

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL LÚPULO (*Humulus lupulus*) POR CAFÉ
TOSTADO Y MOLIDO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL**

**Investigador Principal
EDWIN HERNAN CAICEDO MANRIQUE
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

**Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos
“GINTAL”
Grupo de Investigación Bioingeniería Alimentaria**



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA
2018**

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL LÚPULO (*Humulus lupulus*) POR CAFÉ
TOSTADO Y MOLIDO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL**

**Investigador Principal
EDWIN HERNAN CAICEDO MANRIQUE
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

**Director
DANIEL S. DURAN OSORIO
Ph.D. Tecnología, Calidad y Marketing en Industrias Agroalimentarias
Universidad de Pamplona**

**Codirector
YANINE Y. TRUJILLO NAVARRO
Ph.D. Tecnología, Calidad y Marketing en Industrias Agroalimentarias
Universidad de Pamplona**

**Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos
“GINTAL”
Grupo de Investigación Bioingeniería Alimentaria**



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, DICIEMBRE DE 2018**

DEDICATORIA

A Dios.

Por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por su infinito amor y misericordia, por permitirme vivir y poder culminar esta etapa, gozando de bienestar y salud, ser el apoyo y Fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres.

Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por encarrilar siempre mi vida al camino del bien, por su amor incondicional, compromiso, amistad, y por sobre todo creer siempre en mí y apoyarme a cada instante.

A mis hermanos.

Por qué su existencia hace que mi vida sea más amena, dándome sentido y motivación para ser siempre una mejor persona, por su cariño y consejo, llamados de atención que sé que siempre pretenden lo mejor para mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ph.D. Daniel S. Duran Osorio director del presente proyecto de investigación, por su dedicación y tiempo, quien fue un excelente tutor, lo cual valoro y me siento afortunado de haber podido contar con su guía, confianza y amistad, por haberme permitido realizar un proyecto en el cual pude profundizar y abordar temas de gran interés personal.

A la Universidad de Pamplona, por ser el espacio en el cual pude ejercer esta formación académica, donde tuve el gusto de conocer excelentes personas y vivir momentos únicos durante esta estadía.

Al programa de ingeniería de alimentos, en especial a cada uno de los docentes que hacen parte del mismo, por su compromiso, entrega y sacrificio y por sobre todo ser los promotores de posicionar y mantener en lo más alto nuestro programa. A mis compañeros por tantas vivencias, momentos de angustia y otros de triunfo y felicidad, de ustedes me llevo un gran recuerdo y enseñanzas enriquecedoras. A la auxiliar de laboratorio Fabiola Ramón Fuentes por su buena labor, confianza y amistad.

A mis padres porque gracias a su sacrificio y dedicación fueron los patrocinadores de estos estudios que más que ello es un sueño que puedo hacer realidad y en honra a ustedes. A mis familiares, en especial a mis abuelitas Dora y Mary a mis tías Omaira y Roció y a mi hermana Paola por preocuparse siempre por mi bienestar y por los gestos generosos los cuales fueron de gran ayuda para mi formación. A mi hermano José Daniel por estar siempre presente apoyándome y animándome en esta instancia de mi vida.

A Leidy mi novia, por ser esa compañía agradable y confortable, por estar pendiente de mí, apoyarme y colaborarme siempre que lo he requerido y por esos momentos inolvidables que hemos vivido.

INDICE DE CONTENIDO

	PAG.	
1.	RESUMEN DEL PROYECTO	1
2.	MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	2
2.1.	CERVEZA	2
2.2.	TIPOS DE CERVEZA	3
2.2.1.	Cerveza tipo ale	3
2.2.2.	Cerveza tipo lager	3
2.3.	CERVEZA ARTESANAL	4
2.4.	MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA	5
2.4.1.	Malta de cebada	6
2.4.2.	Agua	6
2.4.3.	Lúpulo	7
2.4.4.	Levadura	8
2.4.5.	Café tostado y molido	8
2.5.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	9
2.5.1.	Molienda	10
2.5.2.	Maceración	10
2.5.3.	Filtración	10
2.5.4.	Cocción	10
2.5.5.	Enfriado y Whirlpool	11
2.5.6.	Fermentación	11
2.5.7.	Maduración	12
2.5.8.	Envasado y carbonatación	13
2.6.	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA CERVEZA	13
2.6.1.	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	13
2.6.1.1.	Grado alcohólico	13
2.6.1.2.	Color	13
2.6.1.3.	Turbidez	14
2.6.1.4.	Densidad	14
2.6.1.5.	Acidez	14
2.6.1.6.	pH	15
2.6.1.7.	Carbohidratos	15
2.6.1.8.	Amargor	16

2.6.1.9.	Dióxido de carbono	16
2.6.1.10.	Capacidad espumante	17
2.6.2.	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	17
2.6.2.1.	Características de apariencia	17
2.6.2.2.	Características de flavor	18
3.	OBJETIVOS	19
3.1.	Objetivo general	19
3.2.	Objetivos específicos	19
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1.	MATERIALES	20
4.1.1.	Malta	20
4.1.2.	Agua	20
4.1.3.	Lúpulo	20
4.1.4.	Levadura	20
4.1.5.	Café	20
4.2.	ESTABLECIMIENTO DE LOS ENSAYOS	21
4.3.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE CERVEZA ARTESANAL	21
4.3.1.	Molienda	21
4.3.2.	Maceración	22
4.3.3.	Cocción, lupulado y cafeteado	22
4.3.4.	Enfriado y Whirlpool	22
4.3.5.	Inoculado del mosto	22
4.3.6.	Fermentación	23
4.3.7.	Maduración	23
4.3.8.	Envasado y carbonatación	23
4.4.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS TRATAMIENTOS DE CERVEZA ARTESANAL	23
4.4.1.	Graduación alcohólica	23
4.4.2.	Color	24
4.4.3.	Turbidez	24
4.4.4.	Densidad	24
4.4.5.	Acidez total	24
4.4.6.	pH	25
4.4.7.	Carbohidratos	25
4.4.8.	Amargor	25

4.4.9.	Dióxido de carbono	25
4.4.10.	Capacidad espumante	26
4.5.	METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL	26
4.5.1.	Reclutamiento de jueces	26
4.6.	PLANTEAMIENTO PARA EL ENTRENAMIENTO DE JUECES	27
4.6.1.	Requerimientos generales	27
4.6.2.	Selección y adiestramiento	27
4.6.3.	Terminología y métodos a emplear	27
4.6.3.1.	Fase visual	27
4.6.3.2.	Fase olfativa	29
4.6.3.3.	Fase gustativa	30
4.7.	Formato evaluación sensorial de la sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal	33
4.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	33
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1.	ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE MALTA INDUSTRIAL CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LÚPULO POR CAFÉ	34
5.1.1.	Preparación	34
5.1.2.	moliendo	34
5.1.3.	Maceración	34
5.1.4.	Clarificado	36
5.1.5.	Lavado de los granos	36
5.1.6.	Cocción del mosto	37
5.1.7.	Enfriado y Whirlpool	37
5.1.8.	Activación de las levaduras	38
5.1.9.	Fermentación	38
5.1.9.1.	Control fisicoquímico durante la fase de fermentación	39
5.1.10.	Maduración	44
5.1.11.	Envasado y carbonatación	44
5.2.	EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA CERVEZA ARTESANAL ELABORADA CON LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LÚPULO POR CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO	45
5.2.1.	EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS FISICOQUÍMICAS	45

5.2.1.1.	Carbohidratos y porcentaje de alcohol	45
5.2.1.2.	pH y acides total	46
5.2.1.3.	Gravedad específica y extracto aparente	48
5.2.1.4.	Color en grados EBC y en el espacio CIEL *a*b*	49
5.2.1.5.	Dióxido de carbono (CO₂)	51
5.2.1.6.	Turbidez en unidades (FTU)	52
5.2.1.7.	Amargor	53
5.2.1.8.	Capacidad espumante	54
5.2.2.	EVALUACIÓN SENSORIAL	55
6.	CONCLUSIONES	59
7.	RECOMENDACIONES	61
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INDICE DE FIGURAS

	PAG
Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de cerveza	9

INDICE DE TABLAS

		PAG
Tabla 1.	Formulación para los diferentes tratamientos de cerveza artesanal	21
Tabla 2.	Evolución del color CIEL *a*b* durante la fermentación	43
Tabla 3.	pH y acidez total (%Ácido láctico) de las muestras	47
Tabla 4.	Gravedad específica y extracto aparente de las muestras	49
Tabla 5.	Color de las muestras en grados EBC y en el espacio CIEL*a*b*	50

INDICE DE GRAFICAS

	PAG
Grafica 1. Sacarificación del almidón durante el proceso de maceración	35
Grafica 2. Consumo de azúcares fermentables del mosto y producción de etanol	40
Grafica 3. Evolución del pH durante la fase de fermentación	42
Grafica 4 Carbohidratos medidos en °Brix y %Alcohol de las muestras	46
Grafica 5. Porcentaje de anhídrido carbónico (CO ₂) presente en las muestras	51
Grafica 6. Turbidez presente en las muestras, medida en unidades de FTU	52
Grafica 7. Amargor de las muestras en grados IBU	53
Grafica 8. Capacidad espumante de las muestras	55
Grafica 9. Resultados de la evaluación sensorial de la sustitución parcial del lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal	56

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Actualmente las cervezas artesanales han experimentado a nivel mundial una tendencia de producción ascendente, esto incluyendo a Colombia, donde la apertura económica ha permitido al pequeño productor adquirir insumos indispensables para la elaboración de esta bebida, en especial del lúpulo, el cual imparte amargor y aroma en las cervezas, de tal forma que este no se da en zonas tropicales y por ende la necesidad de importarlo, lo que hace que se eleve su costo de adquisición, y se genere la necesidad de mirar nuevas alternativas o sustituyentes que minimicen tales costos de producción y logren atributos similares a los impartidos por él. En este sentido el objetivo de esta investigación fue establecer el efecto de la sustitución parcial del lúpulo (*Humulus Lupulus*) por café tostado y molido sobre algunas características fisicoquímicas y sensoriales de cervezas elaboradas artesanalmente, para esto hubo la necesidad de realizar tres tratamientos y una muestra control (Mc) con las siguientes especificaciones: T1: (75% lúpulo - 25% café); T2: (50% lúpulo - 50% café); T3: (75% café - 25% lúpulo) y Mc: (100% lúpulo). Estas muestras fueron elaboradas bajo las mismas condiciones siendo el factor diferenciador la concentración de café. Por medio de la evaluación fisicoquímica se logró encontrar que a medida en que aumento la sustitución de lúpulo por café tostado y molido se presentaron en las muestras mayores contenidos de azúcares sin desdoblar (carbohidratos) lo cual se tradujo en menores producciones tanto de CO₂ como de etanol, de igual forma se vio alterado el pH, haciéndose más básico, la gravedad específica y el extracto aparente incrementando, la coloración de la cerveza haciéndose más oscura, el amargor aumentando y la capacidad espumante disminuyendo, por otra parte se determinó que la sustitución parcial de lúpulo por café no altero la acidez total de las muestras. Finalmente por medio de la evaluación sensorial se logro establecer que la muestra T1 obtuvo mayor grado de aceptación al ser la de mayor calificación global en contraposición a la muestra control que presento la calificación más baja, lo que nos da a entender que el café es un buen sustituyente del lúpulo en especial si se sustituye al 25%.

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. CERVEZA

El arte de fabricar cerveza se ha ido desarrollando a lo largo de 5.000-8.000 años. Si bien existen muchas historias sobre su creación, sabemos que, en Egipto, los faraones acostumbraban beber cerveza desde la infancia, ya que se la consideraba alimenticia y medicinal. Fueron ellos precisamente quienes le introdujeron sus característicos componentes: lúpulo y malta, con lo que le otorgaron mayor acidez, aroma y sabor. Los egipcios fueron los primeros en introducir en la cerveza innovaciones como la preparación de la malta, nuevos aromas y tonos empleando miel, jengibre, azafrán y comino, para así darle mayor textura, sabor y color a la bebida. Los arqueólogos han encontrado restos de cervezas en las tumbas de faraones y grabados en sus paredes que detallan su elaboración y su relación como complemento del pan (Hough, 1990).

La cerveza vivió su mayor desarrollo durante la Edad Media, cuando llega a Europa y los monjes asumen su producción, guardando celosamente el secreto de su receta. Entonces la denominaron “cerevisa monacorum”, y le dieron su denominación de origen. En 1.516, el Duque Guillermo IV de Baviera oficializó una ley en la que se definían los ingredientes de la bebida: agua, cebada malteada y lúpulo. Pero la mayor transformación se gestó en tiempos de la Revolución Industrial, cuando diversas fábricas empezaron a utilizar sistemas de conservación en frío, lo que le permitió al producto tener una mayor resistencia a los cambios climáticos, y así mantener por más tiempo su aroma, sabor y calidad (Mosher, 2015)

La cerveza es una bebida alcohólica fermentada, no destilada, de sabor amargo, elaborada a partir de un mosto preparado principalmente con la malta de cebada, junto con otros cereales (Dos Santos *et al.*, 2014). La cerveza presenta una graduación alcohólica moderada, es refrescante y nutritiva contiene un gran número de componentes orgánicos, como proteínas, aminoácidos, polifenoles y azúcares, que provienen principalmente de los materiales empleados durante la elaboración y como subproducto del metabolismo de las levaduras durante la fermentación. Estos compuestos son los responsables de la mayoría de las características organolépticas de la cerveza y están también relacionados con su estabilidad (Palacios *et al.*, 2012).

De acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3854, se define la cerveza como una bebida resultante de un proceso de fermentación controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, de un mosto con agua potable, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, adicionado de lúpulo o sus extractos o concentrados.

2.2. TIPOS DE CERVEZA

Es posible encontrar en la actualidad un gran número de estilos de cerveza, los que difieren entre sí por su lugar de origen, ingredientes utilizados y condiciones de operación del proceso cervecero. Tradicionalmente las cervezas son clasificadas básicamente en dos tipos:

2.2.1. Cerveza tipo ale

Este tipo de cerveza describe al grupo de cervezas que utilizan levaduras de fermentación alta. En la forma más sencilla de elaboración, durante la fermentación en caliente que dura unos tres o cuatro días, se alcanza una temperatura de unos 25° C. Sin embargo, muchos productores dejan fermentar la cerveza hasta dos semanas. Después, la mayoría de las cervezas de fermentación alta tienen algún tipo de maduración posterior, que puede ir desde unos pocos días de acondicionamiento en caliente entre 13 y 16° C, a una maduración en frío o incluso una segunda fermentación en la barrica.

Las levaduras que dan origen a cervezas de estilo ale son del género *S. cerevisiae*. Se denominan levaduras de fermentación alta porque suben a la superficie del tanque al final de la fermentación y realizan su actividad entre 14 a 25°C. La utilización de esta cepa específica y las altas temperaturas de fermentación favorecen la formación de alcoholes de mayor peso molecular y esteroides, lo que trae como consecuencia la producción de una cerveza con sabores y aromas más robustos que en las lagers este estilo es originario de Gran Bretaña, Alemania y Bélgica. En Gran Bretaña encontramos los estilos Ale, Stout y Porter (Martínez, 2015). Por lo general, los microcerveceros producen en mayor cantidad cervezas ale que lager, debido a que las etapas de fermentación no requieren un control de temperatura minucioso.

2.2.2. Cerveza tipo lager

Se caracterizan debido a que son relativamente nuevas. A mediados del siglo XIX empezaron a elaborarse gracias al desarrollo de la refrigeración artificial, a la investigación de Pasteur para aislar un cultivo de levadura que fermentaba en la parte baja de los tanques y al trabajo de varios cerveceros centroeuropeos. Varios siglos antes, los productores de cerveza de Baviera y Bohemia ya habían observado que, guardando la cerveza en cuevas muy frías o heladas, ésta se conservaba y sin estropearse durante el verano, temporada en la que no se podía elaborar debido al calor. Además, la levadura se hundía al fondo de los tanques y continuaba transformando el azúcar en alcohol al terminar la fermentación. De ahí el origen del término lager, que significa guardar o almacenar en alemán.

Las levaduras que dan origen a cervezas de estilo lager son del género *S. carlsbergensis* o *S. uvarum*. Se designan de fermentación baja porque se depositan en el fondo del tanque en las etapas finales de la fermentación, realizando su

actividad entre 4 a 12°C. A diferencia de las cervezas ale, el tiempo de fermentación de las cervezas lager es de 10 días como mínimo, el proceso de maduración es mayor de 4 a 12 semanas incluso meses. Debido a las bajas temperaturas usadas en el proceso, los sabores y aromas de las cervezas lager son más suaves en comparación con las ales. En este estilo se encuentran los estilos Pilsener o Pils, Münchner, Dortmunder, Viena (Oktoberfest o Märzen) y Dry (también llamadas light) (Martínez, 2015).

2.3. CERVEZA ARTESANAL

Esta cerveza se encuentra en auge como respuesta a los consumidores que quieren encontrar nuevos productos, es por esta razón que en la actualidad se ha presentado una tendencia mundial y un mercado que crece a tasas de casi 40% anual en el país. En Colombia se producen cerca de 23 millones de hectolitros de cerveza al año. De ese total, el consumo de cerveza artesanal está por los 50 mil hectolitros y las que la comercializan embotellada pueden vender más de 4 millones de unidades al año con un potencial de crecimiento alto.

La cerveza artesanal, se elabora en pequeñas cantidades, para evitar almacenamientos prolongados, ya que no se añaden aditivos ni coadyuvantes tecnológicos. Gonzales (2014), considera que la cerveza artesanal es compleja, y que esta respeta la ley de pureza alemana, en la cual esta contiene cuatro ingredientes principales: malta, lúpulo, levadura y agua. Algunos ingredientes pueden ser adicionados según las tradiciones y gustos locales como por ejemplo especias aromáticas, almidones, miel, jengibre entre otros que impartan autenticidad en cada una de estas. Esto lleva un proceso más minucioso, más controlado, que nos permite vigilar todas las variables en el proceso para obtener una cerveza más compleja.

Las cervezas industriales utilizan aparte de la malta, jarabes de maíz o arroz, que son sustitutos o adjuntos y fabrican una cerveza que genera mayor ganancia y no la que le gusta al público. Un enfoque de un proyecto investigativo en la elaboración de una cerveza artesanal Tipo Ale (Dubbel belga), afirma que la diferencia entre cerveza artesanal y cerveza industrial reside en los procesos de elaboración, la calidad de los ingredientes y la fórmula que el maestro cervecero ha creado.

Pioneros en el mercado de la cerveza artesanal en Colombia, poco a poco, se han ido abriendo paso para ofrecer una propuesta diferente a través de pubs, como Bogotá Beer Company (La cervecería pequeña más grande de Bogotá) es en lo que se ha convertido Bogotá Beer Company, más conocida como BBC creó una forma acogedora para dar a conocer y disfrutar de sus cervezas.

Las cervezas artesanales son elaboradas con ingredientes naturales tradicionales, cebada malteada, lúpulo, levadura y agua, y en algunas cervezas son utilizados

ingredientes locales como miel orgánica, cáscaras de naranja, avena entre muchos otros, según sea el gusto, con lo cual se busca darles más sabor y aromas al producto terminado. Bruder es el nombre de la cerveza elaborada por dos Ingenieros químicos en una pequeña planta ubicada en la capital Boyacense, dotada con la más alta tecnología en la cual producen una gran variedad de cervezas donde emplean extractos de frutas como maracuyá, uchuva, mango, granadilla y cacao prensado boyacense, ofrecen cervezas auténticas e innovadoras ya que esto es un arte y se puede jugar infinitamente con una gran variedad de ingredientes, sin perder la naturalidad.

Torres y Bohórquez, (2017) elaboraron una cerveza artesanal, comenzando desde la elaboración de la malta y la caracterización de está sustituyendo parcialmente el lúpulo (*Humulus lupulus*) por cidrón (*Aloysia citrodora*), tuvieron en cuenta tres tratamientos: 100% lúpulo-0% cidrón (T1), 70% lúpulo-30% cidrón (T2) y 50% lúpulo-50% cidrón (T3). Posteriormente a cada uno de los tratamientos se les realizó una caracterización fisicoquímica para los parámetros de grado alcohólico, color, acidez, densidad y pH. Se elaboró un panel sensorial para estimar el grado de aceptación final al tratamiento que evidenció las mejores características. De acuerdo con los resultados obtenidos posterior al proceso de malteado se logra concluir que la malta cumple con los parámetros de calidad necesarios para la elaboración de la cerveza. En cuanto a las características fisicoquímicas de los tratamientos no se evidenciaron diferencias significativas en el momento de realizar el análisis de varianza (ANOVA). Finalmente se elaboró una prueba hedónica con escala de 5 puntos para evaluar el grado de aceptación de los tratamientos concluyendo a través de la prueba de KruskalWallis que el tratamiento que presentó las mejores características sensoriales con respecto al patrón fue T2 con un grado alcohólico de 3,1°GL, densidad de 1,016 g/ ml, acidez total de 0,1621 % ácido láctico/100 g de muestra y pH de 3,8.

El propósito de la investigación de (Cedeño y Mendoza, 2016) fue evaluar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa (*Solanum tuberosum L.*) como adjunto y especias, innovando en la incorporación de materias primas poco convencionales. Determinaron el comportamiento de dos factores: A. Mezcla de 80% malta de cebada con 20% almidón de papa (200 y 300 g/L) y B. Combinación de especias: 40% lúpulo, 10% tomillo, 48% romero y 2% ajeno (1, 2 y 3 g/L), que originaron seis tratamientos; conjuntamente, se incluyó un testigo (100% malta de cebada y lúpulo). Analizaron las variables fisicoquímicas (pH, acidez total, densidad y grado de alcohol).

2.4. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

Las materias primas para la elaboración de la cerveza tradicional son el agua, la cebada malteada y/o algunos adjuntos, que proporcionan enzimas necesarias para el proceso y el sustrato para la fermentación, el lúpulo que aromatiza la cerveza y

le confiere el amargor característico. Con estas materias primas se prepara en primer lugar un mosto que después de ser sembrado será sometido a un proceso de fermentación alcohólica por parte de los metabolismos de las levaduras

2.4.1. Malta de cebada

La malta es un producto constituido por granos de cereal que han pasado por un proceso llamado malteo, el que consiste en una germinación del grano detenida al utilizar una desecación con aire caliente. Durante la germinación, los nutrientes almacenados en el endospermo del grano comienzan a degradarse por acción de enzimas también sintetizadas durante este proceso. Así, como resultado, al detener la germinación del cereal se obtiene un grano con altas concentraciones de almidón y un alto poder diastásico (capacidad enzimática del grano de malta), lo que convierte a la malta en la materia prima más importante en el proceso de elaboración de cervezas (Hough, 1990).

Hough (1990) considera que el malteo consta de tres etapas. En la primera etapa, denominada remojo, la cebada limpiada y clasificada es sumergida en agua hasta que alcanza a tener el contenido apropiado de humedad. En la segunda etapa, denominada germinación, la cebada remojada se desarrolla bajo condiciones controladas. En la tercera etapa, denominada secado mediante una corriente de aire caliente se detiene su desarrollo. En todas estas etapas resulta necesario un control completo de la temperatura, de la humedad y del flujo de aire. El cervecero juzga la calidad de la malta de acuerdo con la manera en que se conforma a sus especificaciones y por su rendimiento durante el proceso de fabricación de la cerveza.

La cerveza según la normativa vigente se puede elaborar con hasta 50% de extracto procedente de materias amiláceas diferentes a la malta, denominadas adjuntos. El uso de adjuntos está justificado porque además de permitir obtener cerveza a un coste menor, se consigue una reducción del contenido en nitrógeno en el mosto y la cerveza obtenida es más estable (Callejo, 2002).

2.4.2. Agua

Suárez, (2013) hace referencia que el 95% del peso de la cerveza es agua. Aporta sales y otros elementos al producto y contribuye a la distribución homogénea de los sabores. El agua es tan importante que las primitivas cervecerías se instalaban cerca de los ríos o arroyos debido a la necesidad de tener agua asegurada y de una calidad constante y, por extensión, las cervezas resultantes terminaron adoptando el nombre, bien de la localidad o del caudal de agua cercano, por ejemplo, las cervezas Pilsen, Munich, Ale. El agua rica en bicarbonato cálcico (dureza temporal) resultaba excelente para la producción de las cervezas más oscuras, por lo que las de Múnich, Londres y Dublín alcanzaron fama y renombre.

El agua según Hernández *et al.*, (2016) se encuentra integrada por sales; los aniones de estas sales son fosfatos, cloruros, bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, silicatos, y los cationes son calcio, sodio, hierro, magnesio y amonio. La composición del agua tiene una gran influencia en la calidad y el tipo de cerveza. Asimismo, estos autores afirmaron que actualmente, se posee el conocimiento que permite acondicionar el agua de acuerdo con los requerimientos necesarios para el tipo de cerveza deseado. Según los cerveceros, uno de los principales puntos que se debe vigilar es la concentración de bicarbonatos, ya que, al elevarse, incrementa el pH, y se puede llegar a alcanzar un valor de pH desfavorable para la actividad de las enzimas. Por otro lado, los iones calcio y magnesio tienen un efecto acidificador favorable para la maceración y la fermentación, por lo que es común adicionar cloruro de calcio o sulfato de calcio hasta alcanzar una concentración de 350 mg de CaO/L. Los iones magnesio son menos deseables que los de calcio, porque un exceso produce un deterioro en el sabor. El contenido de nitratos debe oscilar entre 25 y 50 mg/L si es superior, los nitratos son reducidos a nitritos, compuestos que causan daños a la levadura e interfieren en el proceso de fermentación.

2.4.3. Lúpulo

Casas *et al.*, (2014) establecieron que el lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta perenne de la familia de las cannabidaceas con flores masculinas y femeninas separadas en pies diferentes, con tallos caducos o trepadores, con los principios activos que contienen las inflorescencias femeninas (estróbilos) y las brácteas que las recubren. Estos componentes han sido utilizados en la industria cervecera para proporcionar sabor amargo a la cerveza y estabilidad.

Los principales componentes responsables del amargor refrescante y limpio de la cerveza son α -ácidos (Alcázar, 2001). Durante la cocción, los α -ácidos también llamados humulonas se isomerizan y reorganizan, resultando compuestos mucho más amargos (contribuyen en más del 85% de compuestos amargos en la cerveza) y solubles denominados isohumulonas o iso- α -ácidos (Kappler *et al.*, 2010). Otros compuestos presentes en el lúpulo, como terpenos, ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos y alcoholes influyen tanto en el sabor como en el aroma de la cerveza.

La calidad del lúpulo se correlaciona sobre todo con la concentración de tres α -ácidos (la humulona, la cohumulona y la adhumulona), cuyas proporciones son variables en función de la variedad de lúpulo y otros factores. Los α -ácidos son muy susceptibles a la oxidación, por lo que su almacenamiento y conservación es un aspecto muy sensible, considerado por los cerveceros (Casas *et al.*, 2014). Además de aromatizar y aportar el amargor a la cerveza Caballero *et al.*, (2010) indican que los iso- α -ácidos poseen otras propiedades como mejorar la estabilidad de la espuma, debido a que poseen compuestos muy tensoactivos e Inhibir el desarrollo de los microorganismos en la cerveza, aumentando su estabilidad biológica. Sin

embargo, no es una actividad bacteriostática lo suficientemente grande como para sustituir las medidas necesarias para la conservación del producto.

Suárez (2013) indica que el lúpulo puede clasificarse en tres clases: lúpulos de aroma, lúpulos de doble finalidad y lúpulos de amargor. Existen variedades que van estrechamente asociadas a ciertos estilos de cerveza, consecuentemente, se usan por razones geográficas, históricas y culturales.

2.4.4. Levadura

Tradicionalmente varias especies del género *Saccharomyces* han estado relacionadas con la producción de bebidas alcohólicas, dentro de las que destacan: *S. cerevisiae*, *S. carlsbergensis* entre otras. La taxonomía clásica de las levaduras se basa en características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas como son la forma de las células, la apariencia de los cultivos o medios sólidos o líquidos, la tolerancia a diferentes condiciones de cultivo y la posibilidad de asimilar o fermentar diferentes sustratos. Las diferencias funcionales entre estas cepas son de gran importancia tecnológica para los procesos de producción de bebidas alcohólicas; estas diferencias, aunque aparentemente son muy significativas, no son sino el resultado de pequeñas mutaciones en el material genético (García, 1993). Para la elaboración de cerveza en los últimos años se está buscando innovar en sus características organolépticas como fisicoquímicas por esta razón se han realizado cambios en la constitución de la cerveza ya sea adicionando, sustituyendo entre otras.

2.4.5. Café tostado y molido

El café tostado y molido le es aplicado agua caliente para generar una infusión que obtenga todo el sabor y aroma presente en los granos. Para permitir la extracción que resulta de la mezcla de agua caliente el café tostado se muele. El grado de molienda, es decir el tamaño de las partículas obtenidas, depende del tipo de preparación posterior y oscila desde un polvo muy fino para expreso, pasando por una textura arenosa para preparación de café colado estándar, hasta simplemente partir el grano en pocas piezas para la extracción a nivel industrial. Las moliendas más finas permiten obtener una bebida más fuerte, pero requieren de un filtro especial para obtener una taza libre de partículas insolubles. Para tener una mejor idea sobre el tipo de preparación de café asociado con el tipo de molienda recomendado (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2010).

El café tostado y molido es particularmente delicado y se deteriora rápidamente en contacto con el oxígeno del aire, razón por la cual debe ser almacenado o empacado en forma hermética y utilizado rápidamente. La calidad en la bebida del café está directamente relacionada con la habilidad del preparador para transformarlo en un producto placentero. Para lograr que la bebida sea equilibrada, con aroma y que satisfaga los gustos de un consumidor exigente, es necesario tener en cuenta no

sólo la calidad de los granos utilizados y su origen, sino también las prácticas de preparación de café.

Según la NTC 3314 el café se define para los frutos y las semillas de las plantas del género *Coffea*, de ordinario las especies cultivadas, así como los productos procedentes de estos frutos y semillas en diversas etapas de procesamiento y uso, con destino al consumo. Una vez tostado el café, el grano tostado se muele a diferentes granulometrías, dependiendo posteriormente del tipo de cafetera que se utilice para preparar la bebida. Los tres grados de molienda comercial son: grueso, medio y fino. Los productores recomiendan un molido grueso para cafetera percoladora, molido medio para cafeteras de filtro y el molido fino para preparar café tipo express. El grado de espesor de la molienda tiene un impacto importante en el proceso de elaboración de la bebida, y es crítico saber combinar la consistencia del grado de fineza del café con el método de elaboración para poder extraer un sabor óptimo de los granos tostados. Los métodos de la elaboración del café que exponen la molienda de café a agua calentada durante mucho tiempo necesitan que las partículas tengan un mayor grosor que si, en cambio, se utilizan métodos más rápidos. Los granos que se muelen demasiado para un determinado método de elaboración expondrán demasiada área superficial al agua caliente y producirán un gusto amargo y áspero. En el otro extremo, si se muele poco y se dejan partículas excesivamente gruesas, se producirá un café débil, acuoso y falta de sabor. El índice de deterioración aumenta cuando el café está molido, como resultado de la mayor área superficial expuesta al oxígeno. (Federación nacional de cafeteros de Colombia, 2010)

2.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

A grandes rasgos, el proceso de producción de cerveza consiste en 8 etapas, tal como se muestra en la figura 1.

2.5.1. Molienda

El proceso de elaboración de cervezas comienza con la molienda del grano de malta. La molienda tiene como finalidad facilitar la extracción de los azúcares durante la maceración (Briggs *et al.*, 2004).

2.5.2. Maceración.

En la maceración se produce la extracción de azúcares desde los granos de malta, debido a la degradación enzimática de los gránulos de almidón del endospermo. Un gran número de enzimas provenientes de la malta pueden encontrarse durante la maceración. Sin embargo, las que toman una mayor relevancia en el proceso cervecero son aquellas que degradan las amilasas y amilopectinas (α y β amilasas, dextrinasa límite) y las paredes de los gránulos de almidón (β -glucanasas, proteasas). Las condiciones de operación durante la maceración dependerán de la reacción (o reacciones) enzimáticas que se desean favorecer. Por ejemplo, varios

sistemas de maceración utilizan un aumento gradual de la temperatura de la infusión) desde los 40 °C hasta los 75 °C. Este aumento gradual permite alcanzar las temperaturas óptimas de las enzimas involucradas en la hidrólisis de las paredes del endospermo (40 a 54 °C), la hidrólisis del almidón (54 a 65 °C) y la inactivación enzimática 75 °C, aumentando así el rendimiento del proceso de maceración (Boulton, 2013).

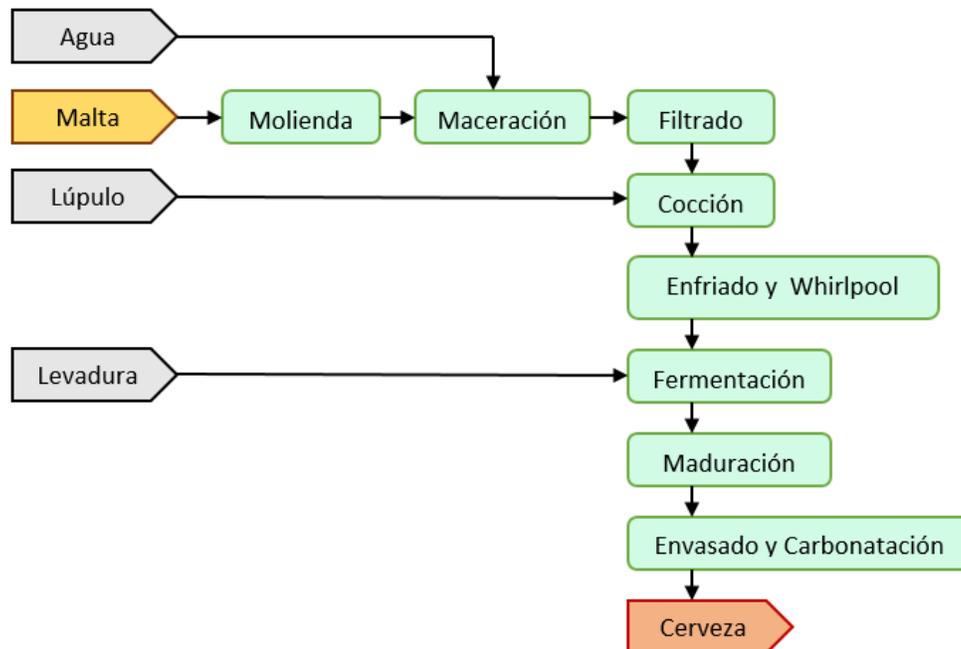


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de cervezas

2.5.1. Molienda

El proceso de elaboración de cervezas comienza con la molienda del grano de malta. La molienda tiene como finalidad facilitar la extracción de los azúcares durante la maceración (Briggs *et al.*, 2004).

2.5.2. Maceración.

En la maceración se produce la extracción de azúcares desde los granos de malta, debido a la degradación enzimática de los gránulos de almidón del endospermo. Un gran número de enzimas provenientes de la malta pueden encontrarse durante la maceración. Sin embargo, las que toman una mayor relevancia en el proceso cervecero son aquellas que degradan las amilasas y amilopectinas (α y β amilasas, dextrinasa límite) y las paredes de los gránulos de almidón (β -glucanasas, proteasas). Las condiciones de operación durante la maceración dependerán de la reacción (o reacciones) enzimáticas que se desean favorecer. Por ejemplo, varios sistemas de maceración utilizan un aumento gradual de la temperatura de la

infusión) desde los 40 °C hasta los 75 °C. Este aumento gradual permite alcanzar las temperaturas optimas de las enzimas involucradas en la hidrolisis de las paredes del endospermo (40 a 54 °C), la hidrolisis del almidón (54 a 65 °C) y la inactivación enzimática 75 °C, aumentando así el rendimiento del proceso de maceración (Boulton, 2013).

2.5.3. Filtrado

De la maceración se obtienen un líquido alto en azúcares y los granos agotados de malta, conocidos como mosto y bagazo, respectivamente. La separación entre el mosto y el bagazo se realiza por filtración. En caso que no hayan sido degradados los β -glucanos y pentosanos solubles durante la maceración, la filtración puede verse dificultada, aumentando los tiempos de proceso, por lo que se debe asegurar la degradación de estos compuestos. De manera similar, moliendas finas pueden afectar negativamente el proceso de filtración, al aumentar la resistencia específica de la torta filtrante (Hougt, 1990).

2.5.4. Cocción.

Luego, el mosto filtrado pasa a una etapa de cocción, donde se eleva la temperatura del mosto dulce hasta el punto de ebullición por un tiempo entre los 60 y 90 minutos. Durante la cocción del mosto se adiciona el lúpulo, el que corresponde a la inflorescencia femenina de la planta del lúpulo (*Humulus lupulus*). Al interior del lúpulo se pueden encontrar un grupo de compuestos llamados dentro de la jerga cervecera como “sustancias amargas”. Las sustancias amargas, compuestas principalmente por humulona y sus homólogos (que en conjunto también son denominados como α -ácidos), aportan el amargor característico de la cerveza. También participan en la formación de espuma y actúan como estabilizadores biológicos de la cerveza al aportar propiedades antimicrobianas (Krottenhaler, 2009).

Las altas temperaturas del proceso de cocción provocan varios efectos en el mosto, tales como:

- Esterilización
- Desnaturalización y posterior coagulación de proteínas
- Isomerización y solubilización de las sustancias amargas. La proporción de α ácidos que se solubilizan en el mosto se conoce como utilización, y depende en gran parte del tiempo de cocción
- Aumento del color de cerveza, debido a las reacciones de pardeamiento no enzimático (Caramelización de los azúcares y reacción de Maillard)
- Destilación de compuestos volátiles presentes en el mosto

2.5.5. Enfriado y Whirlpool

Terminada la cocción, el mosto pasa por una etapa de clarificación, donde se retiran las proteínas coaguladas y los restos de lúpulo, para luego enfriar el mosto a las temperaturas requeridas para las etapas posteriores. La clarificación suele realizarse en estanques remolinos o Whirlpool, cuya geometría permite concentrar las partículas que causan turbiedad en una zona específica del equipo, facilitando su eliminación, mientras que el enfriado del mosto utiliza intercambiadores de calor para disminuir la temperatura (Mosher, 2015).

2.5.6. Fermentación

Después de la clarificación y enfriado del mosto sigue la etapa de fermentación. Allí, los azúcares de bajo peso molecular presentes en el mosto son metabolizados por las levaduras, produciendo etanol y dióxido de carbono. En el proceso cervecero se utilizan levaduras pertenecientes al género *Saccharomyces*, generalmente *S. cerevisiae* y *S. pastorianus*, que se conocen en el mundo cervecero como levaduras de fermentación alta y baja, respectivamente.

La fermentación comienza con la inoculación de las levaduras en el fermentador. Allí, las levaduras siguen una curva de crecimiento. En condiciones anaeróbicas, las levaduras utilizan los azúcares fermentables como fuente de energía, lo que permite el aumento de la biomasa al interior del fermentador, con la consecuente producción de etanol y dióxido de carbono. Después de un tiempo se llega a una fase estacionaria, donde no se observa un aumento en la biomasa del fermentando, para dar paso después a la muerte de las levaduras debido al agotamiento de los azúcares fermentables. Las levaduras inactivas suelen decantar, ubicándose en la zona inferior de los equipos de fermentación.

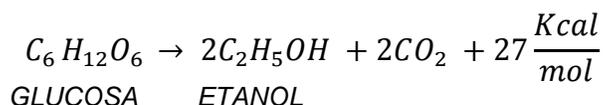
Las condiciones de operación de la fermentación dependen principalmente de la levadura utilizada. Cervezas ale utilizan temperaturas de fermentación sobre los 18°C mientras las lagers entre 7 y 15°C como máximo. Lo anterior trae como consecuencia una diferencia en los tiempos de fermentación entre ale y lagers; las cervezas ales fermentan en tiempos entre 3 a 5 días, mientras que para las lagers se extiende por sobre los 10 días debido al metabolismo reducido de las levaduras por las bajas temperaturas también, para las cervezas ale, las altas temperaturas provocan la producción de alcoholes de mayor peso molecular y esteroides, haciendo que estas posean sabores más complejos que las lagers (Eblinger, 2009).

Godoy *et al.*, (2003) mencionan que la fermentación alcohólica es el proceso anaerobio mediante el cual se hidroliza el azúcar para formar anhídrido carbónico y alcohol etílico. Los microorganismos utilizan como sustrato los hidratos de carbono (principalmente azúcares como la glucosa) presentes en el medio para transformarlos en etanol, dióxido de carbono y energía en forma de ATP. La

producción de etanol se lleva a cabo a través de la vía glucolítica. Zambrano y Borbor (2014) definen las siguientes etapas en la fermentación:

Etapa aeróbica

Durante las primeras horas de la fermentación y ante la presencia de oxígeno en el mosto, la levadura inicia una etapa aeróbica donde se reproduce, generando calor y biomasa. Esta etapa finaliza una vez que la levadura ha consumido todo el oxígeno presente.



Etapa anaeróbica

La levadura pasa entonces a una etapa anaeróbica donde se realiza la fermentación propiamente dicha (alcohólica). Aproximadamente el 1% de la fermentación es aeróbica y el 99% anaeróbica. Como se observa en la ecuación, de las 27 calorías generadas, aproximadamente 3 las utiliza la levadura para su metabolismo, el resto (24 kcal) se desprende como calor, por lo que es necesario contar con un sistema de enfriamiento para controlar la temperatura de fermentación en el valor especificado.

2.5.7. Maduración

Durante la maduración se produce la sedimentación de compuestos involucrados en propiedades no deseadas en la cerveza, como, por ejemplo, la turbidez y presencia de sabores desagradables. El proceso de maduración suele tomar 2 semanas para el caso de cervezas tipo ale, aunque en algunos casos puede extenderse por meses, caso particular de las cervezas tipo lager. Las levaduras sedimentadas son retiradas de la cerveza previa a la maduración. Sin embargo, es posible encontrar levaduras en suspensión, las cuales pueden desarrollar una segunda fermentación durante la maduración, consumiendo azúcares fermentables remanentes y produciendo la gasificación de la cerveza. En caso que la gasificación sea baja suele agregarse dióxido de carbono a la cerveza antes de su envasado (Cárdenas, 2016).

2.5.8. Envasado y carbonatación.

La carbonatación en cervezas se puede dar de dos formas, la primera es la carbonación natural o re-fermentación, la cual es muy común en cervezas artesanales o de fermentación alta (tipo Ale). Esta consiste en adicionar fuentes de sustratos (azúcares) a las levaduras que aún quedan en suspensión tras el proceso de maduración y previo al envasado, donde se debe dejar un espacio de cabeza al momento de tapar las botellas, con el fin de que la levadura consuma el oxígeno junto con el azúcar para convertirlos en gas carbónico, este método también se

puede dar a gran escala en tanques o barricas, disponiendo de una válvula de escape de presión que la permita ajustar a un nivel determinado para que escape el CO₂ restante. De esta forma, se puede cerrar el tanque para que los últimos azúcares fermentables produzcan el CO₂ que quedará finalmente disuelto en la cerveza, ajustando el nivel de carbonatación deseado. El segundo método es la carbonatación forzada o inducida, la cual se ejerce comúnmente en grandes industrias donde se producen cervezas comerciales muy conocidas de fermentación baja o tipo lager, la cual consiste en adicionar de forma directa el CO₂ a la bebida alcohólica tras la fase de maduración y filtrado donde se eliminan las levaduras presentes en suspensión y previo al embotellado, evitando así el lapso de tiempo que duraría si se hiciera por el método de re-fermentación (Sancho, 2015).

2.6. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA CERVEZA

2.6.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

La cerveza para considerarse de alta calidad debe cumplir con diferentes características fisicoquímicas, a continuación, se mencionan algunas de estas.

2.6.1.1. Grado alcohólico

El grado alcohólico o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20 °C durante su medición experimental. El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica. El grado alcohólico varía, depende del tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo (Dantur, 2006) citado por (Torres y Bohórquez, 2017)

2.6.1.2. Color

El color de la cerveza, depende principalmente, del tipo o tipos de maltas que se utilizan durante su elaboración. En el proceso de malteado del cereal y debido a un conjunto muy complejo de reacciones químicas (reacción Maillard), se lleva a cabo la producción de melanoidinas coloreadas que le darán a la cerveza tonalidades que van desde el amarillo claro hasta el café muy oscuro e incluso negro. Asociado al proceso de formación de las melanoidinas durante el malteado, está también la producción de unos compuestos muy aromáticos denominados pirazinas, por lo que el color de la cerveza está estrechamente relacionado con los aromas y sabores presentes en la misma. Las melanoidinas afectan también a la formación y la retención de la espuma (Orallo, 2013).

2.6.1.3. Turbidez

La turbidez se debe a la presencia de microorganismos en la cerveza, por lo que ordinariamente se elimina mediante filtración. Las turbideces no biológicas pueden

responder a problemas relacionados con la suspensión de oxalato cálcico o en los β glucanos, pero la mayoría de las veces la turbidez generada tras el envasado se debe a complejos proteína – taninos insolubilizados. Durante la cocción del mosto, su enfriamiento y la subsiguiente refrigeración de la cerveza, se insolubiliza en forma de turbios, la proteína asociada a los polifenoles.

Uno de los mejores procedimientos de combatir la turbidez consiste en enfriar la cerveza, a una temperatura tan baja como sea posible, antes de proceder a su filtración. Otro consiste en equilibrar la proteína y los polifenoles tan precisamente como se pueda. A una cerveza con exceso de proteína y defecto de polifenoles, se le añade ácido tánico, con lo que la proteína precipita. También se puede recurrir al tratamiento con una enzima proteolítica; el más frecuente empleado es la papaína (Hough, 1990).

2.6.1.4. Densidad

La densidad del mosto indica la cantidad de azúcares en solución. El “grado Plato” es la densidad específica expresada como el peso de extracto en 100 g de solución, a la temperatura de 17,5°C. La densidad específica final es la densidad de la cerveza cuando la fermentación ha concluido. Cuando más denso sea el mosto, más alcohol tendrá la cerveza acabada y mayor cantidad del lúpulo necesitará para contrarrestar el dulzor de la malta. Además, los mostos densos requieren más tiempo para fermentar y mucho más tiempo de maduración (Suarez, 2013).

2.6.1.5. Acidez

La levadura prefiere los compuestos nitrogenados fácilmente difusibles a través de la membrana celular, sobre todo los aminoácidos, sus amidas, la urea y las bases hexónicas (Santander, 2006). La degradación no transcurre de un modo regular, sino que guarda estrecha relación con la acidez de la fermentación. La curva de acidez empieza de manera alcalina ya que se hace necesario agregar un exceso de nitrógeno al medio en forma de sales amoniacales que reaccionan con las sales alcalinas y amoniacales orgánicas presentes en el medio. Las sales de amonio entran a la célula y allí se disocian, liberando ácido sulfúrico, el cual fatalmente lesiona la pared celular, aunque las otras sales ayudan a neutralizar la acción de éste ácido. De esta manera el medio pasa de ser alcalino a ser ácido, paso que se acelera cuando empieza la degradación de los aminoácidos orgánicos, ya durante la fermentación la levadura toma el nitrógeno de estos compuestos de manera que los aminoácidos van perdiendo su carácter anfótero y convirtiéndose en ácidos. Nuevamente la acidez disminuye cuando los ácidos orgánicos van siendo metabolizados y la levadura ha logrado asimilar la mayor parte del azúcar y del nitrógeno. No obstante, queda un resto de nitrógeno amínico no disociado (Kretzchmar, 1990).

2.6.1.6. pH

El pH es un factor importante en la fermentación, debido al control que ejerce frente a la contaminación bacteriana, así como en el crecimiento de las levaduras, la velocidad de fermentación y la producción de alcohol. La variación del pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. Otro factor que puede originar una variación de pH es la producción de dióxido de carbono en la fase de fermentación aerobia. Durante la fermentación anaerobia, aparte de producirse etanol, se genera una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, propionico y pirúvico, que influye también en la disminución del pH. El pH influye en la actividad de la levadura. Así, se ha podido comprobar que el pH más favorable para el crecimiento de la *saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4.4 – 5.0, siendo el pH 4.5 el adecuado para su crecimiento óptimo (Suarez, 2013).

2.6.1.7. Carbohidratos

El almidón es un polímero semicristalino de glucosa de gran abundancia en la naturaleza, por lo que se considera una buena fuente de obtención de este azúcar para una fermentación económica y rentable. La cantidad de almidón contenido en el grano de cereal varia, pero generalmente oscila entre el 60 y 75% del peso del grano. El almidón presente en los granos es el más importante de los carbohidratos para fines industriales resultando preciso degradarlo enzimáticamente con una gelatinización previa por acción de calor o sometiénolo a un intenso trabajo mecánico. El almidón de cebada gelatiniza a 58-90°C, pero durante la germinación la temperatura alcanzada es de sólo 15°C, por lo tanto, las enzimas que degradan el almidón, las amilasas, operan en el malteado sin gelatinización previa (Hoseney, 1991) citado por (Espita, 2009). El almidón consta de dos fracciones: amilosa (20 % (p/p)) que es soluble en agua y amilopectina (80% (p/p)) que es insoluble en agua con un alto peso molecular (Navarro y Sossa, 2003) citados por (Espita, 2009).

2.6.1.8. Amargor

Tradicionalmente el lúpulo es la planta utilizada en la fabricación de cervezas para generar el sabor amargo, el cual balancea el dulzor aportado por la malta de cebada. En este caso particular se sustituirá parte del lúpulo por café tostado y molido, compuesto que también genera percepciones amargas.

Ya en un estado temprano de desarrollo, la planta de lúpulo forma un β -ácido levemente amargo, el cual es secretado en las glándulas de lupulina, que se encuentran en formación. A lo largo del proceso de maduración, una parte de estos β -ácidos es convertida en α -ácidos, notablemente más amargos. Esta conversión, que cubre solamente una parte de los β -ácidos, es muy dependiente de las condiciones climáticas. Por ejemplo, los tiempos de maduración calurosos y secos entorpecen más esta conversión que los veranos frescos y húmedos (Kunze, 2006).

Los α -ácidos o humulonas constituyen el principal componente amargo de la cerveza. Durante la cocción del lúpulo, o sus productos, en el mosto, los α -ácidos se reorganizan o isomerizan generando compuestos iso α -ácidos o isohumulonas, que son mucho más amargos y solubles que los α -ácidos (Callejo, 2002).

Por su parte el ácido clorogénico y sus derivados son los compuestos que dan al sabor amargo al café, representando hasta el 8% de la composición del grano sin tostar. Cuando los granos de café son tostados, estos compuestos, pierden una molécula de agua formándose diversas lactonas del ácido clorogénico, que son las principales responsables de su sabor amargo junto con las melanoidinas, que se forman como sub productos de la calcinación del café durante la reacción de Maillard, una reacción química entre proteínas y azúcares, pudiéndose encontrar hasta un 30% de esta última según el grado de tostión de los granos (Forner, 2015).

2.6.1.9. Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono presente en las cervezas puede ser el producto de una segunda fermentación controlada la cual se tiene que dar bajo condiciones de temperatura y tiempo óptimas, también conocida esta operación como carbonatación, la cual es un equilibrio entre la presión interna y la temperatura a la que está expuesta, entre menor sea la temperatura mayor será el CO_2 que permanecerá en solución por lo tanto una cerveza lager retendrá mayor CO_2 que una Ale por las temperaturas de fermentación. Un tiempo mínimo de carbonatación para cerveza ale es de treinta días y para cerveza lager noventa días, entre más baja sea la temperatura el tiempo de reposo para obtener una carbonatación natural apreciable es mayor (Mencía *et al.*, 2016). Por otra parte para reducir este tiempo y los costos que esto implica se emplea un método de carbonatación forzosa o artificial la cual se lleva a cabo en el mismo momento que la cerveza es envasada sin la necesidad de una segunda fermentación (Hough, 1990).

2.6.1.10. Capacidad espumante

Una espuma es una dispersión de burbujas de gas en un líquido. En el caso de la cerveza es una de las propiedades más atractivas, ya que actúa como una eficiente superficie de intercambio de aromas que son detectados por los sensores olfativos humanos. La cerveza es una bebida, bioquímicamente compleja, con componentes que facilitan y otros que inhiben la formación de la espuma, de esta manera se explica porque se tiene en algunos casos una abundante espuma y en otros no. En la cerveza hay compuestos hidrofílicos e hidrofóbicos, también hay compuestos glicoprotéicos que son en parte hidrofílicos y en parte hidrofóbicos. Cuando esos compuestos, por algún mecanismo llegan a la superficie del líquido, junto con el dióxido de carbono se producen las burbujas que formarán la espuma. Durante las operaciones de clarificación de la cerveza (Filtración y Estabilización) se pierden propiedades nutricionales importantes como ser el nivel proteico, polisacáridos y

polifenoles. Estos componentes modifican la capacidad espumante (E) y la estabilidad de la espuma (EE). Los compuestos que influyen positivamente en la formación de la espuma son: iones metálicos que se encuentran en la malta y en el agua que, con las sustancias contenidas en el lúpulo, responsable del sabor amargo de la cerveza, forman complejos que ayudan a estabilizar las burbujas, por este motivo es que mientras más amarga la cerveza, mayor estabilidad posee su espuma (Romero *et al.*, 2012).

2.6.2. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Las características sensoriales son aquellas que se pueden percibir por medio de los órganos de los sentidos, donde se logra captar la aceptabilidad que tiene un producto en el mercado y lo que se busca es globalizar tal aprobación por la mayor cantidad de los posibles consumidores. Algunas características evaluadas sensorialmente en la cata de cerveza son las siguientes.

2.6.2.1. Características de apariencia

Castañe *et al.*, (2002) consideran que la apariencia de una cerveza viene definida por los siguientes atributos:

Transparencia

Permite clasificar a la cerveza en dos grandes grupos: cervezas claras y brillantes, por una parte, y cervezas turbias por otra.

Color

El color de una cerveza puede variar desde un amarillo pálido hasta un negro oscuro.

Formación de burbujas.

Cada cerveza tiene una forma diferente de liberar el CO_2 formando burbujas. Espuma y formación de los anillos de espuma en el vaso o lacing.

2.6.2.2. Características de flavor

El flavor es una combinación compleja de sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación las cuales se pueden evidenciar en la cata de una cerveza tal como se describe en la página web de la empresa (Galana cerveza natural artesana). Aroma (a malta o cereales); a lúpulo (herbáceo, floral, resinoso); a esteroides; a alcohol y a componentes no deseables. El bouquet característico de cada cerveza lo proporciona en primer término la variedad del grano. También son importantes el lúpulo, la intensidad de tueste de la malta y el tipo de fermentación. Por la nariz se puede captar la finura de una cerveza que dependerá de su tiempo de guarda. Gusto (a malta o cereales; a lúpulo, amargo; a especias; a alcohol; ácido, astringente y a componentes no deseables). Los factores que influyen para originar y componer los distintos sabores apreciables al degustar una cerveza (suavidad, sequedad, dulzor, frescura, acidez, amargor, etc.) son

numerosos: tipo de cereal, variedad y características de la cebada, temperatura del tostado de la malta, tipo de fermentación, levaduras, fermentación y tiempo de guarda, crianza, pasteurización, conservación, temperatura de servicio, recipiente de servicio, densidad y grado alcohólico.

De otro lado, mediante el tacto se perciben los sabores básicos (dulce, salado, ácido, amargo, metálico y umami o agridulce). También se logran percibir sensaciones de calor, irritación y presión. Los grados de amargor se encuentran relacionados con la lupulización, la cantidad de lúpulo que aparezca en el extracto seco primitivo del mosto. Existe la unidad de amargor, cuyas siglas en inglés son IBU. En las diferencias apreciables en el gusto entre los distintos tipos de cerveza juega un papel fundamental, junto al amargor, la textura del líquido relacionado con la densidad. A mayor densidad (más alto porcentaje de azúcares fermentables o grado Plato).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el efecto de la sustitución parcial del lúpulo (*Humulus Lupulus*) por café tostado y molido sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en la elaboración de cerveza tipo artesanal

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1. Elaborar cerveza artesanal a partir de malta industrial con sustitución parcial de lúpulo por café.
- 3.2.2. Evaluar características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal elaborada con la sustitución parcial del lúpulo por café.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describen las actividades pertinentes que conllevaron al desarrollo y alcance de los objetivos propuestos.

4.1. MATERIALES

Para este trabajo investigativo, se emplearon las 4 materias primas principales para la obtención de cerveza, las cuales fueron: malta de cebada, agua, lúpulo y levadura, como de un sustituto del lúpulo el cual fue café tostado y molido.

4.1.1. Malta

Fue adquirida una malta comercial de origen Belga, denominada (Special B.), la cual fue obtenida a través de un proceso específico de doble tostado. Se utilizó para obtener un color de rojo semi oscuro a marrón y/o negro y conseguir un cuerpo más pleno, sabor y aromas únicos, con gusto a pasas, malta y un matiz de nuez y ciruela.

4.1.2. Agua

El agua empleada para la elaboración de la cerveza fue agua pura potable del acueducto de la ciudad de Pamplona N.S, la cual se reporta que es libre de sabores y olores, sin exceso de sales y exenta de materia orgánica. Esta agua tuvo que ser puesta a punto de ebullición durante un corto lapso de tiempo con el fin de eliminar el cloro residual presente, esto previo al proceso de elaboración de los tratamientos y con el fin de impedir la formación de compuestos indeseables en las bebidas.

4.1.3. Lúpulo

Se empleó lúpulo Alemán en pellets variedad (Magnum), el cual presento una coloración verde oscura, tamaño pequeño y forma cilíndrica, proveniente de la empresa Equipos Insumos Cerveza y de marca comercial CASTLE MALTING la cual reporta que este posee alto porcentaje de vida media con un alto contenido de sustancias amargas, el cual puede ser utilizado para la elaboración de cervezas tipo Ale, y en diversos tipos de Pilsner.

4.1.4. Levadura

Se empleó levadura activa emulsionante marca comercial Muntons (E491) producida en la EU. Esta presenta un aspecto granular fino y una alta viabilidad ya que es cuidadosamente seleccionada por su consistencia y acabado limpio. Es una de las cepas de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, recomendada para cervezas tipo Ale y pilsners.

4.1.5. Café

Se utilizó como sustituto del lúpulo, café tostado y molido especial, certificado de marca comercial Juan Valdez (Colina) Premium Selection, este presenta una tostion

media de granos caracolillo variedad 100% arábico, el cual desarrolla una suave textura, acidez media y cuerpo equilibrado. Con un parámetro L^* medido en el espacio CIE $L^* a^* b^*$ igual a $19,97 \pm 0,29$ bajo los requerimientos expuestos en la norma NTC 2442 del 2004, ratificando el grado de tostion según la clasificación expuesta en esta misma norma para el parámetro L^* el cual clasifica la tostion media en el rango comprendido entre 18,5 a 22,0.

4.2. ESTABLECIMIENTO DE ENSAYOS

Se partió de una formulación base o muestra control (100% lúpulo) y tres tratamientos en los cuales se sustituyó parte del lúpulo (*Humulus Lupulus*) por café tostado y molido en un 25%, 50% y 75% respectivamente.

Las cantidades de ingredientes empleados en cada tratamiento y en la muestra control, se determinaron de acuerdo a la ficha técnica del proveedor, mientras que la sustitución del lúpulo responde al contexto del trabajo, tal como se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Formulación para los diferentes tratamientos de cerveza artesanal

Ingredientes	Tratamientos			
	Muestra control 100% lúpulo	Tratamiento 1 75% L – 25% C	Tratamiento 2 50% L – 50% C	Tratamiento 3 25%L – 75% C
Malta	2,25 Kg	2,25 Kg	2,25 Kg	2,25 Kg
Agua	12,5 L	12,5 L	12,5 L	12,5 L
Levadura	3 g	3 g	3 g	3 g
Lúpulo	9,6g	7,2 g	4,8g	2,4g
Café	--	2,4 g	4,8g	7,2g

L: lúpulo. C: Café tostado y molido. Fuente: (Equipos insumos cerveza SAS)

4.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE CERVEZA ARTESANAL

Para cada uno de los tratamientos y la muestra control se realizó el mismo procedimiento que a continuación se describe, siguiendo las recomendaciones del proveedor (Anexo 1)

4.3.1. Molienda

La molienda fue realizada con ayuda de un molino de discos manual marca corona, donde fueron molturados la totalidad de los granos de cada tratamiento, teniendo la precaución de no ajustar mucho los discos sino más bien dejándoles una distancia de modo que el grado de extracción no fuese tan fino, con el fin de facilitar la disposición de los azúcares en el proceso de maceración como facilitar la filtración del mosto.

4.3.2. Maceración

Esta operación fue llevada a cabo, tomando la totalidad de los granos molturados, los cuales se dispusieron sobre dos coladores de lienzo uno contiguo del otro y estos llevados a un recipiente de acero inoxidable de volumen o capacidad de 14L donde fue vertida una cantidad inicial de agua de 7L atemperada a 74°C, con el fin de hidratar los granos y provocar la activación de las enzimas diastasas (α y β amilasas) presentes en la malta, realizada esta operación el tanque metálico fue dispuesto sobre una estufa a gas manteniéndolo a una temperatura constante de 65°C por un tiempo de 90 minutos, donde cada 15 minutos se realizó la medición de los grados Brix para poder evidenciar la degradación enzimática del almidón del cereal a azúcares más simples, los cuales fueron empleados como fuente de energía de las levaduras en la fase de fermentación. Terminado el lapso de tiempo de 90 minutos los granos agotados fueron lavados con una cantidad de agua de 5,5L atemperada a 75°C para extraer la mayor cantidad de azúcares.

4.3.3. Cocción, lupulado y cafeteado

Una vez se retiró la infusión de malta del tanque de macerado, el líquido resultante se dispuso sobre una cubeta de acero inoxidable con el fin de llevar a cocción la solución, pasados los primeros 10 minutos de hervor se retiró y desecho la espuma formada sobre la superficie. Posteriormente, se adiciono el lúpulo marcado como hervir 45 min, y el café tostado y molido según la sustitución. El mosto fue puesto a cocción fuertemente durante 45 min con la olla destapada, al cabo de estos 45 minutos fue agregada la cantidad restante del lúpulo marcada como hervir 15min y la cantidad de café tostado y molido restante.

4.3.4. Enfriado y Whirlpool

Esta operación fue llevada a cabo de manera rápida y bajo condiciones de limpieza total, evitando cualquier tipo de contaminación, ya que el mosto es un medio de cultivo enriquecido que fácilmente puede ser invadido por microorganismos indeseables. La temperatura se logró bajar de punto de ebullición hasta temperatura ambiente. El Whirlpool consistió en agitar vigorosamente el mosto en una misma dirección durante 5 min el cual fue dispuesto en un baño de maría a temperatura ambiente, esto hizo que todas las partículas, pedazos de lúpulo y residuos de café se concentraran en el remolino y decantaran en el centro de la olla por medio de la fuerza de gravedad. Luego del Whirlpool se esperaron 15 min y el mosto se trasegó cuidadosamente a un botellón de agua el cual hizo las veces de tanque fermentador. Finalmente el mosto fue ajustado a 12 grados Brix adicionando agua potable hervida debido a la concentración del mismo durante la cocción.

4.3.5. Inoculado del mosto

La levadura fue activada previamente en una solución de 2 °Brix de agua y sacarosa a temperatura de 35°C por un tiempo de 20 minutos, esta se dispuso sobre el mosto

obtenido realizando movimientos con el fin de que la misma se dispersara uniformemente sobre toda la solución. Durante las primeras horas, las levaduras acumulan energía y comienzan a reproducirse, luego procede la fermentación y producción de metabolitos (alcohol etílico y CO₂).

4.3.6. Fermentación

El período de fermentación se dio durante 6 días a condiciones de temperatura ambiente de la ciudad de Pamplona N.S. Trascorrido este lapso de tiempo se encontró que la levadura se adormeció y una murió por falta de sustrato, por ende, hubo la necesidad de trasegar la bebida con el fin de separar la levadura sedimentada en el recipiente, con el particular cuidado de no causar la mínima aireación posible. Durante el desarrollo de este proceso se realizó un seguimiento del agotamiento del azúcar, producción de alcohol etílico y algunas transformaciones fisicoquímicas como pH y color en el espacio CIEL*a*b*.

4.3.7. Maduración

La maduración consistió en dejar en reposo la cerveza durante un tiempo de 7 días más a condiciones de refrigeración 4°C esto con el fin de desarrollar mejores características del producto final como también de sedimentar el restante de levadura presente en la cerveza.

4.3.8. Envasado y carbonatación

Para crear el gas de la cerveza se empleó el método de re-fermentación en botella o carbonatación natural. Adicionando 6g de azúcar disueltos en 25ml de agua pura por cada litro de cerveza. Una vez adicionada el azúcar en la cerveza y teniendo las botellas lavadas y desinfectadas se procedió a su llenado y tapado, dejando entre 3 y 4 cm de espacio de cabeza. Después de embotellar la cerveza estas se dejaron reposar para una segunda fermentación durante 15 días a temperatura ambiente del laboratorio la cual oscilo entre 20 a 25°C. El oxígeno presente en el espacio de cabeza fue consumido por la levadura junto al azúcar agregado convirtiéndolo en gas carbónico.

4.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS TRATAMIENTOS DE CERVEZA ARTESANAL.

Las muestras de cerveza que se sometieron a las siguientes determinaciones fisicoquímicas fueron inicialmente des-gasificadas por agitación manual a (20-25 °C) con ayuda de un matraz Erlenmeyer de 250 mL, excepcionando aquellas utilizadas para la determinación de anhídrido carbónico y de capacidad espumante. Todas las determinaciones fueron realizadas por duplicado.

4.4.1. Graduación alcohólica

El grado de alcohol se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la NTC 3952, por medio de una determinación espectrofotométrica. En un matraz de 250mL

se mezclaron 100mL de cerveza con 50mL de agua destilada para enjuagar un poco de tanino como de óxido de magnesio y evitar la producción de mucha espuma y a la vez retener el ácido (Rodríguez, 2003), dicha mezcla fue llevada al aparato destilador de la cual se recolectaron 100mL del destilado del que se tomó una muestra representativa para medir el índice de refracción en un equipo espectrofotométrico. Con alcohol etílico del 96% se realizó una curva patrón de alcohol al (0; 1; 2; 3; 4; 5; y 6 %V/V) por medio de la cual se pudo calcular el porcentaje de alcohol presente en las muestras.

4.4.2. Color

El color de la cerveza se evaluó de acuerdo al procedimiento establecido en la A.O.A.C (1995) método Espectrofotométrico. El método se basó en medir la absorbancia a una longitud de onda de 430 nm y 700nm a 20 °C. Cuando la razón obtenida de los valores de absorbancia a 430 y 700 nm, fue mayor o igual a 25 (factor), la muestra analizada se encontró libre de turbidez visible para poder realizar el cálculo de acuerdo a la fórmula establecida.

4.4.3. Turbidez

La turbidez se define como la expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se disperse y sea absorbida en lugar de propagarse en línea recta a través de la muestra. Dicha dispersión y absorción viene ocasionada por la interacción de la luz con las partículas suspendidas en la muestra (Rodríguez, 2003). La determinación de la turbidez se realizó mediante la utilización de un equipo turbidímetro HACH 2100N situado en el laboratorio de control y calidad de la Universidad de Pamplona Colombia. Se comenzó llenando el tubo del turbidímetro con la muestra de cerveza previamente temperada a 20°C en baño termorregulado y se procedió a medir su turbidez oprimiendo el botón “start” del equipo hasta alcanzar una lectura constante en el ángulo de 90° para así obtener las unidades de turbidez o unidades de formazina (FTU).

4.4.4. Densidad

La densidad se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3952, para esto fue necesario pesar un picnómetro limpio y seco el cual posteriormente fue llenado con agua destilada sin llevar a enrase y colocado por 20 min en baño maría a 20 °C. Posteriormente se completó el enrase y se tapó cuidando de que no quedasen burbujas, esto con el fin de obtener una referencia. Los mismos procedimientos fueron repetidos con la muestra de cerveza a analizar a 20°C. La expresión de los resultados se realizó teniendo en cuenta la fórmula establecida.

4.4.5. Acidez Total

Este procedimiento se realizó por medio de la determinación de la acidez medida en % de ácido láctico en las muestras de cerveza a analizar, por medio de la técnica

establecida en la guía técnica Colombiana (GTC 4) mediante la técnica de (titulación). En un vaso se hizo hervir 200 mL de agua por 2 min y se agregaron 25 mL de cerveza para seguir el calentamiento por 1 min más, hasta ebullición por 30 seg, esta solución fue enfriada rápidamente y fueron agregadas 3 gotas de fenolftaleína para poder valorar con NaOH al 0,1 N hasta viraje rosa o pH de 8.2. La expresión de los resultados medida en concentración de ácido láctico se llevó a cabo por medio de la fórmula establecida en dicha norma.

4.4.6. pH

El pH fue determinado de acuerdo al procedimiento establecido por la AOAC 1995, el análisis se basó en la determinación de la concentración de iones hidrógeno con un medidor de pH ajustado a 4,0 y a 7,0 con soluciones tampón. La muestra de cerveza fue atemperada a 20°C y sobre esta se introdujo el electrodo del equipo pudiendo de esta forma medir directamente el pH de la misma.

4.4.7 Carbohidratos

Esta determinación se realizó a las muestras a una temperatura de 20 °C. La concentración de carbohidratos fue medida en grados Brix por medio del referente de la A.O.A.C. 22.024/84, 932.12/90; con la ayuda de un refractómetro manual con escala de 0-32 °Bx, disponiendo una gota de cerveza y realizando la expresión de los resultados por medio de la lectura directa del prisma del equipo.

4.4.8. Amargor

Fue adoptado el procedimiento expuesto por la convención Europea de la cerveza mediante la determinación de la escala Europea de unidades de amargor (°EBU) cuyo valor numérico es el mismo que en la escala internacional de amargor (°IBU) definida en cooperación con la sociedad Americana de químicos cerveceros. De cada tratamiento se llevaron 10mL de cerveza a un tubo de centrifuga, además fueron añadidos 20mL de etil acetato acidificado con 1mL de HCL 3N, el cual sirvió para extraer las sustancias más amargas mediante una centrifugación a una velocidad de 3500 rpm durante 15 minutos a 4°C. Posteriormente, se midió la absorbancia del sobrenadante, (fase orgánica que contiene el etil acetato junto con las sustancias que proporcionan amargor) a 275nm. Finalmente se obtuvieron las unidades de amargor °EBU aplicando la fórmula establecida.

4.4.9. Dióxido de carbono

Para realizar esta prueba se tuvo la precaución de no generar desprendimiento de gas al destapar la botella. La determinación de la concentración de dióxido de carbono presente en las muestras se estableció mediante la técnica de (Warder). El procedimiento consistió en depositar la totalidad de una muestra de cerveza en un Erlenmeyer de capacidad de 1000 ml, la cual se hizo burbujear con ayuda de una bomba de acuario durante un lapso de tiempo de 10 minutos, liberando el CO₂ disuelto en la cerveza y haciéndolo pasar por una manguera a una cantidad de 50

mL de NaOH (0,1N) provocándole la formación de burbujas. Trascurrido este tiempo a la muestra con NaOH fueron adicionadas 2 gotas de fenolftaleína y se procedió a valorar con HCl (0,1N) hasta transparente, terminada esta valoración fueron adicionadas dos gotas de naranja de metilo a la muestra para titularla nuevamente con HCl (0,1N) hasta color naranja. La expresión de los resultados se realizó teniendo en cuenta la formulación establecida.

4.4.10. Capacidad espumante

La capacidad espumante se determinó de acuerdo al método establecido en manual de métodos analíticos para el control de calidad de bebidas alcohólicas (GTC 4) mediante una técnica volumétrica, tomando 40 ml de muestra de cerveza sin desgasificar en una probeta de 100 mL y sometiéndola a agitación manual durante 10 minutos. Finalizado este tiempo se realizó la medición del volumen del líquido, volumen total y volumen de la espuma formada. La expresión de los resultados se realizó teniendo en cuenta la formulación establecida.

4.5. METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

4.5.1. Reclutamiento de jueces

Se llevó a cabo una convocatoria en la sede central de la Universidad de Pamplona Colombia, para reclutar panelistas que desearan hacer parte de una evaluación sensorial de cerveza artesanal. Se partió de un total de 16 personas de las cuales fueron seleccionadas aquellas que cumplieron el siguiente perfil: rango de edades de (18 – 55 años), no fumadores, consumidores de cerveza con frecuencia media – alta, gusto por el café o algunos de sus derivados, como también que contasen con disponibilidad e interés. Para realizar la selección de los panelistas se llevó a cabo una prueba donde especificaron sus hábitos de consumo, para esto se utilizó el formato de selección de jueces (Anexo 2).

Fueron seleccionadas 12 personas las cuales presentaron los mejores resultados en base al 100% del formato de selección, con las cuales se realizó un entrenamiento en algunas propiedades sensoriales de cerveza artesanal para poder identificar cuáles serían los que mejor lograrán diferenciar entre los atributos entrenados, a ellos se les pregunto la disponibilidad de tiempo con el objeto de citarlos terminados los tratamientos y la muestra control para poder valorar la sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulos*) por café tostado y molido, mediante una prueba descriptiva de calificación con escala estructurada. (Andaluza, 1994).

A continuación, se describe el tipo de entrenamiento que se llevado acabo para poder evaluar sensorialmente la sustitución de lúpulo por café tostado y molido.

4.6. PLANTEAMIENTO PARA EL ENTRENAMIENTO DE JUECES

Para obtener un panel sensorial que pudiese medir la intensidad de la diferencia de algunos atributos en cervezas artesanales, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones.

4.6.1. Requerimientos generales

- Área de debate en la que se llevó a cabo el entrenamiento, como para ejecutar la cata de cerveza artesanal.
- Área de preparación de muestras, con el fin de evitar el error de expectación en los jueces.
- Utensilios como: Refrigerador, destapador, vasos de vidrio totalmente transparentes, carro para transportar las muestras.

4.6.2. Selección y adiestramiento.

Se llevó a cabo por medio de los siguientes pasos:

- Preselección del panel por medio del formato de selección (Anexo 2)
- Presentación de la terminología y de los métodos a emplear.
- Introducción al método de evaluación (ejecución del entrenamiento, mediante la aplicación de pruebas descriptivas con escala estructurada de acuerdo a cada propiedad evaluada)
- Selección del panel que valoro la sustitución del lúpulo por café (solo aquellos que lograsen medir de mejor forma la diferencia de intensidad en cada atributo evaluado).

4.6.3. Terminología y métodos a emplear

La terminología expuesta y el procedimiento en que se efectuó el entrenamiento de los jueces, se puede observar por medio del (Anexo 3), identificándose la forma en que esto fue llevado a cabo por medio de una prueba descriptiva de escala estructurada de diez puntos, con el fin de que los jueces se entrenaran en diferenciar las intensidades de los atributos a evaluar y poder identificar aquellos que presentaran mayor destreza en las valoraciones.

4.7. Formato evaluación sensorial de la sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal.

Finalizado el entrenamiento, fueron seleccionados los mejores jueces, por medio de un análisis estadístico de porcentaje de aciertos (Anexo 4), y con estos se procedió a ejecutar la evaluación sensorial de la sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido, mediante la ficha de cata del (Anexo 5), la cual consistió de una prueba descriptiva de calificación con escala estructurada de 10 puntos. Los resultados de la anterior evaluación fueron representados por medio de un gráfico radial tomando el promedio de la calificación de los jueces, para cada atributo evaluado.

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Se llevaron a cabo todas las determinaciones analíticas por duplicado ($n = 2$). Los resultados obtenidos se analizaron y compararon utilizando el paquete software IBM SPSS Statistics 23 mediante la técnica de comparación de medias, análisis de la varianza (ANOVA de un factor) el cual da como resultado valores medios \pm desviación estándar y hace comparaciones múltiples entre estos (post hoc), midiendo las diferencias mínimas significativas (DMS) con un intervalo de confianza del 95%.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y discusión sobre la sustitución parcial del lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale.

5.1. ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE MALTA INDUSTRIAL CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LÚPULO POR CAFÉ

Durante el proceso de elaboración de la cerveza a nivel de laboratorio se siguieron las siguientes etapas de acuerdo a la ficha técnica del proveedor del kit (Equipos insumos cerveza) para elaboración de cerveza tipo Ale.

5.1.1. Preparación

Fueron adquiridos cuatro kits para la elaboración de cerveza artesanal tipo Ale. Cada kit se encontraba comprendido por: 4,4 Kg de cebada malteada (Special B), 6 gr de levadura marca (Muntons E491) y 19,2 gr de lúpulo en pellets variedad (Magnum). Los componentes de cada kit, más agua potable hervida con 24 horas de antelación, fueron los necesarios para la elaboración de 20 litros de cerveza. Cada kit fue dividido en dos partes con el objetivo de tener un duplicado para cada ensayo.

5.1.2. Molienda

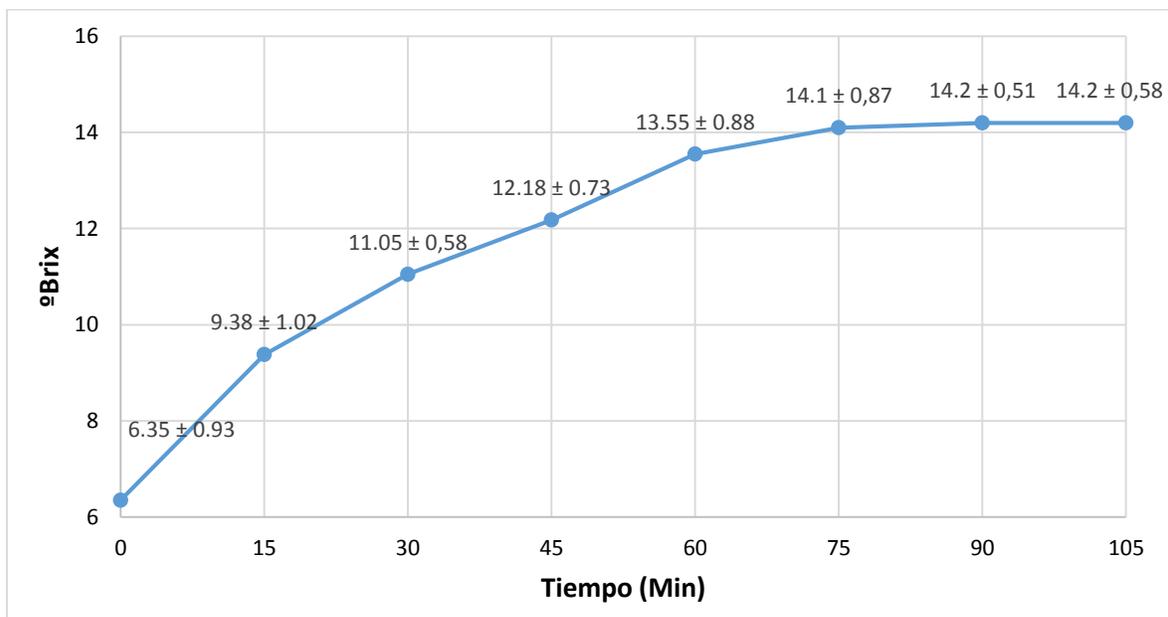
La cebada malteada se adquirió ya molturada por parte de la empresa proveedora con el fin que cumpliera con las características de molido para cervecería, como son: un porcentaje de cascara del 20%, un grano triturado del 70% y un porcentaje de harina del 10% (Kunze, 2006). Con estas especificaciones se logra poner en contacto el almidón con el agua y facilitar el proceso de filtración. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible y que, en cambio, el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho, la cascarilla no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto. Por otra parte en cuanto a la trituración del endospermo, es preciso que las partículas se hidraten bien y liberen fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente (Hough, 1990).

5.1.3. Maceración

La maceración es el proceso más importante en la fabricación del mosto. Aquí, la molienda y el agua son mezclados entre sí. Los componentes de la malta entran así en solución y, con ayuda de las enzimas, se los obtiene como extractos (Sancho, 2015). La maceración, en cualquier caso, persigue la sacarificación del almidón, es decir, la completa degradación del almidón a maltosa y dextrinas por acción de las amilasas (Callejo, 2002). Para este estudio en particular se realizó una maceración

simple por infusión tal como lo describe Callejo (2002), la cual consistió en el calentamiento directo del macerado hasta alcanzar la temperatura óptima de sacarificación (65°C) la cual se mantuvo constante hasta la hidrolisis completa del almidón.

En la gráfica 1 se muestran los resultados del proceso de maceración, donde se puede observar la sacarificación de los almidones en azúcares fermentables expresados en grados Brix. Como se puede ver a medida que transcurre el tiempo de maceración aumenta la concentración de sólidos solubles. Tales sólidos miden la cantidad de extracto el cual consiste en azúcares (maltosa, maltotriosa, glucosa), a los que hay que añadir los azúcares presentes en la cebada (sacarosa, fructosa). Estos azúcares fermentables constituyen el 61 a 65% del extracto total. La fracción no fermentable consiste principalmente en dextrinas, proteínas, gomas y sustancias inorgánicas (Callejo, 2002).



n = 8. Media ± Desviación estándar

Grafica 1. Sacarificación del almidón durante el proceso de maceración del mosto.

Durante los primeros 30 minutos se evidencia mayor degradación del almidón, notándose que en el transcurso de los 15 minutos iniciales se presenta la mayor proporción de dicha transformación. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Flórez *et al.*, (2018) quien realizó una maceración bajo condiciones similares a cuatro cebadas malteadas provenientes del Departamento de Boyacá y a 4 maltas comerciales, en los que la mayor degradación del almidón se dio de igual manera durante los primeros 15 minutos. Según Gigliarelli, (2008) si la conversión del almidón no inicia en un tiempo máximo de 5 a 10 minutos esto puede implicar

una deficiencia de las enzimas α y β amilasas que transforman el almidón soluble en azúcares.

A partir del minuto 30 hasta el minuto 75 se percibe un aumento muy leve de la concentración de los sólidos solubles, tiempo en el cual se estabilizó y se mantuvo constante en las siguientes dos lecturas realizadas, a los 90 y, a los 105 minutos, lográndose una concentración de extracto de 14,2 °Brix los cuales servirán como sustrato más adelante a las levaduras en el proceso de fermentación pudiendo de esta formar desarrollar sus procesos metabólicos.

5.1.4. Clarificado

El proceso de clarificado se efectuó al mismo tiempo en que se realizó el macerado en una olla elaborada en acero inoxidable y provista de una válvula de esfera en su parte inferior y de un termómetro en su zona central. La clarificación como tal consistió en el recirculado periódico del mosto, sacando parte de este por la llave de salida y reincorporándolo nueva y lentamente con ayuda de una jarra plástica por la parte superior de la olla con la precaución de no desacomodar la cama de granos que se formó en la parte inferior de la olla. Rodríguez (2011) menciona en el foro de la asociación de cerveceros caseros españoles (ACCE) refiriéndose a este tipo de clarificado lo siguiente: “El sentido de la recirculación es crear una cama de granos que actué como filtro y así poder sacar el mosto lo más limpio posible, además de que la recirculación ayuda a mantener la temperatura más homogénea durante el macerado”. Al iniciar los ciclos de recirculación el mosto sale turbio, debido a las partículas de almidón no convertido, pequeños pedazos de cascara entre los más comunes, lográndose al cabo de unas etapas más adelante de recirculación la obtención de un mosto más limpio y brillante, momento en el cual se puede detener dicho proceso.

5.1.5. Lavado de los granos

Durante el proceso de macerado para cada tratamiento fue empleado 7L de agua y 2,18 Kg de malta triturada, lo cual corresponde a una relación de empaste de 3.21 L de agua por cada Kg de malta. Terminada la maceración el mosto fue retirado por la válvula de salida y traspasado a la cuba de cocción dejando un sobrenadante de 2 a 4cm sobre la cama de grano formada, momento en el cual se comenzó a verter sobre las paredes de la olla el agua de lavado (5,5L) atemperada a 76 °C de tal forma que no se desacomodase el lecho filtrante. Cangas *et al.*, (2006) aluden que al incorporar el agua de lavado a 77°C se logra extraer aquellos restos de azúcares que aún se encuentran retenidos y que gracias a esta operación se pudo ajustar la densidad deseada en un mosto de acuerdo al estilo de cerveza que se esté elaborando.

5.1.6. Cocción del mosto

Terminada la operación de lavado, la solución resultante fue llevada a la misma olla de cocción donde fue dispuesto el mosto dulce obtenido en la maceración, dicho recipiente fue dispuesto sobre una cocina a graduación de fuego alto hasta lograr el hervor del líquido, instante en el cual se prosiguió a retirar la espuma formada sobre la superficie por un lapso de tiempo de 10 minutos. Kunze (2006), manifiesta que la práctica de desespumado es conveniente ya que en ella se forman complejos proteína - polifenoles los cuales pueden incidir en la presencia no deseada de turbios en el producto como dificultar el trabajo de la levadura en la fase de fermentación. Retirada la capa espumosa fue añadido la cantidad de lúpulo marcada por el proveedor como hervir 45 minutos y el café tostado y molido correspondiente a cada sustitución según el tratamiento. Hough (1990), hace referencia a los componentes más importantes del lúpulo para la fabricación de cerveza los cuales son: las resinas y aceites esenciales encontrándose conformadas las resinas por α y β ácidos siendo los α -ácidos o humulonas el constituyente principal del amargor característico de la cerveza, los cuales durante el proceso de cocción en el mosto se reorganizan generando compuestos iso α -ácidos o isohumulonas que son mucho más amargos y solubles que los α -ácidos. Este autor a su vez recalca que los aceites esenciales influyen tanto en el sabor como en los aromas de la cerveza, aunque la mayor parte del aceite añadido a la cerveza, durante la cocción se pierde en la destilación, lo que es una suerte porque una tasa elevada de aceites esenciales haría imbebestible la bebida.

Por su parte el ácido clorogénico y sus derivados son los compuestos que dan al sabor amargo al café, representando hasta el 8% de la composición del grano sin tostar. Cuando los granos de café son tostados, estos compuestos, pierden una molécula de agua formándose diversas lactonas del ácido clorogénico, que son las principales responsables de su sabor amargo junto con las melanoidinas, que se forman como sub productos de la calcinación del café durante la reacción de Maillard, una reacción química entre proteínas y azúcares, pudiéndose encontrar hasta un 30% de esta última según el grado de tostión de los granos (Forner, 2015).

La fase de cocción se dio por terminada una vez transcurridos los 45 minutos de cocción del lúpulo y café en el mosto los cuales su finalidad fue la de impartir amargor más otros 15 minutos de cocción fuerte donde además se adiciono según el tratamiento lúpulo y café esta vez con el fin de impartir aromas a las bebidas en estudio.

5.1.7. Enfriado y Whirlpool

Terminado el proceso de cocción respectivo para cada tratamiento, el paso seguido fue el Whirlpool y enfriamiento, el que consistió en verter el mosto caliente y concentrado en un balde plástico previamente lavado y desinfectado, en el cual con ayuda de una espátula se provocaron movimientos rotativos vigorosamente, de

manera que se formase un remolino con el mosto al interior del balde, lográndose evidenciar la liberación de vapor durante este proceso prolongando por un tiempo de cinco minutos. Pasada esta etapa se percibió la disminución de la temperatura del mosto, y este se dispuso en baño de maría a temperatura ambiente para enfriarlo aún más. Callejo (2002), indica que con en el Whirlpool deben eliminarse los sólidos presentes en el mosto (restos de lúpulo y polímeros de proteínas y polifenoles), esto al provocarse un movimiento tangencial del líquido en el recipiente produciéndose un flujo rotativo, y una rotación secundaria donde el líquido de la periferia se mueve hacia atrás y hacia adentro, y el líquido del centro se mueva hacia arriba y vuelva a la periferia de nuevo. Esto crea una lenta rotación, una corriente en movimiento hacia arriba en el centro del fondo del tanque y las partículas sólidas capturadas en esta corriente se decantan por gravedad: primero las partículas pesadas y, a medida que la rotación del líquido se para, las partículas más ligeras, para formar un cono de turbio en el centro del fondo del tanque. Mientras los sólidos decantan el líquido se clarifica. Esta etapa se dio por terminada una vez el mosto se encontró a temperatura ambiente y el cono sólidos formado, se procedió a decantar en un recipiente el mosto clarificado y dejar en el balde los sólidos los cuales fueron desechados.

5.1.8. Activación de las levaduras

Para poder darse la fermentación, hubo la necesidad previa de activar las levaduras de fermentación alta (tipo Ale), estas comercialmente viene en sobres deshidratadas y en forma granular, y por ende hubo la necesidad de hidratarlas y activarlas según los requerimientos del proveedor: disponiendo de tres gramos por tratamiento en una dilución de 1g de azúcar en 50mL de agua pura atemperada a 35 °C y mantenida a estas condiciones en incubación durante 20 minutos. Palmer (2017), en su libro *How To Brew* indica que este tipo de levadura debe rehidratarse aunque su fabricante no lo mencione en las instrucciones, ya que las concentraciones de azúcares en el mosto es tan alta que la levadura no puede extraer suficiente agua a través de las membranas de las células para reiniciar su metabolismo causando su muerte, lo que puede afectar la fermentación del mosto, además este autor sugiere que si la levadura no muestra signos de vida (espuma, burbujas) después de los 20 minutos, esta puede ser demasiado vieja o estar inactiva.

5.1.9. Fermentación

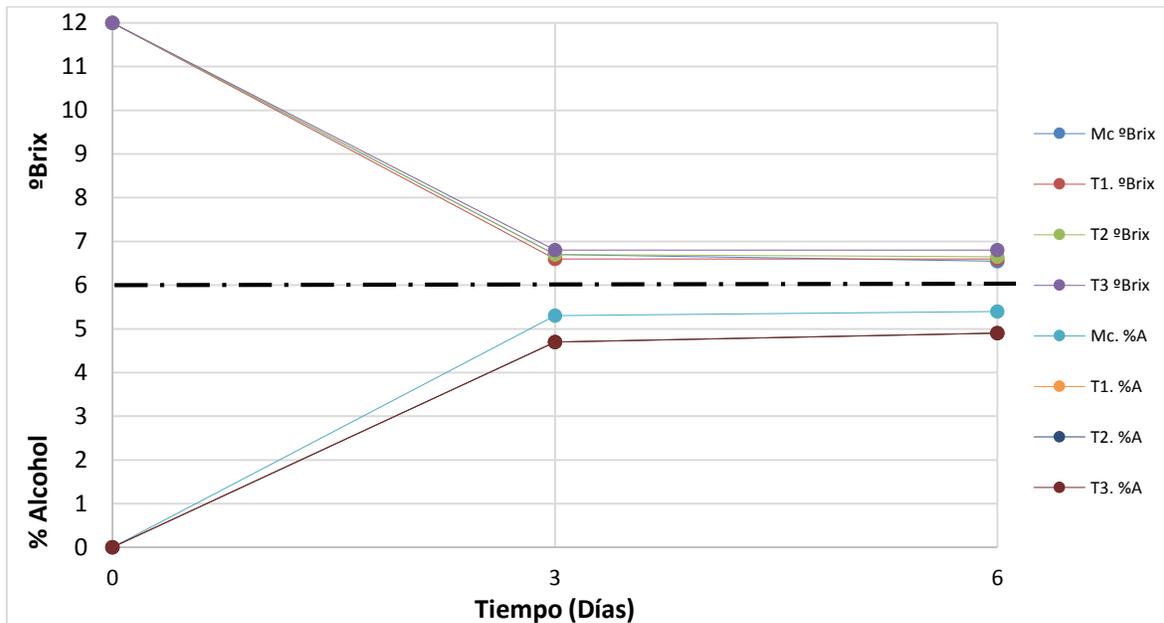
El proceso de fermentación comenzó una vez la levadura fue hidratada, activada e inoculada en el mosto, antes de esto hubo la necesidad de que todos los tratamientos presentaran igualdad de condiciones, ya que tras la operación de cocción (lupulado) se dio la concentración de los sólidos solubles presentándose la necesidad de reajustar dichas concentraciones hasta 12 °Brix, esto mediante la adición de agua potable hervida con antelación. Callejo (2002), afirma que uno de los parámetros indicativos sobre la composición del mosto en el momento de la

siembra es que la concentración de sólidos solubles se encuentren entre unos 11 a 12%, ya que con ello se garantiza que la levadura dispondrá de una buena fuente de sustrato el cual se convertirá mediante sus procesos metabólico en alcohol etílico y CO₂. Tanto la inoculación del mosto, como el lapso de tiempo de fermentación del mosto, se dieron a condiciones de temperatura ambiente de Pamplona N.S, la cual presenta un rango medio de 16°C según la página oficial de la alcaldía de este municipio, estando dentro del nivel permitido para este tipo de fermentación, el que según Martínez (2015), se encuentra entre los 14 a 25°C para estas cepas de levaduras de fermentación alta, a diferencia de las cepas de fermentación baja o tipo lager, que realizan su actividad entre 4 a 12°C.

5.1.9.1. Control fisicoquímico durante la fase de fermentación

Durante la fase de fermentación se llevó a cabo un control de las siguientes variables fisicoquímicas: °Brix, pH, % Alcohol, y color en las coordenadas CIEL*a*b*. Esto con el fin de poder analizar el comportamiento del metabolismo de las levaduras y poder tener certeza de que la fermentación se estuvo dando de manera adecuada.

La grafica 2, se encuentra dividida por medio de una línea punteada, hallándose sobre la parte superior el consumo de extracto, el cual se representa por medio de los sólidos solubles medidos en °Brix y sobre la parte inferior la evolución del porcentaje de alcohol. Estas dos variables son inversamente proporcionales ya que para que se puedan dar las funciones metabólicas la levadura toma como fuente de energías azúcares simples del mosto lo cual hace que estos se reduzcan y se genere alcohol etílico como uno de sus productos. Se hace notorio que para el día 3 se presentó el mayor consumo de sustratos en todas las muestras y la mayor producción de alcohol, manteniéndose esta conversión estable sin presentar diferencias considerables hasta el día 6. Esto concuerda con lo mencionado por Gigliarelli (2013), quien dice que el tiempo que requiere la fermentación dependerá de la cepa de levadura utilizada y de las condiciones óptimas que se pueden brindar, pudiendo ir la fermentación de 2 a 6 días para el caso de las cervezas tipo Ale. En este mismo sentido Kunze (2006), hace referencia que mediante un macerado no escalonado (simple) en el que se trabaja a una misma temperatura prolongada como es el caso de estudio (65°C) se obtiene en los mostos el contenido más alto de maltosa, lo que permite que estos fermenten muy rápidamente. El rango de maceración expuesto por kunze es de 62 a 65°C.



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; %A: % de alcohol.

Grafica 2. Consumo de azúcares fermentables del mosto y producción de alcohol etílico.

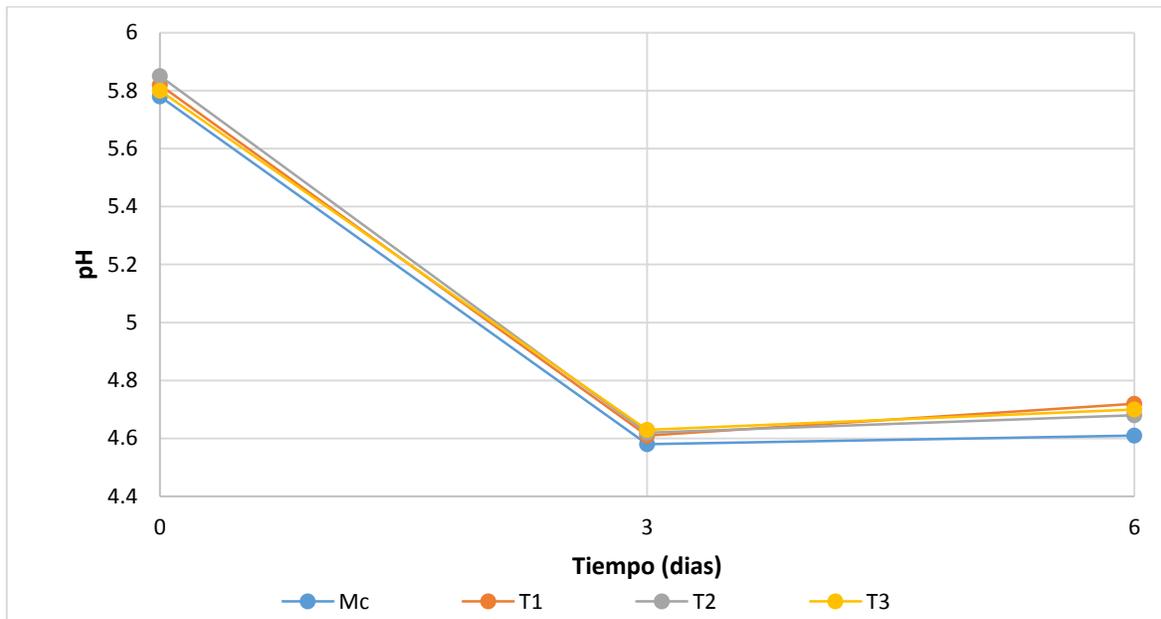
Mediante el análisis estadístico de varianza (Anova de un factor) con grado de significancia del 5% se encontró que los tratamientos tal como era de esperarse para el día cero en el que fueron ajustados a 12°Brix e inoculados, estos no presentasen entre si diferencias significativas, al partir todos de un mismo valor, sin producirse ningún cambio representativo ni en la reducción del sustrato como en la producción de alcohol.

El día 3 se apreció la mayor degradación de azúcares, encontrándose estadísticamente mediante el análisis anova de un factor que los tratamientos entre si no presentaron diferencias significativas para esta variable en un nivel de significancia del 5%, degradando cada uno de estos un total aproximado del 44% del sustrato disponible, este mismo día se encontró que el porcentaje de alcohol presento diferencias significativas en un nivel de significación del 5% pero mediante el análisis de la prueba (DMS) se halló que la muestra control (100% lupulo) difiere de las demás presentando mayor contenido de alcohol que en los demás tratamientos analizados, lo cuales entre si no presentan diferencias mínimas significativas.

En la gráfica dos se observa que el día 6 la fermentación se relentizó. Tanto la degradación del sustrato como la producción de alcohol se mantuvieron muy similares a los resultados obtenidos el día tres, lo cual se acoge a lo estipulado por

Hough (1990), quien menciona que este tipo de fermentación alta bajo condiciones óptimas tarda 72 horas, y que tras este tiempo la levadura comienza a ascender sobre la parte superior al haber agotado gran parte del sustrato disponible, manteniéndose en un estado latente, momento en el cual ya puede ser retirada. Mediante el análisis de la varianza (anova de un factor) se encontró que para este día entre los tratamientos se presentaron diferencias estadísticas con una significación del 5% para la variable °Brix, lográndose percibir por medio de la prueba (DMS) que entre la muestra control, el tratamiento 1 y el tratamiento 2 no hay diferencias mínimas significativas para los sólidos solubles, tan solo el tratamiento 3 difiere con los demás, siendo este el que presentase mayor graduación Brix. Para este mismo día se encontró con ayuda del análisis anova que el porcentaje de alcohol obtenido entre las muestras presenta diferencias significativas, pero el análisis más detallado DMS nos muestra que la muestra control difiere mínimamente de las demás logrando mayor grado alcohólico lo cual se ve reflejado en una mayor conversión al ser esta la que presentase menor presencia de sólidos solubles entre las analizadas. Finalmente se percibe que la adición de café incide mínimamente en la fermentación ya que como se mencionó anteriormente la muestra control 100% lúpulo se diferencia mínimamente de las demás presentando una mayor degradación de azúcares traducida en una mayor graduación alcohólica.

En la gráfica 3, se observa que inicialmente (día 0) el pH tanto de la muestra control como el de los tratamientos analizados presentaron cierta similitud, sin mayores diferencias. A partir de este mismo día, se dio un descenso apreciable de esta variable en todas las muestras hasta el día 3, de ahí en adelante las muestras se estabilizaron y al finalizar la fermentación (día 6) se manifestó que las mismas obtuvieron un aumento muy leve en esta medición. Suarez (2013), explica que este descenso del pH durante los primeros días de fermentación se debe a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, como además que durante la fermentación aparte de producirse etanol, se generan una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, propionico y pirúvico, que influyen en la disminución del mismo.



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

Grafica 3. Evolución del pH durante la fase de fermentación.

Por medio del análisis estadístico de varianza (anova de un factor) con un grado de significación del 5%, fueron analizados los resultados del pH obtenidos durante los días de medición, para cada muestra, lográndose establecer que tanto el día 0 como el día 6 entre las muestras, existieron diferencias significativas, lo cual no ocurrió el día 3, donde se reportó un *p-valor* de 0,123 lo que indica que las muestras entre si presentaron gran similitud, tal como se puede observar en el grafico 3. El análisis de diferencias mínimas significativas (DMS) estableció que el día cero, el tratamiento T1 y T3 no presentaron diferencias mínimas significativas, del mismo modo arrojó que el día 6 entre las muestras T1 y T3 y entre las muestras T2 y T3 no se presentaron diferencias mínimas significativas, exponiendo la muestra control como la que difiere respecto a las demás, siendo esta la que presentase el valor más bajo de pH, lo cual se puede relacionar con los resultados de la gráfica 2 donde se descubrió que esta muestra obtuvo mejor metabolismo al registrarse la mayor reducción de azúcares fermentables y la mayor producción de etanol y probablemente de ácidos orgánicos lo que hace que su pH sea más bajo.

Kunze (2006), precisa que durante la fermentación (fase en la que el mosto es convertido en cerveza), se producen cambios, donde el color de la cerveza es aclarado. Además indica que ello se debe a la decoloración de algunas sustancias causadas por la disminución del pH y la adsorción de sustancias de color intensos en células de levaduras o la precipitación de aquellas en la capa de espuma y en los fondos del tanque. Mediante los resultados de la Tabla 2 se comprueba lo descrito anteriormente por este autor, puesto que la luminosidad (L^*) de las cuatro

muestras mejoró, lográndose mayor claridad tras la fermentación. De igual modo el parámetro de color a^* se vio reducido, pasando las tonalidades de un valor muy mínimo de coloración rojiza ($+a^*$) a unos muy inapreciables visualmente de tonalidades verdes ($-a^*$). Por su parte las tonalidades amarillas ($+b^*$) de las muestras con sustitución de lúpulo por café se vieron reducidas a excepción de la muestra sin sustitución o muestra control la cual presentó un aumento de esta tonalidad.

Tabla 2. Evolución del color CIEL $^*a^*b^*$ durante la fermentación

Parámetro	Tratamiento	Día 0	Día 6
L^*	Mc. 100%L	32,33 ± 0,87	50,34 ± 0,01
	T1. 75%L - 25%C	46,65 ± 0,52	49,85 ± 0,04
	T2. 50%L - 50%C	42,24 ± 0,02 ^a	45,95 ± 0,14 ^a
	T3. 25%L - 75%C	41,77 ± 0,86 ^a	46,09 ± 0,13 ^a
	p – Valor	0,000	0,000
a^*	Mc. 100%L	2,39 ± 0,17	-1,25 ± 0,01
	T1. 75%L - 25%C	1,01 ± 0,00	-1,17 ± 0,03
	T2. 50%L - 50%C	1,31 ± 0,02	-0,40 ± 0,01
	T3. 25%L - 75%C	2,53 ± 0,21	-0,48 ± 0,06
	p – Valor	0,001	0,000
b^*	Mc. 100%L	12,40 ± 1,26	16,92 ± 0,02 ^a
	T1. 75%L - 25%C	20,27 ± 0,28 ^a	16,72 ± 0,06 ^a
	T2. 50%L - 50%C	19,26 ± 0,11 ^a	17,78 ± 0,04 ^b
	T3. 25%L - 75%C	22,68 ± 0,71	17,84 ± 0,33 ^b
	p – Valor	0,001	0,006

Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; L: lúpulo; C: café. $n = 2$. Media ± desviación estándar. $p \leq 0,05$ existen diferencias significativas. Letras iguales en columnas no existen diferencias significativas

La evolución del color en la fase de fermentación, fue llevada a cabo mediante el análisis de la variación de las coordenadas del espacio CIEL $^*a^*b^*$, durante los días cero, (en el cual fue inoculado el mosto) y al día seis, (finalizada la primera fermentación). Gracias al análisis estadístico anova de un factor con un grado de significancia del 5% se pudo establecer que las muestras presentaron diferencias significativas entre sí, en las tres coordenadas L^* , a^* y b^* para cada uno de los días analizados. Con ayuda del análisis estadístico DMS se pudo establecer que las muestras T2 y T3 no presentaron diferencias mínimas significativas en la luminosidad (L^*) los dos días, siendo estas dos significativamente más oscuras que las muestras Mc y T1 lo cual puede deberse a que ellas presentan mayor sustitución de lúpulo por café, lo que hace que contengan mayor presencia de melanoidinas provenientes del café tostado y molido, las cuales son responsables de las coloraciones oscuras de este producto. Con la prueba DMS también se pudo

demostrar que el día cero y seis para el parámetro a^* , ninguna de las muestras presento similitud alguna, contrario a lo encontrado para el parámetro b^* , donde el día cero las muestras T1 y T2 no presentaron diferencias mínimas significativas y el día seis se presentaron dos grupos homogéneos, el primero comprendido por las muestras Mc y T1 y el segundo entre las muestras T2 y T3, reportándose que entre las muestras de cada grupo no hubieron diferencias mínimas significativas, siendo el grupo homogéneo dos el de mayor presencia de tonalidad amarilla.

5.1.10. Maduración

Terminada la fermentación bajo condiciones de temperatura ambiente de Pamplona N.S, las muestras fueron trasegadas a otros tanques, eliminando la mayor parte de levaduras y otros restos fermentativos que se depositaron en el fondo de los recipientes, luego de esto a cada muestra fueron adicionados 0,5g de Rapidase ex color por cada litro de cerveza, lo cual es una formulación enzimática pectolítica que deriva de una cepa de *Aspergillus Níger*, estas sustancias desdoblan las pectinas, las cuales son hidratos de carbono altamente polimerizados y por consiguiente de cadena larga que en unión de los azúcares son los responsables de la pegajosidad (viscosidad) lo que hace más lenta la sedimentación de partículas que causan turbiedad (Vog, 1986). Las muestras fueron llevadas a temperatura de refrigeración (4°C) por una semana más, tiempo en el cual se dio la maduración de las mismas.

Cárdenas (2016), quien diseño un filtro para cervezas artesanales tipo Ale señala que la maduración de esta clase de cervezas, se debe dar a temperaturas comprendidas entre 1 a 10°C con el fin de no acelerar las reacciones químicas naturales de esta fase y apresurar la precipitación de las partículas que causan turbidez, además menciona que al trasegar la cerveza del tanque de fermentación al tanque de maduración, se elimina la mayor parte de la levadura que se ha depositado en el fondo, pero aquella que todavía está en suspensión no es eliminada fermentando los restos de azúcar que aun contiene la cerveza, siendo estos mucho más difíciles de fermentar ya que solo atraen la atención de la levadura una vez que se han consumido los azúcares más sencillos de metabolizar. Kunze (2006), expresa que la maduración juega un papel especial ya que durante la fermentación se forman productos secundarios donde algunos de ellos se degradan nuevamente en la maduración de forma parcial determinando de forma decisiva, junto con los componentes del lúpulo, el sabor y el aroma de la cerveza.

5.1.11. Envasado y carbonatación

Terminada la fase de maduración, fue realizado nuevamente un trasiego, separando las partículas sedimentadas de la cerveza clarificada, sobre esta última fue dispuesta una dilución pasterizada de 6g de azúcar en 25 mL de agua por cada litro de bebida alcohólica presente en la muestra que se estuviese tratando, esto obedeciendo lo propuesto en la ficha del proveedor del kit. Los tratamientos fueron envasados a mano en botellas de vidrio color ámbar con capacidad de 225 cm³ las

cuales fueron esterilizadas y manejadas asépticamente. En cada botella fue dejado un espacio de cabeza aproximado de 3cm. Finalmente las botellas fueron selladas con tapas metálicas tipo corona con ayuda de una tapadora manual y estas fueron dispuestas lejos de la luz directa a temperatura ambiente durante dos semanas más. Palmer (2017), señala que durante este tiempo la levadura consumirá el oxígeno presente en el espacio de cabeza junto al azúcar agregado para convertirlo en CO₂.

5.2. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA CERVEZA ARTESANAL ELABORADA CON LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LÚPULO POR CAFÉ

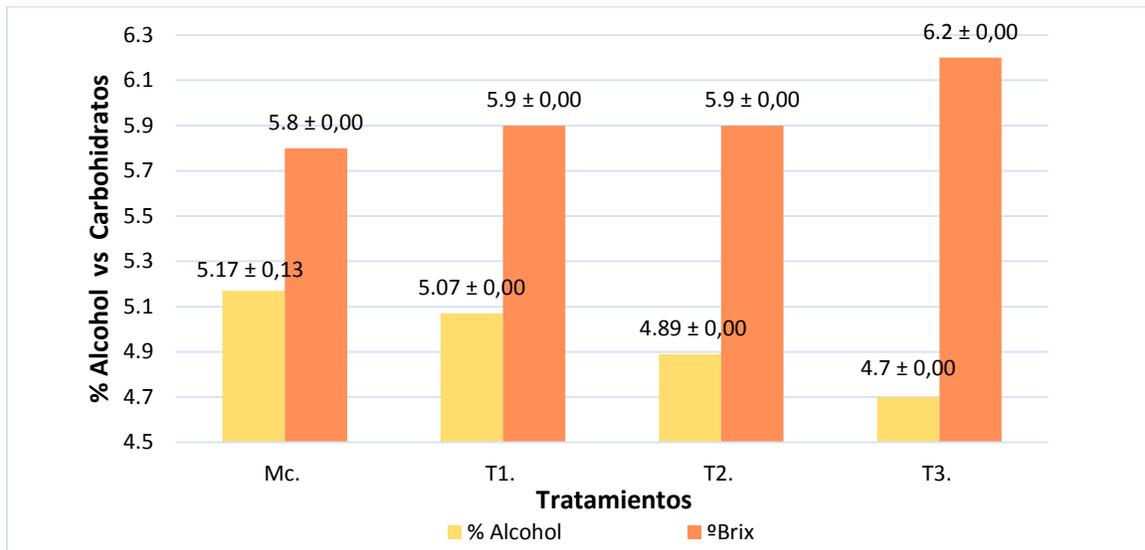
Con el fin de establecer el efecto de la sustitución parcial del lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal, se determinaron las siguientes pruebas fisicoquímicas, y se llevó a cabo la ejecución de una evaluación sensorial, obteniéndose como resultados los siguientes:

5.2.1. EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

5.2.1.1. Carbohidratos y porcentaje de alcohol

Como se mencionó anteriormente, los carbohidratos guardan una estrecha relación con el porcentaje de alcohol presente en una cerveza, siendo estas dos variables inversamente proporcionales, ya que para que se puedan dar las funciones metabólicas durante la fermentación, las levaduras consumen azúcares del mosto los cuales son transformados a alcohol etílico, CO₂, y energía en forma de calor.

En la gráfica 4, se representa el porcentaje de alcohol vs los carbohidratos, tanto de la muestra control como de los tratamientos en los que fue sustituido parte del lúpulo por café tostado y molido. Esta determinación se realizó finalizada la etapa de carbonatación natural (producto terminado), encontrándose que a medida en que mayor fue la fracción de lúpulo sustituida (mayor concentración de café) se vio afectado el metabolismo de las levaduras al reportarse mayor concentraciones de azúcares en estas muestras lo que se traduce en una menor conversión y por ende una menor presencia de alcohol. Esto puede deberse a que el café en su composición presenta ciertas sustancias antimicrobianas que pueden alterar la fermentación normal de las bebidas alcohólicas (Sauceda, 2011).



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

Grafica 4. Carbohidratos medidos en °Brix y %Alcohol de las muestras

Los porcentajes de alcohol de las muestras, se encuentran bajo lo estipulado en el decreto número 1686 de 2012 del ministerio de salud y protección social, el cual regula los requerimientos sanitarios que se deben cumplir entre otros para la elaboración de bebidas alcohólicas para destino humano, estipulando un rango para la graduación alcohólica de las cervezas en general de 2.5 a 12%, reportándose en esta investigación que la muestra con menor graduación alcohólica fue la (T3) con 4,7% y la muestra con mayor contenido alcohólico la (Mc) con 5,17 ± 0,13%. Gutiérrez *et al.*, (2002) compararon algunas características fisicoquímicas y microbiológicas entre cervezas artesanales e industriales, encontrando en la determinación del grado alcohólico de ocho diferentes muestras de cervezas artesanales un rango de porcentaje alcohólico de 5,1 a 6% siendo estos muy similares a los reportados en esta investigación.

Por medio del análisis estadístico de la varianza (anova de un factor) con un grado de confiabilidad del 95%, se pudo establecer que tanto en los resultados de los carbohidratos como en los de porcentaje de alcohol existen diferencias significativas entre las muestras analizadas. La prueba DMS demostró que la muestra T3 presenta diferencias mínimas significativas respecto a las demás en su contenido de carbohidratos y % alcohólico, siendo esta la que expuso menor conversión de azúcares fermentables a etanol.

5.2.1.2. pH y Acidez total

Durante la fermentación anaeróbica se produce, aparte de etanol, una serie de ácidos orgánicos como el láctico, propionico y pirúvico que influyen en la

determinación del pH, lo cual hace que se presente una relación inversamente proporcional entre este con respecto a la acidez total, hallándose a mayor presencia de ácidos orgánicos menores valores de pH (Cortes, 2017). Por lo general las cervezas artesanales no se pasteurizan. Por ello un grado alcohólico mayor al de las cervezas industriales junto con un pH inferior a 4.5 permiten prolongar la vida útil del producto (Leinstner *et al.*, 1995). De acuerdo con Kunze (2006), valores de pH por debajo de 4.4 refinan el sabor de la cerveza y es precondition para una mejor estabilidad biológica. Por el contrario por debajo de 4.1 conducen a un sabor más ácido de la cerveza y deben ser evitados, kunze establece un rango de 4,3 a 4,6 óptimo de (4.2 a 4.3). Los resultados de pH obtenidos en este estudio no se encuentran según lo establecido por Cortes y Kunze mas sin embargo no son muy superiores a estas estipulaciones y se encuentran en el rango estipulado por Vogel (2003) quien plantea que el pH de cervezas de fermentación alta como es el caso en estudio deben oscilar entre 4.1 a 4.8 de igual forma encajan en el rango optimo establecido por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA) quien estipula un rango óptimo de pH en cervezas de 4 a 5.

El rango de acidez total encontrado en las muestras, tal como se puede ver en la tabla 3, fue de 0,18% a 0,19% lo cual se acoge a lo estipulado por Gutiérrez *et al.*, (2002) y en la norma técnica Ecuatoriana NTE 323, quienes afirma que el porcentaje de acidez total máximo de una cerveza debe ser de 0,3% expresado en ácido láctico, al ser este el más predominante. Los resultados de acidez total encontrados en esta investigación concuerda con los encontrados por Torres & Bohórquez (2017) quienes evaluaron la sustitución parcial del lúpulo por cidron en la elaboración de cerveza artesanal, por medio de una muestra control 100% lúpulo un tratamiento (T1), 70% lúpulo – 30% cidron y un tratamiento (T2) 50% lúpulo - 50% cidron, encontrando que el rango de acidez total entre estas muestras, fue de 0,15 a 0,17%.

Tabla 3. pH y Acidez total (% Ácido láctico) de las muestras.

Tratamiento	pH	Acidez total
Mc. 100%L	4,59 ± 0,01 ^{ab}	0,19 ± 0,00
T1. 75%L - 25%C	4,61 ± 0,01 ^{abc}	0,19 ± 0,01
T2. 50%L - 50%C	4,62 ± 0,01 ^{bc}	0,18 ± 0,01
T3. 25%L - 75%C	4,64 ± 0,01 ^c	0,18 ± 0,01
p – valor	0,023	0,158

Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; L: lúpulo; C: café. n = 2. Media ± desviación estándar. $p \leq 0,05$ existen diferencias significativas. Letras iguales en columnas no existen diferencias significativas

Por medio del análisis estadístico de varianza (anova de un factor), con un grado de confiabilidad del 95%, se pudo establecer que el pH de las muestras entre si

presenta diferencias significativas, caso contrario a lo determinado para el porcentaje de acidez, donde las muestras analizadas no presentaron diferencias significativas, lo que indica que la sustitución parcial del lúpulo por café no altero la acidez entre las mismas. Con ayuda de la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) se logró reconocer que el pH de las muestras (Mc y T1), (T1 con Mc y T2) y (T3 con T2 y T1) no presentan diferencias mínimas significativas.

5.2.1.3. Gravedad específica y extracto aparente.

La gravedad específica o densidad de un líquido, está directamente relacionada con el peso que ejercen cada uno de los componentes que lo conforman, por esta razón a mayor contenido de sólidos solubles e insolubles, la gravedad específica será más grande (Sancho, 2015), esta medida presenta una relación directa con el extracto aparente, existiendo tablas con las que se puede determinar el extracto a partir de la densidad de la cerveza. El extracto aparente, es el porcentaje teórico de sólidos solubles. La denominación "extracto aparente" se debe a que el alcohol presente en la cerveza influye sobre el valor de la gravedad específica disminuyéndola, lo cual hace que el porcentaje de extracto que resulta sea menor del que realmente esta contiene (GTC - 4).

En la tabla 4 se identifican los valores obtenidos tanto para la gravedad específica como para el extracto aparente, encontrándose que a mayor grado de sustitución de lúpulo por café tostado y molido, estas dos variables incrementan progresivamente bajo la misma razón, al ser directamente proporcionales, lo que muestra que el café tostado y molido contiene mayor presencia de sólidos solubles en comparación al lúpulo. Medina & Riaño (2006) indican que por medio de la lixiviación con agua caliente del café tostado y molido los compuestos solubles son extraídos, siendo estos uno de los factores de apreciar en la determinación de la calidad del café, los cuales contribuyen significativamente al sabor y demás características sensoriales que se generan con este producto. Estos autores también mencionan que la extracción de los sólidos solubles del café está determinada por el grado de molienda, tiempo de contacto (agua – café) temperatura y presión del agua de preparación. Las muestras analizadas en esta investigación fueron realizadas bajo las mismas condiciones, tan solo variando la sustitución de lúpulo por café según el tratamiento, con lo cual se puede afirmar que las consideraciones de extracción expuestas anteriormente no influenciaron estos resultados.

Los resultados presentados en la tabla 4, corroboran los expuestos en la gráfica 4, puesto que la muestra con mayor cantidad de sólidos solubles (carbohidratos) fue la que presentó una mayor gravedad específica, teniendo en cuenta que esta muestra (T3) también fue la de mayor grado de sustitución de lúpulo por café aumentando dicha cantidad de solutos.

Tabla 4. Gravedad específica y extracto aparente de las muestras

Tratamiento	Densidad [g/mL]	Extracto Aparente
Mc. 100%L	1,0007 ± 0,0005 ^a	0,170 ± 0,127 ^a
T1. 75%L - 25%C	1,0033 ± 0,0002 ^a	0,856 ± 0,060 ^a
T2. 50%L - 50%C	1,0064 ± 0,0013	1,638 ± 0,334
T3. 25%L - 75%C	1,0096 ± 0,0015	2,464 ± 0,369
p – valor	0,004	0,004

Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; L: lúpulo; C: café. n = 2. Media ± desviación estándar. $p \leq 0,05$ existen diferencias significativas. Letras iguales en columnas no existen diferencias significativas

Como se puede observar en la tabla 4, la densidad de las muestras oscilaron de (1,0007 a 1,0096 g/mL) similar a lo encontrado por Torres & Bohórquez (2017), quienes evaluaron el efecto de la sustitución del lúpulo por cidron en la elaboración de cerveza artesanal tipo ale, reportando que la densidad de sus muestras se halló bajo un rango de (1,1014 a 1,1018 g/mL). Los resultados obtenidos de igual forma fueron similares a lo reportado por Rodríguez (2015) quien realizo estudios de la sustitución de cebada por quinua encontrando que la densidad de sus muestras estuvieron entre (1,010 y 1,120 g/mL). Comparando los valores de densidad reportados por los autores citados, con los encontrados, cabe mencionar que la densidad varía de acuerdo a las materias primas empleadas, ya que cada ingrediente presenta una composición diferente. Gracias al análisis estadístico de varianza (anova de un factor) con un nivel de significancia del 5%, se pudo establecer que tanto la gravedad específica como el extracto aparente de las muestras presentan diferencias significativas. Por medio del análisis DMS se puso de manifiesto que entre las muestras (Mc y T1) no se presentan diferencias mínimamente significativas en cuanto a estos dos parámetros, lo cual indica que una sustitución parcial de lúpulo por café del 25% afecta mínimamente la gravedad específica y el extracto aparente en comparación a la muestra control 100% lúpulo.

5.2.1.4. Color en grados EBC y en el espacio (CIEL*a*b*).

El color de la cerveza depende directamente de las condiciones de la cebada malteada en cuanto a su variedad, tipo de secado realizado y grado de tostión presentado previamente a la fabricación del producto (Carvajal & Insuati, 2010). Durante el proceso de secado y tostado tanto de la cebada para la obtención de la malta como del café se producen una series de reacciones químicas denominadas (Reacciones de Maillard) las cuales se dan a temperaturas por encima de 90°C bajo tiempos prolongados de acción, donde los aminoácidos se unen progresivamente con azúcares, formando compuestos roji-marrones, de aroma intenso, llamados melanoidinas que dan a las cervezas tonalidades que van desde el amarillo claro hasta el café muy oscuro e incluso negro (Kunze, 2006).

En la tabla 5 se representan los resultados de la evaluación del color de las muestras, primeramente de izquierda a derecha mediante el método Europeo o EBC (*European Brewing Convention*) encontrándose que a medida en que aumento la sustitución de lúpulo por café, las muestras presentaron mayor graduación EBC, lo cual se puede entender por la mayor concentración de melanoidinas. La graduación EBC presenta una escala de color la cual va de amarillo claro (menor graduación) a negro, situándose las muestras en estudio en el rango de (cervezas normales claras), el que oscila de 7 a 12 °EBC. El otro método empleado para la valoración del color, fue la variación de las coordenada del espacio CIEL*a*b*, reportándose que la muestra T3 presenta la menor luminosidad, lo que hace que esta sea la más oscura, presentando a la vez la mayor concentración de tonalidad roja (+a*) y coloración amarilla (+b*) entre las analizadas, lo que corrobora los resultados encontrados en la graduación EBC. Las muestras presentaron coloraciones rojas y amarillas siendo esta última la más prevaleciente

Tabla 5. Color de las muestras en grados EBC y en el espacio (CIEL*a*b*).

Tratamientos	°EBC	Espacio (CIEL*a*b*).		
		L*	a*	b*
Mc. 100%L	9,51 ± 0,00	51,27 ± 0,54 ^a	5,87 ± 0,04	21,02 ± 0,01 ^a
T1. 75%L - 25%C	10,02 ± 0,01	50,63 ± 0,12 ^a	4,62 ± 0,02	18,79 ± 0,13
T2. 50%L - 50%C	10,88 ± 0,00	51,52 ± 0,08 ^a	5,18 ± 0,01	20,84 ± 0,04 ^a
T3. 25%L - 75%C	11,80 ± 0,02	49,58 ± 0,42 ^b	5,99 ± 0,01	23,40 ± 0,02
p – valor	0,000	0,018	0,000	0,00

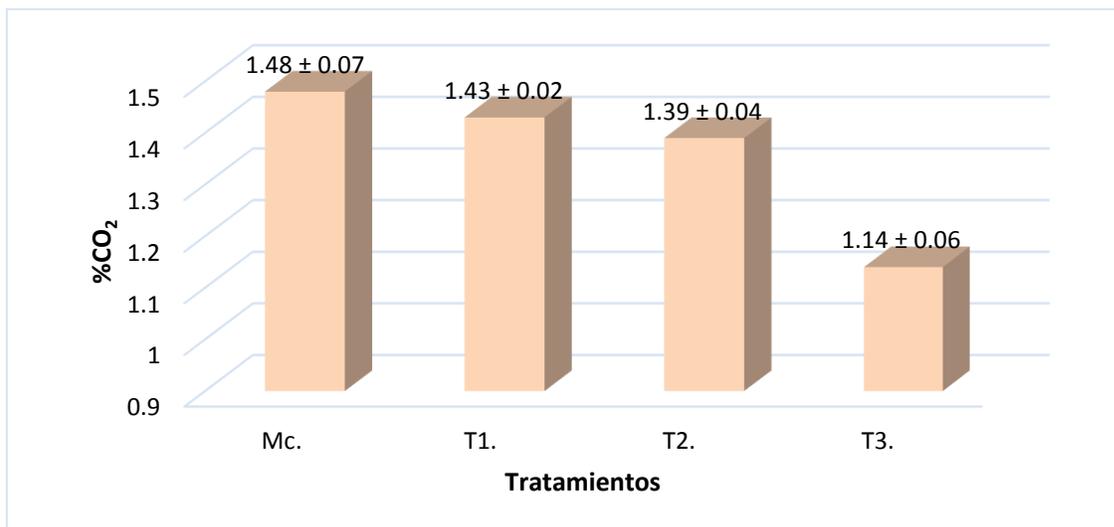
Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; L: lúpulo; C: café. n = 2. Media ± desviación estándar. $p \leq 0,05$ existen diferencias significativas. Letras iguales en columnas no existen diferencias significativas

Mediante el análisis estadístico de varianza (anova de un factor) con un grado de confiabilidad del 95%, se pudo establecer que las muestras entre si presentan diferencias significativas en las coordenadas CIEL*a*b* y en la graduación EBC. Con ayuda de la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) se logró reconocer que la luminosidad (L*) de la muestra T3 fue la única que presento diferencias mínimas significativas respecto a las demás valoraciones, las cuales entre si no presentaron diferencias mínimas significativas, siendo la muestra T3 la de mayor sustitución de lúpulo por café y la que presentase mayor oscuridad, de igual manera con la prueba DMS se evidencio que la sustitución del 50% de lúpulo por café (muestra T2) no presento diferencias mínimas significativas con la muestra control respecto a las tonalidades amarillas (+b*).

5.2.1.5. Dióxido de carbono (CO₂)

Previo a la carbonatación natural de las cervezas artesanales, se deben dar las condiciones para que la levadura que aún queda en suspensión cumpla sus funciones biológicas, entre ellas la producción de CO₂. Estas condiciones se brindan, adicionando azúcares y proporcionando un espacio de cabeza entre la bebida y el sello de la botella, lo que permite retener cierta cantidad de oxígeno para que la levadura lo consuma lográndose reactivar y reproducirse hasta agotar dicho oxígeno, luego de esto bajo condiciones de anaerobiosis esta consume el azúcar restante, generando el anhídrido carbónico, el cual se disuelve en la cerveza por el cambio de presión que este mismo genera dentro de la botella (Zambrano & Borbor 2014).

En la gráfica 9, se representa la cantidad final de CO₂ contenido en cada muestra, encontrándose que dicho parámetro disminuyó al aumentar el grado de sustitución del lúpulo por café, lo cual corrobora los resultados de la gráfica 4, donde se reportó que el metabolismo de las levadura se vio alterado al aumentar la concentración de café, consumiéndose menores cantidades de azúcares y produciendo menos alcohol.



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

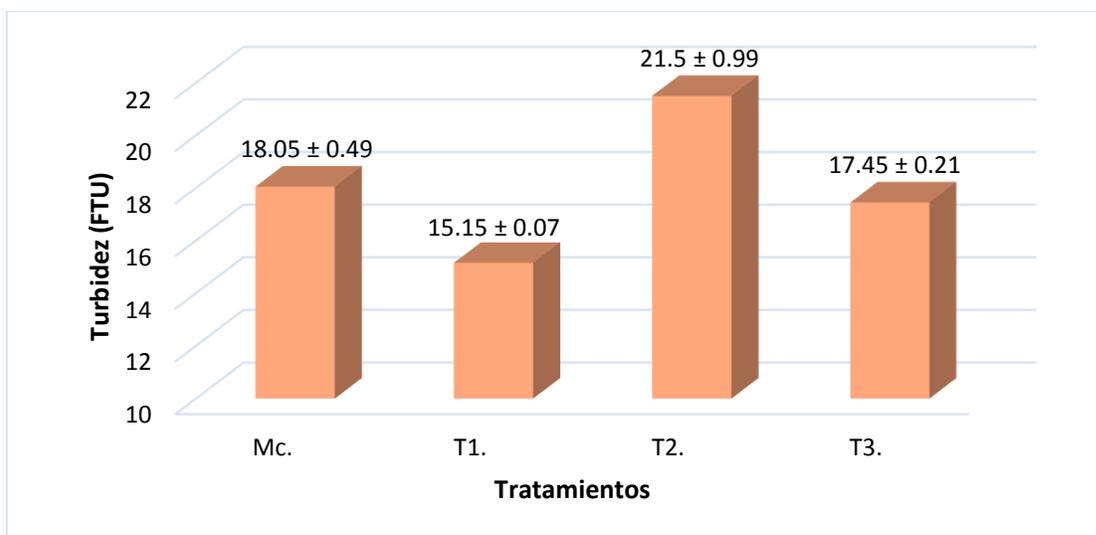
Grafica 5. Porcentaje de anhídrido carbónico (CO₂) presente en las muestras

Los niveles de CO₂ reportados en esta investigación son un poco mayores a los estipulados por Kunze (2006), quien hace referencia en que los contenidos normales de CO₂ de una cerveza tipo Ale son de 0,40 a 1,0%. Mediante el análisis estadístico de varianza (anova de un factor) con un grado de significancia del 5% se pudo establecer que las muestras presentaron diferencias significativas. El análisis estadístico DMS, dio como resultados que entre las muestras (Mc, T1 y T2)

no se presentan diferencias mínimas significativas, tan solo la muestra T3 difiere, siendo la que mayor concentración de café presenta y la de menor contenido de CO₂.

5.2.1.6. Turbidez en unidades (FTU) de los Tratamientos

Por lo general las cervezas artesanales son más turbias que las industriales, ya que entre sus características, se tiene que estas carecen de filtrado, no son pasteurizadas, y existe una fermentación en la propia botella. Por todo ello, los valores elevados de turbidez (Cortez, 2017). La mayoría de los problemas de turbidez en las cervezas y en particular de las bebidas alcohólicas, son debidos a la formación de complejos proteína-polifenoles (taninos), que llevan a la formación de partículas coloidales (Suarez, 2013). En la gráfica 6, se representan los valores de turbidez en unidades FTU (Formazin turbidity Unit) encontrándose que la muestra T2 (50% lúpulo - 50%cafe) fue la que mayor unidades represento seguida de la muestra T3, Mc y T1. El rango de unidades de turbidez en este estudio oscilo de (15,15 a 21,5 FTU) siendo estos inferiores a los reportados por Cortez (2017), quien realizo una análisis comparativo de cervezas artesanales Extremeñas, encontrando que estas estuvieron en un rango de unidades de turbidez comprendido entre (24,85 a 41,78 FTU), lo que demuestra que las cervezas obtenidas en esta investigación presentaron buenas características en cuanto a este parámetro.



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

Grafica 6. Turbidez presente en las muestras, medidas en unidades de (FTU)

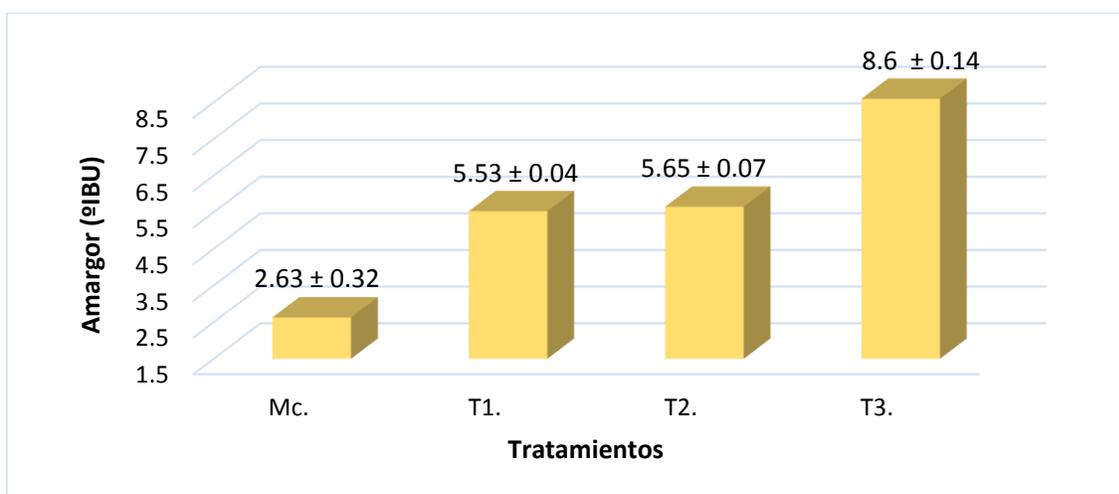
Los resultados de turbidez de las muestras, fueron analizados estadísticamente por medio del análisis de varianza (anova de un factor) con un nivel de significancia del 5% encontrándose que entre ellas se presentaron diferencias significativas. Con ayuda de la prueba DMS se logró identificar que entre las muestras Mc y T3 no se

presentaron diferencias mínimas significativas lo que supone que una sustitución del 75% de lúpulo por café, no altera los niveles de turbidez de una cerveza artesanal sin sustitución de lúpulo.

5.2.1.7. Amargor (°IBU)

Los grados IBU reflejan la medida de los iso- α -ácidos del lúpulo contenido en la cerveza y otros componentes de la misma, como polifenoles naturales o sintéticos con cualidades antioxidantes (Cortes, 2017). La intensidad y calidad del amargor se manipulan a través de la elección de la variedad de los lúpulo, el contenido de α – ácidos o a veces la cantidad de β – ácidos oxidados que se cree que dan un tipo de amargor suave, y de la duración de cocción de los lúpulos (Suarez, 2013). Para este estudio en particular se empleó un lúpulo variedad (Magnum) tanto para la muestra control como para los tratamientos en que este fue sustituido por café, siendo este último el único parámetro diferenciador entre cada muestra.

En los resultados de la gráfica 7, se logra observar a fácil vista que la sustitución de lúpulo por café hace que el amargor incremente a medida en que aumenta el grado de sustitución, encontrándose en este sentido que la muestra (T3) de mayor sustitución, es la que presenta el mayor grado de amargor. Forner (2015), se refiere a que el amargor del café está dado por el ácido clorogénico y sus derivados, representando hasta el 8% de la composición del grano sin tostar. Cuando los granos de café son tostados, estos compuestos, pierden una molécula de agua formándose diversas lactonas del ácido clorogénico, que son las principales responsables de su sabor amargo junto con las melanoidinas, que se forman como sub productos de la calcinación del café durante la reacción de Maillard, pudiéndose encontrar hasta un 30% de esta última según el grado de tostión de los granos.



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

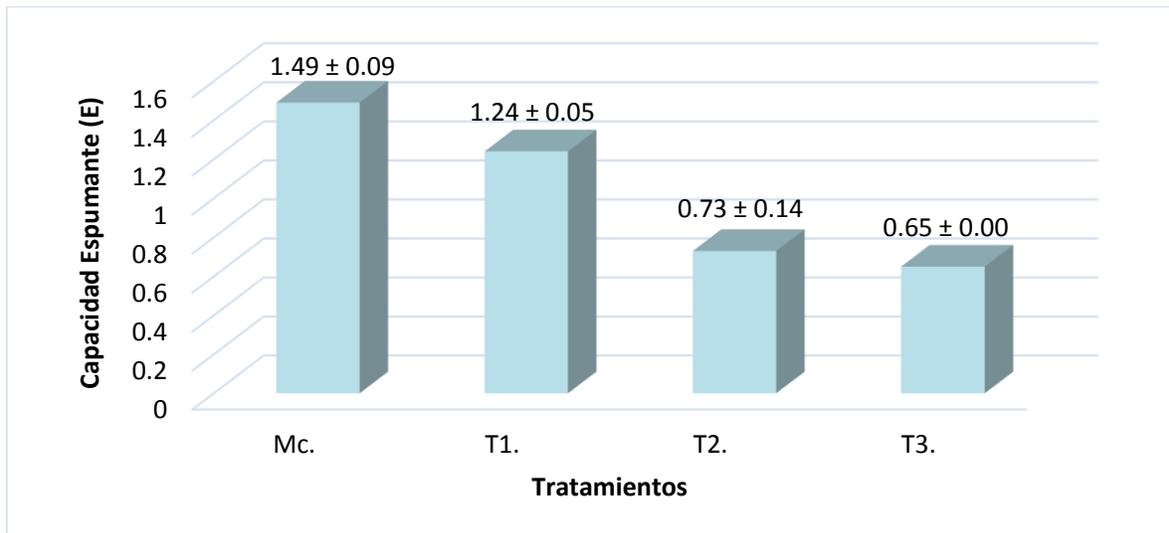
Grafica 7. Amargor de las muestras en grados IBU

Los resultados encontrados en la gráfica 7, oscilan de (2,63 a 8,6 °IBU), estos concuerdan con las determinaciones realizadas por Cortez (2017), quien realizó un análisis comparativo de cervezas artesanales Extremeñas, encontrando que estas estuvieron en un rango de (3,08 a 8,10 °IBU), más sin embargo estos resultados indican que estas cervezas artesanales tienen un amargor bajo en comparación con los resultados observados en otros estudios, en los cuales se analizaron cervezas de todos los estilos con valores que llegaban hasta los 45 °IBU (Suarez, 2013).

Respecto a las diferencias de amargor entre cervezas artesanales, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras analizadas. Mediante la ejecución de la prueba DMS se logró establecer que entre las muestras T1 y T2 no existen diferencias mínimas significativas, lo que sugiere que su grado de amargor es igual o muy próximo.

5.2.1.8. Capacidad espumante

Kunze (2006), indica que la espuma se forma en el llenado del vaso por las burbujas de CO_2 , que escapan a causa de la reducción de presión. Durante el ascenso, las burbujas de CO_2 se enriquecen con sustancias que presentan una tensión superficial reducida; es decir, que son capaces de aumentar su superficie de manera limitada y de formar una envoltura elástica alrededor de la burbuja, lo cual ocurre también durante un tiempo después del ascenso. Kunze (2006) menciona que cuanto más CO_2 se encuentra disuelto, tanta más espuma se forma, lo que es confirmado mediante los resultados expuestos en la gráfica 8 donde la muestra control (Mc) es la que mayor capacidad espumante presenta, ratificando lo reportado en la gráfica 5 al ser esta de igual forma la que presentase mayor contenido de CO_2 respecto a las demás muestras analizadas. Según Swistowicz (1977), los elementos de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y los iso- α -ácidos provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a producir espumas pobres. Cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma, lo cual se logra demostrar evidenciado que la muestra de mayor relación malta – lúpulo (Mc) fue la que mayor capacidad espumante. A pesar de que la muestra T3 presentase la mayor cantidad de amargor no presenta la mejor capacidad espumante, ya que en gran parte este amargor es proporcionado por el café tostado y molido, pudiéndose identificar que la sustitución parcial de lúpulo por café, hace que la capacidad espumante sea menor al aumentar el grado de sustitución, tal como puede observarse en la gráfica 8.



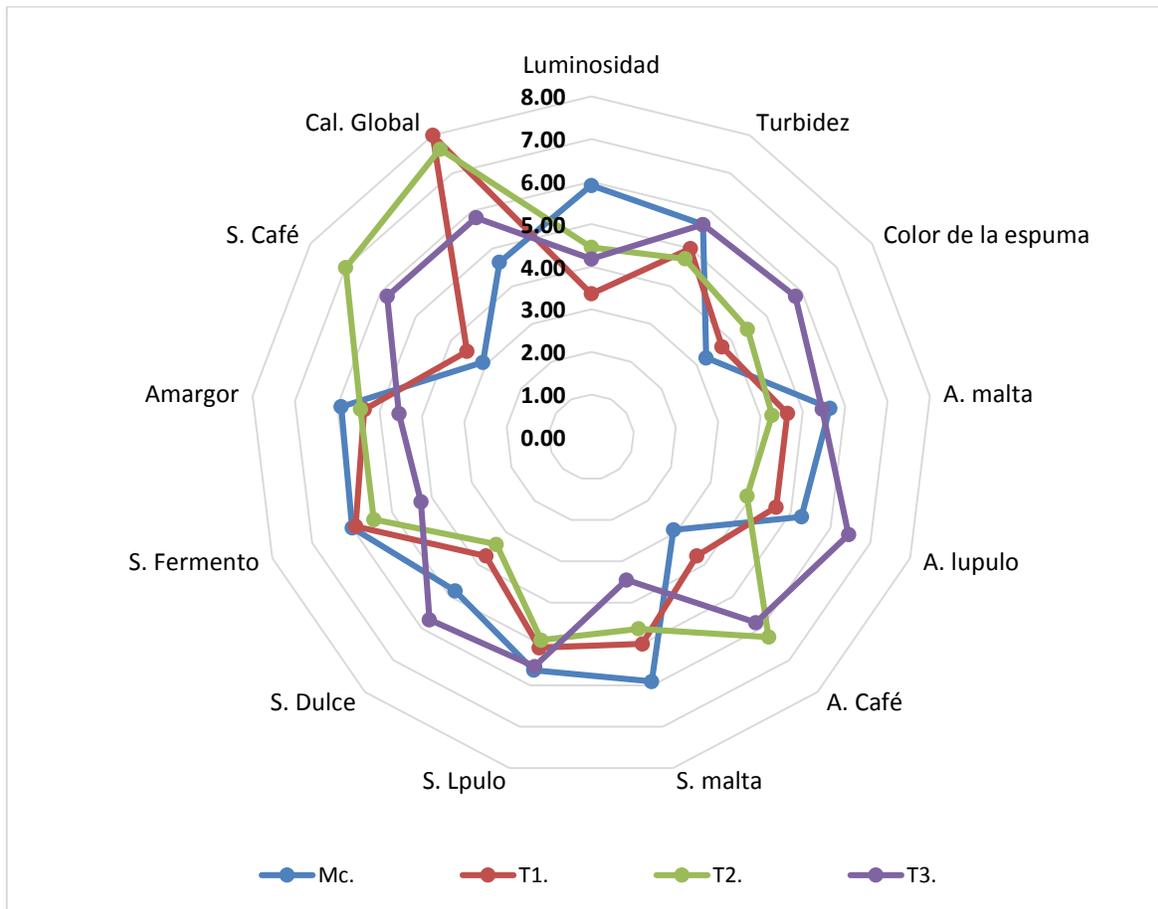
Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3.

Grafica 8. Capacidad espumante (E) de las muestras

Respecto a las diferencias de capacidad espumante entre cervezas artesanales, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras analizadas. Gracias a la prueba DMS se logró establecer, que entre las muestras T2 y T3 no se presentan diferencias mínimas significativas, siendo estas las de mayor grado de sustitución de lúpulo por café y las que presentasen menor capacidad espumante.

5.2.2. RESULTADOS EVALUACIÓN SENSORIAL

El formato de selección (Anexo 2), fue aplicado a 16 personas, descartando 4 de ellas por no acogerse a los criterios de selección, con el personal seleccionado se cuadro una fecha para poder llevar a cabo el entrenamiento planteado. Terminado el entrenamiento de reconocimiento se procedió a evaluar los resultados obtenidos en este, calculando los porcentajes de acierto para cada juez, encontrando que dichas calificaciones se hallaron en un rango de (82,50 a 88,33% de aciertos), los cuales fueron bastante considerables, determinándose evaluar la sustitución parcial de lúpulo por café con todos ellos, descartándose los resultados de una panelista, tras aplicar la evaluación, por mal llenado de la ficha de cata, como por ausencia de respuestas, teniendo en cuenta solo la valoración de 11 jueces, encontrándose como resultados los siguientes:



Mc: muestra control; T1: tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: tratamiento 3; A: Aroma; S: Sabor; Cal: Calificación.

Gráfica 9. Resultados de la evaluación sensorial de la sustitución parcial del lúpulo por café tostado y molido en la elaboración de cerveza artesanal

Fase visual

En promedio los jueces estuvieron de acuerdo que la muestra con mayor luminosidad roja, fue la control (Mc), y la de menor, el tratamiento (T1), hallándose intermedio a estas dos con calificaciones semejantes las muestras T2 y T3. El orden verdadero de la intensidad luminosa roja de mayor a menor fue T3, Mc, T2 y T1 como se pudo determinar en las coordenadas CIEL*a*b*. Según la calificación global de los jueces las muestras con mayor turbiedad fueron: con una calificación próxima a 6 las muestras Mc y T3 y seguidas a estas, las muestras T1 con una calificación de 5 y T2 con una calificación de 4,73 siendo el orden correcto de forma decreciente: T2, Mc, T3 y T1 como se pudo comprobar mediante la determinación de las unidades FTU. La valoración global del color de la espuma de las muestras se encontró que fue la correcta logrando reconocer los jueces el orden decreciente de este parámetro hallándose de mayor a menor tonalidad caramelo de la siguiente

forma: T3, T2, T1 y Mc, siendo este último parámetro el más fácil de reconocer a simple vista. La variación tanto de la luminosidad roja como de la turbidez, pudo deberse a que el rango entre las muestras es muy cercano y a la falta de condiciones, ya que no se pudo ejercer la evaluación en una sala adecuada con cabinas y paredes blancas como de un índice de iluminación correcto que estas determinaciones requieren.

Fase olfativa

La calificación global de los jueces, indicó que las muestras Mc y T3 presentaron la mayor percepción de aroma a malta, con una calificación próxima a 6 en la escala estructurada, presentando la muestra Mc una percepción un poco mayor pero no representativa respecto a la T3. Cabe resaltar que todas las muestras en composición presentan la misma cantidad de malta, el factor diferenciador es el sustituto (café) el cual balancea esta percepción, entendiéndose que por su parte las melanoidinas que se generan tanto en el café como en la malta producen un aroma similar debida a su tueste, por ende la muestra T3 presenta una de las mayores calificaciones, seguidas a estas dos de forma decrecientes se encontraron las muestras T1 y finalmente la T2, estas últimas muy próximas entre sí con calificaciones de 4,64 y 4,27 respectivamente. Los jueces estuvieron de acuerdo según la calificación global encontrada que la muestra con mayor percepción de aroma a lúpulo fue la T3, con un promedio de calificación de 6,45 en la escala estructurada, lo cual se puede entender a que está presente el aroma más fuerte de todas por contener la mayor sustitución de lúpulo por café el cual combinado con los aromas de los demás componentes no se logra reconocer muy fácilmente, seguido de manera decreciente se encontró la muestra Mc con una calificación global de 5,27 siendo esta la de mayor contenido de lúpulo y las muestras T1 y T2 con calificaciones de 4,64 y 3,91 respectivamente. Finalmente las muestras T2 y T3 (las de mayor contenido de café) presentaron la mayor percepción de aroma del sustituto, presentando una diferencia significativa respecto a las muestras T1 y T2 respectivamente. El aroma a café es uno de los más reconocidos y recordado por la memoria sensorial, los jueces lograron una buena identificación de este a pesar de que la diferenciación de aromas es un poco dificultosa entre otras por la fatiga sensorial haciendo que el reconocimiento de un umbral de aroma sea una tarea que se dificulte para jueces semi-entrenados o consumidores.

Fase gustativa

La percepción global del sabor a malta, se vio influenciada por el grado de sustitución de lúpulo por café, de tal forma que los jueces coincidieron en esta valoración marcando la muestra control (Mc) como la de mayor sabor a malta y decrecientemente en orden a la concentración de café, en este sentido presentando la muestra (T3) el menor sabor a malta, lo cual puede deberse a que el amargor del café enmascara el dulzor de la malta cada vez más, de acuerdo al grado de sustitución tal como se evidencio. En la percepción del sabor a lúpulo se

presentaron dos grupos homogéneos, el primero comprendido entre las muestras control (Mc) y (T3) con una calificación en la escala estructurada de 6 unidades, siendo estas muestras las más amargas, al contener una el mayor contenido de lúpulo, y la otra el mayor contenido de café, lo que probablemente hizo que los jueces relacionen este sabor con el grado de amargor, el otro grupo estuvo comprendido por las muestras (T1) y (T2) con un puntaje de 5 unidades en la escala. Irónicamente en la percepción de sabor dulce los jueces le dieron mayor calificación a las muestras con mayor grado de amargor, siendo estas de mayor a menor calificación la muestra (T3) con una valoración de 5,73, la muestra (Mc) con una valoración de 4,82 las muestras T1 y T2 presentaron valoraciones de 3,73 y 3,36 respectivamente, lo que puede significar que estas últimas sus sabores se encuentren más balanceados y sea más difícil de percibir un sabor en particular. En cuanto a la valoración del sabor a fermento se encontraron coincidencias en la percepción de las muestras Mc, T1 y T2 comprendidas estas entre 5,45 y 6, tan solo diferenciándose la muestra de mayor sustitución (T3) con una valoración de 4,27 esto pudiéndose deber como se evidencio en los resultados fisicoquímicos que esta muestra presento la menor graduación alcohólica, por ende menor presencia de metabolitos que generen sabores a fermento. El sabor amargo se encontró comprendido en un rango de 4,55 a 5,91 según la evaluación de los jueces siendo en este sentido la muestra más amarga la Mc y la menos amarga la T3, intermedias a estas valoraciones se encontraron las muestras T1 y T2 con valoraciones de 5,36 y 5,45 respectivamente. Finalmente en la fase gustativa se evaluó el sabor café, determinando los jueces según su percepción que las muestras en orden decreciente con mayor sabor a café fueron: T2, T3, T1, y Mc.

Calificación global

La muestra con mayor calificación global, fue el tratamiento (T1), con una puntuación en la escala estructurada de 8 unidades, en la cual se sustituyó lúpulo por un 25% de café tostado y molido, presentando una diferencia de 33,6% con respecto de la muestra control (Mc), en la cual no se sustituyó lúpulo, muy cercana a la calificación global de la muestra (T1) se encontró la puntuación de la valoración de la muestra (T2) con una puntuación de 7,64 unidades y en la que el lúpulo fue sustituido en un 50% por café, contrario a lo reportado por la sustitución del 75% de lúpulo (muestra T3) que junto con la muestra (Mc) presentaron las valoraciones más bajas. Indicándonos estos resultados, que los jueces presentaron mayor aceptación por aquellas cervezas en las que fue sustituido el lúpulo en un 25 y 50% prefiriéndose la de menor sustitución.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

De la elaboración de cerveza artesanal a partir de malta industrial con sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido.

- El grado de molienda de la malta adquirida (20% cascara, 70% grano triturado y 10% harina) permitió un filtrado y clarificado eficiente del mosto, con lo cual se logró un producto con buenas características visuales.
- La malta de cebada empleada (Special B), presento una buena carga enzimática, ya que al brindarle las condiciones óptimas en el macerado se dio una degradación del almidón hasta un valor constante de azúcares fermentables.
- La cocción del mosto a condiciones ambientales, hace que no se pueda ejercer control en esta etapa, presentándose variabilidad en la concentración de sólidos solubles, por ende la necesidad de reajustar con agua pura.
- La temperatura promedio de la ciudad de Pamplona N.S, se encuentra dentro del rango permitido para la fermentación alta o tipo ale.
- La levadura empleada presento una alta viabilidad, ejerciendo en perfectas condiciones sus funciones metabólicas
- Durante la fermentación se produce la sedimentación de levaduras, complejos proteínas – polifenoles y otras sustancias que generan turbiedad, las cuales se pueden separar por trasiego, logrando que se mejoren las características de color del producto.
- Durante la fermentación, aparte de producirse etanol, CO₂ y energía en forma de calor se generan una serie de ácidos orgánicos, lo cual causa el descenso del pH impidiendo la proliferación de microorganismos y aumentando el tiempo de vida útil del producto.

Del efecto de la sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido sobre las características fisicoquímicas de la cerveza artesanal

- A medida en que aumento gradualmente la sustitución de lúpulo por café tostado y molido se presentaron en las muestras mayores contenidos de azúcares sin desdoblar (carbohidratos) lo cual se tradujo en menores producciones tanto de CO₂ como de etanol, de igual forma se vio alterado el pH, haciéndose más básico, la gravedad específica y el extracto aparente

incrementando, la coloración de la cerveza haciéndose más oscura, el amargor aumentando y la capacidad espumante disminuyendo.

- La sustitución parcial de lúpulo por café no altero la acidez total de la cerveza
- La adición de partes iguales tanto de lúpulo como de café (tratamiento 2) presento la mayor cantidad de turbios en solución.

Del efecto de la sustitución parcial de lúpulo por café tostado y molido sobre las características sensoriales de cerveza artesanal

- La muestra (T1) en la que se sustituyó 25% de lúpulo por café tostado y molido fue la que represento mayor aceptación por parte de los jueces al obtener la mejor calificación global
- La muestra control (100% lúpulo) presento la menor calificación global, lo que significa que si se quiere innovar en cuanto a sensaciones impartidas al consumidor la sustitución parcial de lúpulo por café es una excelente alternativa
- El café tostado y molido produce aromas similares a los generados por la malta, debido al tueste (reacción de Maillard) característico de esta clase de productos donde se crean las melanoidinas responsables de estos aromas.
- La muestra T1 (75% lúpulo – 25% café) presento más valoraciones intermedias, respecto a las demás, lo que puede significar que probablemente es la mejor balanceada.

7. RECOMENDACIONES

Para mejorar las características cromáticas de la cerveza con sustitución parcial de lúpulo por café, se recomienda implementar un método de filtración donde no se eliminen las levaduras en suspensión, ya que estas se requieren para la re carbonatación natural.

Se recomienda realizar nuevos estudios de la sustitución parcial de lúpulo por café en la elaboración de cerveza artesanal, donde se agreguen adjuntos y establecer los efectos que se generan

Bajo esta misma temática se recomienda implementar una maceración escalonada como una fermentación continua (temperatura constante) con el fin de establecer si se producen cambios significativos en el producto final.

Se recomienda a las personas que realicen estudios similares, mejorar las condiciones en la cocción del mosto, donde se puedan controlar las variables de presión y temperatura y así poder obtener concentraciones de sólidos solubles similares al terminar esta etapa.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andaluza, A. (1994). Las pruebas Sensoriales. En A. Andaluza Morales, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* (págs. 67 – 109). México: Acriba, S.A.
- Alcaldía de Pamplona. (2018). Información del municipio. Disponible en: <http://pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>. Consultado: 22/11/18.
- Alcázar, A. (2001). Aplicaciones del análisis multivariante a la diferenciación de tipos de cerveza. Tesis. Doc. Ciencias Químicas. US. Andalucía, ES. p 6.
- Briggs, D.E., Boulton, C.A., Brookes, P.A., Stevens, R. (2004). *Brewing: Science and practice*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Inglaterra. p 863.
- Boulton, C. (2013). *Encyclopaedia of brewing*. 1ra edition. John Wiley and Sons, Oxford, Inglaterra. p 720.
- Cortes, D. (2017). Análisis comparativo de cervezas extremeñas. *Universidad de Extrema dura. Escuela de ingenierías agrarias*. Disponible en: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/6875/TFGUEX_2017_Cortes_Monta%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Consultado: 01/12/2018.
- Carvajal, L. & Insuati M. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*). Universidad técnica del norte. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/558/1/03%20AGI%20256%20TESIS.pdf>. Consultado: 02/12/2018.
- Cárdenas, C. (2016). Diseño de un filtro para cerveza artesanal. *Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias agrarias*. Disponible en: <file:///C:/Users/edwinhernan/Desktop/Filtrado%20de%20cerveza%20artesanal.pdf>. Consultado: 27/11/2018.
- Cangas, H., Domínguez, F., & Herrera, C. (2006). Planta elaboradora de cerveza artesanal. *Universidad Nacional de la Pampa*. Disponible en: <http://www.agro.unlpam.edu.ar/licenciatura/disenio/Planta-elaboradora-de-Cerveza-artesanal.pdf>. Consultado: 19/11/18.
- Callejo, M. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Primera edición. Madrid España. Editorial AMV EDICIONES, p 275 - 447.

- Castañe, F. (2002). Control de calidad sensorial en un grupo cervecero multifactoria. *Universitat Politecnica de Catalunya*. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/110499998/Analisis-Sensorial-Cerveza>. Consultado: 20/11/2017
- Casas, E; García, M; Montañés, J; Tornero, A. (2014). Extracción supercrítica de lúpulo: Cerveza y otras industrias. ES. Cerveza y malta. LI (1). N°201. p 35-38.
- Caballero, I; Blanco, A; Sancho, D. (2010). Determinación del contenido de iso- α -ácidos presentes en la cerveza lager mediante voltamperometría de redisolución catódica. Valencia, ES. Universidad de Valladolid.
- Cedeño, G y Mendoza, A. (2016). Evaluación fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa como adjunto y especias. *Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*. p 1- 88.
- Decreto número 1686. Requisitos sanitarios que se deben cumplir para la fabricación, elaboración, hidratación, envase, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, expendio, exportación e importación de bebidas alcohólicas destinadas para consumo humano. Ministerio de salud y protección social. Colombia 2012.
- Dos Santos; T; Moretzsohn, P; Camporese, E. (2014). Solid wastes in brewing process: A review. *Journal of Brewing and Distilling*. Vol. 5 (1). p 1-9.
- Dominguez, J. Las cervezas artesanales, un negocio que pide mas participacion en Colombia. (2018). *Portafolio*. Disponible en: <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimiento/las-cervezas-artesanales-en-colombia-513904>. Consultado: 04/10/2010/2018.
- El café de Colombia. Federación Nacional de cafeteros de Colombia. (2010). Disponible en: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/. Consultado: 13/11/2017
- Eßlinger, H. (2009). Fermentation, Maturation and Storage. En: Eßlinger, H.M. (Ed.) *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*, Wiley-VCH, Weinheim, Alemania, p´ags. 207 –224.
- Espita C. determinación de la concentración de alfa y beta amilasas comerciales en la producción de etanol a partir de almidón de cebada empleando

- saccharomices cereviciae* (2009). Pontificia Universidad javeriana facultad de ciencias carrera de microbiología industrial. Disponible en:<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis206.pdf>. Consultado: 20/11/2017
- Forner, D. (2015). Café amargo ¿Por qué? *El Blog de Didac Forner*. Disponible en: <https://didacforner.net/cafe-amargo-por-que/>. Consultado: 20/11/2018.
- Flórez, C., Duran, D., & Trujillo, Y. (2018). Evaluación de la aptitud cervecera de cebadas (*Hordeum distichum*) producidas en el departamento de Boyacá. *Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos "GINTAL". Universidad de Pamplona.*
- Gutiérrez, A., Elizondo, A., Dias, A., Rousseau, I., Roa, R., Álvarez, M., Pozo, L., Olmedo, M., Cerdán, M., Tissone, M. (2002). Cervezas artesanales: características fisicoquímicas y microbiológicas - Comparación con cervezas industriales. *Centro de Investigación de Tecnologías de Industrialización de Alimentos (CEIAL).*
- Gigliarelli, P. (2013). Fermentación. *Revista Mash*. Disponible en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=379>. Consultado: 16/10/2018.
- Gigliarelli, P. (2008). Ciencia cervecera. *Revista Mash*. Disponible en: <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=347>. Consultado: 14/10/2018.
- Forner, D. (2015). Café amargo ¿Por qué? *El Blog de Didac Forner*. Disponible en: <https://didacforner.net/cafe-amargo-por-que/>. Consultado: 20/11/2018.
- García, M (1993). *Biotechnología Alimentaria*. México: Limusa
- Godoy, A; Herrera, T; Ulloa, M. (2003). Más allá del pulque y el tepache. Las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México. p 11.
- Galana cerveza natural artesana. Análisis sensorial. Disponible en la web en: <http://cervezagalana.com/productos-y-servicios/51-2>. Consultado: 20/11/2017
- GTC 4. Manual de métodos analíticos para el control de calidad de bebidas alcohólicas. Guía técnica Colombia, INCONTEC.

- Hough, J. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. En J. S. Hough, *Biotecnología de la cerveza y de la malta* (pags. 160 – 161). Zaragoza España: Acriba, S.A.
- Hernandez, G. y Loaiza, I. (2013). TLC Estados Unidos – Colombia: Oportunidades de negocio en el sector cervecero colombiano.. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4894/10265703172014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 20/11/2017
- Krottenhaler, M. (2009). Hops. En: Eßlinger, H.M. (Ed.) *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*, Wiley-VCH, Weinheim, Alemania, pags. 85 –104.
- Kretschmar, H. (1990). Levaduras y Alcoholes y otros productos de la fermentación. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, España. 582p
- Kappler, S; Krahl, M; Geissinger, C; Becker, T; Krottenhaler, M. (2010). Degradation of Iso- α -Acids during wort boiling. *J. Inst. Brew.* Vol. 116 (4). p 332-338.
- Kunze, W. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Primera edición en español. Alemania. Editorial VLB Berlín, Seestraße.
- Leinstner, L., Gorris, L. (1995). Food preservation by hundle technology. *Trends in food Science & Technoto. Vol 6*.
- Mosher, R. (2015). *Mastering Homebrew: The complete guide to brewing delicious beer*. 1ra edición. Chronicle Books LLC, San Francisco, CA, U.S.A., 384 págs.
- Martínez, A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo de grado. Universidad de Lleida. Lérida, España.
- Medina, J. & Riaño, C. (2006). Evaluación del rendimiento de extracción en algunas cafeteras. *Cenicafe* 57(1):31-36. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057%2801%29031-036.pdf>. Consultado: 01/12/2018.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 323:2002. Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total. Instituto Ecuatoriano de normalización 2002.

- Norma Técnica Colombiana NTC 3314. Sector agropecuario. café y sus productos. vocabulario. términos y definiciones. INCONTEC Colombia 1992.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2442. Café tostado en grano y/o molido. Determinación del grado de tostion. INCONTEC Colombia 2004.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3854. Bebidas Alcohólicas cerveza. INCONTEC Colombia 1996.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3952. Cerveza. Métodos para determinar el contenido de alcohol etílico en cerveza. INCONTEC, Ministerio de desarrollo económico. Colombia. 1996
- Norma Técnica Colombiana NTC 4129. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1: evaluadores seleccionados. INCONTEC Colombia 1997
- Ortega, M. (2001) Elaboración de cerveza tipo lager a partir de malta y adjuntos cerveceros de sorgo. *Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey*. Disponible en: file:///C:/Users/edwinhernan/Downloads/DocsTec_5941.pdf. Consultado: 04/12/2017.
- Orallo E. (2013). El color de la cerveza. *El rincón del cervecero*. Disponible en: <http://www.elrincondelcervecero.com/el-color-de-la-cerveza/>. Consultado: 20/11/2017
- Palacios, A; Alcázar, A; Jurado, J; De Pablos, F. (2012). Reconocimiento del origen geográfico de cervezas basado en máquinas de vectores soporte aplicadas a descriptores químicos. *Sevilla, ES. Cerveza y Malta*. XLIX (1). N°193. p. 40-46.
- Palmer, J. (2017). How to Brew. Todo lo que necesita saber cada vez para elaborar una gran cerveza. Cuarta edición. Editorial Brewers Publication.
- Romero, C. V., Peruchena, N. M., Sosa, G. L., & Lpzano, J. E. (2012). A que se debe la formacion y estabilidad en la espuma de la cerveza. *Frech 414/ Lab. Quimica teorica y Experimental (QuiTex UNT)*. Disponible en: <http://frre.utn.edu.ar/IJCyT/clean/files/get/item/2197>. Consultado 20/11/2017
- Rodríguez, H. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A., *Universidad Austral de Chile*. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/doc/far696d.pdf>.
Consultado: 04/12/2017.

Rodríguez, W. (2015). Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinua (*chenopodium quinoa*) y del ph inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale. *Universidad privada Antenor Orrego*. Disponible en: repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/815/1/RODRIGUEZ_WILMER_CHARACTERISTICAS_FISICOQUIMICAS_CERVEZA.pdf. Consultado: 01/12/2018.

Registro sanitario de cervezas. Ministerio de la protección social. Instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA). Medellín Colombia 2010.

Rodríguez, C. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A. *Universidad Austral de Chile*. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/doc/far696d.pdf>. Consultado: 03/12/2018.

Rodríguez, R. (2011). Recirculación en el macerador. *Asociación de cerveceros caseros españoles (ACCE)*. Disponible en: <http://cerveceros-caseros.com/index.php/foro/viewtopic.php?t=93239>. Consultado: 18/11/2018.

Swistowicz, W. (1977). El Cervecerero en la práctica. Segunda Edición. Asociación de Maestros cerveceros de las Américas, Madison, Wisconsin. p 413.

Suarez, M. (2013). Cerveza componentes y propiedades. *Universidad de Oviedo. Master universitario en biotecnología alimentaria*. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf. Consultado: 25/11/2018.

Sauseda, E. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai, vol. 7, núm. 1, enero-abril, 2011, pp. 153-170*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46116742014.pdf>. Consultado: 30/11/2018.

Sancho, R. (2015). Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. Universidad politécnica de Catalunya. Disponible en:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76575/02_Memoria.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Consultado: 13/10/2018.

Suarez M. (2013). Cerveza componentes y propiedades. *Master en biotecnología alimentaria universidad de Oviedo*. Consultado: 04/12/2017 Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf. Consultado: 20/11/2017.

Gonzales, J. (2014). Serranía, cerveza artesanal con sello Unipamplona *Revista contraluz Cúcuta*. Disponible en: <http://contraluzcucuta.co/articulos/aula-universitaria-serrania-cerveza-artesanal-con-sello-unipamplona/>. Consultado: 04/12/2017

Suarez M. (2013). Cerveza componentes y propiedades. *Master en biotecnología alimentaria universidad de Oviedo*. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf. Consultado: 20/11/2017.

Schönberger, C. (2006). Bitter is better. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*. Vol. 3, núm. 4. 56-65p

Santander, M. (2006). Optimización de las concentraciones de urea y fosfato de amonio en la producción de alcohol a partir de miel fina y miel virgen de caña de azúcar empleando *saccharomyces cerevisiae*. *Universidad javeriana*. Disponible en: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000308528. Consultado 04/12/2017.

Torres D y Bohórquez D. (2017). Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cidrón (*Aloysia citrodora*) en la elaboración de cerveza artesanal. *Universidad de la salle* Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21221/43121018_2017.pdf?sequence=1. Consultado: 20/11/2017

Techakriengkrai, I; Paterson, A; Taidi, B; Piggott, J. (2004). Relationships of Sensory Bitterness in Lager Beers to Iso- α -Acid Contents. *J. Inst. Brew.* Vol. 110 (1). p 51-56.

Vogt, E. (1986). El vino: Obtención, elaboración y análisis. Zaragoza (España): Editorial Acriba, S.A. p 231

Vogel, K. (2003). Elaboración casera de cerveza. 5 ed. España. Editorial Acriba, S.A. p 21.

Zambrano, J. y Borbor, K. (2014). Utilización de una nueva cepa de levadura en el proceso de fermentación en una industria cervecera en la ciudad de Guayaquil. Tesis. Ing. Alimentos. ESPOL. Guayas, EC. p 1-35.

ANEXOS

Anexo 1. Recomendaciones del proveedor (Equipos insumos cerveza SAS)

PREPARACION

Para preparar 20 lts de cerveza alistar aproximadamente 40 lts de agua libre de cloro y lo mas pura posible si puede hiérvala y deje reposar 24 horas antes de iniciar.

Coloque 13.5 lts de agua en la olla en la que se va a macerar y caliéntela a 74 ° C.

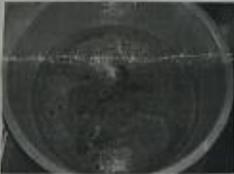
MOLIENDA



El objetivo de esta operación es romper los granos de malta para que el agua pueda entrar en contacto con el almidón y, con la acción catalizadora de las enzimas, convertirlo en azúcar.

Idealmente, la cáscara debe quedar casi intacta y el almidón hecho harina. Si se muele muy fino, se extraen unas resinas de la cáscara que dan turbidez y un sabor muy astringente en la cerveza, y se dificulta mucho la filtración del mosto. Si se muele muy grueso, se pierde eficiencia en la maceración.

MACERACION



Preparar el "empaste" que consiste en mezclar el grano molido con 13.5 lts de agua a una temperatura de 74°C.

Añade los granos de a pocos a la olla macerador, y vaya revolviendo con la espumadera sin que se formen grumos y que todos los granos queden bien humectados. La temperatura del agua va a disminuir a aproximadamente 65 °C, mantenga esta temperatura constante durante 50 minutos, revuelva de vez en cuando para mantener la temperatura lo mas constante posible. Luego de los 50 min. Aumente la temperatura a 72 °C y manténgala durante 10 minutos. Mientras tenga prendido el fogón de la estufa vaya recirculando el mosto sacándolo por la parte inferior con la jarra y agregándolo por encima de la cama de granos.

CLARIFICACION DEL MOSTO

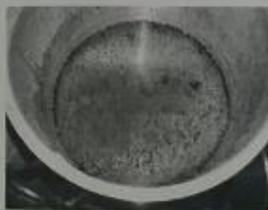
Lo primero que se extrae del macerador es bastante turbio, debido a las partículas de almidón no convertido, pequeños pedazos de cáscara, etc.

Como estas no son deseables en el hervor, se deben eliminar, y para ello se hace recircular el mosto. De esta manera, se establece sobre el falso fondo del macerador, un manto filtrante formado por cáscaras de los granos, que retienen los sólidos y clarifican el mosto. Hay que tener cuidado con no desarmar el lecho de los granos al recircular.

El tiempo requerido depende mucho de la velocidad de extracción, y generalmente se logra una buena clarificación en 20 o 30 minutos. De todas maneras la decisión de seguir recirculando o no, se toma en forma visual.

Cuando termine la maceración realice un recirculado sacando por la parte inferior de la olla y agregando por encima, coloque la espumadera y sobre esta agregue el mosto teniendo cuidado de no dañar la cama de los granos, a partir de este momento ya no puede volver a mover los granos ya que lo que se trata de hacer con esto es clarificar el mosto. Este proceso debe hacerlo hasta que vea que el mosto esta lo suficientemente claro, dependiendo lo claro que le quede en este punto así mismo le va a quedar su cerveza al final.

LAVADO DE LOS GRANOS



Una vez que el mosto se ha clarificado, se extrae del macerador y se agrega al hervidor (olla). Sin embargo, no debe sacarse todo el líquido, sino hasta 2 o 3 centímetros de agua por encima del nivel de los granos, para permitir un enjuague eficiente.

El enjuague se realiza con agua a 76° C en forma muy lenta. La cantidad de agua que hay que tener preparada para el enjuague es aproximadamente el volumen de mosto que se calcula obtener.

Después de que su mosto ya este clarificado, páselo a la olla de hervido, mientras va pasando el mosto del macerador al hervidor vaya lavando los granos con agua limpia a 76 °C tratando de no mover la cama de granos para que no se vaya a enturbiar el mosto. Siga realizando este proceso hasta que complete 25 lts de mosto en la olla de hervido.

HERVIDO Y LUPULADO



Cuando ya tenga los 25 lts en la olla de hervido, prenda el fogón de la estufa y espere hasta que empiece a hervir, cuando inicie el hervido cuente 10 minutos y durante este tiempo retire toda la espuma que se forma y deséchela.

Después de estos 10 minutos de desespumado, agregue la cantidad de lúpulo que esta marcado con hervir 60 minutos. Deje hervir fuerte con la olla destapada, al cabo de 45 minutos de la primera adición de lúpulo agregue la otra cantidad marcada con hervir 15 minutos. Siga hirviendo por 15 minutos mas. Apague el fuego.

ENFRIADO Y WHIRLPOOL

Esta operación hay que realizarla lo más rápidamente posible y en condiciones de limpieza total para evitar contaminación, ya que una vez que el mosto desciende de 40° es muy fácil que se reproduzcan en él cualquier tipo de microorganismos. Enfríe hasta 20 °C.

El Whirlpool consiste en agitar vigorosamente el mosto siempre en la misma dirección por lo menos unos 5 minutos, esto hace que todas las partículas y pedazos del lúpulo se concentren en el remolino y decanten en el centro de la olla.

Luego del Whirlpool se debe esperar unos 15 minutos y luego trasvasamos al fermentador Balde de 30 Lts.

ACTIVACION DE LAS LEVADURAS



La manera de prepararla es, hervir 100ml de agua, ponerla en una tasa o recipiente adecuado previamente sanitizado con alcohol, tapar con un film y dejar entibiar hasta 35° aprox. Llegada a esta temperatura, volcamos el contenido del sobre, volvemos a tapar y dejamos que repose durante 5min. Luego de esto, hacemos movimientos oscilantes hasta ver que se disuelve toda la levadura seca, dejamos reposar y al cabo de 15min, veremos que se forma una espuma sobre la superficie. Esto nos indica que la levadura esta lista para inocular el mosto de nuestra cocción. Todavía no agregue las levaduras al fermentador.

AIREADO DEL MOSTO

Para esto, de acuerdo al volumen que manejemos, lo podemos hacer agitando el fermentador, o aplicando oxígeno por algún medio mecánico como puede ser una bomba de aireación durante 5min. Si el mosto no es de una densidad elevada, también sería suficiente con la caída del mismo dentro del fermentador. O lo mejor es aplicar oxígeno puro directo al mosto hasta formar una buena capa de espuma.

FERMENTACION



Acá ya puede adicionar las levaduras previamente hidratadas. Durante las primeras horas, las levaduras acumulan energías y comienzan a reproducirse, y luego procede la fermentación. Dejar fermentar por 7 días con el fermentador bien tapado y con un desfogue para que salga el gas que se produce y que no entre nada.

Cuando se acaba el azúcar 7 días después, las levaduras se adormecen. En este punto, es conveniente separarlas de la cerveza, ya que algunas células mueren y dan sabor desagradable. Se retira la levadura, y a partir de ese momento comienza la etapa de clarificación y maduración de la cerveza. Acá se debe sacar la cerveza del primer fermentador y trasvasar a un segundo recipiente. Tratar de no oxigenar el mosto.

MADURACION O SEGUNDA FERMENTACION

Durante la maduración, que es 1 semana mas de fermentación, la cerveza clarifica naturalmente, pues precipitan las levaduras y los compuestos coloidales que dan turbidez. Además, ocurren pequeños cambios ayudados por los restos de levaduras que son muy significativos para el sabor de la cerveza.

Es aquí donde se conjugan los gustos (que antes estaban separados) de la malta, el lúpulo y la levadura, para dar un sabor y aroma más redondo.

EMBASADO Y CARBONATACION

Finalmente ya tenemos la cerveza lista para ser envasada pero esta sin gas. Para crear el gas de nuestra cerveza usamos el método de re-fermentación en botella o carbonatación natural. La cantidad de azúcar que se debe agregar, depende al estilo de cerveza que estamos elaborando o bien al gusto personal, puede ser de 6grs, para cerveza con carbonatación moderada hasta 8grs para una alta carbonatación (6 – 8 gr de azúcar por litro). Para lograr que la cantidad de azúcar sea igual en cada botella, prepararemos un almibar con la cantidad de azúcar calculada en medio litro de agua y lo hervimos durante 15min, lo enfriamos y lo agregamos a la cerveza y la mezclamos bien tratando de no oxigenarla para evitar oxidación.

Habiendo realizado esto, y teniendo las botellas lavadas y sanitizadas, procedemos a llenarlas dejando entre 3 y 4cm libres en el cuello de la botella. El oxígeno presente en ese espacio, será consumido por la levadura junto al azúcar agregada para convertirlo en el gas carbónico de nuestra cerveza. Después de embotellar dejar las botellas en reposo durante 15 días para que se forme el gas.

Luego de 15 días la cerveza estará lista para su consumo. Ahora puede enfriarla y consumirla.

Anexo 2. Formato de selección de jueces

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA PROGRAMA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS
A continuación encontrara unas preguntas sobre sus hábitos de consumo por favor marque las respuestas de su preferencia con una "X"
Nombre: _____ Edad: _____
Correo: _____ Celular: _____
Estaría usted dispuesto a participar en el proceso de selección y entrenamiento de jueces para formar un panel de evaluación sensorial de cata de cerveza artesanal. SI _____ No _____
¿Fuma? Sí _____ No _____ ¿Cuántos cigarrillos al día? _____
Que bebida alcohólica consume con más frecuencia: Cerveza (). Aguardiente (). Ron (). Vino (). Whisky (). Otros (). No consume bebidas alcohólicas ().
En caso de responder cerveza con qué frecuencia consume esta bebida. Una vez por semana (). Cada 15 días (). Cada mes (). Cada 3 meses (). Cada año ().
Cuando consume cerveza que tipo prefiere: Amarga (). Semi amarga (). Que no sea amarga ().
Le gusta el sabor a café: Me disgusta mucho (). Me disgusta (). No me gusta ni me disgusta () Me gusta (). Me gusta mucho ().
Consume algún producto que contenga café. Si (). No (). En caso de ser afirmativo cual: _____
Observaciones: _____ _____
MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACION.

Anexo 3 Terminología y procedimiento del entrenamiento para la evaluación sensorial.

FASE VISUAL

Luminosidad

Es el grado de claridad u oscuridad de un color. Cuando un color lo mezclamos con blanco da como resultado ese mismo color, pero más claro. La luminosidad de un color genera una escala cromática de valor que termina en blanco.

Se presentaron a los jueces 3 tipos de cervezas codificadas, con el fin de que ubicaran en la escala estructurada la intensidad de la luminosidad del color rojo evaluado en cervezas, las muestras presentadas fueron: la de mayor luminosidad Club Colombia roja (843), luminosidad intermedia, una mezcla de 1 parte de club Colombia roja con una parte de águila light (327), y la de menor presencia de tonalidad roja la águila light (931), esta última exterioriza una coloración dorada pero se presentó como la de menor tonalidad roja ya que este es el color característico de las cervezas a base de malta de cebada que presenta una menor luminosidad.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción del valor de la intensidad luminosa roja, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor

(-) Intensidad de color rojo (+)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Transparencia

Al propagarse la luz en un medio acuoso, se extingue por fenómenos de absorción y dispersión. Ya el agua pura interacciona con la luz y contribuye a su extinción, pero si consideramos además las sustancias que se encuentren disueltas y las partículas en suspensión, podemos imaginarnos que los sistemas acuáticos presentaran una zona iluminada en su superficie, tornándose cada vez más oscura en función del aumento de la profundidad, el color y turbidez.

Se presentaron a los jueces, 3 muestras de cerveza con diferentes grados de transparencia las cuales se encontraron codificadas y se pidió a estos que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción del valor de la transparencia, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor

(-) Transparencia (+)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Color de la espuma

La coloración de la espuma por lo general está dada por el grado de tostación de la cebada empleada en la elaboración de una cerveza en específico, es por esta razón que entre más oscura sea la bebida la luminosidad de la espuma será menor o sea más oscura.

Se presentaron a los jueces, 3 muestras de cerveza con diferentes grados de color en su espuma, las cuales se encontraron codificadas y se pidió a ellos que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción del valor de la coloración de la espuma, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor

(-) Color de la espuma (+)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

FASE OLFATIVA

Aroma a malta.

El aroma a malta es uno de los aromas más característicos de la cerveza. Algunos autores lo relacionan con aromas de productos dulces como la melaza o la miel, algunos otros lo relacionan al aroma que expide el pan tostado o el pasto mojado. Ciertas maltas se tuestan en un mayor grado y son adicionadas en pocas proporciones en el macerado con el fin de intensificar los aromas en la cerveza que se esté elaborando.

Se presentaron a los jueces, 3 muestras de infusiones de malta en agua con diferentes concentraciones las cuales se encontraron codificadas y se pidió a estos que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción de aroma a malta, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor

Aroma a malta									
(-)									(+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Aroma a lúpulo

Existe gran variedad de lúpulos los cuales se adicionan solos o mezclados con el fin de generar el amargor y aromas característicos de la cerveza, esto de acuerdo a la formulación de cada productor o al tipo de cerveza que se esté elaborando. Algunos autores comparan el aroma a lúpulo con aquel expedido por hierba cortada, resinas de plantas odoríferas o el expedido por los cítricos.

Se presentaron a los jueces, 3 muestras de infusiones de lúpulo en agua con diferentes concentraciones, las cuales se encontraron codificadas y se pidió a ellos que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción de aroma a lúpulo, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor

Aroma a lúpulo									
(-)									(+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Aroma a café

Cada café tiene un perfil de aroma. Un tostador experimentado puede crear cafés con diferentes aromas a partir del mismo lote de granos de café verdes al controlar la temperatura y el tiempo en su tostado, las abejas ayudan bastante, pues cuando es la recolección del polen, que es cuando el café florea y tiende a absorber los aromas de otros árboles y flores, las fragancias tanto florales como frutales y derivados de árboles madereros son las que impregnan al café, creando los distintos aromas. Algunos de los términos empleados para describir el aroma del café son: afrutado, caramelo, tostado, cereal, base, goma, fermentado, sabor a tierra, ácido y amargo.

Se presentaron a los jueces, 3 muestras de café tostado y molido mezclado con fécula de maíz en 4 concentraciones diferentes, las cuales se encontraron codificadas y se pidió a estos que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Sabor dulce

El sabor dulce en una cerveza está dado por aquellos azúcares que no fueron utilizados en las funciones metabólicas de las levaduras, específicamente en la producción de alcohol etílico y gas carbónico. El sabor dulce es uno de los 5 sabores y uno de los más aceptados y reconocidos a nivel mundial por todas las culturas, por ser uno de los más placenteros.

Se presentaron a los jueces 3 muestras con diferentes concentraciones de azúcar medidas en grados Brix, siendo la máxima concentración 6 grados, ya que por lo general este es el valor que se obtiene en algunos tipos de cervezas artesanales, estas se presentaron codificadas, y se pidió a los jueces que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción de sabor dulce, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor.

Sabor a dulce									
(-)									(+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sabor a fermento

Este sabor es relacionado con el sabor que produce la masa fermentada de harina de trigo, como también al que se produce cuando se consume un pan con muy poca cocción (crudo).

Se presentaron a los jueces, 3 muestras con diferentes concentraciones de levadura panadera previamente activada en agua con azúcar, las cuales se encontraron codificadas, y se pidió a los panelistas que evaluaran según su grado de percepción en la escala estructurada.

La escala estructurada presentada fue la siguiente:

Ubique dentro de la casilla el código que mejor describa su percepción de sabor a fermento, siendo 1 la de menor intensidad y 10 la de mayor.

Sabor a fermento									
(-)									(+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Amargor

El lúpulo es una planta perenne de la familia de las cannabidaceas con flores masculinas y femeninas. Las inflorescencias femeninas poseen unos principios

Anexo 4 Porcentaje de aciertos de los jueces durante el entrenamiento para la evaluación sensorial

Juez	Fase visual			Fase olfativa				Fase gustativa				% Acierto	
	I.Rojo	Turbidez	C.espuma	A.malta	A.lúpulo	A.cafe	S.malta	S.lúpulo	S.dulce	S.fermento	Amargor		S. Café
1	93.33%	90.00%	96.67%	73.33%	86.67%	56.67%	73.33%	90.00%	86.67%	73.33%	83.33%	93.33%	83.06%
2	90.00%	90.00%	100.00%	80.00%	73.33%	76.67%	86.67%	66.67%	86.67%	96.67%	60.00%	83.33%	82.50%
3	90.00%	93.33%	93.33%	73.33%	90.00%	80.00%	83.33%	93.33%	90.00%	60.00%	86.67%	83.33%	84.72%
4	93.33%	90.00%	86.67%	70.00%	53.33%	90.00%	86.67%	60.00%	83.33%	73.33%	80.00%	66.67%	77.78%
5	96.67%	90.00%	93.33%	83.33%	56.67%	90.00%	73.33%	90.00%	86.67%	80.00%	83.33%	93.33%	84.72%
6	83.33%	93.33%	93.33%	73.33%	60.00%	90.00%	56.67%	80.00%	86.67%	93.33%	76.67%	86.67%	81.11%
7	90.00%	93.33%	93.33%	90.00%	63.33%	83.33%	56.67%	90.00%	86.67%	96.67%	80.00%	86.67%	84.17%
8	90.00%	90.00%	100.00%	76.67%	56.67%	93.33%	56.67%	90.00%	86.67%	90.00%	86.67%	90.00%	83.89%
9	80.00%	86.67%	83.33%	80.00%	80.00%	76.67%	60.00%	93.33%	80.00%	83.33%	83.33%	66.67%	79.44%
10	90.00%	90.00%	83.33%	83.33%	83.33%	56.67%	60.00%	83.33%	86.67%	90.00%	83.33%	83.33%	81.11%
11	86.67%	90.00%	83.33%	80.00%	90.00%	66.67%	56.67%	83.33%	93.33%	83.33%	86.67%	83.33%	81.94%
12	86.67%	80.00%	93.33%	80.00%	86.67%	90.00%	86.67%	80.00%	86.67%	100.00%	93.33%	96.67%	88.33%
13	86.67%	90.00%	86.67%	90.00%	66.67%	93.33%	83.33%	86.67%	86.67%	93.33%	83.33%	86.67%	86.11%
14	86.67%	90.00%	93.33%	90.00%	76.67%	83.33%	83.33%	83.33%	86.67%	73.33%	86.67%	83.33%	84.72%
15	90.00%	93.33%	100.00%	70.00%	86.67%	73.33%	83.33%	83.33%	83.33%	96.67%	80.00%	90.00%	85.83%
16	93.33%	93.33%	90.00%	76.67%	86.67%	83.33%	83.33%	93.33%	90.00%	76.67%	93.33%	90.00%	87.50%

Fase boca

Atributo	Muestras	(-)										(+)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sabor a malta → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											
Sabor a lúpulo → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											
Sabor dulce → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											
Sabor a fermento → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											
Amargo → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											
Sabor a café → Inapreciable intenso	932											
	562											
	388											
	573											

Calificación global

Muestra	(-)										(+)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
932											
562											
388											
573											

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN