C y descompone partes del almidón y de las dextrinas que ha fabricado la alfa-amilasa en azúcares sencillos, como la maltosa, fácilmente asimilable por la levadura. Es favorecida por empastes ligeros. Se desactiva alrededor de los 70 °C. En rangos generales, cuánto más baja sea la temperatura del macerado, más fermentable será el mosto y la cerveza resultante, más seca.¹¹

En la Figura 5 se muestran los rangos de temperatura óptimos para que actúen las enzimas en el proceso de macerado.

Figura 5. Enzimas involucradas en el proceso de maceración

Enzima	Rango Óptimo de Temperatura	Rango de pH de trabajo	Función
Fitasa	30 – 52 °C	5.0 - 5.5	Baja el pH del macerado. Ya no se usa.
Trozadoras (var.)	35 – 45 °C	5.0 - 5.8	Solubilización de almidones.
Beta Glucanasa	35 – 45 °C	4.5 - 5.5	Mejora la disolución de residuos gomosos.
Peptidasa	45 – 55 °C	4.6 - 5.3	Produce Free Amino Nitrogen (FAN).
Proteasa	45 – 55 °C	4.6 - 5.3	Reduce a partes pequeñas a las grandes proteínas que producen bruma (haze).
Beta Amilasa	55 - 65,5 °C	5.0 - 5.5	Produce maltosa.
Alpha Amilasa	67,8 – 72 °C	5.3 - 5.7	Produce una variedad de azúcares, incluyendo maltosa.

Fuente: PALMER, John. How to brew [En línea] www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

La degradación del almidón se realiza en tres etapas:

- **Gelatinación:** El almidón empieza a absorber agua, por lo que se va hinchando. Esta hinchazón provocada por el agua empieza a alterar la estructura del almidón, volviéndose inestable. Si la temperatura del agua es la adecuada, el almidón acabará descomponiéndose en partes más pequeñas, así que el contenido de la molécula del almidón se “funde” con el agua, se combina, lo que provoca cierta pastosidad consistente¹¹
- **Licuefacción:** Llegando al punto donde el almidón ha sido gelatinizado, las partes más pequeñas, que son las amilosas y las amilopectinas, están libres en el agua, llega el momento de la licuefacción. La licuefacción es la fase del macerado donde entran en juego las enzimas y empiezan a partir las cadenas largas de azúcares en otras más pequeñas¹¹
- **Sacarificación:** El mosto es ahora un caldo lleno de dextrinas. Esto es, cadenas largas de azúcares (de incluso 10 o 20 moléculas de glucosa) que no van a poder

ser metabolizadas por la levadura, así que necesitamos un nuevo paso de degradación, para conseguir esas moléculas de 1 o 2 azúcares (glucosa o maltosa). Y el proceso en sí por el cual una enzima rompe una cadena compleja de azúcares en otra más pequeña de monosacáridos o disacáridos, se denomina “sacarificación”.¹¹

Más de la mitad de la conversión de almidón y la dextrinización ocurrirán dentro de los primeros 15 minutos, y la mayoría (> 75%) se completará después de los 30 minutos. El extracto de granos pequeños (1%) y la fermentabilidad (5%) se pueden realizar con tiempos de maceración más largos.²¹

2.2.4 Lavado del grano (sparging). El sparging es el lavado del grano que queda en el macerador para extraer la mayor cantidad de azúcares posibles sin extraer taninos astringentes que están presentes en la cascara del grano, la mayoría de maceradores cuentan con rociadores para evitar extraer estos taninos.

La temperatura y el pH del agua que se va a rociar son muy importantes. Según Palmer²² agua caliente, a una temperatura no mayor a 79°C, es más efectiva en la extracción de almidón residual pero aumenta la probabilidad de extraer taninos, este riesgo se puede evitar manteniendo un pH menor a 5.6 en el agua que se utiliza en este lavado, si el pH es mayor a 6 y la temperatura mayor a 80°C es muy probable que haya extracción de taninos y causen un sabor astringente a la cerveza. Al igual que altas temperaturas van a favorecer el trabajo de enzimas Alfa Amilasa.

2.2.5 Hervido del mosto. El hervido del mosto es una de las etapas más importantes de la producción de la cerveza ya que en esta etapa se inhiben los microorganismos no deseados presentes en el mosto que puedan poner en peligro el trabajo posterior de la levadura y se desactivan enzimas que pueden llegar a generar sabores y colores indeseados. Además, que al hervir el mosto se agrega el lúpulo a diferentes intervalos para así formar el “mosto con lúpulo” y la adición de este lúpulo ayuda a obtener las características más importantes de la cerveza de amargor y aroma deseados.

El mosto que viene del macerado y del lavado del grano, se pone a hervir en un tanque llamado hervidor por aproximadamente una hora. El hervido inhibe los microbios no deseados en el mosto, coagula proteínas adicionales debido al calor y cambia las moléculas de las resinas de lúpulo a compuestos solubles. El material proteico que se coagula durante la ebullición se llama “hot break”. Según Barth²³, la

²¹ PALMER, John. How to brew [En línea] www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

²² PALMER, John. How the mash works. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 298

²³ BARTH, Roger. The Chemistry of BEER. The Science in the Studs. En: How beer is made: Boiling. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2013. p. 25

ebullición elimina el oxígeno disuelto y las sustancias volátiles (que se evaporan fácilmente) que provienen del grano o del lúpulo. “Una de estas sustancias volátiles es SMM (S-Metilo Metionina) que es el amino-ácido responsable del DMS (sulfuro de dimetilo) que se produce en el hervido y principalmente en la fermentación. El proceso de conversión del SMM al DMS tiene lugar cuando se calienta el SMM presente en la malta. Los amino-ácidos se rompen tanto en DMS como en una variante denominada DMSO (Dimetilsulfóxido), compuesta por DMS y un átomo de oxígeno.”²⁴

Cuanto más intenso es el horneado, mayor es la descomposición del SMM. El DMS producido se elimina en gran medida con los gases liberados en la parte superior. Por esta razón, hay más SMM en las maltas de cerveza lager que en las maltas de cerveza ale, porque estas últimas se cocinan con mayor intensidad. En otras palabras, el potencial de DMS que ingresa en las cervezas lager es mayor que en las cervezas ale, por lo que las lager tienden a contener DMS, mientras que las ales no lo hacen.

Según Bamforth²⁵, la mayoría de los cerveceros tienden a usar un hervor de entre 1 y 2 horas, evaporando aproximadamente el 4% del mosto por hora, como el agua es expulsada como vapor durante la ebullición, el mosto se concentra más. Claramente, esta es una etapa muy intensiva en energía del proceso de elaboración de la cerveza, y se debería hacer todo lo posible para conservar la pérdida de calor.

2.2.6 Adición del lúpulo. El lúpulo proporciona características de amargor y aroma en la cerveza y su adición, que se realiza en tiempos diferentes, depende en gran medida de la cantidad y condiciones del mosto, pero también de las características que se quieran obtener de amargor y sabor, características que son proporcionadas por el maestro cervecero a cargo de la producción. Cualidades típicas de los diferentes estilos de cervezas, como el sabor y aroma se pierden muy rápidamente con el hervor del mosto debido a la evaporación, en cambio el amargor necesita tiempo para liberarse y ser absorbido por el mosto por su presencia de Alfa ácidos, siendo esta la principal razón por la que el lúpulo se agrega en tiempos diferentes.

“Las adiciones manuales son peligrosas, ya que el mosto puede hervir repentinamente una y otra vez, y las adiciones tardías, como ocurre con los lúpulos de aroma, significan que el aire es admitido al recipiente, lo que interfiere con la recuperación de calor del vapor. Parece que no hay buenas maneras de automatizar las adiciones de saltos completos, pero se han

²⁴ CERVEZA ARTESANA HOMEBREW SL. dms: de dónde viene y cómo combatirlo. [En línea]. De <https://www.cervezartesana.es/blog/post/dms-de-donde-viene-y-como-combatirlo.html> [Consultado el 25 de febrero de 2019]

²⁵ BAMFORTH, Charles. BEER. Tap into the art and science of brewing. En: Cooking and Chiling: The Brewhouse . 2 ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2003. p. 135-138

automatizado los medios para agregar polvos de lúpulo, polvos de lúpulo granulados y extractos de lúpulo.”²⁶

Es por esto que se recomienda automatizar la adición del lúpulo, las adiciones se pueden regular por peso o por contenido de alfa ácidos ácido y se pueden hacer varias adiciones en diferentes etapas de la ebullición. Los pellets pueden transferirse por medios mecánicos o neumáticos, siempre que no sean demasiado dañinos. También se debe tener precaución con el transporte, realizándolo directamente al hervidor, para evitar que los pellets se humedezcan y se contaminen, además ser cuidadosos con una limpieza regular y un buen almacenamiento del lúpulo. Según Briggs, *et al*²⁷ Los lúpulos o preparaciones de lúpulo más usados son en forma de pellets, deben almacenarse frescos y secos y las cantidades pesadas deben entregarse a cada preparación en la etapa correcta, al igual que si se deben agregar diferentes tipos de saltos en diferentes etapas de la ebullición, cada lote debe estar en un recipiente diferente.

Como ya se mencionó el aroma del lúpulo también se puede introducir mediante el uso de extractos de lúpulo y no como tal con la adición de este. “Se ha demostrado que los aceites esenciales se pueden dividir en dos fracciones, una de las cuales es picante y la otra floral. Al agregarlos a la cerveza en diferentes proporciones, es posible obtener diferentes características de lúpulo, lo que ofrece enormes oportunidades para el desarrollo de nuevos productos.”²⁸

2.2.6.1 Medición cantidad de lúpulo. Para llegar a las condiciones de amargor y sabor deseadas es necesario hacer una buena medición de lúpulo y agregar estas cantidades en los tiempos adecuados. Hay dos maneras de medir el lúpulo para uso en cervecería.

Una mide el potencial de amargor del lúpulo al ponerlo a hervir, en unidades de alfa ácidos (AAU) o Home Brew Amargor Units (HBUs), y son el peso del lúpulo, en onzas, multiplicado por el porcentaje de alfa ácidos (ecuación 3). La otra manera de medir el lúpulo estima la cantidad de alfa ácido isomerizada y realmente disuelta en la cerveza. La ecuación para la Unidad Internacional de Amargor (International Bittering Units, IBUs, ecuación 4) toma la cantidad de lúpulo en AAUs y aplica factores para la densidad del hervido, volumen y tiempo de hervido. Los IBUs son

²⁶ BRIGGS, Dennis E, et al. Wort boiling, clarification, cooling and aeration. En: Brewing, Science and practice. Cambridge, England: Woodhead publishing limited, 2004. p 357

²⁷ BRIGGS, Dennis E, et al. Wort boiling, clarification, cooling and aeration. En: Brewing, Science and practice. Cambridge, England: Woodhead publishing limited, 2004. p 358

²⁸ BAMFORTH, Charles. The wicked and pernicious weed: Hops. En: BEER, Tap into the art and science of brewing. 2 ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2003. p. 122

independientes del tamaño del preparado de cerveza y en gran medida, independientes del estilo, a diferencia de las AAU²⁹.

Ecuación 3. Potencial de amargor del lúpulo

$$AAU = \text{Peso} * \%Alfa \text{ ácidos}$$

El porcentaje de alfa ácidos es una especificación que viene dada por el fabricante y/o distribuidor del lúpulo y cambia según a cosecha de este.

Ecuación 4. Ecuación para el cálculo de amargor en IBUs

$$IBU = AAU * U * \frac{10}{V}$$

Donde:

U= Utilización (tiempo y densidad del hervido)

V= Volumen final

75 es una unidad de conversión de unidades inglesas al sistema métrico

La unidad de alfa ácidos AAU es útil en cervecería porque indica el amargor total y a su vez permite que se lleve un control del porcentaje de alfa ácidos de todos los lotes producidos. Como es de esperarse, la estructura química de los alfa ácidos cambia cuando se agrega el lúpulo al mosto en hervor, se izomerizan la resinas del lúpulo y estas se disuelve fácilmente en el mosto. Según Palmer³⁰, el porcentaje del total de alfa ácidos que son isomerizados y sobreviven en la cerveza terminada, es llamado la “utilización”, en las condiciones de fabricación casera, la utilización máxima que se logra es de alrededor del 30%.

La ecuación para la Unidad Internacional de Amargor, en unidades IBU, depende de la densidad, la cantidad a utilizar y el tiempo de hervido para su isomerización. La densidad del hervido es importante porque cuanto más alto es el contenido de azúcar de malta en el mosto, menor es el espacio para los alfa ácidos isomerizados, así como también es de gran importancia la suma total de alfa ácidos AAU. En la Figura 6 se muestra una tabla que indica la utilización en función del tiempo y la densidad del hervido y con esta es posible estimar la cantidad de lúpulo que va a

²⁹ PALMER, John. How to brew [En línea] Disponible en: www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

³⁰ PALMER, John. How to brew [En línea] Disponible en: www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

contribuir al amargor y sabor de la cerveza, es importante resaltar que con esta ecuación IBU se puede comparar el amargor para cualquier estilo de cerveza.

Figura 6. Utilización en función de la densidad y el tiempo

Densidad vs. Tiempo	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
100	0.298	0.272	0.249	0.228	0.208	0.190	0.174	0.159	0.145	0.133
110	0.300	0.274	0.251	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.134
120	0.301	0.275	0.252	0.230	0.210	0.192	0.176	0.161	0.147	0.134

Fuente: PALMER, John. Hops. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 81

Por ejemplo, si el mosto tiene una densidad de 1.050 y se quiere que el lúpulo permanezca en el hervido por 50 min, el porcentaje de utilización es de 0.219.

El lúpulo también puede agregarse al fermentador para aumentar el aroma. Esta técnica se llama Dry Hopping y se realiza al final de la fermentación, cuando la cerveza está en su fase de acondicionamiento.

2.2.7 Enfriamiento de mosto. Es necesario retirar el calor del mosto con lúpulo caliente enfriándolo, ya que las levaduras, que se adicionan en la etapa posterior que es la fermentación, se activan a temperaturas superiores a 15-22°C. El enfriamiento generalmente tiene lugar en un intercambiador de calor, en el que el mosto caliente fluye en tubos o entre placas, y un líquido frío fluye en el otro lado de las placas o en el exterior de los tubos. El enfriamiento debe llevarse a cabo rápidamente y en condiciones asépticas para detener la continuación de las

reacciones y minimizar las posibilidades de crecimiento de cualquier microorganismo contaminante además que el enfriamiento rápido evita los defectos de sabor.

Los lúpulos y algunas o todas las proteínas coaguladas se eliminan antes de que el mosto se fermente. También están los ya mencionados componentes de sulfuro que se desarrollan en el mosto mientras éste está caliente, mientras el mosto está todavía caliente las bacterias y la levadura son inhibidas pero este mosto es muy susceptible a daños por oxidación a medida que se enfría, ya que si el mosto es enfriado lentamente, el DMS continúa produciéndose, sin ser eliminado por el hervor y esto produce sabores indeseados en la cerveza terminada.

Después de la clarificación, que por lo general se realiza con la adición de pastillas clarificantes, el mosto caliente debe enfriarse a la temperatura a la que se quiere la inoculación con levadura en la fermentación. “Tradicionalmente, esto es alrededor de 15- 22°C para cervezas ales y 6-12°C para cervezas lager.”³¹ Para lograr estas temperaturas se debe suministrar en el intercambiador de calor agua fría o con glicol, amoníaco o alcohol. Si se usa un refrigerante que no sea agua se debe verificar que no se presenten fugas y que no se derrame el refrigerante para evitar la contaminación del mosto. Así como también es de gran importancia la limpieza de los intercambiadores ya que pueden quedar residuos que pueden afectar a lotes posteriores.

Para el dimensionamiento térmico del intercambiador de calor de placas se hace el uso de la Ecuación que determina la potencia térmica de los fluidos que pasan por este

Ecuación 5. Balance térmico intercambiador de calor

$$\begin{aligned} P &= Q * Cp * \Delta T \\ P_{Fluido\ caliente} &= P_{Fluido\ frío} \\ Q * Cp * \Delta T_{caliente} &= Q * Cp * \Delta T_{frío} \end{aligned}$$

Donde:

P: Potencia

Q: Caudal

Cp: Capacidad calorífica del fluido

ΔT : Diferencia de temperaturas de entrada y salida

³¹ BRIGGS, Dennis E, et al. Wort boiling, clarification, cooling and aeration. En: Brewing, Science and practice. Cambridge, England: Woodhead publishing limited, 2004. p 372

2.2.8 Fermentación. El mosto con lúpulo se mueve a la siguiente etapa que es la fermentación. Se agrega oxígeno para permitir que la levadura produzca los compuestos que necesita para absorber los azúcares del mosto, o simplemente se deja que la levadura se active con el oxígeno presente en el mosto. En esta etapa se agrega la levadura de la cepa deseada y generalmente el fermentador se cierra con una válvula de una vía que permite que el gas se escape pero que no ingrese aire. Durante la etapa inicial, que dura unas pocas horas, la levadura se adapta al ambiente del fermentador al hacer que sus membranas sean más fluidas para permitir la fácil absorción de azúcares del mosto.

En la siguiente etapa de fermentación las células de la levadura se multiplican. Toman azúcar y producen etanol, dióxido de carbono y energía para sus procesos vitales. La reacción química es un proceso llamado fermentación anaeróbica. El producto final es etanol, que hace que una bebida alcohólica sea lo que es. Además de la reacción principal, se producen cantidades más pequeñas de cientos de compuestos que contribuyen al sabor de la cerveza. Estas contribuciones varían según la cepa de la levadura y la temperatura de fermentación. La reacción de fermentación libera mucho calor. En un fermentador grande, se debe proporcionar enfriamiento; de lo contrario, la temperatura aumentará demasiado y la levadura producirá sabores no deseados.

Obtener el nivel correcto de oxígeno en el mosto antes de adicionar la levadura es una de las condiciones que deben cumplirse. Primero, el mismo mosto necesita tener la cantidad correcta en términos de nivel de azúcar. “La concentración de azúcares se mide por gravedad específica (que es el peso de un volumen de mosto en relación con el peso del mismo volumen de agua). Las unidades más utilizadas para citar la gravedad específica son los grados Plato; 1 ° Plato equivale a 1 g de sacarosa por 100 g de agua”.³² Existen varios tipos de fermentadores a nivel mundial y pueden ser divididos en dos categorías: cuadrada y cilíndrica.

La fermentación de azúcares de malta en cerveza es un complicado proceso bioquímico, es más que simplemente la conversión de azúcar en alcohol. “La fermentación total es mejor definirla en tres fases: la fase de Adaptación o Lagtime, la fase primaria o Atenuativa y la fase secundaria o de Acondicionamiento.”³³

La fermentación es una de las etapas más importantes en la elaboración de cerveza ya que es en esta donde la levadura convierte carbohidratos como la glucosa en etanol y dióxido de carbono como puede verse en la siguiente ecuación, no obstante no es la única reacción presente como se evidencia en la figura.

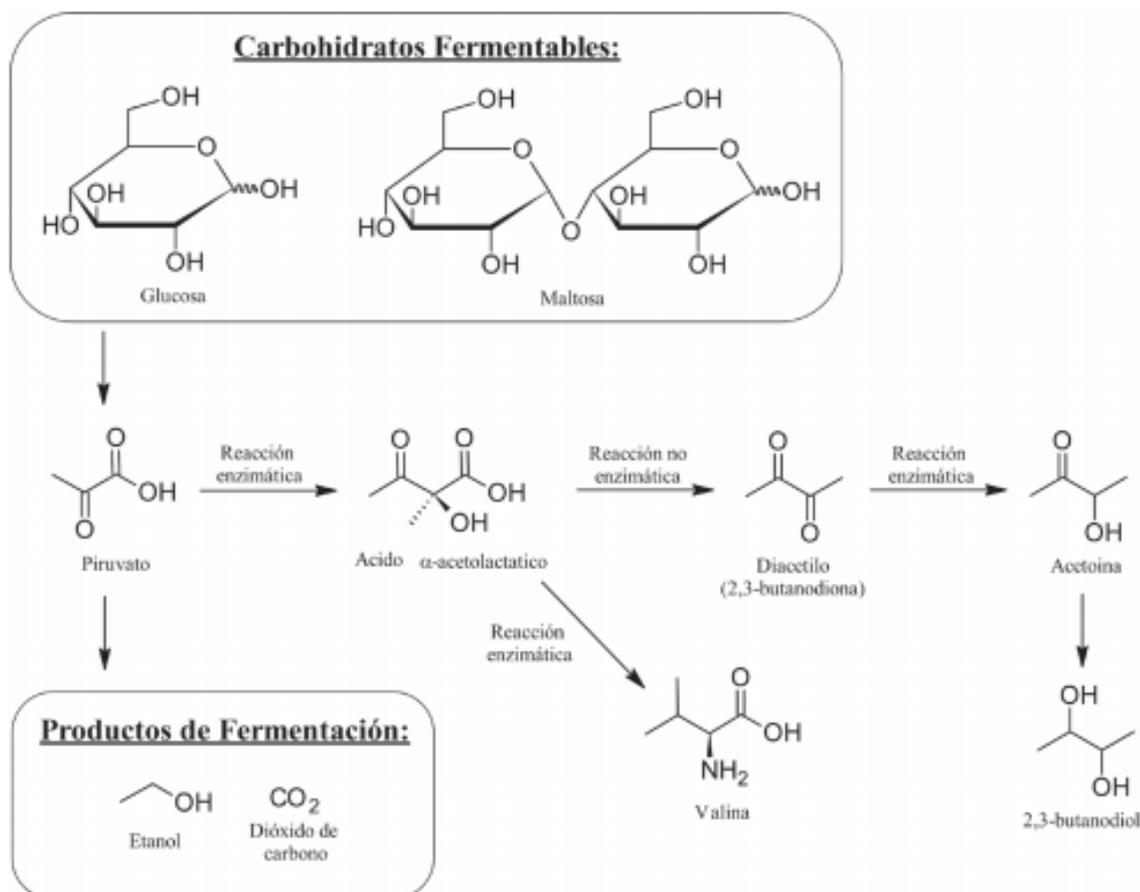
³² BAMFORTH, Charles. Goodisgoode: Yeast and fermentation. En: BEER, Tap into the art and science of brewing. 2 ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2003. p. 146

³³ PALMER, John. Yeast management. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 106

Ecuación 6. Reacción principal fermentación alcohólica



Figura 7. Reacciones químicas en la fermentación



Fuente.: MORALES-YOTO, Miguel. Reacciones químicas en la cerveza. En: Revista de química PUCP, 2018, vol. 32, no. 1, p. 4-11

En la figura 7 se muestran las reacciones que ocurren durante la fermentación. Los sustratos fermentables, constituidos principalmente por carbohidratos (parte superior de la imagen) como glucosa, maltosa, sacarosa, fructosa y maltotriosa, son convertidos en etanol y CO₂ (parte inferior de la imagen) por la acción de la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*.

En el camino también ocurren reacciones secundarias como la producción por medio de reacciones enzimáticas, de piruvato, que es el origen de la producción de compuestos como el diacetilo que es uno de los responsables de sabores

indeseados en la cerveza a mantequilla y/o caramelo; la concentración de diacetilo total (ácido α -acetoacetato y diacetilo libre) en la cerveza final es muy reducida, si factores como el pH y la temperatura se controlan. Las células de levadura también son capaces de asimilar y reducir el diacetilo mediante la formación de acetoína y, finalmente, 2,3-butanodiol, que tienen umbrales de sabor mucho más altos comparados con el diacetilo y, por tanto no afectan el sabor y aroma de la cerveza.³⁴

2.2.8.1 Lagtime o fase de adaptación. La fase de adaptación inicia inmediatamente después de que se agregue la levadura al tanque fermentador. En esta etapa la levadura pasa por un periodo de gran crecimiento, se adapta a las condiciones del mosto y utiliza todo el oxígeno disponible en este para su crecimiento. Por lo general, todas las levaduras tardan alrededor de 12 horas en esta etapa y pasan a la siguiente fase que es la fase primaria, si pasan más de 12 horas sin actividad, es necesario hacer otra inoculación con más levadura.

“Al comienzo de la fase de adaptación, la levadura utiliza los azúcares, FAN y otros nutrientes presentes, y descubre qué enzimas y otros componentes necesitan para adaptarse al medio. La levadura usa sus propias reservas de glucógeno, oxígeno y los lípidos del mosto para sintetizar los esteroides que producen las membranas de sus células. Los esteroides son esenciales para hacer que las membranas de las células sean permeables a los azúcares y otros nutrientes del mosto.”³⁵

Un mosto rico en oxígeno hace que la fase de adaptación sea más corta y permite que su reproducción sea más rápida, asegurando una buena fermentación. Para que un mosto sea rico en oxígeno, basta con airear el mosto, las grandes cervecerías se preocupan más por airear el mosto para una buena fermentación, ya que si no son aireados fermentarán lentamente o de manera incompleta. Cuando el oxígeno se termina, la levadura cambia el camino de su metabolismo y comienza la siguiente fase, fase en la que empieza la fermentación anaeróbica, sin presencia de oxígeno y que permite la conversión de azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

Es importante el uso de una levadura fuerte y saludable, que no lleve mucho tiempo en almacenamiento, para que haga una buena fermentación y que haga todo su trabajo antes de inactivarse.

2.2.8.2 Fase primaria o atenuativa. Es en esta etapa en donde empieza la fermentación anaeróbica, porque ya no hay presencia de oxígeno. Según Palmer³⁶, esta fase está marcada por un tiempo de vigorosa fermentación, donde la densidad

³⁴ MORALES-YOTO, Miguel. Reacciones químicas en la cerveza. En: Revista de química PUCP, 2018, vol. 32, no. 1, p. 4-11

³⁵ PALMER, John. Yeast and fermentation. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 85-101

³⁶ PALMER, John. Yeast and fermentation. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 85-101

de la cerveza desciende a $2/3$ - $3/4$ de la densidad original (DO), la mayor parte de la atenuación se produce durante la fase primaria y puede durar entre 2 y 6 días para las ales, o de 4 a 10 días para las lagers, dependiendo de las condiciones de temperatura y el tipo de levadura.

Se formará una capa en la parte superior espumosa, de color crema claro con manchas verdes y marrón, que está formada por levadura muerta, proteínas del mosto y resinas de lúpulo, que por lo general se adhiere a las paredes del fermentador. Desafortunadamente estos compuestos son muy amargos y si se mezclan con el mosto producirán un sabor desagradable, pero estos productos son casi insolubles y son removidos al adherirse a las paredes del fermentador a medida que el sedimento se sumerge.

A medida que esta fase primaria va finalizando, la mayor parte de la levadura comienza a asentarse, y esta capa espumosa comienza a sumergirse. En este punto del proceso de fermentación, hay que tener cuidado con cualquier exposición al oxígeno porque si hay exposición a este, se puede afectar el sabor de la cerveza o se puede contaminar.

A diferencia de la fase lag o de adaptación, esta fase primaria se puede identificar visualmente, la mayoría de los fermentadores tienen una salida de aire y esta fase se identifica con el burbujeo continuo.

2.2.8.3 Fase secundaria o de acondicionamiento. Acá finaliza la fase primaria o atenuativa, la mayoría de los azúcares del mosto se han convertido en alcohol y la mayoría de las células de levadura se han inactivado, pero algunas todavía están activas. Esta fase permite la reducción lenta de los fermentables remanentes, ahora comienza a trabajar sobre los azúcares más pesados, como la maltotriosa. También limpiará algunos de los subproductos originados en la fase primaria.

Dependiendo de la temperatura y el tipo de levadura, esta última consumirá también algunos de los componentes del sedimento, la fermentación de esos componentes puede producir sabores extraños, además, la levadura inactiva en el fondo del fermentador comienza a formar más aminoácidos y ácidos grasos. En esta etapa se hace necesario retirar la levadura, que se encuentra sedimentada en el fondo del fermentador para evitar que ocurran estas reacciones y se generen sabores extraños.

Hacia el final de la fermentación secundaria, la levadura suspendida flocula (se asienta) y la cerveza se aclara. Las proteínas de alto peso molecular también se asientan durante esta etapa. Los componentes tanino/fenol se adhieren a las proteínas y también se asientan, suavizando grandemente el sabor de la cerveza. Este proceso puede ayudarse enfriando la cerveza.

Después de retirar el sedimento empieza la etapa de maduración a una temperatura de 3 a 6°C, y al dejar una cerveza ale en el fermentador por un total de 2-3 semanas, se provee el tiempo necesario para que se produzcan las reacciones de acondicionamiento y la cerveza mejore. Este tiempo extra también permite que se asiente más sedimento antes del embotellado, lo que resulta en una cerveza más limpia y un vertido más sencillo, sin necesidad de filtración.

2.2.8.4 Procesos de maduración y carbonatación. La maduración es una etapa importante para que la levadura que aún se encuentra activa en el fermentador comience a procesar compuestos que se generaron en las fases anteriores y que aún se encuentran presentes en el fermentador.

“Muchos compuestos diferentes se produjeron durante las fases primarias, además del etanol y CO₂, como por ejemplo acetaldehído, esteroides, aminoácidos, cetonas-diacetilo, pentanediona, dimetil sulfato, entre otros”³⁷. Estos componentes son considerados como defectos cuando están presentes en grandes cantidades y causan problemas en la estabilidad del sabor durante el almacenamiento. Uno de los más comunes es el acetaldehído, que es un aldehído con un pronunciado sabor y aroma a manzana verde, es un compuesto intermedio en la producción del etanol. La levadura reduce estos compuestos durante las últimas fases de la fermentación.

La levadura también produce una cantidad de alcoholes llamados fusels, además del etanol durante la fermentación primaria, son alcoholes de mayor peso molecular, que a menudo dan fuerte sabor a solvente a la cerveza. Durante la fermentación secundaria, la levadura convierte estos alcoholes en esteroides frutales, mucho más agradables.

“En la elaboración de cerveza comercial, el paso final del acondicionamiento suele ser la filtración o centrifugación para eliminar cualquier levadura y otras partículas que no se hayan asentado.”³⁸

El dióxido de carbono es un componente muy importante de la cerveza, mejora el brillo y la sensación en la boca. La concentración de dióxido de carbono en la cerveza para la venta se controla cuidadosamente para garantizar que los consumidores de la cerveza puedan beber un producto consistente. El dióxido de carbono es el gas producido naturalmente en la fermentación primaria y secundaria y que se agrega a la cerveza por carbonatación.

Esta adición de dióxido de carbono puede ocurrir mientras se enfría la cerveza, también se puede usar una unidad de carbonatación diseñada específicamente

³⁷ PALMER, John. Yeast and fermentation. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 85-101

³⁸ BARTH, Roger. How beer is made, Conditioning. En: The Chemistry of BEER. The Science in the Studs. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2013. p. 29

para la inyección de este gas. El dióxido de carbono debe ser la forma más pura disponible y no se debe introducir oxígeno, la unidad de inyección debe ser fácil de limpiar y debe limpiarse regularmente.

A veces se usa una piedra de carbonatación para asegurar la producción de finas burbujas de dióxido de carbono para ayudar a la disolución en la cerveza. Esta técnica a veces se describe como lavado de gas y brinda la oportunidad de eliminar oxígeno y volátiles de sabor no deseados. Después, el recipiente debe sellarse para permitir la acumulación de presión y la disolución de dióxido de carbono.

2.2.9 Embarrilado. Antes de vender la cerveza es necesario envasar en un recipiente adecuado que le permita ser transportada y almacenada con un mínimo deterioro. La cerveza debe mantenerse bajo presión, de lo contrario pierde su dióxido de carbono y su sabor cambia. Una de las formas de empacar esta cerveza es en barriles o también en envases pequeños que pueden ser botellas de vidrio o latas de aluminio. Los barriles son descendientes de los barriles de madera que alguna vez se usaron para enviar cerveza. Los barriles de madera rara vez se utilizan hoy en día, debido a su peso y la dificultad y el gasto de mantenerlos limpios y en buenas condiciones. Hoy en día, se utilizan barriles metálicos de aluminio o de acero inoxidable.

Los barriles son recipientes cilíndricos hechos de metal, generalmente de acero inoxidable. Un barril tiene una sola abertura en el extremo, por lo general en el extremo superior para fácil acceso en el embarrilado y en el punto de venta, la abertura conduce a un tubo llamado lanza, o extractor, que va hacia el fondo del barril. En la parte superior de la lanza hay una válvula que mantiene el barril cerrado cuando no está conectado al equipo dispensador. La lanza también tiene una abertura cerca de la parte superior para dejar entrar el gas y expulsar la cerveza.

Poner el barril en servicio implica instalar una válvula, llamada acoplamiento de barril, en la abertura del barril para que se haga una conexión para la cerveza en la parte inferior de la lanza y una conexión para el gas, generalmente dióxido de carbono, al agujero cerca de la parte superior de la lanza. La cerveza que se vende en barriles está totalmente acondicionada. Puede ser pasteurizado o esterilizado por filtración en el camino hacia el barril para eliminar cualquier microorganismo.

“Los barriles de aluminio no pueden limpiarse con detergentes cáusticos a base de álcali porque se forma gas hidrógeno, la limpieza es con álcalis ácidos o diluidos. Los barriles de acero inoxidable se pueden limpiar con detergentes ácidos o alcalinos.”³⁹ Generalmente por esta razón se prefieren barriles de acero inoxidable.

³⁹ BRIGGS, Dennis E, et al. Packaging. En: Brewing, Science and practice. Cambridge, England: Woodhead publishing limited, 2004. p 808

Los barriles tienen ventajas sobre las botellas, permiten la dispensación parcial del producto y funcionan como recipientes cerrados con detección de fugas incorporada. Los dispensadores de barriles no deben retirarse de los puntos de venta y los barriles se devuelven con exceso de presión de gas, lo que evita la entrada de contaminación.

2.2.10 Limpieza. Un proceso importante en la elaboración de una cerveza es la buena limpieza y sanitización, es necesario limpiar todo el equipo que se usará durante la elaboración, diferentes detergentes y productos químicos servirán pero es necesario asegurarse de enjuagar bien. Algunas de las partes de los equipos como mangueras, empaques y abrazaderas necesitarán sanitizarse para sus usos posteriores, estos artículos se pueden remojar por un periodo de 10min en el detergente o solución sanitizadora.

Según Palmer⁴⁰, la limpieza es la principal preocupación del cervecero, al proveer buenas condiciones de crecimiento para las levaduras en la cerveza también se generan buenas condiciones de crecimiento para otros microorganismos, especialmente las levaduras silvestres y bacterias. Debe mantenerse la limpieza a lo largo de cada fase del proceso de elaboración.

Todos los sanitizantes deben ser usados en superficies limpias, la capacidad de los sanitizantes de eliminar microorganismos es reducida por la presencia de suciedad o material orgánico. La limpieza requiere una cierta cantidad de fregado, cepillado y desengrasado. Es necesaria porque una superficie sucia nunca puede ser completamente sanitizada, los depósitos sucios pueden albergar bacterias que finalmente contaminarán la cerveza. Para la limpieza en general, los detergentes suaves o los limpiadores a base de percarbonato son los mejores para el acero y el aluminio. Hay limpiadores basados en ácido oxálico disponible en la tienda de comestibles que son muy eficaces para limpiar manchas, depósitos, y herrumbre de los inoxidable.

Star San es un sanitizante ácido de los cerveceros y fue desarrollado especialmente para sanitizar equipos de elaboración de cerveza. Requiere solo 30 segundos de tiempo de contacto y no requiere enjuague. Star San no contribuye a generar sabores no deseados a las concentraciones más altas recomendadas. El uso recomendado de fábrica es 30 cm³ disuelta por cada 19 litros de agua. La solución puede ser colocada en una botella de “spray” y usada como un sanitizante de rociado para cristalería u otros artículos que se necesiten con rapidez.

⁴⁰ PALMER, John. How to brew [En línea] www.howtobrew.com [Consultado el 30 de marzo de 2019]

2.3 DIAGNÓSTICO DE LA FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL EN MILENARIA

El proceso de producción de cerveza artesanal tipo Ale en Milenaria se realiza con 4 materias primas básicas que son el agua, la malta, el lúpulo y la levadura. Milenaria cuenta con diferentes etapas en su producción como lo son el calentamiento del agua, la molienda, la maceración, el hervido del mosto, el intercambio de calor y la fermentación.

2.3.1 Proceso general de producción cerveza artesanal. En la Tabla 6 se muestra las generalidades del proceso de producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria

Cuadro 1. Proceso general de producción de cerveza en Milenaria

Materia prima/insumo	Equipo	Operación/etapa
Agua	 <p>Hot Liquor tank</p>	Calentamiento y preparación del agua
<ul style="list-style-type: none"> • Malta Pilsen • Malta Caramelo 20 	 <p>Molino</p>	Molienda: Disminución del tamaño de partícula

Cuadro 1. (Continuación)

Materia prima/insumo	Equipo	Operación/etapa
<p data-bbox="418 369 513 403">Mosto</p>	 <p data-bbox="769 741 924 768">Macerador</p>	<p data-bbox="1068 369 1468 510">Maceración: Mezclar una relación 1:1 agua:grano y macerar por 1 hora; este proceso se realiza a 65°C.</p>
<p data-bbox="418 779 513 812">Lúpulo</p> 	 <p data-bbox="727 1150 966 1178">Tanque hervidor</p>	<p data-bbox="1068 779 1468 1066">Hervido/Adición de lúpulo: Calentar hasta alcanzar temperatura de ebullición, aproximadamente 94°C. La adición de lúpulo se realiza apenas se alcanza el punto de ebullición por un tiempo de 60 min.</p>
<p data-bbox="345 1188 589 1222">Mosto con lúpulo</p> 	 <p data-bbox="678 1533 1015 1558">Intercambiador de calor</p>	<p data-bbox="1068 1188 1468 1360">Enfriamiento del mosto: El mosto debe ser enfriado a la temperatura adecuada para que se active la levadura.</p>

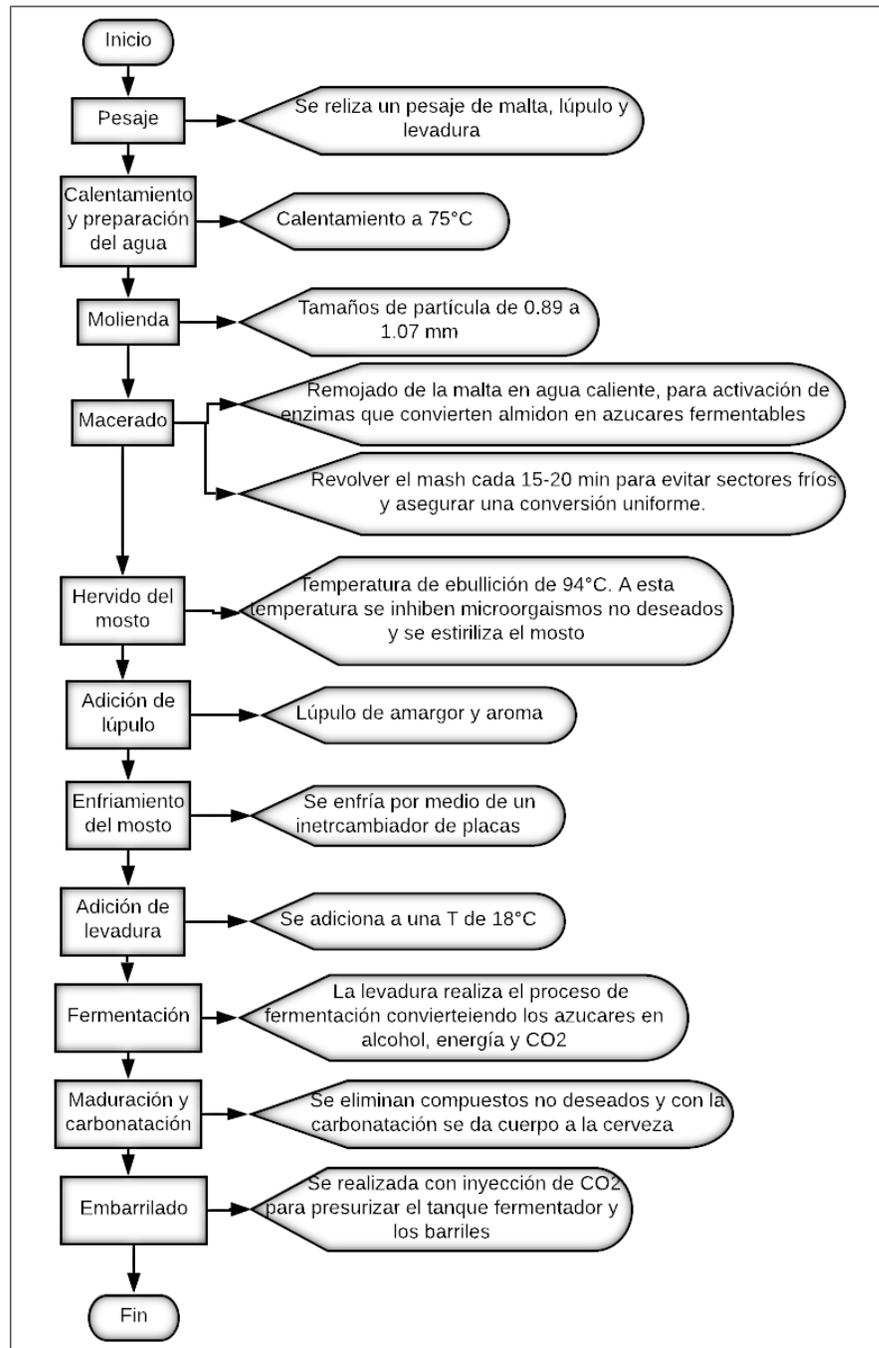
Cuadro 1. (Continuación)

Materia prima/insumo	Equipo	Operación/etapa
<p>Levadura</p> 	 <p>Tanque fermentador</p>	<p>Fermentación: La levadura se adiciona cuando el mosto ya se encuentra en el fermentador a una T de 18°C Es importante medir el consumo de azúcares en °Brix o °Plato.</p>
<p>Cerveza</p>	 <p>Barriles</p>	<p>Embarrilado: Se embarrila la cerveza artesanal después del proceso de maduración, es importante el uso de CO2.</p>
<p>StarSan</p> 	 <p>Todos los equipos</p>	<p>Limpieza: El proceso de limpieza se realiza en todos los tanques, tuberías y accesorios con detergente Sosa y sanitizante Star San.</p>

Fuente: elaboración propia

2.3.2 Diagrama de flujo del proceso de producción actual de la empresa milenaria. En la Figura 8 se muestra el diagrama de flujo de la producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria

Figura 8. Diagrama de bloques producción de cerveza artesanal en Milenaria



Fuente: elaboración propia

2.3.3 Balances de masa. Un balance de masa se basa en la ley de la conservación de la materia que expresa que la cantidad de masa en un sistema cerrado siempre permanece constante, puede sufrir transformaciones pero la cantidad que entra al sistema siempre será la misma que sale, esta cantidad de masa también se puede acumular dentro del mismo.

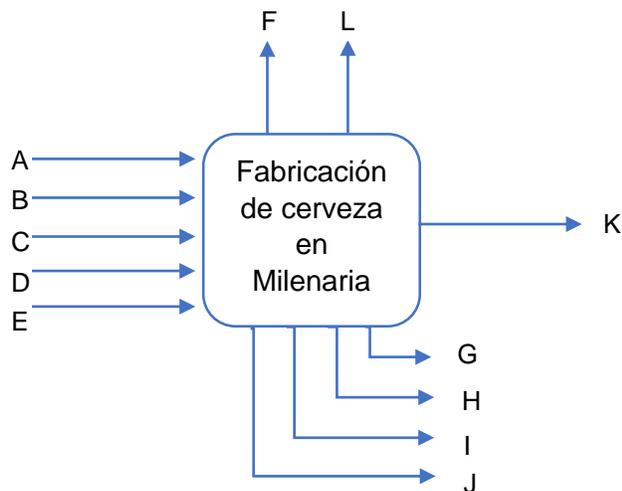
Para realizar el balance de masa global se identifican las cantidades que entran y salen de todo el proceso de producción. En la Tabla 7 se indican las cantidades de masa que entran o salen de las corrientes y estas a su vez están representadas en la Figura 7.

Tabla 7. Corrientes que entran y salen del proceso

<i>Corriente</i>	<i>Cantidad</i>
A	296.6 Kg de agua
B	50 Kg malta Pilsen
C	2.4 Kg malta caramelo 20
D	0.209 Kg Lúpulo Cascade
E	0.1 Kg Levadura
F	9.82 Kg de vapor de agua
G	103.5 Kg de bagazo
H	25.889 Kg de residuos de mosto
I	10 kg de residuos en tuberías
J	20.1 Kg residuos de levadura
K	180 Kg de cerveza
L	0.086 g CO ₂

Fuente: elaboración propia

Figura 9. Balance de masa global



Fuente: elaboración propia

Todas las corrientes están expresadas en Kg, corrientes como el agua y la cerveza se miden por la cantidad de litros que entran o salen, pero estas son fácilmente convertidas a unidades de masa dependiendo la densidad, 1 Kg/L y 1,008 Kg/L respectivamente, cabe resaltar que la densidad de la cerveza cambia dependiendo el estilo de la cerveza y el lote, esta densidad fue medida en el laboratorio de Milenaria con un hidrómetro; corrientes como la malta, el lúpulo, la levadura y los residuos son corrientes que se pueden pesar en una balanza. Respecto al vapor de agua, se sabe que se evapora aproximadamente un 4% por hora.⁴¹

Como ya se mencionó, en un balance de masa las cantidades de masa tienen que ser iguales a la entrada y a la salida del sistema, el balance de masa global se expresa en la Tabla 8 y en esta se evidencia que las cantidades a la entrada y a la salida en el proceso de producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria son las mismas.

**Tabla 8. Balance de masa global
producción de cerveza artesanal rubia Ale
Milenaria**

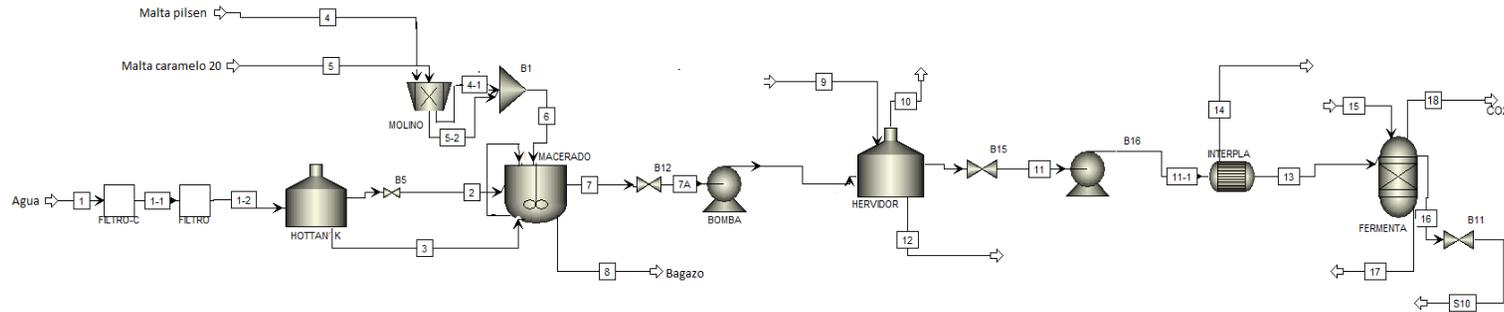
<i>Corriente</i>	<i>Entrada</i>	<i>Salida</i>
A	296.6 Kg	
C	2,4 Kg	
B	50 K	
D	0.209 Kg	
E	0.1 Kg	
F		9.82 Kg
G		103.5 Kg
H		25.889 Kg
I		10 Kg
J		20.1 Kg
K		180 Kg
L		0.000086 Kg
TOTAL	349.31 Kg	349.31 Kg

Fuente: elaboración propia

En la Figura 10 se muestra el diagrama de procesos de la producción de cerveza artesanal tipo Ale en Milenaria y en la Tabla 9 se muestra la cantidad de masa que pasa por cada una de las corrientes.

⁴¹ BAMFORTH, Charles. BEER. Tap into the art and science of brewing. En: Cooking and Chiling: The Brewhouse . 2 ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2003. p. 135-138

Figura 10. Diagrama de procesos producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria



Fuente: elaboración propia

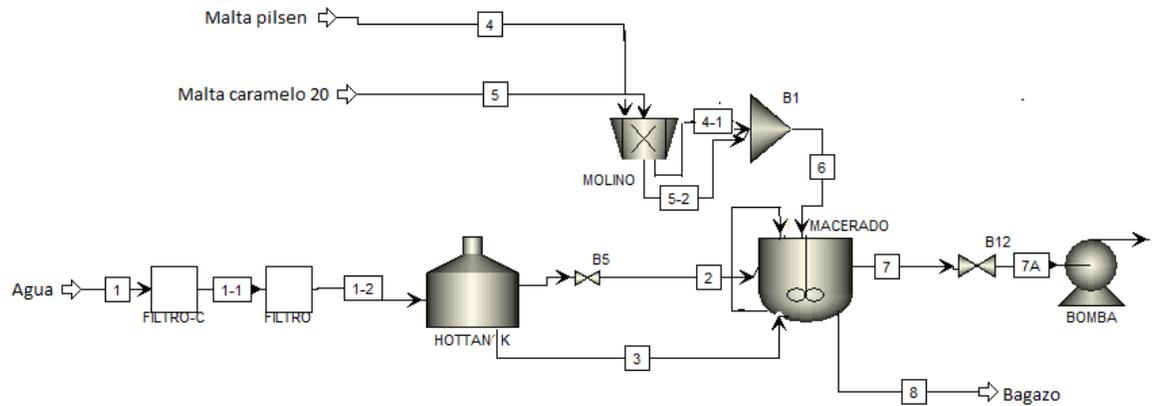
1=Agua, 1-1=Agua después de pasar por un filtro, 1-2= Agua después de pasar por un filtro, 2=Agua calentada a una T de 75°C, 3=Agua para hacer lavado del mosto, 4=Malta Pilsen, 4-1=Malta Pilsen molida, 5=Malta caramelo 20, 5-2=Malta Caramelo 20 molida, 6=Unión de las dos maltas molidas, 7-7A=Mosto, 8=Bagazo, 9=Lúpulo, 10=Vapor del hervido, 11= Mosto con lúpulo, 12= Residuos de mosto con lúpulo, 13= Mosto con lúpulo, 14= Residuos que quedan en tuberías, 15= Levadura, 16=Cerveza, 17=Residuos de levadura con cerveza

Tabla 9. Balance de masa 1er lote de cerveza artesanal rubia Ale en Milenaria

Componentes	Corrientes																							
	1	1-1	1-2	2	3	4	4-1	5	5-2	6	7	7A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Malta Pilsen						50	50			50														
Malta Cara 20								2.4	2.4	2.4														
Agua	296.6	296.6	296.6	150	146.6																			
Mosto											245.5	245.5				210		200	10					
Lúpulo														0.209										
Levadura																					0.1			
Cerveza																							180	
CO2																								0.09
Residuos													103.5		9.82		25.889					20.1		
Total (kg)	296.6	296.6	296.6	150	146.6	50	50	2.4	2.4	52.4	245.5	245.5	103.5	0.209	9.82	210	25.889	200	10	0.1	20.1	180	0.09	
T (°C)	23	23	23	65	65	23	23	23	23	23	65	65	40	15	92	92	40	22	22	5	6	15	22	

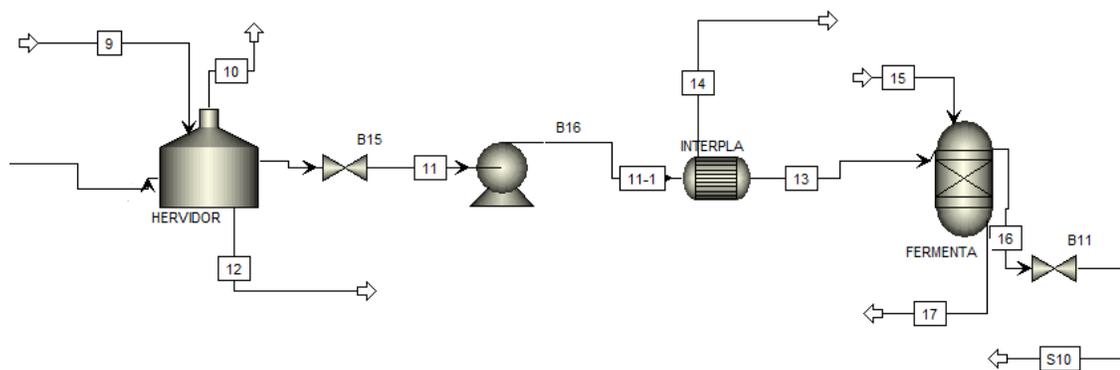
Fuente: elaboración propia

Figura 11. Diagrama de procesos producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria. (Ampliada)



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Diagrama de procesos producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria. (Ampliada)



Fuente: elaboración propia

2.3.4 Proceso actual de calentamiento y preparación del agua en la empresa milenaria. Para el calentamiento, se vierten aproximadamente 300 litros de agua en un tanque llamado “hot liquor”, como ya se mencionó anteriormente el agua proviene del grifo y esta es proporcionada por el Acueducto de Bogotá. Al ingresar a la planta, el agua pasa por dos filtros, el primero de 4 micras y su objetivo principal es extraer contaminantes según el tamaño de las partículas, un micrón es una

unidad de medida en el sistema métrico que es igual a una millonésima de metro; posteriormente el agua pasa por un segundo filtro de carbón activado y su objetivo principal es la purificación del agua a medida que esta fluye por este filtro de carbón activado granular, los químicos y/o contaminantes se adsorben o se adhieren a la superficie dentro de los millones de microporos de los gránulos del carbón activado, contaminantes tales como el cloro, disolventes orgánicos, herbicidas, pesticidas, microorganismos y radón del agua.

El calentamiento de esta agua tiene una duración de 1 hora y 30 min hasta 2 horas, para alcanzar una temperatura de 75°C, el calentamiento se hace por medio de gas natural proveniente de Vanti. Es en esta etapa en donde se debe realizar la adición de las sales porque la temperatura facilita la solubilidad de estas, pero en Milenaria no se realizan estas adiciones, siendo este uno de los grandes problemas de la fábrica, porque como ya se mencionó estos iones aportan diferentes características a la cerveza. En la Tabla 10 se muestra una comparación del perfil de concentraciones en ppm del agua que utiliza Milenaria y el perfil que debería tener una cerveza rubia tipo Ale, en esta comparación se evidencia que el agua utilizada en el proceso de producción de cerveza rubia tipo Ale en Milenaria no tiene el perfil del agua necesario para elaborar este estilo de cerveza.

Tabla 10. Comparación perfil de agua Milenaria y perfil de agua cervezas tipo Ale

	Concentración en ppm iones de agua en Milenaria	Concentración en ppm agua cervezas tipo Ale
Ca^{+2}	5.72	>100
Mg^{+2}	0.61	10
CO_3^{-2}	6	<50
SO_4^{-2}	5.61	<150
Cl^{-1}	4.12	<50
Na^{+1}	3.70	<50

Fuente: elaboración propia

En esta etapa también es muy importante controlar el volumen de agua que entra al tanque Hot Liquor, ya que de este volumen dependen las siguientes operaciones unitarias, en la empresa Milenaria el control de este volumen se hace de manera empírica, ya sea calculando el volumen del tanque que se llenó o calculando cuanto tiempo se demora en llenar el tanque, teniendo como base de cálculo el tiempo que se demora en llenar un pequeño recipiente de 1 litro. Esta es una de las oportunidades de mejora de esta etapa en Milenaria ya que las dos técnicas usadas para comprobar el volumen no están estandarizadas; las dimensiones del tanque

no vienen dadas de fábrica, son datos tomados por los operarios de la planta, el tanque es cilíndrico pero se desprecia que el fondo no es plano, al igual que calcular el tiempo que se demora en llenar un litro depende de la precisión del operario que esté tomando estos datos.

2.3.5 Proceso actual de molienda en la empresa milenaria. Para este proceso se debe tener en cuenta que una buena molienda tiene un rango de tamaños de las partículas que balancean la conversión de azúcares y el drenaje del mosto, esta etapa es de gran importancia ya que la cascara puede afectar el color y dar un mal sabor pues contiene poli-fenoles, silicatos, proteínas, y sustancias que pueden impartir amargor. En la planta de Milenaria el proceso de molienda se ejecuta de manera manual en un molino de 3 rodillos, con un tiempo promedio de 1 hora hasta 1 ½ hora. El molino tiene una capacidad de 5 Kg.

Una vez se inicia el proceso de molienda para la elaboración de la cerveza en Milenaria, se realiza una inspección visual para verificar que la cascara del grano se mantenga lo más intacta posible, mientras que el interior del grano blanco quede lo más expuesta posible, sin generar ningún tipo de harina. Inicialmente al molino entran 50 kg de malta Pilsen y posteriormente entran 2.4 Kg de malta caramelo 20, teniendo en cuenta que no existe un tamaño de partícula ideal, lo importante es que la molienda se retire el endospermo de la cascara el cual servirá como filtro en el proceso de maceración.

El principal problema de esta etapa en Milenaria es que este es un proceso realizado por un operario de la planta manualmente, es un proceso demorado ya que depende de la rapidez con que esta persona lo realice y la malta se expone por mucho tiempo al ambiente, lo que puede afectar características como la humedad.

2.3.6 Proceso actual macerado en la empresa milenaria. El proceso de Maceración tiene un tiempo de 60 min y se realiza a una temperatura que oscila entre los 64-66°C, manteniendo este rango de temperatura se asegura que trabajen las Beta Amilasas en el proceso pero también se está arriesgando que empiecen a trabajar las Alfa Amilasas si se pasa de este rango.

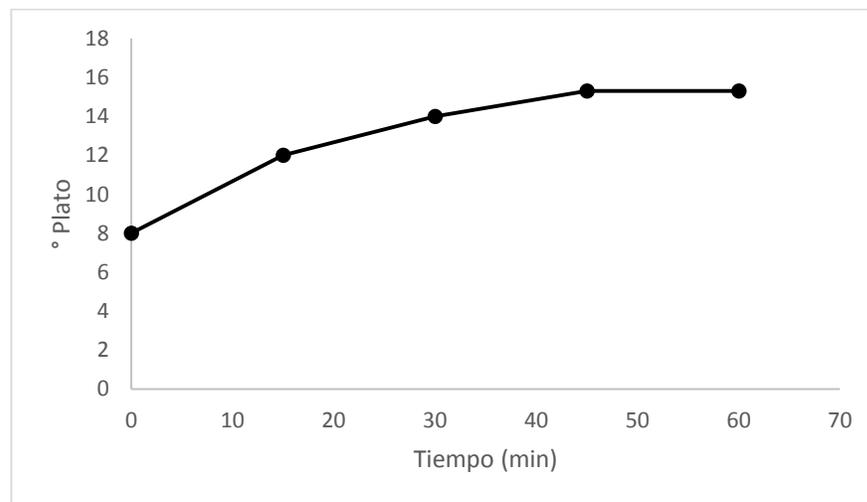
Por formulación del maestro cervecero, se hace la combinación de malta Pilsen y malta Caramelo 20, el orden de entrada al macerador de estas dos maltas para que se combinen es 25 Kg de malta Pilsen, seguidos de 2.4 Kg de malta Caramelo 20 y por último los restantes 25 Kg de malta Pilsen, el proceso se debe realizar como una mezcla total entre el agua y las maltas molidas, sin ninguna formación de grumos o excesos de malta. Debe ser una relación 1:1 de malta y agua.

En el proceso de elaboración de la cerveza artesanal rubia en la empresa Milenaria, el macerador cuenta en su interior con aspás que facilitan una constante agitación. La recirculación del mosto inicia a los 30 minutos y esta ayuda a clarificar el mosto,

el macerador también cuenta con un fondo falso, que retiene la malta y deja pasar el mosto para una adecuada recirculación y para el paso posterior a la siguiente etapa.

En la Gráfica 1, se muestra el perfil de la generación de azúcares en el macerado en la planta de Milenaria, este es de gran importancia ya que de la generación de azúcares depende el consumo de estos en la fermentación para la producción de alcohol. Los datos fueron recolectados con un refractómetro en el laboratorio de la planta, este refractómetro arroja resultados en °Brix y esta medida indica el total de azúcares disueltos en un líquido. En el tiempo 0, que corresponde al tiempo en el que la malta y el agua ya se encuentran en el tanque macerador y las aspas empiezan a girar para iniciar el macerado, el refractómetro arrojó un valor de 8 °Brix lo que indica que contiene 8g de sólido disuelto, en este caso azúcares, en 100g de solución. Estas medidas se tomaron por un tiempo de 60 min cada 15 min; se evidencia como esta generación de azúcares aumenta hasta un tiempo de 50 min en donde empieza a mantenerse constante.

Gráfica 1. Perfil consumo de azúcares en el macerado

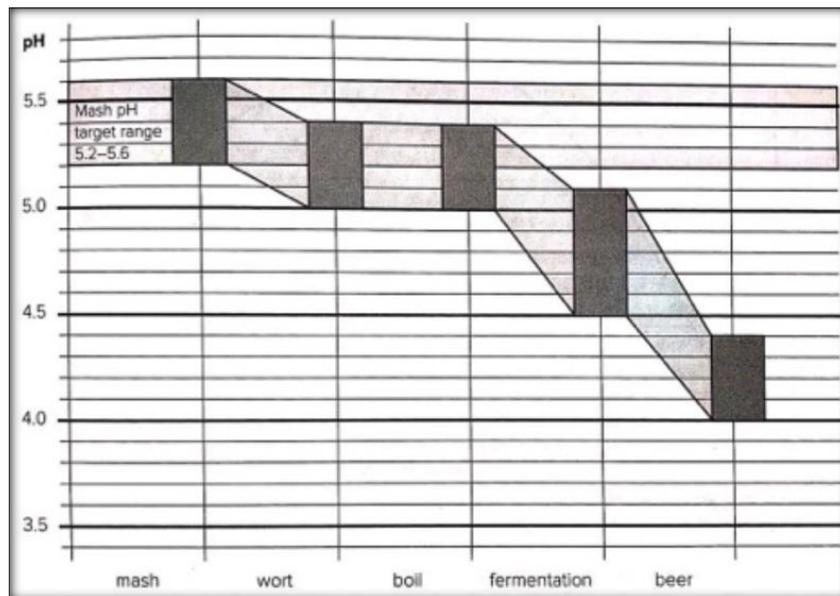


Fuente: elaboración propia

Uno de los principales problemas de Milenaria es que no cuenta con un pH-metro para medir el pH, controlar el pH en esta etapa es muy importante porque de este depende el pH final que tenga la cerveza. Según Palmer⁴² el rango de pH óptimo en el macerado tiene que ser entre 5.2-5.6, en la Figura 13 se muestra como un pH óptimo de macerado hace que se llegue a un pH óptimo en el producto final, un pH óptimo en cervezas que tiene que estar en un rango de 4.0 y 4.4.

⁴² PALMER, John. How the mash works. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 252-353

Figura 13. pH en el proceso de producción de cerveza



Fuente: PALMER, John. How the mash works. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 252-353

La Tabla 11 muestra un análisis de laboratorio fisicoquímico realizado el 06 de mayo de 2019 a la cerveza al final del proceso, realizado por AllChem (Anexo D), y este indica que tiene un pH de 4.03, este resultado se encuentra dentro del rango deseado, lo que sugiere que el macerado también se encontraba dentro del rango, pero esto no siempre puede ser así, el pH varía dependiendo los minerales presentes en el agua y la malta. Es por esto que es necesario no solo contar con un pH-metro sino también con las técnicas adecuadas de disminuir o aumentar el pH en caso de que el rango no sea el deseado.

Tabla 11. pH cerveza artesana rubia tipo Ale de Milenaria

Análisis realizado	Técnicas	Resultado
pH en alimentos y bebidas	Electrométrico	4.03

Fuente: elaboración propia

Las principales variables que afectan esta etapa son el tiempo, la temperatura, la molienda del grano, el tipo de agua y el pH. Después de terminada esta etapa el mosto pasa a la siguiente etapa que es el hervido y el bagazo, que es el residuo de los granos húmedos que quedan en el macerador, es retirado para su posterior uso en otra industria.

2.3.7 Proceso actual del lavado del grano en Milenaria. Antes de empezar el hervido se hace el lavado del grano con el agua que queda en el tanque Hot Liquor, el agua tiene un rango de temperatura de 70-78°C y se hace uso de toda el agua que queda en el tanque. Esta agua pasa a hacer parte del mosto y es transferida directamente al tanque hervidor en donde ya se encuentra el mosto que provenía del macerado.

La variable que afecta este proceso es el pH. Al igual que en el macerado, por no contar con un pH-metro en Milenaria, este pH no se puede controlar, lo cual genera inconvenientes en la producción porque no tener la certeza de que el agua cuenta con el pH ideal.

2.3.8 Proceso actual hervido del mosto en la empresa milenaria. En Milenaria, el mosto que proviene del macerador después de los procesos de maceración y lavado del grano, llega al tanque hervidor por medio de una bomba que tiene un caudal máximo de 50 L/min y a una temperatura aproximadamente de 60 °C a 65°C. El volumen de mosto que llega al hervidor es de 245.5 litros y este tanque es cilíndrico de acero inoxidable, lados rectos y fondo curvo. El tiempo total de hervido es de 60 min que es el tiempo que necesita el lúpulo para alcanzar las características de amargor y aroma deseados.

En esta etapa se hace uso de gas natural para generar energía, este es el que ayuda en el calentamiento del mosto hasta que llegue a su punto de ebullición, 94°C. El mosto alcanza su punto de ebullición aproximadamente de 60 a 90 min después de llegar al tanque, estos tiempos dependen del volumen. En el momento que el mosto alcanza su punto de ebullición se agrega el lúpulo, la primera adición se hace apenas alcanza punto de ebullición y la segunda 10 min antes de terminar. En la parte superior se puede observar una capa espumosa de color blanco con marrón claro que no se retira, esta capa son partículas de cereales, azúcares y proteínas arrastradas a la superficie.

En esta etapa es importante controlar el volumen de mosto que entra al hervidor ya que de este depende el tiempo que demora en llegar a su punto de ebullición, es importante resaltar, que como se mencionó anteriormente, el tiempo influye en la descomposición de SMM a DMS, a mayor tiempo mayor será la descomposición y será retirado en su mayoría como vapor por la parte superior del hervidor.

2.3.9 Proceso actual adición de lúpulo en la empresa milenaria. En Milenaria, el lúpulo utilizado es Cascade en forma de Pellets. Cuando el mosto llega a su temperatura de ebullición, 94°C, se hace la primera adición de 221 g de lúpulo para proporcionar amargor a la cerveza, los aceites aromáticos se evaporan con el hervor dejando poco sabor a lúpulo y nada de aroma, con esta primera adición se espera llegar a un amargor de 20 IBUs en un tiempo de hervor de 60 min, este amargor es el deseado por el maestro cervecero.

Se hace una segunda adición de 61 g de lúpulo 10 min antes de terminar el tiempo total de hervor para proporcionar aroma a la cerveza, cuando el lúpulo se agrega al final del hervor se pierden menos aceites aromáticos en la evaporación y se percibe más el aroma a lúpulo. Los IBUs deseados de aroma por el maestro cervecero son 2 IBUs. El fermentador tiene una capacidad de 200 L y con este volumen se calcula la cantidad de lúpulo a utilizar, la densidad es 1.040 en los tiempos 60 y 10. En la Tabla 12 se muestran los valores usados para los cálculos de cantidad de lúpulo necesario en la producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale, estos cálculos son realizados con la unión de las ecuaciones 3 y 5; es importante recordar que el porcentaje de alfa ácidos es proporcionado por el proveedor del lúpulo y el porcentaje de utilización proviene de la figura 10.

Tabla 22. Valores usados en el cálculo de lúpulo necesario

	Lúpulo de amargor (60 min)	Lúpulo de aroma (10 min)
IBU's deseados	20	2
Volumen final (L)	200	200
% α-ácidos	7.2	7.2
Factor	10	10
% Utilización	0.252	0.091
Cantidad de lúpulo (g)	220.46	61.05

Fuente: elaboración propia

Los análisis de laboratorio realizados a la cerveza de Milenaria el día 06 de mayo de 2019 (Anexo D) arrojaron un resultado de amargor de 12 IBUs. No es el amargor deseado de 20 IBUs que se esperaban los cálculos realizado en la Tabla 12. La elaboración de cada lote es única, ya que variables de cantidad, densidad y tiempo, dependen de la química del mosto, de pérdidas durante el hervido, entre otras, que hacen que estos modelos en realidad sean aproximaciones y en los análisis de laboratorio a estos lotes los resultados serán diferentes a los calculados pero muy cercanos, además la levadura también aporta diferentes características de sabor. Es importante el uso de estos modelos ya que permiten comparar la producción de un lote con otro, ya sea de la misma empresa o de otras entre sí.

2.3.10 Proceso actual enfriamiento de mosto en la empresa milenaria. En la planta de Milenaria, el enfriamiento se hace a través de un intercambiador de placas. El mosto con lúpulo que está a una temperatura de 94°C, pasa por el intercambiador hacia el fermentador, y al otro lado de las placas del intercambiador pasa una mezcla glicol agua que se encuentra a una temperatura entre 5°C y 10°C, esta temperatura es controlada por un chiller industrial con, que controla la temperatura de la mezcla glicol agua, que se encuentra en un tanque de 500 L, esta mezcla es bombeada hacia el intercambiador de calor a un caudal de 10-20 L/min. El intercambiador tiene un área de 0.96 m² y una presión de 3.0 MPa.

Se estima que la cantidad de mosto que pasa del tanque hervidor al fermentador es de alrededor 200 L, siendo esta la capacidad máxima del fermentador, y que la temperatura a la que pasa el mosto al fermentador esta entre 20°C y 30°C. El enfriado del mosto por medio del paso de este por el intercambiador de calor se da en un tiempo de 40 a 60 min. La temperatura en el fermentador es controlada, una vez el mosto se encuentra en este, es necesario enfriar hasta que la temperatura sea la adecuada para la adición de la levadura. La mezcla glicol-agua recircula y se vuelve a almacenar en el tanque para su posterior uso en el enfriamiento en la producción de más lotes.

La temperatura a la que pasa el mosto al fermentador no está controlada, se cree que al pasar la mezcla glicol con agua a una temperatura entre 5°C y 10°C es suficiente para que el mosto llegue al fermentador a una temperatura entre 20 y 30°C. La temperatura en el fermentador se tiene que volver a ajustar hasta que el mosto llegue a una temperatura adecuada para la activación de la levadura, el mosto no se está enfriando rápidamente y esta es una de las causas de sabores indeseados en la cerveza. Es importante resaltar que el chiller tiene una capacidad de enfriamiento de hasta -10°C.

Cuando el mosto pasa del hervidor al fermentador no se controla la cantidad de este que llega al fermentador, se sabe cuánto es por la cantidad residual de mosto que queda en el hervidor, es decir en varias ocasiones se sobrepasa el límite de los 200 L de capacidad que tiene el fermentador.

2.3.11 Proceso actual fermentación en la empresa milenaria. En milenaria, después del proceso de enfriamiento del mosto, este llega al fermentador, una oportunidad de mejora en esta etapa y antes de la adición de levadura es hacer aireación del mosto ya que no se realiza y es de gran importancia para la activación de la levadura. La temperatura final a la que se encuentra el fermentador es de alrededor de 30°C a 35°C por lo que es necesario recurrir a servicios de enfriamiento para que este llegue a una temperatura adecuada a la que la levadura se pueda adaptar. El enfriamiento del tanque fermentador es de alrededor 6 horas, ya que la mezcla agua-glicol que se encuentra en el tanque chiller tiene que ser enfriada, esta mezcla está a una temperatura de 20°C a 25°C y proviene del procedimiento anterior de enfriado del mosto.

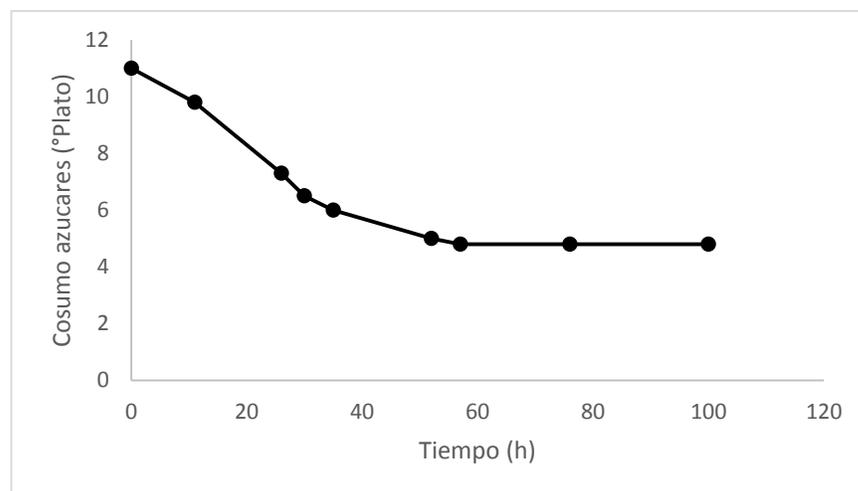
Cuando el fermentador alcanza una temperatura de 18°C se hace la inoculación de la levadura. Este proceso es de mucho cuidado porque se quiere evitar la contaminación de la levadura y del tanque fermentador, es necesario que todos los elementos usados estén sanitizados y que se evite la entrada de oxígeno a la planta y en especial al fermentador. Los instrumentos usados son sanitizados con alcohol y estos son pasados por un mechero para eliminar microorganismos. El fermentador cuenta con un orificio con tapón en la parte superior, por la cual se puede hacer la

inoculación de la levadura, para evitar que ingresen microorganismos al tanque se pone al lado un mechero de alcohol, el fuego se alimenta de oxígeno para continuar su propagación, por lo que estaría usando el oxígeno disponible alrededor de esta entrada y a su vez evita que ingresen los microorganismos que se encuentren alrededor del orificio.

La cantidad de levadura que ingresa al fermentador es pesada por medio de una balanza. Una vez la levadura ingresa, el tanque es sellado nuevamente para que la levadura empiece su fase Lag o de adaptación. Después de 12 horas de que la levadura se encuentre en la fase de adaptación, se permite la salida del dióxido de carbono del fermentador para que empiece la fase primaria o atenuativa, el tanque fermentador cuenta con un airlock que permite la salida de este gas, esta salida está conectada por una manguera que va hacia un recipiente de polietileno de alta densidad o PEAD de 15 L que cuenta en su interior con una mezcla de agua y desinfectante Star San para permitir el burbujeo y evitar que la fermentación anaeróbica se afecte con el ingreso indeseado de oxígeno al fermentador.

En la fase primaria, la densidad inicial del mosto es de 1.052, esta densidad es medida en el laboratorio de Milenaria con un hidrómetro. En el laboratorio también se mide el consumo de azúcares en °Plato, este consumo de azúcares se encuentra representado en la Gráfica 2, se evidencia que la fase primaria es de 6 días y esta termina cuando el consumo de azúcares es constante, es decir, ya no hay más consumo de azúcares ya que estos se convirtieron en etanol, dióxido de carbono y energía. La densidad final medida es de 1.008.

Gráfica 2. Consumo de azúcares durante la fermentación



Fuente: elaboración propia

Con las mediciones de densidad se puede hacer uso de la Ecuación 2 para calcular el porcentaje de atenuación, que como ya se mencionó es un porcentaje para

describir el porcentaje de azúcar de malta que es convertido, por la acción de la levadura, en etanol y CO₂. El porcentaje de atenuación de este lote es de 85%, es decir, la cantidad de azúcares del mosto que fermentaron fue de 85%.

El hidrómetro, también conocido como densímetro, mide la densidad específica de un líquido, permite tener una estimación del grado alcohólico al que se va a llegar, en este caso la medición se realiza al inicio de la fase secundaria y esta medición fue de 6 grados de alcohol. A la cerveza final se le realizó un análisis de laboratorio para medir estos grados de alcohol el día 6 de mayo de 2019 (Anexo D) el resultado fue de 5.1 grados de alcohol, esta diferencia se debe a que la medición se realiza apenas empieza la fase primaria o atenuativa, en donde no todos los azúcares fermentables se han convertido en etanol y CO₂.

Al terminar la fase de atenuación o primaria, se enfría el tanque fermentador a una temperatura de 5°C para que la levadura flocule, o se asenté en el fondo del fermentador, y esta pueda ser retirada por la parte inferior de este. Inmediatamente después de retirar los sedimentos de levadura, inicia la fase de acondicionamiento o maduración, esta fase tiene un tiempo de alrededor de 2 semanas, para asegurar que la levadura que aun esta activa retire compuestos como acetaldehído, esteroides, aminoácidos, entre otros que generan sabores indeseados en la cerveza. Al terminar estas dos semanas la cerveza es sometida a un proceso de carbonatación.

La carbonatación se realiza con la ayuda de una piedra carbonatadora y la inyección de CO₂ proporcionada por una bala o tanque de aluminio que contiene este gas. La piedra se conecta al tanque fermentador por medio de una mirilla de vidrio, en la parte posterior de la piedra carbonatadora se conecta el tanque de CO₂ para permitir la entrada de este. El CO₂ se inyecta hasta que la presión que muestra el manómetro del tanque fermentador tenga una presión de alrededor 30 psi.

Uno de los factores importantes para una buena fermentación es la temperatura. La levadura es fuertemente afectada por ella, demasiado frío y se vuelve inactiva, demasiado calor y se generan compuestos en la fermentación que no pueden ser limpiados fácilmente, además las altas temperaturas favorecen la producción de fusels de alcohol. Altas temperaturas también pueden conducir a niveles excesivos de diacetilo.

Otro de los factores que influyen a una buena fermentación es el tiempo, es importante respetar los tiempos de cada fase y no apresurar la fermentación porque esto hace que compuestos que generan sabores indeseados no sean consumidos por la levadura. Uno de los errores en Milenaria es apresurar la fase de acondicionamiento, para embarrilar o embotellar la cerveza rápido y poder vender el producto, la cerveza no termina esta fase y se encuentran sabores indeseados a acetaldehído, que tiene un sabor y aroma a manzana verde.

2.3.12 Proceso actual de embarrilado en la empresa milenaria. Antes de poder hacer el llenado de los barriles en Milenaria, es necesario hacer una limpieza de estos, ya que estos provienen del punto de venta con residuos de cerveza y con exceso de presión de gas. Sobre la limpieza se hablará más adelante (2.2.11 Limpieza).

Después de que los barriles se encuentran totalmente limpios estos llegan con una mezcla de agua y desinfectante Star San que es necesario retirar para poder llenar de cerveza el barril. Para retirar esta mezcla se inyecta dióxido de carbono al barril, una vez se haya retirado la mezcla se procede a hacer el llenado. Este llenado se debe hacer rápido y cuidadosamente para evitar que la cerveza entre en contacto con el ambiente y se presente contaminación. Se conecta el barril con una de las válvulas inferiores del fermentador por medio de una manguera y a su vez estos se conectan a la bala de dióxido de carbono para poder hacer la inyección de este compuesto y así permitir el paso de la cerveza al barril gracias a la diferencia de presiones entre el barril y el tanque fermentador. Esta conexión entre el tanque fermentador, el barril y el dióxido de carbono se hace por medio de un acoplador de barril con válvula dispensadora que permite la conexión de los tres en la única entrada y salida en la parte superior de los barriles.

Es necesario ajustar la presión (presurizar) del barril, inyectando dióxido de carbono, a la misma presión o menor a la del fermentador para permitir el paso de la cerveza, una vez se ajusta la presión se para la inyección de dióxido de carbono, se abre la válvula del fermentador y se permite el paso de cerveza al barril, a su vez también es necesario abrir la válvula de alivio para permitir la salida del gas que se encuentra en el barril. La inyección de dióxido de carbono también ayuda a la carbonatación de la cerveza. Cada barril tiene una capacidad de 19.5 L y cada uno se llena en un tiempo aproximado de 20-30 min, por cada lote se llenan 9 barriles.

El proceso de embarrilado no se realiza en un solo día porque no se cuenta con los barriles necesarios para sacar todo el lote, hay que esperar que los barriles que se encuentran en puntos de venta se desocupen, estos sean llevados a la planta, lavados y puedan ser usados nuevamente, con esto se corre el riesgo de que se contamine la cerveza por entrada de microorganismo u oxígeno en los momentos en que hay que cambiar la manguera para que salga la mezcla agua-desinfectante y entre la cerveza al barril.

2.3.13 Proceso actual de limpieza en la empresa milenaria. El proceso de limpieza en Milenaria empieza inmediatamente después de terminar la cocción de un lote, con excepción de la limpieza de los barriles y los fermentadores para evitar que se acumulen o se creen colonias de microorganismos. La limpieza es el proceso más demorado, con un tiempo de 2 horas y 30 min a 3 horas.

Uno de los equipos que hay que limpiar inmediatamente es el macerador, después del macerado se retira el afrecho para su posterior uso en otra industria, en Milenaria este afrecho se vende a una finca ganadera y es utilizado como alimento para los animales bovinos; en las paredes del tanque y las aspas de este quedan residuos de bagazo, si estos residuos no se limpian inmediatamente estos quedan adheridos por su alto contenido de azúcares y es difícil retirarlos después de un tiempo, primero se hace un lavado con agua proveniente de una manguera conectada a un grifo y con esponjas para facilitar la limpieza. Una vez este queda limpio, se recircula agua desde este hasta el tanque hervidor para retirar estos residuos de malta pero también para retirar la cama de lúpulo que queda en el tanque hervidor y residuos que queden en las tuberías y el intercambiador.

Una vez todos los residuos son retirados, se llena el tanque Hot Liquor con aproximadamente 50 L de agua, se mezclan con 150 g de Sosa Caustica o también conocido como hidróxido de Sodio, al 48%, se calienta para después circular esta mezcla por todas las tuberías y tanques, siendo el tanque hervidor el último. Esta mezcla es corrosiva y puede causar graves daños a la piel y los ojos. Después de esto se repite el procedimiento pero con Star San.

El tanque fermentador se limpia y sanitiza una vez este está vacío y ha sido expulsado el dióxido de carbono que queda en este. En primer lugar la limpieza de este se hace con agua, jabón y cepillo para retirar la capa adherida a la pared del tanque, una vez esta es retirada se recircula dentro del mismo una mezcla de agua con Sosa y por último una mezcla de Star San y agua. Cada una de las partes del fermentador es retirada para sanitizar por aparte.

Para la limpieza de los barriles, en primer lugar, se retira el dióxido de carbono y los residuos de cerveza que vienen desde el punto de venta en los barriles. Posteriormente se llenan con una mezcla de agua y Sosa al 48%, esta mezcla hace contacto con todas las paredes del barril por un tiempo de 10 min y se retira por medio de la inyección de dióxido de carbono, todo esto se realiza a temperatura ambiente. Después de ser retirada esta mezcla a los barriles entra agua para asegurar que se retira toda la sosa. Se retira el agua y se llenan con una mezcla de agua y Star San que es retirada en el momento que el barril se llena de cerveza.

Uno de los problemas de esta etapa en Milenaria es que hay mucho gasto de agua, la cantidad de agua que se mezcla con sosa para que circule por todos los equipos y tuberías es de 150 L, además se estima que hay un gasto de aproximadamente 300 L en la limpieza de equipos como el macerador y el fermentador, tanques que es necesario limpiar antes de que se circule la mezcla agua-sosa y agua. StarSan, no se cuenta con una manguera o dispensador de agua a presión que disminuya el gasto de agua en la limpieza.

3. PROPUESTA DE MEJORA EN PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA EN MILENARIA

A lo largo del capítulo anterior se realizó un análisis bibliográfico de cada una de las materias primas y etapas presentes en la fabricación de cerveza artesanal rubia tipo Ale y posteriormente este análisis se comparó con un diagnóstico de la producción de cerveza en la empresa Milenaria. Se evidenció que etapas como el calentamiento y preparación del agua, el macerado, el lavado del grano y enfriamiento del mosto no se realizan ni controlan de manera adecuada, por lo que etapas posteriores como la fermentación se ven afectadas y el producto final no tiene las características fisicoquímicas y organolépticas deseadas. En la Tabla 13 se muestra un resumen de las dificultades y oportunidades de mejora en cada una de las etapas que presenta inconvenientes en Milenaria.

Cuadro 2. Dificultades y oportunidades de mejora en la producción de cerveza en Milenaria

Etapas	Dificultad	Oportunidad de mejora
Calentamiento y preparación del agua	El perfil de iones reportado en el laboratorio AllChem no cumple con el perfil que tiene que tener una cerveza rubia tipo Ale.	Realizar adición de sales para proporcionar iones necesarios para el perfil de cerveza rubia tipo Ale.
Macerado	El pH no es controlado. Del pH del macerado depende la activación de enzimas que producen azúcares fermentables que son fácilmente transformados por la levadura en etanol, además de este también depende el pH del producto final.	Control del pH con adición de compuestos que disminuyan o aumenten la alcalinidad
Lavado del grano	El pH no es controlado. Un pH menor a 5.6 a una temperatura de 75°C extrae azúcares fermentables sin extraer taninos que causan astringencia.	Control del pH con adición de compuestos que disminuyan o aumenten la alcalinidad

Cuadro 2. (Continuación)

Etapas	Dificultad	Oportunidad de mejora
Enfriamiento mosto	La temperatura a la que pasa la mezcla agua-glicol no es controlada y el mosto no llega al tanque fermentador a una temperatura adecuada para la activación de la levadura de 18 a 22°C.	Cálculo de la transferencia de calor.
Fermentación	No se realiza aireación del mosto, el consumo de azúcares no es el mejor debido a que en la maceración y el lavado del grano no se controla el pH, y se apresuran etapas como la maduración.	Control de pH y temperatura, control de consumo de azúcares. No apresurar etapas de fermentación.
Limpieza	Tiempos prolongados de 2 a 3 horas y un gasto de agua de aproximadamente 500L	Manguera o dispensador de agua a presión que disminuya el gasto de agua en la limpieza y el tiempo.

Fuente: elaboración propia

3.1 MATRIZ PUGH

Para la selección del criterio adecuado en propuestas de mejora como lo son adición de sales en el agua y disminución o aumento de alcalinidad en el macerado y lavado del grano se hará uso de la matriz de PUGH.

La Matriz de Pugh es una herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí, su aplicación más habitual es durante la fase de diseño de un producto, ya sea completamente nuevo o una actualización de uno existente. El primer paso es identificar los criterios que serán evaluados, estos son ubicados generalmente como filas de la matriz. Luego se deben especificar los posibles conceptos de diseño o necesidades que apunten al cumplimiento de los criterios definidos, estos estarán como columnas de la matriz. En general, se utiliza la Matriz de Pugh cuando se desea realizar una mejora a un producto existente. El diseño actual del producto se

toma como referencia, el cual aparece como una columna sobre la que se realizarán las comparaciones posteriores.⁴³

Figura 74. Construcción de matriz

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Concepto 1					
Concepto 2					
Concepto 3					
Concepto 4					
Concepto 5					

Fuente: GONZALEZ, Rodrigo. PDCA home [En línea]. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones. 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 18 de Agosto de 2019]

La valoración será: +1 si es mejor que el criterio base o -1 si es peor, 0 para el caso de ser similares en importancia. Se escoge el resultado que sea mayor en la suma total de las valoraciones.

Figura 85. Criterios, conceptos y puntuación de matriz PUGH (ejemplo)

		Criterios				
		Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Concepto	Viabilidad	=	1	1	-1	0
	Tiempo de implantación (días)	=	1	1	-1	0
	Costo de desarrollo (€)	=	0	1	-1	0
	Beneficio para empresa (€)	=	-1	1	0	1
	Grado de innovación	=	1	1	0	1
	Total		0	2	5	-3

Fuente: Fuente: GONZALEZ, Rodrigo. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 18 de Agosto de 2019]

3.2 MINERALES PRESENTES COMO IONES EN EL AGUA

Como ya se mencionó, el agua es la materia prima más abundante en el proceso de cervecería, es el 95% de la cerveza, por lo que se hace necesario saber de dónde

⁴³ SEJZER, Raúl. Calidad total [En línea]. La Matriz de Pugh para la toma de decisiones. Argentina. 14 de octubre de 2016, parr. 2. [Consultado el 18 de Agosto de 2019]. Disponible en: <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>

proviene, conocer su perfil químico de minerales y saber si cuenta con un nivel base estándar de calidad de agua potable. Las diferentes fuentes de agua le proporcionan diferentes perfiles al agua y por lo tanto diferentes beneficios para los distintos estilos de cervezas. Palmer y Kaminski⁴⁴ proporcionan la tabla 14 con las recomendaciones de concentraciones que debe tener el agua para las cervezas.

Tabla 14. Recomendaciones de concentraciones para iones en el agua

Componente	Concentración (ppm)	Importancia
Alcalinidad (como $CaCO_3$)	0-100	Una alta alcalinidad es problemática en el macerado y promueve la formación de carbonatos cuando se combina con calcio y magnesio
Bromato	<0.01	Subproducto de desinfección, contaminante industrial. Puede ser cancerígeno
Calcio	50-150	Ayuda en la fermentación, aumenta claridad y cambia el pH del macerado
Cloro	0	Residuo de desinfecciones y puede causar sabores indeseados en la cerveza
Cloruro	0-100	Ayuda a mejorar el sabor de la cerveza y enfatiza el sabor a malta
Cobre	<1	Es una toxina en altas dosis pero en bajas es un nutriente. Es un catalizador de oxidación de la cerveza
Hierro	0	Genera sabores indeseados y es corrosivo
Magnesio	0-40	Ayuda en la fermentación, mejora la claridad, mejora el pH del macerado pero este es proporcionado generalmente por la malta
Manganeso	0	Genera sabores indeseados off-flavor, y la precipitación causa derramamiento
Nitrato	<44	El exceso de nitratos puede indicar escorrentía agrícola. Los nitratos se pueden reducir a nitritos.
Nitritos	<3	Los nitritos son un conservante de alimentos y son venenosos para las células de levadura.

⁴⁴ PALMER, John y KAMINSKI, Colin. How to read a water report. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 98

Tabla 14. (Continuación)

Componente	Concentración (ppm)	Importancia
Sodio	0-50	Ayudan a mejorar el sabor, pero menos es mejor para evitar sabor salado
Sulfato	<250	Ayudan a mejorar el sabor, destaca el carácter del lúpulo y la sequedad.
Zinc	<0.5	Es un nutriente vital de la levadura pero alta concentración puede causar sabores indeseados
Sólidos totales disueltos	<500	Incremento indica alta mineralización

Fuente: PALMER, John y KAMINSKI, Colin. How to read a water report. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 98

Está claro que en Milenaria hay que hacer adición de sales porque el perfil reportado por el laboratorio, (Anexos B y C) el día 22 de febrero del 2019 y 25 de febrero de 2019 respectivamente, no cumple con el perfil que tiene que tener una cerveza Ale como se reportó en la Tabla 14 y esta es una de las causas por las que los resultados fisicoquímicos y organolépticos en el producto final no son los esperados. Se hace necesario conocer las sales que se pueden agregar al agua para que estas ayuden a mejorar las características de las cervezas, por ejemplo la presencia de sulfatos de calcio (CaSO_4) ayuda a la sedimentación de la levadura, también remueve las proteínas durante el hervor; la presencia de cloruro de calcio (CaCl_2) en bajas concentraciones da un balance de sabor dulce a la malta; Carbonato de calcio (CaCO_3), permite subir el calcio y aumentar el PH, muy utilizado en la elaboración de cervezas negras, para compensar la acidez de las maltas tostadas.

3.2.1 Sulfato de calcio (CaSO_4). El sulfato de calcio tiene tres formas hidratadas: la anhidra (CaSO_4), la dihidratada ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la semihidratada. Está formado por el catión calcio Ca^{+2} y el sulfato aniónico SO_4^{-2} , que forman una estructura ortorrómbica o monoclinica. Además de hacer que el agua sea más dura (más rica en calcio), reaccionará con la malta acidificando el mosto lo que ayuda cuando el pH del mosto es demasiado alcalino. Además se potenciará el sabor de los lúpulos y protegerá la cerveza de la acción de algunos microorganismos nocivos.

3.2.2 Sulfato de Magnesio (MgSO_4). Hará más adecuada el agua blanda, particularmente para las cervezas pale, así mismo la adición de sales como el sulfato de calcio, el cloruro de calcio o el sulfato de magnesio, disminuyen el pH del macerado contrarrestando la alcalinidad causada por la dureza carbonatada.

3.2.3 Carbonato de calcio (CaCO₃). Se adiciona para añadir calcio y regular los carbonatos en el agua del proceso, esta adición de carbonato de calcio afecta el pH, aunque así mismo el calcio mejora la floculación de proteínas y taninos durante el hervido permitiendo, además, una excelente compactación durante el macerado. Durante la fermentación ayuda a la floculación de levaduras, dando como resultados cervezas más claras y transparentes.

El calcio es lo que más se busca en esta adición ya que como se mencionó anteriormente, este ayuda a la actividad de α -amilasas, β -amilasas y proteasas, beneficia la degradación y precipitación de proteínas.

3.2.4 Cloruro de Sodio (NaCl). La presencia de cloruro de sodio es ideal ya que es una de las sales que se puede disolver fácilmente, así mismo ayuda a evitar la sal iodada y los agentes anti coagulantes, y por último le brindaran a la cerveza terminada un sabor con más cuerpo.

3.2.5 Cloruro de calcio (CaCl₂). La adición de cloruro de calcio permite subir los iones de calcio y disminución el pH, así mismo en bajas concentraciones de cloruros da un balance de sabor dulce a la malta. El calcio mejora la floculación de proteínas y taninos durante el hervido permitiendo, además, una excelente compactación durante el whirlpool; Durante la fermentación, ayuda a la floculación de levaduras, dando como resultados cervezas más claras y transparentes.

Huxley⁴⁵ proporciona una tabla (Tabla 15) que muestra la concentración de cada ion que aporta la adición de 1 gramo de sal por cada litro de agua

Tabla 35. Concentración de iones aportada por la adición de cada sal

COMPUESTO	CANTIDAD	PPM AÑADIDAS	PPM AÑADIDAS
Sulfato de calcio (CaSO ₄)	g/L	233 Ca ⁺²	558 SO ₄ ⁻²
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	g/L	99 Mg ⁺²	390 SO ₄
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	g/L	400 Ca ⁺²	600 CO ₃ ⁻²
Cloruro de sodio (NaCl)	g/L	343 Na ⁺¹	607 Cl ⁻¹
Cloruro de calcio anhidrido (CaCl ₂)	g/L	361 Ca ⁺²	638 Cl ⁻¹
Cloruro de calcio deshidratado (CaCl ₂ ·2H ₂ O)	g/L	273 Ca ⁺²	482 Cl ⁻¹

Fuente: HUXLEY, Steve. La materia prima. En: La cerveza, Poesía Líquida. 2 ed. España: Ediciones Trea, S.L., 2011. p 195

⁴⁵ HUXLEY, Steve. La materia prima. En: La cerveza, Poesía Líquida. 2 ed. España: Ediciones Trea, S.L., 2011. p 195

No todas las sales se pueden usar, si se hace adición de sulfato de calcio y sulfato de magnesio habría una concentración de sulfato que sobrepasaría los límites establecidos para el perfil de agua del estilo de cerveza deseado. Se hace necesario escoger las sales que más aporten, que sean más solubles, que sean de fácil acceso en el mercado, entre otros. Palmer y Kaminski⁴⁶ facilitan esta selección por medio de ciertos criterios presentados en la siguiente Tabla

Tabla 46. Criterios de selección sales

Sales	Iones requeridos	Criterios
Carbonato de calcio CaCO_3	<ul style="list-style-type: none"> • Ca^{+2} • CO_3^{-2} 	No usar. Aumenta la alcalinidad del agua y esto hace que el pH de macerado se aleje del rango de pH esperado que es de 5.2 a 5.6
Bicarbonato de sodio NaHCO_3	<ul style="list-style-type: none"> • CO_3^{-2} • Na^{+1} 	Disuelve fácil y efectivamente. Afecta alcalinidad aumentándola, por lo que ayuda a aumentar el pH
Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2	<ul style="list-style-type: none"> • Ca^{+2} 	Aumenta alcalinidad, disuelve fácil, difícil acceso.
Hidróxido de sodio NaOH	<ul style="list-style-type: none"> • Na^{+1} 	Aumenta alcalinidad, disuelve fácil, material peligroso
Hidróxido de Potasio KOH	<ul style="list-style-type: none"> • K^{+1} 	Aumenta alcalinidad, disuelve fácil, material peligroso
Sulfato de Calcio CaSO_4	<ul style="list-style-type: none"> • Ca^{+2} • SO_4^{-2} 	La saturación a temperatura ambiente es de aproximadamente 2 gramos por litro. Disuelve con agitación. Disminuye el pH del macerado
Sulfato de Calcio MgSO_4	<ul style="list-style-type: none"> • Mg^{+2} • SO_4^{-2} 	La saturación a temperatura ambiente es de aproximadamente 255 gramos por litro. Disuelve con agitación. Disminuye el pH del macerado
Cloruro de calcio Ca(Cl)_2	<ul style="list-style-type: none"> • Ca^{+1} • Cl^{-1} 	Disuelve fácil, disminuye pH del macerado. Sal para usos alimenticios no viene completamente pura

⁴⁶ PALMER, John y KAMINSKI, Colin. How to read a water report. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 326

Tabla 16. (Continuación)

Sales	Iones requeridos	Criterios
Cloruro de Magnesio Mg(Cl) ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Mg⁺² • Cl⁻¹ 	Disuelve fácil, disminuye pH del macerado. Sal para usos alimenticios no viene completamente pura
Cloruro de Sodio NaCl	<ul style="list-style-type: none"> • Na⁺¹ • Cl⁻¹ 	Disuelve fácil. Evitar la sal yodada y los agentes antiaglomerantes.

Fuente: PALMER, John y KAMINSKI, Colin. How to read a water report. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 326

En una cerveza, un 75% de los minerales provienen de la malta (Figura 16), mientras que el restante 25% provienen del agua, la composición mineral de la malta depende de la variedad, el lugar donde se cultivó, las condiciones atmosféricas, las técnicas de cultivo y los sistemas de cosecha, almacenamiento y malteado.⁴⁷

Figura 96. Composición de minerales en la malta

Minerals	Reference 1 ^a	Reference 2 ^b	Reference 3 ^c
K ⁺		3,530	3,618
PO ₄ ³⁻	6,329		
Mg ²⁺	1,155	1,370	1,421
Ca ²⁺	479	730	824
Na ⁺		28.2	25.0
Cl ⁻	830		
SO ₄ ²⁻	300		
SiO ₂	5,260		

Notes: The quantity of different minerals in malt from different authors.

^aKolbach and Rinke (1963).
^bHolzmann (1975).
^cMändl et al. (1972).

Fuente: MONTANARI, Luigi, et al. Minerals in Beer. Italy: Italian Brewing Research Centre (CERB), University of Perugia, 2009. Serie de informes técnicos: 34.

⁴⁷ MONTANARI, Luigi, et al. Minerals in Beer. Italy: Italian Brewing Research Centre (CERB), University of Perugia, 2009. Serie de informes técnicos: 34.

3.2.6 Matriz de PUGH para selección de sales Para la creación de la matriz que se muestra en la tabla 17, los criterios son todos los compuestos que se encuentran en la tabla 16 y los conceptos o necesidades son los que apuntan al cumplimiento y selección de las sales. En esta matriz se evidencia que las sales a seleccionar deben ser sulfato de calcio y cloruro de sodio.

Tabla 57. Matriz de decisión PUGH selección de sales

		Criterios										
		Sin sales	CaCO3	NaHCO3	Ca(OH)2	NaOH	KOH	CaSO4	MgSO4	Ca(Cl)2	(MgCl)2	NaCl
Concepto	Fácil dilución	=	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
	Material peligroso	=	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	0
	Activación de enzimas	=	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Disminución pH	=	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
	Sabor a malta	=	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Amargor	=	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
	Alcohol	=	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Color	=	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
	Total	0	3	3	3	2	2	6	4	5	5	6

Fuente: elaboración propia

Para evitar problemas de alcalinidad en el macerado, se descartan los compuestos carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, hidróxido de calcio, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio, que son sales que pueden ser usadas en el macerado si el pH es menor al rango deseado de 5.2 a 5.6; además las dos últimas sales son consideradas materiales peligrosos y se quiere evitar que los operarios manipulen estos compuestos.

Como se evidencia en la tabla 18 y en la figura 12 la malta aporta grandes cantidades de magnesio por lo que las sales sulfato de magnesio y cloruro de magnesio también son descartadas, además magnesio en grandes cantidades proporciona un sabor amargo a la cerveza. La sal cloruro de calcio para su uso en alimentos no se encuentra en estado puro por lo que la proporción de concentraciones deseadas se hace difícil si se usa esta sal.

Es decir, las sales que serán usadas serán sulfato de calcio y cloruro de sodio, que además de que son de fácil acceso, se disuelven fácil como se confirma en la matriz de decisión PUGH. Es necesario el uso de un pH-metro para controlar el pH del macerado porque la adición de sales en el agua muy seguramente afectara el rango deseado de pH.

3.2.7 Cálculo de cantidad necesaria de sal para adición al agua. En Milenaria la adición de sales, que como se mostró anteriormente por medio de la matriz de decisión son el sulfato de calcio y el cloruro de sodio, se hace necesaria porque como se evidencia en la tabla 14 el agua usada en la planta no cumple con el perfil necesario para la producción de una cerveza rubia de tipo Ale. El cálculo de la cantidad de sal necesaria para que aporte la concentración se hace en tres pasos:⁴⁸

1. Restar la concentración actual del ion de la concentración deseada. El resultado es la concentración adicional requerida.
2. Dividir la concentración adicional requerida por su porcentaje presente en la sal (este porcentaje depende del peso molecular y de si el compuesto esta anhídrido, hemihidratado, dihidratado o hexahidratado) para determinar la concentración aportada por el ion.
3. El resultado del paso 2 se multiplica por la cantidad de agua a la que se hace la adición.

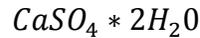
Como ejemplo se mostrará el cálculo realizado para la adición de iones de calcio que proviene del sulfato de calcio:

$$\begin{array}{r} 1. \text{Ca}^{+2} \quad 100 \quad \text{ppm} \\ \quad \quad \quad - \quad 5.72 \quad \text{ppm} \\ \hline \end{array}$$

⁴⁸ HOLLE, Stephen. Water treatment. En: Handbook, Basic brewing calculations. 4 ed. St. Paul, Minnesota: The Master Brewers Association of the Americas, 2010. p 23

94.28 ppm → Concentración adicional requerida

2. Los iones de calcio se obtienen del sulfato de calcio dihidratado o yeso



El porcentaje presente en la sal es de 23% y se calcula dividiendo el peso molecular del calcio en el peso molecular de todo el compuesto

$$\begin{array}{r} 94.28 \\ \div 0.23 \\ \hline 409.91 \text{ mg/L de } CaSO_4 \end{array}$$

3. 300 L

$$\times 409.91 \text{ mg/L de } CaSO_4$$

$$122973 \text{ mg de } CaSO_4 \rightarrow \mathbf{122.973 \text{ g de } CaSO_4}$$

Esta es la cantidad de sal de sulfato de calcio necesaria para que se haga un aporte de 94.28 ppm de Ca^{+2} y se completen las 100 ppm requeridas por el perfil del agua de la cerveza rubia tipo Ale. Si se agregan 123 g de sulfato de calcio esto aporta 230 ppm de iones SO_4^{-2}

En la Tabla 18 se muestran los resultados de los cálculos realizados y la concentración de iones aportada si se hace esta adicción.

Tabla 68. Concentraciones aportadas por la adición de sales en Milenaria

SAL	Cantidad (g)	Concentración catión (ppm)	Concentración anión (ppm)
<i>CaSO₄</i>	123	94.28	230
<i>NaCl</i>	35	46.3	70

Fuente: elaboración propia

Conocer con exactitud la cantidad de agua que entra al proceso de producción de cerveza en la planta de Milenaria es de gran importancia porque como se evidencia esta cantidad es usada en el cálculo de la cantidad de sales necesarias para que aporten las concentraciones necesarias para alcanzar el perfil de agua deseado.

John Palmer cuenta con una aplicación que facilita estos cálculos, llamada Palmer's Brewing Water Adjustment App, para hacer uso de esta aplicación es necesario conocer el perfil del agua que se va a utilizar, la alcalinidad y el estilo de cerveza y está facilita las cantidades necesarias a usar de cada sal sin necesidad de hacer cálculos. También hay diversas calculadoras online que cumplen con la misma función que esta aplicación.

3.2.8 Relación sulfato-cloruro. Esta relación es de gran importancia para varios autores ya que esta determina el balance de lúpulo versus el de malta en la cerveza que aportan los sulfatos y cloruros respectivamente. Ayuda a entender como el perfil mineral afecta el sabor de la cerveza. El rango recomendado de sulfatos es de 50 a 150 ppm y de cloruro de 50 a 150 ppm, lo que indica rangos de la relación sulfato-cloruro de 5:1 a 0.5:1 que es la relación recomendada para todos los estilos de cervezas a excepción de las IPAs.

3.3 MÉTODOS DE REDUCCION DE ALCALINIDAD EN EL MACERADO Y EL AGUA DE LAVADO.

La alcalinidad es un parámetro muy importante en el mosto que se está formando en el macerado ya que este indica el pH al que se está haciendo el macerado. Palmer y Kaminski⁴⁹ proporcionan la siguiente tabla con los métodos que se pueden usar, su efectividad y su seguridad para disminuir el pH en caso de que este sea muy alto y sobrepase el rango de macerado de 5.2 a 5.6

Tabla 7. Criterios de selección para disminuir alcalinidad del mosto y el agua de lavado

Método	Efectividad	Seguridad	Comentarios
Dilución con agua desionizada	Muy buena	Poco peligro	Muy efectivo. Corrosión potencial en tanques y tuberías de acero inoxidable
Hervir	Justo	Poco peligro	Reduce la alcalinidad y la dureza. Altos costos energéticos y es necesario decantar antes de usar. Puede ser difícil de limpiar. Eficacia depende del agua
Ablandamiento con Ca(OH) ₂	Bueno	Poco peligroso	Reduce la alcalinidad y a dureza. No es viable económicamente
Ácido hidrocórico	Bueno	Peligroso	Añade cloruros al agua. No tiene efecto en la dureza

⁴⁹ PALMER, John y KAMINSKI, Colin. Controlling alkalinity. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 263

Tabla 18. (Continuación)

Método	Efectividad	Seguridad	Comentarios
Ácido sulfúrico	Bueno	Peligroso	Añade sulfatos al agua. No tiene efecto en la dureza
Ácido fosfórico	Bueno	Moderadamente peligroso	Añade fosfatos al agua. No tiene efecto en el sabor.
Ácido láctico	Bueno	Moderadamente peligroso	Adiciona lactato al agua. Afecta el sabor No tiene efecto en la dureza
Ácido acético	Justo	Poco peligroso	Añade acetato al agua. Afecta el sabor No tiene efecto en la dureza
Ácido cítrico	Bueno	Bajo	Añade citrato al agua. Afecta el sabor No tiene efecto en la dureza

Fuente: PALMER, John y KAMINSKI, Colin. Controlling alkalinity. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 263

Según la tabla anterior el método escogido para reducir la alcalinidad es la adición de ácido fosfórico porque, es un método efectivo, moderadamente peligroso por tratarse de un ácido, no cambia la dureza del agua, no es necesaria su limpieza, disuelve fácilmente con agitación, no afecta tuberías y tanques, es uno de los pocos que no afecta el sabor y no añade iones que ya han sido añadidos al agua.

Este mismo ácido puede ser usado para disminuir el pH del lavado del grano que se hace después del macerado, este pH tiene que ser menor a 5.6.

3.3.1 Matriz PUGH para disminuir alcalinidad del mosto y lavado del grano Esta decisión se comprobará con una matriz de decisión PUGH que se muestra a continuación en la Tabla 18 que evidencia que la mejor selección para reducir la alcalinidad en el macerado y el lavado del grano es el ácido fosfórico. Los criterios son los métodos proporcionados por la tabla 20 y los conceptos son los que apuntan al cumplimiento y selección de estos.

Tabla 20. Matriz de selección PUGH para disminuir alcalinidad

		Criterios									
		Sin método	Dilución con agua desionizada	Hervir	Ca(OH) ₂	Ácido hidrolórico	Ácido sulfúrico	Ácido fosfórico	Ácido láctico	Ácido acético	Ácido cítrico
Concepto	Efectividad	=	1	0	1	1	1	1	1	0	1
	Seguridad	=	0	0	0	-1	-1	1	1	0	1
	Corrosión	=	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
	Agrega iones	=	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Afecta sabor	=	1	1	1	0	0	0	-1	1	-1
	Afecta dureza agua	=	0	0	-1	1	1	1	1	1	1
Total		0	1	0	1	0	0	2	1	1	1

Fuente: elaboración propia

3.4 METODOS PARA AUMENTAR ALCALINIDAD (ACIDIFICAR) DEL MACERADO Y EL AGUA DE LAVADO

En la mayoría de los casos, en la producción de cerveza la alcalinidad aumenta y se hace necesario disminuirla. Pero también se puede presentar el caso en el que la alcalinidad sea menor al rango deseado en el macerado y se necesite usar un método para aumentar esta alcalinidad. Como en el caso anterior Palmer y Kaminski⁵⁰ proporcionan una tabla para elegir el método adecuado para aumentar esta alcalinidad.

Tabla 21. Criterios de selección para aumentar alcalinidad en el macerado y el agua de lavado

Método	Efectividad	Peligro	Comentarios
Bicarbonato de sodio	Buena	Poco peligroso	Puede añadirse al agua o al macerador. Muy soluble en agua. Saturación de 1 gramo por litro
Carbonato de calcio	Pobre	Poco peligroso	Poco soluble. Niveles de saturación muy bajos. No afecta en gran medida la alcalinidad
Cal apagada	Buena	Moderadamente peligroso	Puede añadirse al agua o al macerador. Se necesitan grandes cantidades
Hidroxido de sodio	Buena	Peligroso	Puede añadirse al agua o al macerador. Se necesitan grandes cantidades y podría afectar el perfil del agua ya modificada.
Hidroxido de potasio	Buena	Peligroso	Puede añadirse al agua o al macerador. Se necesitan grandes cantidades que afectan el sabor

Fuente: ¹ PALMER, John y KAMINSKI, Colin. Controlling alkalinity. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 296

La mejor opción de estos métodos es hacer uso de bicarbonato de sodio porque su efectividad es buena, es un compuesto poco peligroso, es soluble, con buena saturación, no afecta el sabor, no se necesitan grandes cantidades y esto hace que no se afecte el perfil del agua ya modificada.

⁵⁰ PALMER, John y KAMINSKI, Colin. Controlling alkalinity. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 296

3.4.1 Matriz PUGH para aumentar alcalinidad del mosto y lavado del grano Esta decisión se comprobará con una matriz de decisión PUGH que se muestra a continuación en la Tabla 19 que evidencia que la mejor selección para reducir la alcalinidad en el macerado y el lavado del grano es el ácido fosfórico. Los criterios son los métodos proporcionados por la tabla 21 y los conceptos son los que apuntan al cumplimiento y selección de estos.

Tabla 22. Matriz PUGH para aumentar alcalinidad

		Criterios					Hidroxido de potasio
		Sin método	Bicarbonato de sodio	Carbonato de calcio	Cal apagada	Hidroxido de sodio	
Concepto	Efectividad	=	1	0	1	1	1
	Seguridad	=	0	0	1	-1	-1
	Cantidad	=	1	1	-1	-1	-1
	Afecta dureza agua	=	0	0	-1	1	1
	Total	0	2	1	0	0	0

Fuente: elaboración propia

3.5 BALANCE TÉRMICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA ENFRIAR EL MOSTO

Como se mencionó en el capítulo anterior el enfriamiento del mosto es una de las etapas que más inconvenientes genera en la producción de cerveza. El mosto no se está enfriando a la temperatura adecuada y esto hace que se generen sabores indeseados en la cerveza y es necesario esperar para la inoculación porque el fermentador no se encuentra a la temperatura indicada para que trabaje la levadura.

El enfriamiento debe llevarse a cabo rápidamente para minimizar las posibilidades de crecimiento de cualquier microorganismo contaminante y evitar los defectos de sabor, también están presentes los componentes de sulfuro que se desarrollan en el mosto mientras éste está caliente, mientras el mosto está todavía caliente las bacterias y la levadura son inhibidas pero este mosto es muy susceptible a daños por oxidación a medida que se enfría, ya que si el mosto es enfriado lentamente, el DMS continúa produciéndose, sin ser eliminado por el hervor.

Se realizó un cálculo de la temperatura a la que debe entrar la mezcla glicol agua, que debe ser de $-1,086^{\circ}\text{C}$, temperatura que alcanza el chiller, para asegurar que el mosto llegue a la temperatura indicada al fermentador haciendo uso de la Ecuación 5. Los resultados y valores usados son expresados en la Tabla 24. Es importante resaltar que para efectos de cálculo, la capacidad calorífica del mosto es igual a la

del agua⁵¹; los caudales son especificaciones de las bombas que transportan cada uno de los fluidos, la temperatura de salida del mosto es la temperatura a la que se quiere llegar y la de la salida de la mezcla glicol agua es medida a la salida de la tubería que transporta la mezcla.

Tabla 83. Calculo transferencia de calor enfriamiento del mosto

Zonas	Zona Caliente		Zona Fría	
Fluidos	Mosto que entra	Mosto que sale	Mezcla glicol-agua que entra	Mezcla glicol-agua que sale
Temperatura	94°C	18°C	-1.086°C	60°C
Caudal	20L/min		28L/min	
Cp	1.006 kcal / kg °C		0.894 kcal / kg °C	
Área intercambiador	0.96 m ²			
Presión intercambiador	3.0 MPa.			

Fuente: elaboración propia

3.6 USO DEL AGUA EN LA LIMPIEZA Y LAVADO

Para disminuir tiempos de 3 horas aproximadamente y el uso excesivo de agua de aproximadamente 500 L en la limpieza, se hará la compra de una hidrolavadora que facilitará la reducción de estas dos variables, además del uso de desinfectantes y detergentes.

Las hidrolavadoras son máquinas capaces de rociar agua a alta presión para la limpieza y trabajan de una manera muy simple, el agua emerge presurizada y a alta velocidad a través de una manguera en cuyo extremo se conecta una fina boquilla, produciendo un chorro de gran fuerza para desprender la suciedad. El elemento central de toda hidrolavadora es un motor, el cual, a su vez, acciona una bomba que presuriza el agua, de modo que la que emerge de la boquilla está una presión mucho mayor que cuando entró en la hidrolavadora.

⁵¹ CANDELARIO, Alfredo Martín y GONZALES MENDOZA, Luis A. Diseño de una industria microcervecera. Trabajo de grado ingeniería química industrial. Tenerife: Universidad de la Laguna, 2015. 48 p.

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS PARA LA PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA TIPO ALE EN MILENARIA

Después de analizar que la alternativa que más se ajusta a las necesidades de la empresa Milenaria es el de la adición de sales al agua que entra al tanque Hot liquor porque el perfil del agua usada en la planta no se ajusta al perfil necesario para la producción de cerveza rubia tipo Ale, las sales que se van a adicionar son:

- CaSO_4
- NaCl

Además se hará el control del pH en los procesos de maceración y lavado del grano con la adición de:

- Ácido fosfórico para reducir alcalinidad
- Bicarbonato de sodio para disminuir acides o aumentar alcalinidad

También se controlará la temperatura a la que es enfriado el mosto que entra a la etapa de fermentación para evitar sabores indeseados y se controlarán los tiempos de fermentación.

Para poder implementar la alternativa se hace necesario la compra de las sales, el ácido fosfórico y bicarbonato de sodio, un pH-metro para controlar pH y una hidrolavadora para reducir el consumo de agua y reducir tiempo en el lavado de los tanques.

Para evaluar la alternativa de mejora se harán análisis fisicoquímicos en el laboratorio, de amargor y grados de alcohol a la cerveza. A su vez se contará con un panel sensorial que evaluará las características organolépticas de la cerveza con y sin mejora.

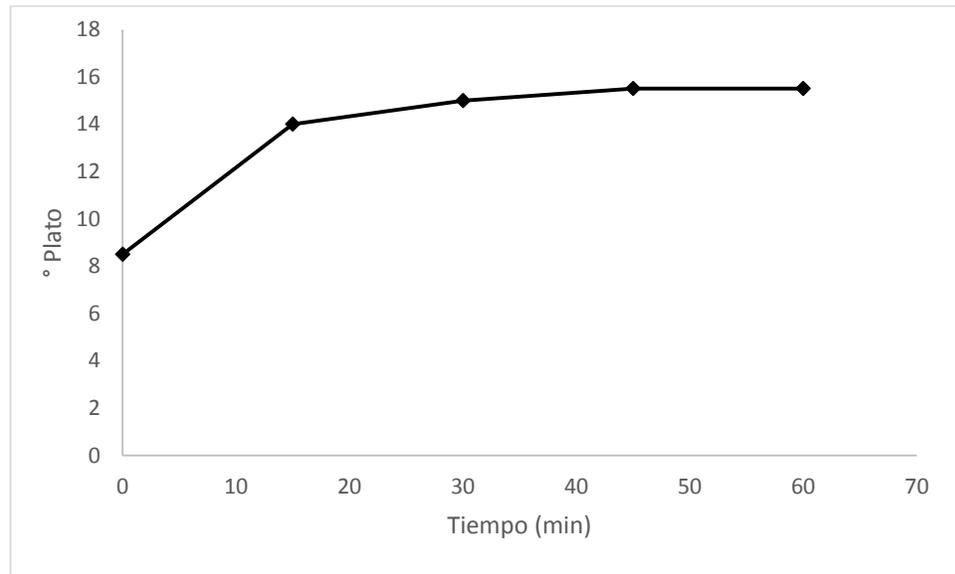
4.1 PRODUCCION PRIMER LOTE CON MEJORA DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA A BASE DE LA UNION DE DOS MALTAS

La producción de este lote se realizó el día 1 de mayo de 2019. El proceso de producción de cerveza artesanal inicia con el calentamiento del agua en el tanque Hot liquor, en este caso ingresan 300 L, una vez el agua alcanza una temperatura de 75°C se hace la adición de 123 g de sulfato de calcio y 35 g de cloruro de sodio. Se observa que gran parte de estas sales se quedan en el fondo del tanque por lo que se hace necesario la agitación.

Una vez el agua pasa a la siguiente etapa y empieza la maceración a 65°C, se recircula el mosto dentro del mismo y se hace la medición de pH, este pH fue de 5.5

medido a temperatura ambiente por lo que no es necesario la adición de ácido fosfórico o bicarbonato de sodio para disminuir o aumentar la alcalinidad. En esta etapa se vuelve hacer la medición de la producción de azúcares en el laboratorio de la planta con un refractómetro y estos datos son reflejados en la gráfica 3.

Gráfica 3. Perfil producción de azúcares en el macerado (mejora 1er lote)



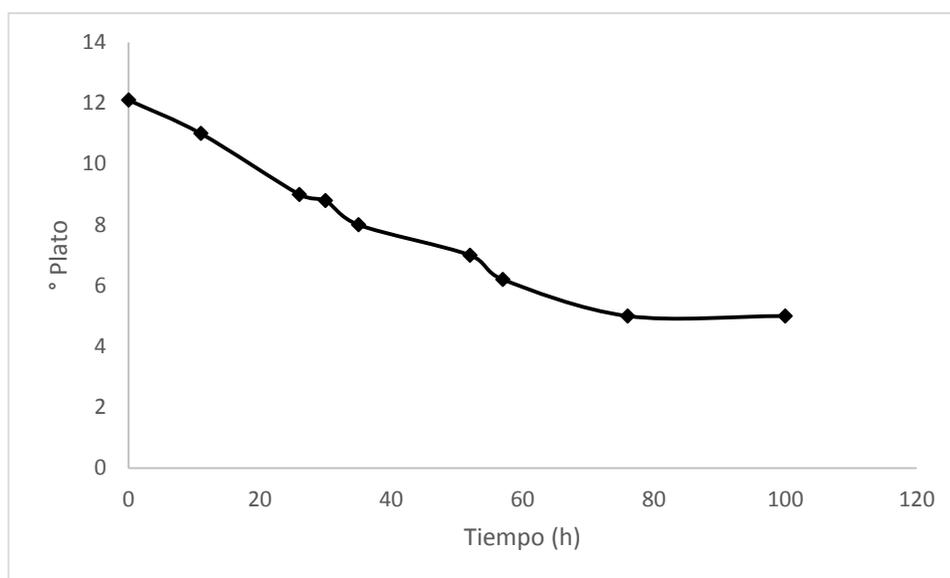
Fuente: elaboración propia

El mosto pasa al hervidor y se hace el lavado del grano. El pH del agua que se encuentra en el tanque Hot liquor es de 7.7 por lo que se hace necesario la adición de ácido fosfórico al 80% para disminuir este pH, la adición es de 1ml y se hace gota a gota con agitación hasta que este alcance el pH deseado menor a 5.6, el pH final medido es de 5.3. Cuando se hace el lavado del grano se termina de pasar el mosto al tanque hervidor.

Mientras el mosto se encuentra en esta etapa de hervido se ajusta la temperatura del tanque del chiller a -2°C para asegurar que el mosto llegue a una temperatura de 18°C al tanque fermentador, el mosto llega a una temperatura de 18 a 22°C . Una vez se hace la adición del lúpulo, el mosto se encuentra listo para ser enfriado.

Después de la inoculación de la levadura se controla nuevamente el consumo de azúcares por medio del refractómetro y este perfil está reflejado en la gráfica 4.

Gráfica 4. Perfil consumo de azúcares en la fermentación (mejora 1er lote)



Fuente: elaboración propia

La fase atenuativa tiene una duración de 5 días y esta termina una vez el consumo de azúcares permanece constante y deja de burbujear. Para la fase de acondicionamiento una vez retirados los sedimentos de levadura se controla que la cerveza permanezca en el fermentador el tiempo necesario para evitar sabores indeseados, esta fase tiene una duración de 16 días.

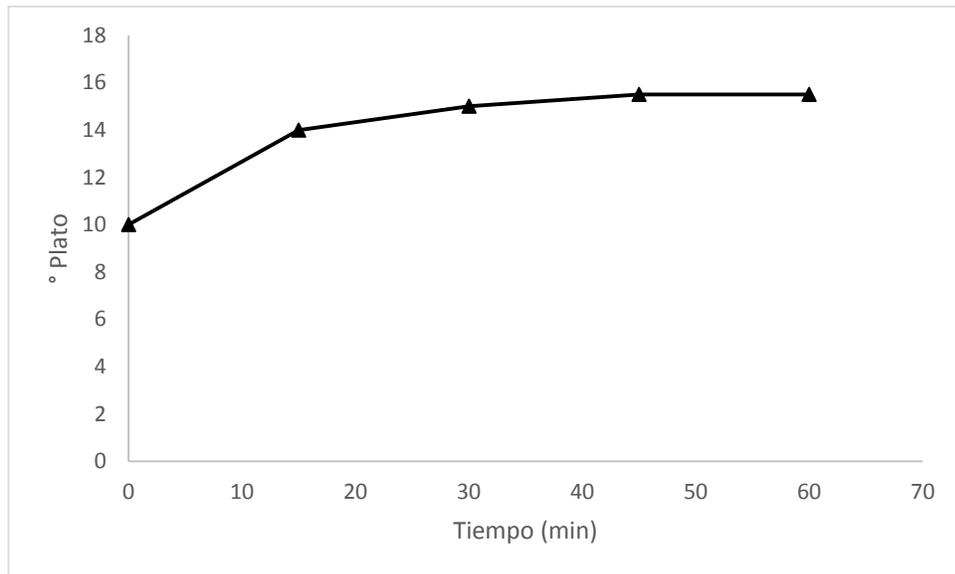
Después de terminado el proceso de producción de cerveza se procede a hacer el lavado de los tanques y tuberías con el uso de la hidrolavadora para evitar consumo excesivo de agua y reducir los tiempos, el lavado se realizó en un tiempo de 1 hora y 20 min, al tanque Hot liquor ingresaron 100L de agua para hacer la circulación de la mezcla agua-sosa, ya que la hidrolavadora ayudó en la remoción de granos de malta de las paredes del macerador y residuos de mosto con lúpulo del tanque hervidor.

4.2 PRODUCCION SEGUNDO LOTE CON MEJORA DE CERVEZA ARTESANAL RUBIA A BASE DE LA UNION DE DOS MALTAS

La producción del segundo lote con la mejora se realizó el día 19 de mayo de 2019. Esta producción se realiza con las mismas condiciones que el lote del día primero de mayo. El pH en el macerado fue de 5.6. El pH en el lavado del grano fue de 7.4 y se agregaron 0.8 ml de ácido fosfórico para disminuir este pH a 5.4

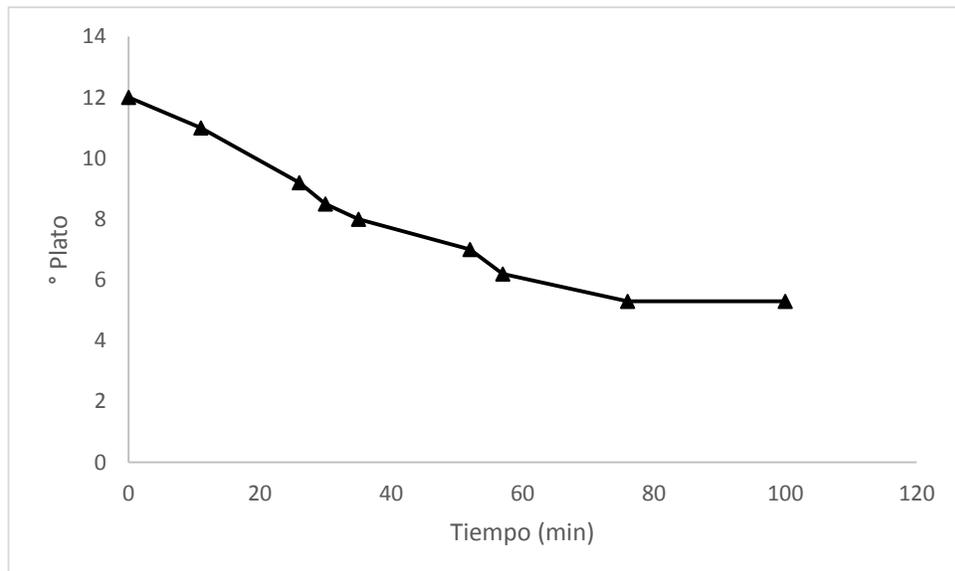
A continuación se muestran las gráficas de producción de azúcares en el macerado (gráfica 5) y el consumo de estos en la fermentación (gráfica 6).

Gráfica 5. Perfil producción de azúcares en el macerado (mejora 2do lote)



Fuente: elaboración propia

Gráfica 6. Perfil de consumo de azúcares en la fermentación (mejora 2do lote)



Fuente: elaboración propia

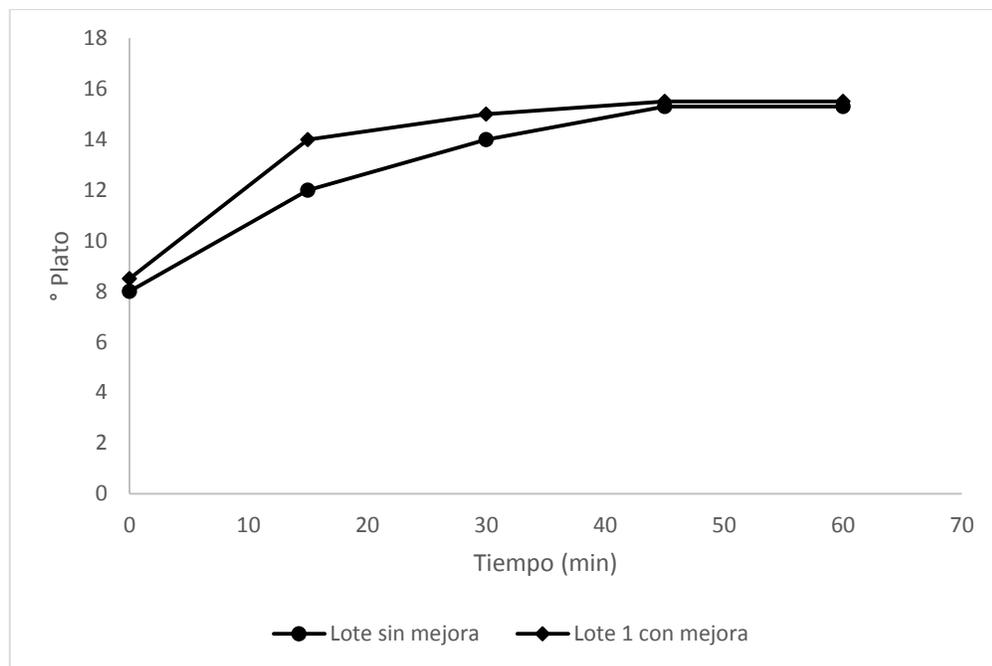
La fase de atenuación sigue teniendo una duración de 5 días y la fase de maduración dura 15 días.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Además de los cambios observados en el laboratorio de Milenaria en los dos lotes, la cerveza final fue sometida a un análisis fisicoquímico de laboratorio y paso por un panel sensorial que contó con la presencia de 8 personas, 5 hombres y 3 mujeres, todos ellos jurados certificados BJCP y/o maestros cerveceros.

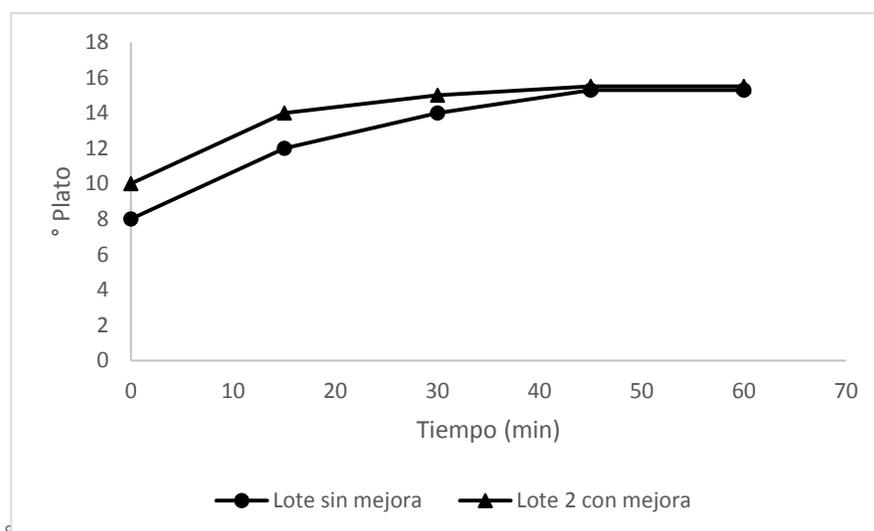
4.3.1 Análisis realizados en Milenaria. Uno de los primeros cambios que se evidenció en la producción de los lotes con la adición de sales fue la generación de azúcares en el macerado, en la Gráfica 7 se muestra una comparación de los perfiles de generación de azúcares entre el lote sin mejora y el primer lote con la adición de sales (Gráfica 1 y 3) y en la gráfica 8 una comparación entre el lote sin mejora y el segundo lote con la adición de sales (Gráfica 1 y 5), a los 60 min, en las dos gráficas, hay una diferencia de 0.2°Plato lo que comprueba que si hubo una mayor generación de azúcares.

Gráfica 7. Comparación generación de azúcares lote sin mejora y lote 1 con mejora



Fuente: elaboración propia

Gráfica 8. Comparación generación de azúcares lote sin mejora y lote 2 con mejora



Fuente: elaboración propia

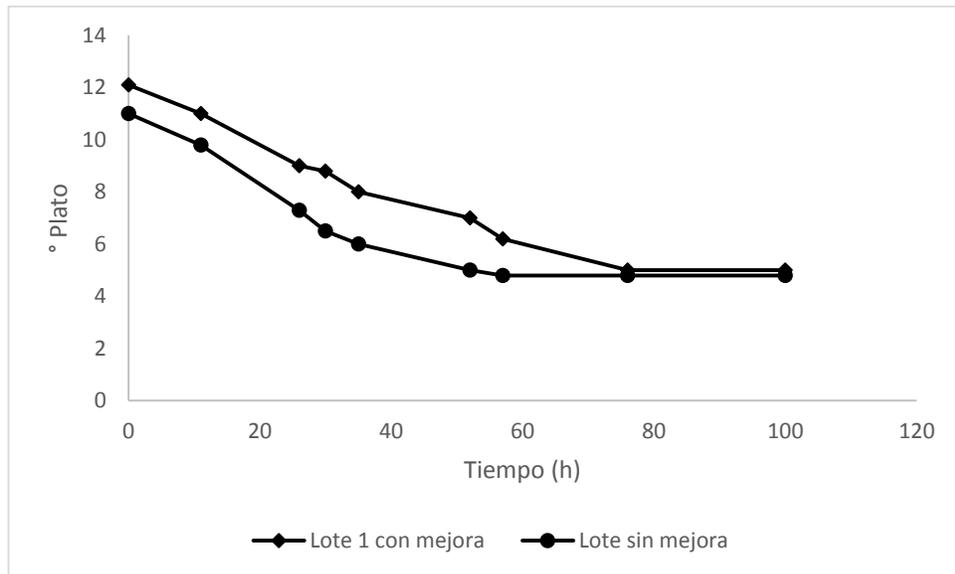
Se evidencia como esta adición incrementa la generación de azúcares en esta etapa, esto demuestra que la adición de sulfato de calcio contribuyó a la disminución del pH del mosto y en consecuencia a la actividad de la enzima beta-amilasa, que trabaja mejor en un rango de temperatura de 55-65.5 °C, para la producción de azúcares como la maltosa que es más fácilmente asimilable por la levadura, esto también va a producir que la cerveza final sea más seca. La adición de cloruro de sodio va a contribuir en que las adiciones de iones de cloro acentúan el carácter a malta con un sabor más dulce.

Es importante recordar que de la generación de azúcares depende el consumo de estos en la fermentación para la producción de alcohol. Estos perfiles fueron medidos con un refractómetro en el laboratorio de la planta, este refractómetro arroja resultados en °Brix y esta medida indica el total de azúcares disueltos en un líquido. A los 15min el lote sin mejora arroja un resultado de 12 °Brix en la maceración, lo que indica que contiene 12g de sólido disuelto, en este caso azúcares, en 100g de solución; y en este mismo tiempo los lotes 1 y 2 con mejora arrojan un resultado de 14 °Brix, un cambio evidente en la producción de azúcares debido a la adición de sales.

El siguiente cambio que se evidenció en el laboratorio de Milenaria en la producción de los lotes con la adición de sales fue el consumo de azúcares en la fermentación, que como ya se mencionó depende en gran medida de la generación de estos en el macerado; en la Gráfica 9 se muestra una comparación de los perfiles de consumo de azúcares entre el lote sin mejora y el primer lote con la adición de sales

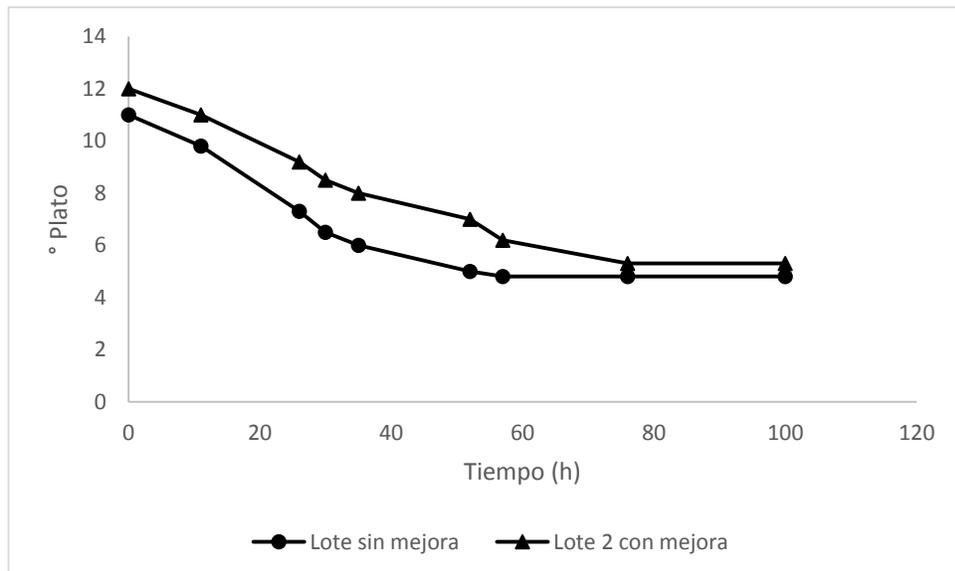
(Gráfica 2 y 4) y en la gráfica 10 una comparación entre el lote sin mejora y el segundo lote con la adición de sales (Gráfica 2 y 6).

Gráfica 9. Comparación consumo de azúcares en la fermentación lote sin mejora y lote 1 con mejora



Fuente: elaboración propia

Gráfica 10. Comparación consumo de azúcares en la fermentación lote sin mejora y lote 2 con mejora



Fuente: elaboración propia

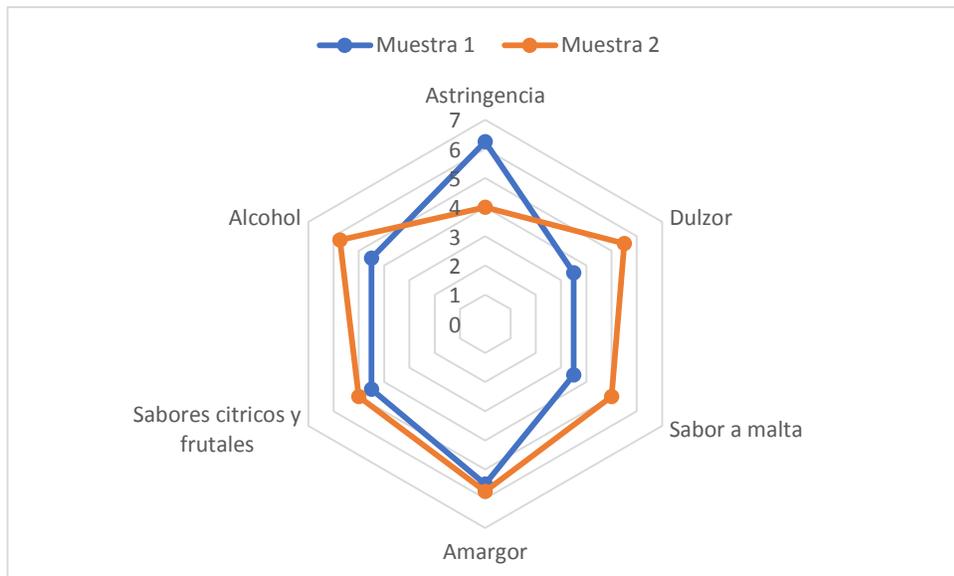
Con la adición de sulfato de calcio se asegura la adición de iones de calcio, el calcio ayuda a aumentar la producción de maltosa, esto quiere decir que vuelve más fermentable el mosto, y como ya se mencionó también beneficia la degradación y la precipitación de proteínas, fomentando la proteólisis, que además de reducir el nivel proteico en el mosto, aumenta la concentración de nitrógeno amino libre FAN (Free Amino Nitrogen) y estos compuestos son utilizados por la levadura durante la fermentación para la fabricación de aminoácidos, un aumento en los niveles de éstos en el mosto mejora la salud y el vigor de la levadura. Durante la fermentación el calcio ayuda a la floculación de levaduras, dando como resultados cervezas más claras y transparentes.

Con estas dos comparaciones es posible identificar que la adición de sales beneficia no solo etapas como la fermentación y la maceración, sino que también al mejorar estas dos etapas mejor la calidad del producto final.

4.3.2 Panel sensorial Para el panel sensorial todos los asistentes contaban con una cerveza del lote sin la propuesta de mejora que se denominó muestra 1 y otra del lote con la propuesta implementada (4 muestras del primer lote y 4 del segundo) que se denominó muestra 2, los asistentes no tenían conocimiento de cual cerveza contaba con el proceso de mejora y cual no. En el formato se les hacen preguntas sobre el sabor y la apariencia de la cerveza con calificaciones de 1 a 7, siendo 1 la menor calificación y 7 la mejor calificación Anexo K, además los perfiles de los panelistas se encuentran en el Anexo L

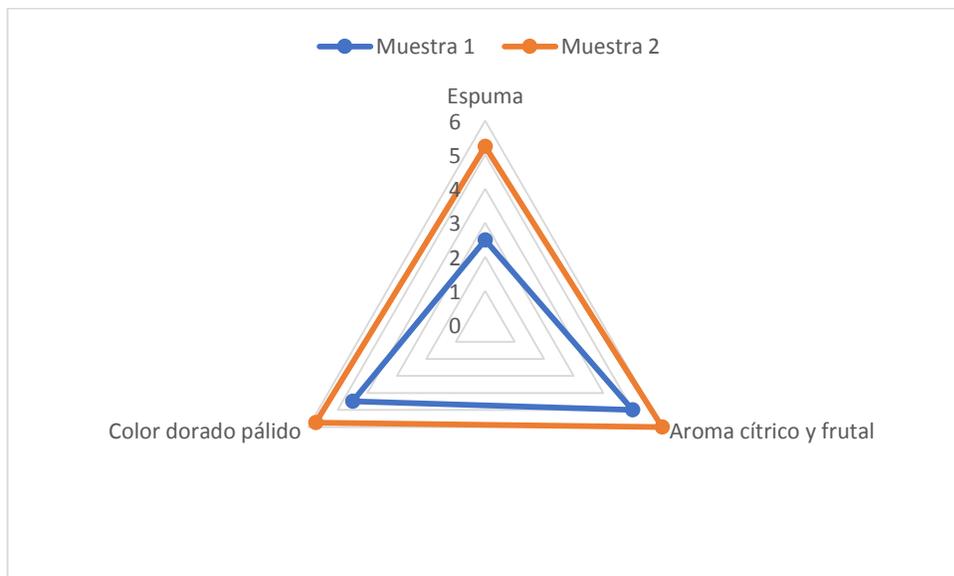
Con las gráficas 11, 12, 13 y 14 se muestran los resultados de las calificaciones aportadas por los jurados presentes en el panel sensorial, con estas es posible hacer la construcción de una gráfica radial, comúnmente conocida en la industria cervecera como spider plot. Estas gráficas radiales permiten evidenciar las diferencias organolépticas y de apariencia que se perciben en las dos muestras.

Gráfica 11. Diferencias percibidas en el sabor por el panel sensorial en el 1er lote con mejora



Fuente: elaboración propia

Gráfica 12. Diferencias percibidas en la apariencia por el panel sensorial en el 1er lote con mejora



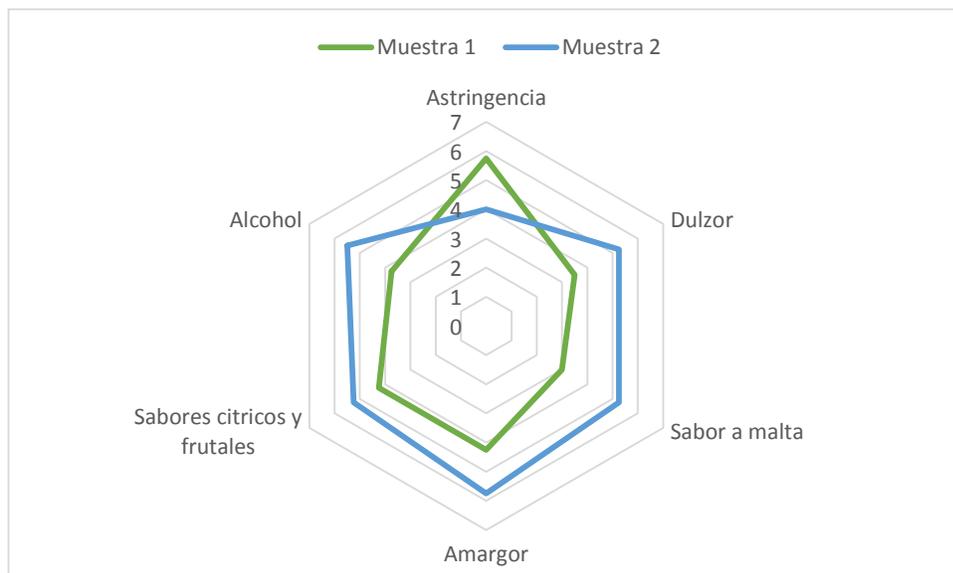
Fuente: elaboración propia

La mejora debida a la adición de sales en el agua del tanque Hot Liquor, que es el agua que debe tener el perfil para la producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale que se realiza en Milenaria, es evidente en las gráficas 11 y 12. Una cerveza menos

astringente se debe a la presencia de iones de Calcio, ya que estos iones determinan la dureza del agua y por ende un sabor más seco y menos astringente. Un sabor más dulce se debe a la presencia de iones de cloro que van a acentuar un sabor a malta más dulce y a su vez la adición de cloruro de sodio, con presencia de iones de sodio y cloro, va a contribuir en que las adiciones de iones cloruro acentúan el carácter a malta van a acentuar más el sabor a grano de la malta. El amargor y sabores cítricos de una cerveza son características proporcionadas principalmente por el lúpulo, que en la muestra 2 se evidencian mejor estas dos características se debe a la presencia de iones de sulfato, que potencia el sabor de los lúpulos y protege la cerveza de la acción de algunos microorganismos nocivos.

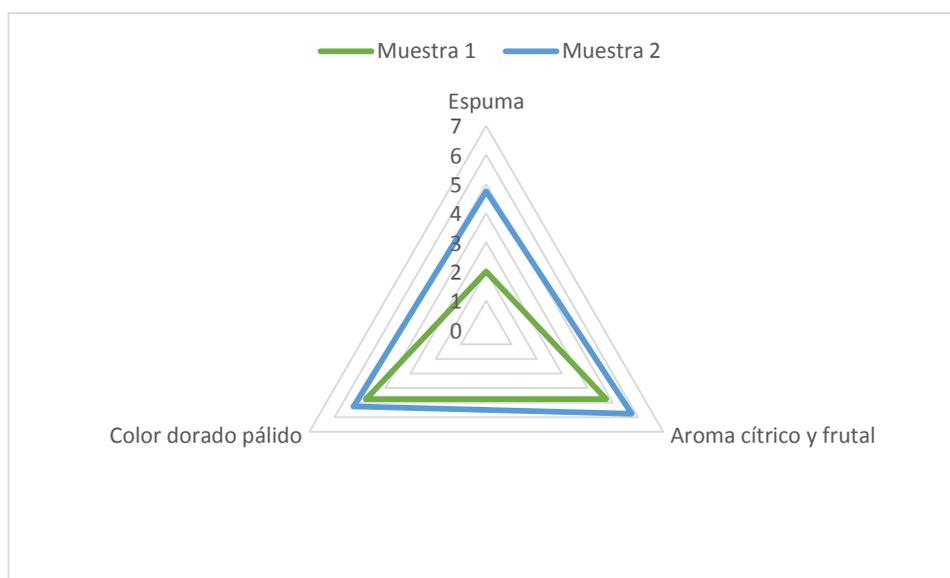
Respecto a la apariencia de la cerveza, su color dorado pálido, característica de una cerveza rubia tipo Ale, se debe a la presencia de iones de calcio, que durante la fermentación ayudan a la floculación de proteínas por medio de la levadura, dando como resultados cervezas más claras y transparentes, pero también se debe a la presencia de iones de cloro que mejoran la claridad del producto final. El aroma cítrico, que es una característica de la adición de lúpulo se debe a la presencia de iones de sulfato. Y por último una cerveza con más espuma se debe a la presencia de iones de sodio, que le brindaran a la cerveza terminada un sabor con más cuerpo y espuma. Estos cambios son evidentes no solo en esta comparación, sino también en a que se muestra en las gráficas 13 y 14.

Gráfica 13. Diferencias percibidas en el sabor por el panel sensorial en el 2do lote con mejora



Fuente: elaboración propia

Gráfica 14. Diferencias percibidas en la apariencia por el panel sensorial en el 2do lote con mejora



Fuente: elaboración propia

4.3.3 Análisis de laboratorio. El producto final, que se han denominado lote 1 con mejora y lote 2 con mejora, fue sometido a un análisis fisicoquímico de laboratorio en donde se analizan los grados de alcohol y el amargor de la cerveza en IBU's, esos resultados se muestran en la Tabla y fueron realizados por la compañía AllChem, el día 28 de febrero de 2019 (Anexo E). El pH fue medido en el laboratorio de Milenaria y arrojó un resultado de 4.3.

Tabla 94. Análisis de laboratorio producto final con mejora

Análisis	Unidades	Resultado con mejora	Resultado sin mejora
Grado alcohólico	Alcoholímetros a 20°C	6.3	4.1
Amargor en cerveza	IBU	13.35	12.7

Fuente: elaboración propia

Al comparar estos resultados con los del lote sin mejora (Anexo D) donde el grado alcohólico es de 4.1, el amargor de 12.7y el pH de 4.03, se evidencia una mejora de los resultados debida a la adición de sales.

La mejora el resultado de los grados de alcohol se debe a que la adición de sales aumento la producción de azucares en la etapa de maceración y este aumento de azucares hace que la levadura pueda consumir más azucares y por ende producir

más alcohol debido a su reacción principal. Como y se mencionó anteriormente, esto es debido a que la glucosa, la fructosa, la sacarosa, la maltosa es decir, cualquier sustancia que tenga la forma empírica de la glucosa, se transforma en un alcohol en forma de etanol, dióxido de carbono en forma de gas y moléculas de adenosín trifosfato o ATP, este etanol es el que hace una cerveza lo que es y el que muestra los grados de alcohol, así como también influye la densidad del mosto.

La mejora en los resultados de amargor también se debe a la adición de sales, más específicamente la adición de iones de sulfato provenientes del sulfato de calcio, ya que gracias a estos hay un mejor aprovechamiento del lúpulo, su amargor, sus sabores y aromas frutales y cítricos. Y por último el pH también mejora por la adición de sales ya que como se ha mencionado a lo largo de este capítulo la adición de sales influye directamente el pH del macerado y por ende de ese pH depende el pH del producto final como se explica en la Figura 9, si el pH de macerado no es el adecuado y no es controlado con el uso de un pH-metro, el pH de la cerveza no será el adecuado.

5. ANALISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA IMPLEMENTADA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Para el análisis de costos se obtuvieron como muestras los tres lotes producidos en la investigación de la mejora del proceso, de los cuales el primer lote se produjo sin la mejora y los dos lotes siguientes con la adición de las sales CaSO_4 y NaCl , además de control de alcalinidad con pH-metro y con la adición de ácido fosfórico o bicarbonato de sodio dependiendo la situación.

En primer lugar, se realizó una compilación de información, sobre materias primas, insumos, características en general, variables que afecten el proceso cervecero, aportes de las sales a la cerveza, servicios públicos, mano de obra, entre otros, utilizados para la producción de los lotes de cerveza; luego con esta información recolectada, se realizaron estudios de los costos de cada lote de manera individual, a continuación de la obtención de la información de los costos, se contrastaron los resultados obtenidos en los lotes de cerveza producidos con la adición de las sales, por último los costos de producción a escala semi-industrial.

5.1 INVERSION DEL PROYECTO

En el proyecto se evaluó la inversión necesaria para la implementación de la nueva alternativa para mejorar la producción de cerveza artesanal a nivel semi-industrial, a base de dos maltas para la empresa milenaria, es decir, la adición de las sales CaSO_4 y NaCl y control de pH en etapas como el macerado y el lavado del grano. Se evaluó el costo de la inversión con una proyección de ventas de la capacidad real de la empresa milenaria, encontrando así, el tiempo que aproximadamente se puede recuperar la inversión realizada.

La inversión que se realizó en la adición de sales, implementos y demás insumos necesarios, se muestra en la tabla 25, la cual especifica el valor unitario de cada producto adquirido.

Tabla 105. Especificaciones de la inversión.

Producto	Inversión		Valor Total
	Cantidad	Valor/Unidad	
CaSO_4	1 Kg	\$2.500	\$2.500
NaCl	1 Kg	\$2.500	\$2.500
H_3PO_4	500 ml	\$6.000	\$6.000

Tabla 25. (Continuación)

Producto	Inversión		
	Cantidad	Valor/Unidad	Valor Total
NaHCO ₃	1 Kg	\$2.000	\$2.000
pH-metro	1 Unidad	\$275.900	\$275.900
Agua destilada	500 ml	\$6.500	\$6.500
Hidrolavadora	1 Unidad	\$340.000	\$340.000
Análisis de laboratorio Agua	1 Unidad	\$249.900	\$249.900
Análisis fisicoquímico cerveza sin mejora	1 Unidad	\$152.300	\$152.300
Análisis fisicoquímico cerveza con mejora	1 Unidad	\$189.000	\$189.000
Total Inversión			\$1'226600

Fuente: elaboración propia

La vida útil de la inversión que se realizó, ronda aproximadamente la producción de 1651,376 litros, ya que se utilizan 109 g de CaSO₄ y 35g de NaCl por los 180 litros de cerveza de producción y ya que lo mínimo que se vende comercialmente es 1 kg de cada sal correspondientemente.

Para determinar el efecto de la inversión en la producción de cerveza artesanal en la empresa milenaria, se realizó un supuesto de producción con la información de capacidad real de producción, tabla 31.

La capacidad real de la empresa está pensada por la cantidad de fermentadores y el número de lotes que se producen mensualmente. Actualmente la empresa cuenta con dos tanques de fermentación de 200 litros, que equivalen a 400 litros y la cantidad de lotes de 400 litros que se pueden fabricar al mes son 2 ya que cada 15 días finaliza el proceso de fermentación para un total de 800 litros al mes, pero litros reales de producción con las perdidas equivalen a 180 litros por cada fermentador para un total de 360 litros, y dos lotes al mes equivale a 720 litros para un cálculo de botellas es el siguiente:

$$720 \text{ litros} * 3 \text{ botellas / litro} = 2160 \text{ botellas}$$

Se plantea unos supuestos de cantidades de materias primas, insumos, servicios públicos, mano de obra, adición de sales como se observa en la tabla 31.

En la tabla 26 se presenta los costos por la materia prima, el cual fueron usados para la elaboración de la cerveza artesanal por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 26. Costos materia prima por lote

Materia Prima	Cant Utilizado En Lote (Kg)	Costo Total Por Lote (Cop)
Malta Caramelo		
20	2,4	12.960,00
Malta Pilsen	50	190.400,00
Lúpulo cascade	0,209	29,26
Levadura	0,1	51,00
Agua	296,2	1.483,00
TOTAL		204.923,26

Fuente. elaboración propia

En la tabla 27 se presenta los costos de servicios públicos, el cual fueron usados para la elaboración de la cerveza artesanal por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 27. Costos de servicios públicos por lote

Servicios Publicos	Cantidad Lote	Costo Total Por De Servicio (Cop)
Gas	5 m3	8.260,00
Luz	5 Kw	2.550,00
TOTAL		10.810,00

Fuente. elaboración propia

En la tabla 28 se presenta los costos de los operarios necesarios para la elaboración de la cerveza, por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 28. Costos de materia prima por lote

Mano De Obra	Cant. Utilizada Por Lote (Hora)	Costo Total Por Servicio (Cop)
Operario 1	12	120.000,00
Operario 2	12	120.000,00
TOTAL		240.000,00

Fuente. elaboración propia.

Los costos de insumos se ven reflejados en la tabla 29 el cual se usaron para la elaboración de la cerveza, por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 29. Costos de Insumos por lote

Insumos	Cant. Utilizada Por Lote (Botella)	Costo Total Por Lote (Cop)
Envase	540	286.200,00
TOTAL		286.200,00

Fuente. elaboración propia.

La inversión total de la empresa milenaria en la producción de cerveza artesanal es \$771.164 pesos por los 200 litros producido, tabla 30.

Tabla 30. Inversión total por lote

Inversión	Total
Materia prima	234.154,00
Servicios públicos	10.810,00
Insumos	286.200,00
Mano de obra	240.000,00
Total Por Lote	771.164,00

Fuente. elaboración propia

Tabla 31. Supuesto de producción con capacidad real de la empresa milenaria sin mejora.

CAPACIDAD DE PRODUCCION REAL MENSUAL- 540 UNIDADES				Fecha	19/05/2019	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADO EN EL LOTE	Unidad	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA * CERVEZA
Malta caramelo 20	2,4	kg	\$5.400	\$12.960	540	24
Malta Pilsen	50	kg	\$3.808	\$190.400		352,5
Lúpulo cascade	0,209	kg	\$140.000	\$29.260		54,1
Levadura	0,1	kg	\$510	\$51		0,09
Agua	296,6	Lt	\$5	\$1.483		2,75

Tabla 31. (Continuación)

			TOTAL MATERIA PRIMA * LOTE	\$234.154	TOTAL MATERIA PRIMA * CERVEZA	433,6
INSUMOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMOS * CERVEZA
Envase	540	Botella	\$530	\$286.200	540	530
			TOTAL INSUMOS * LOTE	\$286.200	TOTAL INSUMO * CERVEZA	530
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZA POR LOTE	COSTO SERVICIOS * CERVEZA
Gas	5	M3	\$1.656	\$8.280	540	15,3
Luz	5	Kw	\$510	\$2.550		4,7
			TOTAL SERVICIOS *LOTE	\$10.830	TOTAL SERVICIOS*CERVICIOS	20
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	UNIDAD	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA * CERVEZA
Operario 1	12	Hora	\$10.000	\$120.000	540	222
operario 2	12	Hora	\$10.000	\$120.000		222
			TOTAL MANO DE OBRA * LOTE	\$240.000	TOTAL MANO DE OBRA * CERVEZA	444
			TOTAL COSTO * LOTE	<u>\$771.184</u>	TOTAL COSTO * CERVEZA	<u>1.428,2</u>

Fuente. elaboración propia

Según el periódico la republica del mes de junio de 2019, el crecimiento en la cerveza artesanal es del 30%⁵² de ventas en Colombia, así que con esta cifra se realiza el análisis de retorno de inversión, así que para la proyección de ventas se inicia con las ventas correspondientes hoy en día y se proyecta con un incremento correspondiente al mercado colombiano, se espera que, en 4 meses, las ventas lleguen a la cantidad máxima de producción el cual es 1080 botellas. En la tabla 32 se observa la proyección de ventas y flujo de caja con el cual se realizó el análisis del retorno de la inversión.

⁵² LA REPUBLICA. Cerveza artesanal gana mercado y consumo crece 30%. [en línea] <https://www.larepublica.co/consumo/cerveza-artesanal-gana-mercado-y-consumo-crece-30-al-ano-2482741> [consultado 10 junio de 2019]

Tabla 3211. Proyección de ventas de cerveza artesanal rubia empresa milenaria

	INGRESOS			COSTOS		UTILIDAD BRUTA	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	UTILIDAD NETA	RENTABILIDAD 30% ANUAL
	VALOR UNIDAD	UNIDADES VENDIDAS	TOTAL VENTAS	COSTO UNIDAD	TOTAL COSTO				
MES 1	\$4.000	\$60	\$240.000	\$1.429	\$85.740	\$154.260	\$154.260	\$154.260	\$46.278
MES 2	\$4.000	\$78	\$312.000	\$1.429	\$111.462	\$200.538	\$200.538	\$200.538	\$60.161
MES 3	\$4.000	\$101	\$405.600	\$1.429	\$144.901	\$260.699	\$260.699	\$260.699	\$78.210
MES 4	\$4.000	\$132	\$527.280	\$1.429	\$188.371	\$338.909	\$338.909	\$338.909	\$101.673
MES 5	\$4.000	\$171	\$685.464	\$1.429	\$244.882	\$440.582	\$440.582	\$440.582	\$132.175
MES 6	\$4.000	\$223	\$891.103	\$1.429	\$318.347	\$572.757	\$572.757	\$572.757	\$171.827
MES 7	\$4.000	\$290	\$1.158.434	\$1.429	\$413.851	\$744.584	\$744.584	\$744.584	\$223.375
MES 8	\$4.000	\$376	\$1.505.964	\$1.429	\$538.006	\$967.959	\$967.959	\$967.959	\$290.388
MES 9	\$4.000	\$4.896	\$1.957.754	\$1.429	\$699.408	\$1.258.346	\$1.258.346	\$1.258.346	\$377.504
MES 10	\$4.000	\$636	\$2.545.080	\$1.429	\$909.230	\$1.635.850	\$1.635.850	\$1.635.850	\$490.755
MES 11	\$4.000	\$827	\$3.308.604	\$1.429	\$1.181.999	\$2.126.605	\$2.126.605	\$2.126.605	\$637.982
MES 12	\$4.000	\$1.075	\$4.301.185	\$1.429	\$1.536.598	\$2.764.587	\$2.764.587	\$2.764.587	\$829.376
VENTA ANUAL		\$4.460	\$17.838.468		\$6.372.793	\$11.465.675	\$11.465.675	\$11.465.675	\$3.439.703

Fuente: elaboración propia

En conclusión, la inversión de la mejora es relativamente baja ya que se piensa en una mejora físico-química y el costo de estas sales es bajo, así que, pensándolo por las cantidades de producción, y la cuantía de sales necesarias, desde la primera producción se encuentra las mejoras hacia el producto final y así mismo en esta producción se recupera la inversión, adicional para las futuras producciones, se puede seguir adicionando CaSO₄ y NaCl para una mejora continua.

5.2 COSTOS DE PRODUCCION A NIVEL SEMI INDUSTRIAL

Para calcular y analizar los costos de producción para la empresa milenaria es importante tener en cuenta de dónde vienen, así que, se debe tener en cuenta los conceptos de inversión, gastos de operación y por último costos de producción; Así que para la cerveza artesanal rubia a base de dos maltas, el costo total está dirigido hacia las materias primas, los insumos y los servicios públicos.

Así, que para la empresa milenaria de debió agrupar los costos en cuatro grupos el cuales son:

- Materias primas. Principalmente son 5 materias primas para la producción de la cerveza artesanal rubia: malta caramelo 20, malta Pilsen, lúpulo, agua, y levadura.
- Insumos. Estos insumos son productos, el cual fueron usados para la mejora de producción, más específicamente físico-químicos a la cerveza final, para este caso fueron usados dos sales CaSO_4 y NaCl
- Servicios públicos. En la producción de cerveza es necesario luz y gas, aunque en este ítem se debe tener en cuenta el agua, ya que este no solo se usa como materia prima, se usa de igual manera para procesos complementarios a la producción el cual es la limpieza de los equipos, y para la combinación de glicerol-agua que ayuda como fluido de servicio en el intercambiador de calor.
- Mano de obra. En este ítem se tiene en cuenta los operarios que intervienen durante todo el proceso de producción de la cerveza artesanal, ya que son los encargados de estar presente y pendiente del paso a paso, de ingreso de materia prima, abrir o cerrar válvulas, y en general toda la producción para lograr el objetivo final de la producción.

5.2.1 Costo por lote individual con la alternativa de mejora implementada. Es importante el conocimiento de los costos por lote de manera individual por las pérdidas que existen durante todo el proceso, para tener un mejor análisis, en los costos son tomados el lote 2 y 3 ya que estos son los que tienen la mejora implementada, haciendo la comparación con la tabla 38, el cual es el costo de producción sin tener en cuenta la mejora implementada, es evidente que en costos de producción con la mejora es mínima a diferencia sin la mejora, pero en el producto final es evidente la gran mejora que nos da las sales que fueron escogidas, el costo sin la mejora es de \$1.428,1185 pesos/ botella, e implementando la mejora el costo es de \$1.429 pesos /botella tabla 38 esta mejora no aumenta el precio en producción pero si mejora en aspectos organolépticos y físico-químicos como son demostrados en los análisis.

En la tabla 33 se presenta los costos por la materia prima, el cual fueron usados para la elaboración de la cerveza artesanal por la empresa milenaria con la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 33. Costos materia prima por lote

Materia prima	Cant utilizado en lote (Kg)	Costo total por lote (COP)
Malta Caramelo		
20	2,4	12.960,00
Malta Pilsen	50	190.400,00
Lúpulo cascade	0,209	29.260,00
Levadura	0,1	51,00

Tabla 33. (Continuación)

Materia prima	Cant utilizado en lote (Kg)	Costo total por lote (COP)
Agua	296,2	1.483,00
TOTAL		234.154,00

Fuente. elaboración propia

En la tabla 34 se presenta los costos de servicios públicos, el cual fueron usados para la elaboración de la cerveza artesanal por la empresa milenaria con la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 34. Costos de servicios públicos por lote

Servicios Publicos	Cantidad Lote	Costo Total Por De Servicio
Gas	5 m3	8.260,00
Luz	5 Kw	2.550,00
TOTAL		10.810,00

Fuente. elaboración propia

En la tabla 35 se presenta los costos de los operarios necesarios para la elaboración de la cerveza, por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 35. Costos mano de obra por lote

Mano De Obra	Cant. Utilizada (Hora)	Por Lote	Costo Total Por Servicio (COP)
Operario 1	12		120.000,00
Operario 2	12		120.000,00
TOTAL			240.000,00

Fuente. elaboración propia

Los costos de insumos se ven reflejados en la tabla 36 el cual se usaron para la elaboración de la cerveza, por la empresa milenaria sin la mejora; por cada lote producido de 200 litros

Tabla 36. Costos insumos por lote

Insumos	Cant. Utilizada por lote (botella)	Costo total por lote
Envase	540 Botellas	286200
CaSo4	109 g	273

Tabla 36. (Continuación)

Insumos	Cant. Utilizada por lote (botella)	Costo total por lote
NaCl	35 g	88,00
TOTAL		286.561,00

Fuente. elaboración propia

La inversión total de la empresa milenaria en la producción de cerveza artesanal es \$771.525 pesos por los 200 litros producido, tabla 37.

Tabla 37. Total inversión con la mejora

Inversión	Total
Materia prima	234.154,00
Servicios públicos	10.810,00
Insumos	286.561,00
Mano de obra	240.000,00
TOTAL POR LOTE	771.525,00

Fuente. elaboración propia

Tabla 38. Costos lote 1 y 2 con la propuesta de mejora

Capacidad De Produccion Real Mensual- 540 Unidades				Fecha	19/05/2019	
Materia Prima	Cant Utilizado En El Lote	Unidad	Costo * Unidad De Medida	Costo Total Por Materia Prima	Cervezas Por Lote	Costo Materia Prima * Cerveza
Malta caramelo 20	2,4	Kg	\$5.400	\$12.960	540	\$24
Malta Pilsen	50	kg	\$3.808	\$190.400		\$353
Lúpulo cascade	0,209	Kg	\$140.000	\$29.260		\$54
Levadura	0,1	Kg	\$510	\$51		\$0,0944
Agua	296,6	Lt	\$5	\$1.483		\$3
			TOTAL MATERIA PRIMA * LOTE	\$234.154	TOTAL MATERIA PRIMA * CERVEZA	\$434

Tabla 38. (Continuación)

Insumos	Cant Utilizada En El Lote	Unidad	Costo * Unidad De Medida	Costo Total Por Insumo	Cervezas Por Lote	Costo Insumos * Cerveza
CaSO4	109	gr	\$3	\$273	540	\$1
NaCl	35	gr	\$3	\$88		\$0,1620
Envase	540	Botella	\$530	\$286.200		\$530
			TOTAL INSUMOS * LOTE	\$286.560	TOTAL INSUMO * CERVEZA	\$531
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZA POR LOTE	COSTO SERVICIOS * CERVEZA
gas	5	M3	\$1.656	\$8.280	540	\$15
luz	5	Kw	\$510	\$2.550		\$5
			TOTAL SERVICIOS *LOTE	\$10.830	TOTAL SERVICIOS*CERVICIOS	\$20
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	UNIDAD	COSTO * unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA * CERVEZA
Operario 1	12	Hora	\$10.000	\$120.000	540	\$222
operario 2	12	Hora	\$10.000	\$120.000		\$222
			TOTAL MANO DE OBRA * LOTE	\$240.000	TOTAL MANO DE OBRA * CERVEZA	\$444
			TOTAL COSTO * LOTE	\$771.544	TOTAL COSTO * CERVEZA	\$1.429

Fuente: elaboración propia

La diferencia de costos con la mejora y sin la mejora es de \$361 Pesos tabla 39, por cada lote producido; esto quiere decir que la inversión es muy mínima, es notable en los análisis de laboratorio realizados por la empresa allchem Compañía Ltda. la mejoría (anexo E y anexo F) a la cerveza artesanal para la empresa milenaria, así mismo en la tabla 23, refleja que en el primer lote producido se recupera la inversión realizada para la mejora, y en el mes 9, se recupera la inversión total realizada para el proyecto, pH-metro, hidrolavadora , H₃PO₄, NaHCO₃ y agua destilada.

Tabla 39. Diferencia de costos con mejora y sin mejora

LOTE	TOTAL (COP)
Sin mejora	771.164,00
Con Mejora	771.525,00

Fuente. elaboración propia

6. CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis investigativo de manera técnica, físico-química y organoléptica en el proceso de producción de cerveza artesanal rubia tipo Ale en Milenaria, haciendo un diagnóstico con un análisis de los insumos que se utilizan en la fabricación del producto deseado como lo son el agua, la malta, el lúpulo y la levadura y también un análisis de cada una de las etapas y procesos involucrados en la fabricación de cerveza. Se determinó que Milenaria presentaba problemas en etapas como la maceración, el hervido, el enfriamiento del mosto, la fermentación y la limpieza.
- Se llegó a la conclusión de que la propuesta de mejora más apropiada para dicha empresa es la adición de sales, en este caso sulfato de calcio y cloruro de sodio, a la materia prima más importante que es el agua, para mejorar características como pH, generación de azúcares en el macerado y consumo de estos en la fermentación, debido a esta adición se hace necesario un control de pH en el macerado y en el lavado de los granos, ya que de este pH depende el pH final de la cerveza.
- Se concluye que un cálculo adecuado de la transferencia de calor en el enfriamiento es importante para mejorar tiempos y beneficiar a la levadura en la fermentación; y por último se hace necesario buscar una alternativa para ahorrar tiempo y agua en el lavado de los equipos.
- Se implementó la alternativa de mejora, donde se evidenció una mejora en los resultados físico-químicos del producto final, mediante un análisis de laboratorio realizado en la empresa *Allchem compañía Ltda*, se comparó la calidad del producto final del lote sin la alternativa de mejora y del lote con la alternativa de mejora implementada. Los resultados en grados de alcohol sin la mejora fueron de 4.1° y con la mejora 6.3°. En amargor de la cerveza sin la mejora es de 12.7 IBU's y con mejora de 13.35 IBU's, con estos resultados se evidencia que la adición de sales, el control de su pH, contribuyen a que las características del producto final mejoren.
- Asimismo se vio una mejora en los análisis organolépticos con maestros cerveceros en astringencia y jurados BJCP, en características como dulzor, sabor a malta, amargor, sabores cítricos y frutales y alcohol, y en características físicas, como espuma, color y aroma, debido a la presencia de iones de calcio, cloro, sodio y sulfatos que ayudan a que estas características físicas y organolépticas mejoren y sean las esperadas en una cerveza rubia tipo Ale.

- Se realizó un análisis de costos de la alternativa de mejora implementada, a un nivel industrial, con una proyección de venta a 12 meses, la inversión inicial de las sales, se retomará en el primer mes, así mismo se obtienen ganancias por la implementación de la adición de CaSO_4 y NaCl del proceso productivo de la empresa milenaria, por último se evidencia que es poco lo que se usa, así que alcanza para la mejora de más lotes.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el proceso de reingeniería en cada una de las etapas del proceso productivo en búsqueda de una mejora continua.
- Es importante tener presente que se hace necesaria la compra de otro fermentador por el crecimiento que presenta la empresa milenaria y poder cumplir con la demanda de sus clientes.
- Se recomienda implementar un proceso de filtración a la final del proceso de fermentación, para disminuir solidos suspendidos generados por residuos de levadura y algo de lúpulo.
- Se recomienda realizar una proyección de la producción y costos mínimos a 5 años para verificar la rentabilidad de la compañía.
- A la empresa se les recomienda plantear ideas innovadoras para fomentar la creación de las pymes que generen desarrollo y empleo.
- Utilizar esta propuesta de mejora, implementada a la cerveza artesanal Blonde Ale, a las demás estilos de cerveza producidos por la empresa milenaria dependiendo de las características de cada una.
- Es recomendable utilizar como alimento de animales el bagazo de malta sobrante de la maceración.
- Se recomienda la compra de un kit de análisis de iones en aguas, como BrewLab, ya que se está suponiendo que las composiciones de iones no cambian en ninguno de los lotes ya que el agua es proporcionada por el acueducto de Bogotá.

BIBLIOGRAFÍA

ATLAS ILUSTRADO DE LA CERVEZA. Historia, tipos, gastronomía. Madrid:España. [Consultado el 13 de 05 de 2019]

BAMFORTH, Charles. Goodisgoode: Yeast and fermentation. En: BEER, Tap into the art and science of brewing . 2 ed. New York: Oxford University Press, Inc, 2003. p. 146

BARTH, Roger. How beer is made, Conditioning. En: The Chemistry of BEER. The Science in the Studs. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2013. p. 29

BRIGGS, Dennis E, et al. Packaging. En: Brewing, Science and practice. Cambridge, England: Woodhead publishing limited, 2004. p 808

BRODERICK. The practical brewer a manual for the brewing industry. Wisconsin U.S.A: BOAR. 1983. [Consultado el 30 de junio de 2019]

CANDELARIO, Alfredo Martín y GONZALES MENDOZA, Luis A. Diseño de una industria microcervecera. Trabajo de grado ingeniería química industrial. Tenerife: Universidad de la Laguna, 2015. 48 p.

CERVEZA ARTESANAL. El agua, Las nuevas reglas del agua y la cerveza. [En línea], septiembre 1 de 2013 <https://www.cervezartesana.es/blog/post/las-nuevas-reglas-del-agua-y-la-cerveza.html>. [Consultado 11 de marzo de 2019]

CERVEZAS DEL MUNDO. Proceso de elaboración. [En línea].de<https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 04 de 05 de 2019.]

DISTRINES Ltda. Insumos de cerveza [En línea] 2019, de <http://distrines.com/lupulos/28/lupulo-cascade> [consultado el 10 de marzo de 2019]

DISTRINES Ltda. Insumos de cerveza [En línea] 2019, de <http://distrines.com/maltas/13/malta-caramel-aromatic> [consultado el 10 de marzo de 2019]

EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de calcio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos-cerveza/Tratamiento-agua/-/sulfato-de-calcio--Gypsum-/917.aspx> [Consultado el 26 de abril de 2019]

EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de calcio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos->

cerveza/Tratamiento-agua/-/sulfato-de-calcio--Gypsum-/917.aspx [Consultado el 26 de abril de 2019]

EL SECRETO DE LA CERVEZA. Sulfato de magnesio, aditivos en la cerveza y tratamiento de aguas. [En línea] 18 de junio de 2018 <https://www.elsecretodelacerveza.com/V/MATERIAS-PRIMAS/Aditivos-cerveza/Tratamiento-agua/-/Sulfato-de-magnesio-/554.aspx> [Consultado el 26 de abril de 2019]

FERMENTIS. SafAle US05, ingredientes Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agente emulsionante E491. [En línea] 2019, <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2017/10/SafAle-US-05-2.pdf>. [Consultado el 11 de marzo de 2019.]

FRECCIA NICO. The power of pH. junio 1997. [Consultado el 10 de mayo 2019.]

GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA. GTC 32 del 26 de febrero de 1997. cerveza toma de muestras. . [Consultado el 21 de 05 de 2019.]

GONZALEZ, Rodrigo. PDCA home [En línea]. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones. 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 18 de Agosto de 2019]

HOLLE, Stephen. Water treatment. En: Handbook, Basic brewing calculations. 4 ed. St. Paul, Minnesota: The Master Brewers Association of the Americas, 2010. p 23

HUXLEY, Steve. La materia prima. En: La cerveza, Poesía Líquida. 2 ed. España: Ediciones Trea, S.L., 2011. p 195

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

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. [Sitio web]. Bogotá: MINTIC, Características Calidad del Agua – SIVICAP. [Consulta: 18 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Caracteristicas-Calidad-del-Agua-SIVICAP/jjzc-8w82>

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 mayo del 2019]

MONTANARI, Luigi, et al. Minerals in Beer. Italy: Italian Brewing Research Centre (CERB), University of Perugia, 2009. Serie de informes técnicos: 34.

MS: DE DÓNDE VIENE Y CÓMO COMBATIRLO. [En línea]. de <https://www.cervezartesana.es/blog/post/dms-de-donde-viene-y-como-combatirlo.html> [Consultado el 25 de febrero de 2019]

MORALES-YOTO, Miguel. Reacciones químicas en la cerveza. En: Revista de química PUCP, 2018, vol. 32, no. 1, p. 4-11

PALMER, John. How to brew [En línea] www.howtobrew.com [Consultado el 13 de marzo de 2019]

PALMER, John y KAMINSKI, Colin. Controlling alkalinity. En: WATER. A comprehensive guide for brewers. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2013. p. 98

PALMER, John. Yeast and fermentation. En: How to Brew, Everything you need to know to brew a great beer every time. 4 ed. Boulder, Colorado: Brewers Association, 2017. p. 85-101

SÁNCHEZ LOMARES FRANCISCO. La cerveza artesanal .cómo hacer cerveza en la casa . EGEDSA. Año 2004.[Consultado el 10 de mayo del 2017]

SEJZER, Raúl. Calidad total [En línea]. La Matriz de Pugh para la toma de decisiones. Argentina. 14 de octubre de 2016, parr. 2. [Consultado el 18 de Agosto de 2019]. Disponible en: <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>

THE BEER BOX. Grandes cervezas del mundo. [En línea] 2009. <https://thebeerbox.wordpress.com/2009/10/11/%C2%BFque-es-la-famosa-malta/>. [Consultado el 14 de enero del 2017]

THE BEER DAILY. ¿Qué tan amarga es tu cerveza? los IBU's te lo dicen. [En línea:] 11 de 08 de 2013. de <https://thebeerdaily.com/2013/08/11/que-tan-amarga-es-tu-cerveza-los-ibus-te-lo-dicen/>. [Consultado el 20 de mayo del 2019]

ANEXOS

ANEXO A
ANÁLISIS DE LABORATORIO AGUA DIAGNÓSTICO DE MILENARIA



NIT. 830.115.051-1

TRANSVERSAL 39 No. 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 • BOGOTÁ, D.C. • www.allchem.com.co

LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORÍAS

INF - 1900900-0

Bogotá D.C. 2019-02-22

INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS EN AGUA

Usuario / Empresa CARDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402
 Dirección AV CRA 27 38 A 83 SUR CC CENTRO MAYOR Teléfono 2393886
 Persona de Contacto: Sr. Mauricio Gualdron Hernandez

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra Agua Potable
 Fecha de muestreo 2019-02-13 Lugar de Muestreo Grifo Mediante Filtros
 Fecha de recepción 2019-02-13 Hora de Muestreo 10:00
 Fecha de análisis 2019-02-13 Código de muestra B1317

ANÁLISIS DE MUESTRA

Análisis	Técnica	Método	Unidades	Resultado	Limites
Coliformes Totales	SD	SM 9223B	NMP/100 mL	<1	< 1
E.coli	SD	SM 9223B	NMP/100 mL	< 1	< 1

Concepto / Observaciones:

La muestra analizada **CUMPLE** con los parametros exigidos por la **Resolución 2115 de 2007** para **Agua destinada al consumo humano**.

* Sustrato Definido

**Modificado

***Fecha de muestreo: declarada por el cliente

Los resultados de los análisis expresados en el presente informe unicamente estan relacionados con los items analizados.

Pasajlos 30 días de la fecha de emisión de este informe, no se aceptan quejas y/o reclamos.

FIN DEL INFORME

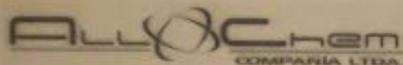
Héctor Rafael Pérez
Héctor Rafael Pérez

T.P.Q. 0975
 Gerente General.

Julían David Martínez
Julían David Martínez

Bacteriólogo
 I.U.T.H.S 1032433788

ANEXO B
ANÁLISIS IONES METÁLICOS DIAGNOSTICO MILENARIA



TRANSVERSAL 39 N° 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 Bogotá, D.C. www.allchem.com.co

LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORÍAS

Bogotá 26 de febrero, 2019

Informe de Resultados

INF - 1900899-0

Página 1 de 1

Nombre: CARDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402
 Dirección: AV CRA 27 38 A 83 SUR CC CENTRO MAYOR Teléfono: 2393886
 Muestras suministradas por: Sr. Mauricio Gualdron Hernandez
 Fecha de recepción: 13 de febrero, 2019 Proced. de Muestreo: Puntual
 Fecha toma de muestra: 13 de febrero, 2019 06:00
Grifo Mediante Filtros

Descripción: Agua Potable

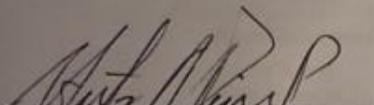
Lote: N.R

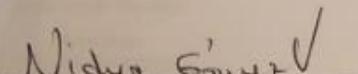
No. de Ingreso: B131619

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Calcio AA Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgCa/L	5.72
Sodio AA Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgNa/L	3.70
Cloruros en Aguas	SM 4500-Cl-D	Electrométrico-EIS	mgCl/L	4.12
Cobre AA en Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgCu/L	<0.1
Hierro AA Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgFe/L	<0.2
Magnesio AA Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgMg/L	0.61
Zinc AA Aguas	SM 3111-B	Absorción atómica	mgZn/L	<0.05

* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME


 Héctor Rafael Pérez Portillo
 T.P.O. 0075
 Gerente General


 Nidya Gómez Velasco
 T.P.O. 0867
 Directora Técnica.

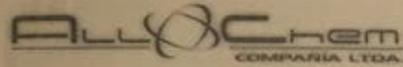
Cualquier inquietud o comentario favor comunicarla al correo: direccion_calidad@allchem.com.co

CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS, ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y PECUARIO, PRODUCTOS QUÍMICOS Y/O FARMACÉUTICOS,
 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD, VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS Y ASESORÍAS DE PRODUCCIÓN

Los resultados sólo están relacionados con las muestras analizadas. Es válido únicamente con firmas y en original. Este informe de resultados no deberá reproducirse parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

ALLCHEM Compañía Limitada se compromete a mantener la confidencialidad de los resultados de los ensayos.

ANEXO C
ANÁLISIS IONES SULFATO DIAGNOSTICO MILENARIA



TRANSVERSAL 39 N° 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 Bogotá, D.C. www.allchem.com.co
LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORIAS

Bogotá 06 de mayo, 2019 Informe de Resultados INF - 1902312-0
Página 1 de 1

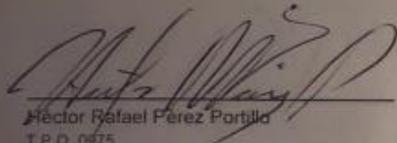
Nombre: CARDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402
 Dirección: AV CRA 27 38 A 83 SUR CC CENTRO MAYOR Teléfono: 2393886
 Muestras suministradas por: Sr. Mauricio Gualdron Hernandez
 Fecha de recepción: 26 de abril, 2019 Proced. de Muestreo: Puntual
 Fecha toma de muestra: 26 de abril, 2019 03:00
Grifos que pasa por filtros

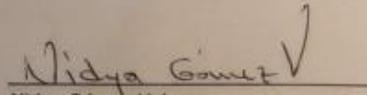
Descripción: Agua potable
 Lote: N.R
 No. de Ingreso: D261219

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Sulfatos en Aguas	SM 4500-SO4-E	Turbidimetría	mgSO4-/L	5.61

* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME


Hector Rafael Pérez Portillo
 T.P.Q. 0975
 Gerente General.


Nidya Gómez Velasco
 T.P.Q. 0867
 Directora Técnica.

Cualquier inquietud o comentario favor comunicarla al correo: direccion_calidad@allchem.com.co

CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS, ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y PECUARIO, PRODUCTOS QUIMICOS Y/O FARMACEUTICOS,
 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD, VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS Y ASESORIAS DE PRODUCCIÓN.

Los resultados sólo están relacionados con las muestras analizadas. Es válido únicamente con firmas y en original. Este informe de resultados no deberá reproducirse parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

ALLCHEM Compañía Limitada se compromete a mantener la confidencialidad de los resultados de los ensayos.

ANEXO D
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO 1ER LOTE CERVEZA MILENARIA



TRANSVERSAL 39 N° 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 Bogotá, D.C. www.allchem.com.co
LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORÍAS

Informe de Resultados INF - 1900924-0

Bogotá 28 de febrero, 2019 Página 1 de 1

Nombre: CARDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402
Dirección: AV CRA 27 38 A 83 SUR CC CENTRO MAYOR Teléfono: 2393886
Muestras suministradas por: Sr. Mauricio Gualdron Hernandez
Fecha de recepción: 13 de febrero, 2019 Proced. de Muestreo: Puntual
Fecha toma de muestra: 13 de febrero, 2019 04:00
Planta

Descripción: Cerveza Artesanal Milenia
F.F: 06/02/19

Lote: N.R
No. de Ingreso: HB131319

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
pH en Alimentos y Bebidas	NMX-F-317-NORMEX-2 013	Electrométrico	Unidad	4.03
Grado Alcohólico	NTC 5113	Destilacion por arrastre con Vapor/ Gravedad Especifica	% m/v	4.1
Amargor en Cerveza	AOAC 970.16	Espectrofotométrica	IBU	12.7

* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Héctor Rafael Pérez Portillo
T.P.Q. 0975
Gerente General.

Nidya Gómez Velasco
T.P.Q. 0867
Directora Técnica.

Cualquier inquietud o comentario favor comunicarla al correo: direccion_calidad@allchem.com.co.

CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS, ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y PECUARIO, PRODUCTOS QUÍMICOS Y/O FARMACÉUTICOS,
ESTUDIOS DE ESTABILIDAD, VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS Y ASESORÍAS DE PRODUCCIÓN.

Los resultados sólo están relacionados con las muestras analizadas. Es válido únicamente con firmas y en original. Este informe de resultados no deberá
reproducirse parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

ALLCHEM Compañía Limitada se compromete a mantener la confidencialidad de los resultados de los ensayos.

ANEXO E.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO CERVEZA, LOTE 1 CON MEJORA



TRANSVERSAL 39 N° 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 Bogotá, D.C. www.allchem.com.co

LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORÍAS

Bogotá 04 de junio, 2019

Informe de Resultados

INF - 1902870-0

Página 1 de 1

Nombre: CARDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402
Dirección: AV CRA 27 38 A 83 SUR CC CENTRO MAYOR Teléfono: 2393886
Muestras suministradas por: Sr. Mauricio Gualdron Hernandez
Fecha de recepción: 23 de mayo, 2019 Proced. de Muestreo: Puntual
Fecha toma de muestra: 23 de mayo, 2019 09:00
Planta

Descripción: CERVEZA ARTESANAL

Lote: N.R

No. de Ingreso: HE230519

Análisis Realizado	Métodos	Técnicas	Unidades	Resultado
Grado Alcohólico	NTC 5113	Destilación por arrastre con Vapor/ Gravedad Especifica	° Alcohométricos a 20°C	6.3
Amargor en Cerveza	AOAC 970.16	Espectrofotométrica	IBU	13.35

* Muestra tomada por el cliente.

FIN DE INFORME

Héctor Rafael Pérez Portillo
T.P.Q. 0975
Gerente General.

Nidya Gómez Velasco
T.P.Q. 0887
Directora Técnica.

Cualquier inquietud o comentario favor comunicarla al correo: direccion_calidad@allchem.com.co.

CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS, ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y PECUARIO, PRODUCTOS QUÍMICOS Y/O FARMACÉUTICOS, ESTUDIOS DE ESTABILIDAD, VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS Y ASESORÍAS DE PRODUCCIÓN.

Los resultados sólo están relacionados con las muestras analizadas. Es válido únicamente con firmas y en original. Este informe de resultados no deberá reproducirse parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.

ALLCHEM Compañía Limitada se compromete a mantener la confidencialidad de los resultados de los ensayos.

ANEXO F.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO CERVEZA DE MILENARIA



NIT. 830.115.051-1

TRANSVERSAL 38 No. 20A - 72 TELÉFONO: 7450682 • BOGOTÁ, D.C. • www.alchem.com.co

LABORATORIO DE ANÁLISIS, ENSAYOS Y ASESORÍAS

INF - 1902871-0

Pag 1 de 1

Bogotá D.C. 2019-05-27

INFORME DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS

Usuario / Empresa **CÁRDENAS DUARTE DIANA YADIRA - 52887402**
 Dirección **AV DIA 27 38 A EJ SUR CC CENTRO MAYOR** Teléfono **2393886**
 Muestras suministradas por: **St. Mauricio Gualdrón Hernández**

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra **Cerveza Artesanal**
 Fecha de muestreo **2019-05-23** Lugar de Muestreo **Planta**
 Fecha de recepción **2019-05-23** Hora de Muestreo **09:00**
 Fecha de análisis **2019-05-23** Lote de muestra **N.R**
 Código de Muestra **HE2306** Temperatura **17°C**

ANÁLISIS DE MUESTRA

Análisis	Técnica	Método	Unidades	Resultado	Límites
Mesófilos aeróbicos	Simplex	AOAC 2002.07	UFC / g	80	100
Mohos y Levaduras	Simplex	AOAC 2002.11	UFC / g	2020	<10
Coliformes Totales	NMP	AOAC 956.24	NMP	< 3	< 3
Coliformes Fecales	NMP	AOAC 956.24	NMP	< 3	< 3

Concepto / Observaciones:

El parámetro **Mohos y Levaduras** analizado en la muestra **NO CUMPLE** con los límites sugeridos por el **INVIMA para Cerveza**.
 Los resultados de los análisis expresados en el presente informe únicamente están relacionados con los items analizados.
 Pasados 30 días de la fecha de emisión de este informe, no se aceptan quejas y/o reclamos.
 Las contra-muestras para análisis se conservan 15 días después de la emisión del presente informe.

FIN DEL INFORME

Héctor Rafael Pérez
 T.P.Q. 0975
 Gerente General

Julián David Martínez
 Bacteriólogo
 I.U.T.H.S. 1032433788

ANEXO G

FICHA TÉCNICA PRODUCCIÓN CERVEZA TIPO ALE EN MILENARIA, LOTE SIN MEJORA

FICHA TÉCNICA				N°Lote	6
Nombre	Blonde Ale		Fecha de Realización	10/02/2019	
Densidad Inicial	Meta	1.050	Densidad Final	Meta	1.010
	Real			Real	
IBU	30		Color	Dorado	
Litros	200 Litros		Grados de alcohol	6	
Maltas	Cantidad	Medida	Maltas	Cantidad	Medida
Base	50	Kg			
Caramelo 20	2,4	Kg			
Lúpulo	Cantidad	Medida	Tiempo	IBUs	
Cascade	123	g	60	25	
Cascade	86	g	10	5	
Levadura	100	g	12 horas de inoculado		
Fermentación	Cantidad	Medida	Tiempo Inicial	Tiempo Final	
11/02/2019	200 L	°Brix	11/02/2019	15/02/2019	
Maduración		T 5°C	15/02/2019	29/02/2019	

Notas		
Fecha	Observación	Responsable
11/02/2019	Color: Dorado oscuro con sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad=1.052 °Brix=11, empieza burbujeo	
14/02/2019	Color: Bastante espuma, dorado, sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.01 °Brix= de 4.8	
15/02/2019	Color: Bastante espuma	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.008 °Brix= de 4.8, empieza maduración	
20/02/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga, astringente, sabor a diacetilo	
	Otro: Se carbonata	
25/02/2019	Color:	Ruben C
	Sabor: Bajo sabor a diacetilo	
	Otro:	
29/01/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga, astringente	
	Otro: Se carbonata	

ANEXO H

FICHA TÉCNICA CERVEZA TIPO ALE EN MILENARIA, LOTE 1 CON MEJORA

FICHA TÉCNICA			N°Lote	10	
Nombre	Blonde Ale		Fecha de Realización	1/05/2019	
Densidad Inicial	Meta	1.050	Densidad Final	Meta	1.010
	Real			Real	
IBU	30		Color	Dorado	
Litros	200 Litros		Grados de alcohol		
Maltas	Cantidad	Medida	Maltas	Cantidad	Medida
Base	50	Kg			
Caramelo 20	2,4	Kg			
Lúpulo	Cantidad	Medida	Tiempo	IBUs	
Cascade	123	g	60	25	
Cascade	86	g	10	5	
Levadura	100	g			
Fermentación	Cantidad	Medida	Tiempo Inicial	Tiempo Final	
2/05/2019		°Brix	2/05/2019	6/05/2019	
Maduración		T 5°C	6/05/2019	20/05/2019	
Sales	Cantidad	Medida			
NaCl	35	g			
CaSO4	109	g			
Control pH	Cantidad	Medida	pH		
Ácido fosfórico	1	ml	De 7,7 a 5,3		
Bicarbonato sodio					

Notas		
Fecha	Observación	Responsable
2/05/2019	Color: Dorado oscuro con sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad=1.052 °Brix=12,1 empieza burbujeo	
5/05/2019	Color: Bastante espuma, dorado, sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.01 °Brix= de 5	
6/05/2019	Color: Espuma, sdimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.008 °Brix= de 5, empieza maduraci	
10/05/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga	
	Otro: Se carbonata	
15/05/2019	Color:	Ruben C
	Sabor: Sabores citricos, más dulzor	
	Otro:	
20/05/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga	
	Otro: Se carbonata	

ANEXO I.

FICHA TÉCNICA CERVEZA TIPO ALE EN MILENARIA, LOTE 2 CON MEJORA

FICHA TÉCNICA			N°Lote	11	
Nombre	Blonde Ale		Fecha de Realización	11/05/2019	
Densidad Inicial	Meta	1.050	Densidad Final	Meta	1.010
	Real			Real	
IBU	30		Color	Dorado	
Litros	200 Litros		Grados de alcohol		
Clarificante	8	Pastillas			
Maltas	Cantidad	Medida	Maltas	Cantidad	Medida
Base	50	Kg			
Caramelo 20	2,4	Kg			
Lúpulo	Cantidad	Medida	Tiempo	IBUs	
Cascade	123	g	60	25	
Cascade	86	g	10	5	
Levadura	100	g			
Fermentación	Cantidad	Medida	Tiempo Inicial	Tiempo Final	
12/05/2019		°Brix	12/05/2019	16/05/2019	
Maduración		T 5°C	16/05/2019	30/05/2019	
Sales	Cantidad	Medida			
NaCl	35	g			
CaSO4	109	g			
Control pH	Cantidad	Medida	pH		
Ácido fosfórico	1	ml	De 7,4 a 5,6		
Bicarbonato sodio					

Notas		
Fecha	Observación	Responsable
12/05/2019	Color: Dorado oscuro con sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad=1.052 °Brix=12,1 empieza burbujeo	
15/05/2019	Color: Bastante espuma, dorado, sedimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.01 °Brix= de 5	
16/05/2019	Color: Espuma, sdimentos	Ruben C
	Sabor:	
	Otro: Densidad= De 1.008 °Brix= de 5, empieza maduraci	
20/05/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga	
	Otro: Se carbonata	
25/05/2019	Color:	Ruben C
	Sabor: Sabores citricos, más dulzor	
	Otro:	
30/05/2019	Color: Ambar Aroma: Lúpulo moderadamente fuerte	Ruben C
	Sabor: Cítrica, amarga	
	Otro: Se carbonata	

ANEXO J
FICHA TÉCNICA MALTA PILSEN

Bestmalz GmbH - Kurtstrasse 52 - 69115 Heidelberg

Distrines Ltda
Cra 50A No 41B - 11 sur
frente estación transmilenio gen.sant.
111621 BOGOTA
KOLUMBIEN

No.	100228
Date	11.06.2018
Order No.	300188
Customer ID	200321
Contact	Holger Klein
Phone	+49 6732 93296-0
E-Mail	holger.klein@bestmalz.de
Page	1

Reference Orden de Compra 060
Your Reference M20170023

Item	Qty	Unit	Delivery date
1 3001 BEST Pilsen Malt Bags 25kgs; EBC 3,0-4,9 Non palletized Lot/SN : 3001-16218-5	6	TO	11.06.2018
Quality	Analyse		
Moisture Content (%)	4,80		
Extract (Fine Grind) dry basis	80,60		
Fine-Coarse Difference	1,10		
Total Protein	10,90		
Soluble Nitrogen (mg/100g)	686,00		
Kolbach-Index (%)	39,30		
Wort Color (EBC)	3,50		
Wort Color (Lovibond)	1,80		
Viscosity 8,6%	1,52		
Friability (%)	91,00		
Unmodified Kernels (%)	1,10		
Grading >2,5 mm	96,20		
Grading <2,2 mm	0,60		
Crop	2017		
Expiry date	June 2020		

ANEXO K

FORMATO ANÁLISIS SENSORIAL

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

_ Professional Brewer _ Beer Sommelier
 _ GABF/WBC _ Certified Cicerone _ Adv. Cicerone
 _ Master Cicerone _ Sensory Training
 _ Other _____

Gender

_ Male _ Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
 Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

MUESTRA 2

Formato análisis sensorial

BICP Rank or Status:

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

Non-BICP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco dulce 7- Mucho dulce

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

MUESTRA 1

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---~~3~~---4---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---~~2~~---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

MUESTRA 2
Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

MUESTRA 1

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---6---7

1-Poca color 7-Mucho color

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---~~6~~---7
Muestra 2 1---2---3---~~4~~---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca color 7-Mucho color

Formato análisis sensorial

BJCP Rank or Status:

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

Non-BJCP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---6---~~7~~
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco dulce 7- Mucho dulce

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---~~4~~---5---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7

Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca color 7-Mucho color

MUESTRA 2
Formato análisis sensorial

BICP Rank or Status:

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

Non-BICP Qualifications:

Professional Brewer Beer Sommelier
 GABF/WBC Certified Cicerone Adv. Cicerone
 Master Cicerone Sensory Training
 Other _____

Gender

Male Female

Sabor

Astringencia

Muestra 1 1---2---3---4---5---~~6~~---7
Muestra 2 1---2---3---~~4~~---5---6---7

1-Poco astringente 7- Muy astringente

Dulzor

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco dulzor 7- Mucho dulzor

Sabor a malta

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor malta 7- Mucho sabor malta

Amargor

Muestra 1 1---2---3---4---5---~~6~~---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poco amargor 7- Mayor amargor

Sabores cítricos y frutales

Muestra 1 1---2---3---4---~~5~~---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor 7-Mucho sabor

Alcohol

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poco sabor alcohólico 7-Alto sabor alcohólico

Apariencia física

Espuma

Muestra 1 1---~~2~~---3---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---~~5~~---6---7

1-Poca espuma 7-Mucha espuma

Aroma cítrico y frutal

Muestra 1 1---2---~~3~~---4---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca aroma 7-Mucho aroma

Color dorado pálido

Muestra 1 1---2---3---~~4~~---5---6---7
Muestra 2 1---2---3---4---5---~~6~~---7

1-Poca color 7-Mucho color

ANEXO L

PERFIL PARTICIPANTES PANEL SENSORIAL

- Freddy Suarez Montaña: Gastrónomo profesional especialista en alta gerencia y tecnólogo en procesamiento de alimentos; propietario de cervecería “El 23”. Certificado como bartender profesional por la International Bartender Association; además certificado en análisis de juzgamiento de cervezas en el programa de BJCP.
- Juan Camilo Riveros: Cervecerero casero desde 2004, consultor en cervecería, juez en World Beer Cup 2018, IBC 2018 y Copa del Criebe 2019. Juez reconocido en juzgamiento de cervezas en el programa BJCP.
- Juan Salamanca: Fundador de cervecería el Bogotazo, curso en elaboración de cerveza artesanal y análisis sensorial, juez reconocido en juzgamiento de cervezas del programa BJCP
- Roberto Arango: Microbiólogo industrial con más de 10 años en experiencia cervecera a nivel artesanal e industrial. Juez certificado en juzgamiento de cervezas en el programa BJCP.
- Camilo Muñoz: Cervecerero casero desde 2014, maestro cervecero de instituto de cervezas de América, fundador de The Homebrewer Corner, juez en Copa de Caribe 2019 y National Homebrew Competition 2019 USA. Juez certificado en juzgamiento de cervezas en el programa BJCP.
- Leiddy Rincon: Ingeniera química, maestra cervecera y propietaria de Season Beer. Juez en Copa del Caribe 2019 y Copa Mitad del mundo 2019. Juez certificado en juzgamiento de cervezas en el programa BJCP.
- Adriana Sequeda: Maestra cervecera del Instituto de Cervezas de América, co-fundadora asociación de cerveceros de Chile, jueza internacional en copas de Chile, USA y Brasil. Juez certificado en juzgamiento de cervezas en el programa BJCP.
- Fernanda León: Microbióloga industrial con 10 años de experiencia en elaboración de cerveza artesanal e industrial. Maestra de la Pontificia Universidad Nacional. Maestra cervecera

ANEXO M
FICHA TÉCNICA MALTA CARAMELO 20



Palatia Malz GmbH • Postfach 1043 20 • D -69033 Heidelberg

Kurfürsten-Anlage 52
D-69115 Heidelberg

Distrines Ltda
Cra 50A No 41B - 11 sur

T +49-(0) 6221-64660
F 49-(0) 6221-646699
E info@bestmalz.de

COL-111621 Bogota

Malt Analysis

Order details: **EXW Wallertheim**
PO#056 floorload

Delivery note No.	Date		Plant	Quantity
2017002323003	10.04.2018	BEST Caramel® Aromatic (Malt) (in bags)	Wallertheim	0,500 to

Term	Analysis	
Moisture content	%	3,5
Extract fine grind, dry basis	%	77,7
Protein, dry basis	%	10,3
Wort colour	EBC	50,0
Wort	pH	5,40
Crop		2017

Lot ID **8122 CA50**
Expiry date **April 2020**

ANEXO N

FICHA TÉCNICA LEVADURA SAFALE US-05



Levadura ale americana, que produce cervezas bien balanceadas, con baja concentración de diacetilo y un pedalar 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 E401

**ÉSTERES
TOTALES**

40

ppm a 10PP y 20°C
en tubos ERC

**ALCOHOLES
SUPERIORES TOTALES**

269

ppm a 10PP 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 esperar 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 esperar 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 ⁸ /g
Bacterias totales*:	< 5 / ml
Bacterias ácido acéticas*:	< 1 / ml
Lactobacilos*:	< 1 / ml
Pedococcus*:	< 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 10⁸ 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 impreza 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.

Se informa que cualquier cambio en el proceso fermentativo puede alterar la calidad final del producto. Por lo tanto, se sugiere realizar ensayos de fermentación antes de utilizar comercialmente nuestra levadura.

TECHNICAL DATA SHEET - SafAle™ US-05 - Rev. NOV2018

The obvious choice for beverage fermentation

Fermentis División of S.I. Lesaffre - BP 3029 - 137 Rue Gabriel Péri - 59763 Maroquin-Basilex Cedex - FRANCE - Tel. +33 (0)3 20 81 62 75 - Fax. +33 (0)3 20 81 62 70 - www.fermentis.com