

**Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager  
con malta de maíz (*Zea mays*), cebada  
(*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y  
miel de abeja**

**Gustavo Alfredo Mencia Sánchez  
Ricardo Daniel Pérez Gallegos**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**  
Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager  
con malta de maíz (*Zea mays*), cebada  
(*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y  
miel de abeja**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Gustavo Alfredo Mencia Sánchez  
Ricardo Daniel Pérez Gallegos**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2016

**Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*),  
cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja**

**Gustavo Alfredo Mencia Sánchez  
Ricardo Daniel Pérez Gallegos**

**Resumen:** La cerveza es la segunda bebida fermentada más consumida en el mundo. La importación de cebada encarece la producción en Honduras por lo cual, el objetivo del estudio fue el desarrollo de una formulación de cerveza artesanal utilizando como malta base, maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja, seleccionando el mejor tratamiento para su caracterización fisicoquímica. Se usaron Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial, utilizando dos tipos de cerveza, ale y lager, dos tipos de edulcorante, azúcar y miel de abeja para carbonatación natural medidos al día cuatro y ocho. El uso del grano de maíz variedad tuxpeño malteado mostró ser eficiente en relación maíz y cebada (70:27%), sin embargo, se necesitó adicionar azúcar para aumentar la cantidad de azúcares disponibles para producir una cerveza artesanal con un grado alcohólico superior al 5%. El uso de miel de abeja para la carbonatación natural en botella fue influyente para una aceptación y preferencia superior a la carbonatada con azúcar. Las cervezas producidas con 70% de malta de maíz mostraron niveles aceptables en pH, color, grado alcohólico, gravedad específica, tiempo de retención de espuma categorizando dentro de los estilos Imperial Stout para Ale y Doppelbock para Lager. El uso de malta de maíz redujo considerablemente los costos de producción de cerveza artesanal para ambos estilos, por lo que permite competir con el mercado importado de cervezas artesanales.

**Palabras clave:** Caracterización, etanol, formulación, malteado.

**Abstract:** Beer is the second most consumed fermented beverage in the world. The importance of barley increase the production cost in Honduras, therefore the overall objective of the study was the development of a formulation of microbrew using as malt based, corn (*Zea mays*), barley (*Hordeum vulgare*) carbonated sugar and honey, selecting the best treatment for physical and chemical characterization. It was used a Randomized Complete Block design (RCB) with factorial arrangement, using two types of beer, ale and lager, two types of sweetener, sugar and honey for natural carbonation, measured in the fourth and eighth day. The use of tuxpeño malted corn grain variety showed to be efficient in relation to corn and barley (70:27%), however, it was needed to add sugar to increase the amount of sugar available to produce a microbrew with an alcohol content greater than 5%. The use of honey for natural carbonation in the bottle was influential for acceptance and preference greater than the carbonated sugar. Beer produced with 70% malt corn showed acceptable levels in pH, color, alcohol content, specific gravity, foam retention time categorizing styles within the Imperial Stout Ale and Doppelbock for Lager. The use of corn malt reduced significantly production costs for both craft beer styles, therefore, it is possible to compete with imported microbrews market.

**Keywords:** Characterization, ethanol, formulation, malting.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>32</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Condiciones de operación de HPLC, agilent 1100 para cuantificar azúcares. ....	5
2. Formulación estándar para elaboración de 22 litros de cerveza artesanal ale. ....	7
3. Formulación estándar para elaboración de 22 litros de cerveza artesanal lager .....	8
4. Concentración de azúcar y miel de abeja en botella de 33 cl para carbonatado a temperatura de 10 °C. ....	8
5. Condiciones de operación de GC, agilent 6890 para determinar etanol.....	12
6. Medias y desviación estándar (D.E) para la cuantificación de perfil de azúcares fermentables en mosto cervecero. ....	15
7. Composición promedio de azúcares fermentables en mosto cervecero. ....	15
8. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de actividad de agua en grano tostado y sólidos solubles totales, pH, gravedad específica en mosto cervecero. ....	16
9. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color del mosto cervecero por espectrofotómetro UV-VIS.....	16
10. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color del mosto cervecero en valores L*, a*, b* .....	17
11. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo espuma en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	18
12. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo carbonatación en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	18
13. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo color en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	19
14. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo aroma en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.....	20
15. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo cuerpo en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.....	20
16. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo amargor en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.....	21
17. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo efervescencia en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	21
18. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo sabor en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	22
19. Medias y desviación estándar (D.E) para la aceptación en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo. ....	22
20. Correlación de Pearson entre atributos sensoriales evaluados al día cuatro.....	23

Cuadros	Página
21. Correlación de Pearson entre atributos sensoriales evaluados al día ocho. ....	23
22. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de °Brix, pH, gravedad específica, espuma en cerveza ale y lager .....	26
23. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de porcentaje de etanol %v/v en cerveza tipo ale y lager .....	26
24. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color en cerveza ale y lager por espectrofotómetro UV-VIS .....	27
25. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color de cerveza ale y lager en valores L*, a*, b* .....	28
26. Costo de producción para cerveza ale con malta de maíz y cebada. ....	28
27. Costo de producción para cerveza Lager con malta de maíz y cebada.....	29

Figuras	Página
1. Diagrama de flujo de proceso para producir 15 kg de malta especial de maíz variedad tuxpeño.....	4
2. Diagrama del flujo de proceso para producir 22 litros de cerveza artesanal ale con malta de maíz, cebada, carbonatada con azúcar y miel de abeja. ....	9
3. Diagrama del flujo de proceso para producir 22 litros de cerveza artesanal lager con malta de maíz, cebada, carbonatada con azúcar y miel de abeja. ....	10
4. Análisis de preferencia para los dos estilos de cerveza, expresada en porcentaje.....	24

Anexos	Página
1. Plantilla para la evaluación sensorial.....	37
2. Especificación malta Biscuit usada en la elaboración de cerveza artesanal ale. .....	39
3. Especificación malta Special B usada en la elaboración de cerveza artesanal ale.....	40
4. Especificación malta Pale Ale usada en la elaboración de cerveza artesanal ale.....	41
5. Especificación malta Arome usada en la elaboración de cerveza artesanal lager. ....	42
6. Especificación malta Pilsen usada en la elaboración de cerveza artesanal lager. ....	43
7. Especificación malta Vienna usada en la elaboración de cerveza artesanal lager. ....	44
8. Determinación del extracto primitivo de la malta de maíz especial. ....	45
9. Determinación Presencia de Almidón. ....	46
10. Color cerveza ale. ....	47
11. Color cerveza lager. ....	47
12. Etiqueta cerveza ale.....	47
13. Etiqueta cerveza lager.....	47
14. Color malta de maíz base. ....	48
15. Color malta de maíz caramelo. ....	48
16. Fotografía malta de maíz base. ....	48
17. Fotografía malta de maíz caramelo.....	48
18. Estándares de alcohol para cuantificar etanol y metanol por cromatógrafo de gases, agilent 6890.....	49
19. Cuantificación de alcohol en cerveza ale y lager medidas por cromatógrafo de gases, agilent 6890.....	50
20. Azúcares cuantificados de maltas elaboradas medidas por HPLC, agilent 1100. ....	51

# 1. INTRODUCCIÓN

La cerveza ha servido de inspiración al hombre para promover la producción de cultivos y dar origen a la revolución agrícola dando como resultado a la primera civilización, la Mesopotamia. El primer cultivo sembrado en la revolución agrícola fue la cebada. El Dr. Patrick Hayes promueve una teoría donde muestra que domesticaron la cebada para producir cerveza y esta teoría es respaldada por el Dr. Patrick McGovern que encontró residuos de cepas de cerveza en antiguas vasijas (McGovern 2009); aunque esto resultó por accidente, promovió el descubrimiento de nuevas tecnologías. Un estudio reciente en mecánica de fluidos presentado en la Sociedad Física Alemana, describe como un golpe en la base de una botella de cerveza puede cambiar de estado líquido a espumoso en un proceso de tres fases bien definidas explicando en detalle el proceso de cavitación. A partir de esta interrogante se plantearon nuevas aplicaciones para la predicción de cantidad de gases tras la erupción de un volcán y al mejoramiento de diseño de las hélices en los barcos (Rodriguez *et al.* 2013).

Bebida alcohólica se define como “producto alcohólico apto para consumo humano, obtenido por procesos de fermentación de materia prima de origen vegetal y que es sometido, o no, a destilación, rectificación, infusión, maceración o cocción de productos naturales, con un contenido alcohólico mayor al 0.5% en volumen; el producto puede o no ser añejado, estar adicionado o no de diversos ingredientes y aditivos” (RTCA 2011). De acuerdo a los procesos para obtener un grado alcohólico distinto se clasifican en bebidas fermentadas y destiladas. Las bebidas fermentadas proceden de la capacidad de las levaduras de transformar los azúcares en alcohol y CO<sub>2</sub> partiendo de jugos de frutas o de almidón de cereales, las más comunes son la sidra, la cerveza y el vino. Las bebidas destiladas provienen de la concentración de los alcoholes a través de la separación del agua contenida en la fermentación de bebidas, los más conocidos son vodka, ron, whisky, coñac y ginebra (MSSI 2007).

La cerveza es una bebida que se obtiene de la fermentación alcohólica por acción de las levaduras introducidas en un mosto compuesto principalmente por agua, lúpulo y cereal malteado. El lúpulo proporciona estabilidad, aroma y amargor característico puede ser reemplazado por extractos como cascarilla de naranja, el grano malteado se lo puede mezclar con adjuntos que pueden ser un cereal malteado o no malteado y que no debe exceder el 45% de la formulación. La elaboración de cerveza consta de seis procesos requeridos como son malteado del grano, maceración, cocción, fermentación, maduración, carbonatación o segunda fermentación. Los tiempos y temperaturas en cada proceso pueden variar dependiendo del estilo y el tipo de materias primas a utilizar. La graduación alcohólica de una cerveza oscila entre 4 a 10% y puede llegar hasta un 30% de contenido alcohólico (Zanatta y Ferreira 2012).

El proceso de malteado es una germinación interrumpida por procesos de secado y tostado del grano con el objetivo de activar enzimas que degradan el almidón en azúcares. El obtener azúcares simples es necesario porque es la base para que accionen las levaduras en obtener alcohol y CO<sub>2</sub>. El malteado del grano consiste en la limpieza, clasificación, secado y almacenamiento del grano después de la cosecha. Posterior al recibo se somete al grano a remojo, germinación, tostado, enfriado, limpieza y almacenamiento. La cultura cervecera ha adoptado cambios radicales que son cada vez más notables, esto se debe a la amplia gama de sabores encontrados en diferentes culturas al elaborar esta bebida con diferentes materias primas que pueden ser trigo, maíz, cebada y sorgo (Kunze y Manger 2006).

Las bebidas fermentadas han tomado gran valor e importancia económica siendo estas las segundas más consumidas a nivel mundial (Cerveceros España 2016). Al explorar sabores y estilos nuevos nace la cerveza artesanal descrita como una bebida original que muestra la creatividad y pasión de su creador por la complejidad de sus ingredientes (Gaiziunas 2016). La ley imperial aprobada en 1907 establece un nuevo proceso para producir cerveza utilizando agua, malta, azúcar, lúpulo, levadura y CO<sub>2</sub> en cerveza para carbonatar (García s.f). En Honduras las industrias han hecho creer al consumidor que la cerveza tipo Light Lager es la mejor, sin embargo, no ha habido otro estilo en 80 años. El mayor porcentaje de la población tiene un poder adquisitivo bajo, si el precio sobrepasa US \$1.25 el mercado no es rentable, prevaleciendo las cervezas económicas y de baja calidad (SIECA 2016).

El mercado de la cerveza es competitivo, es necesario innovar para crear nuevas tendencias y nuevos sabores. El descubrir nuevos procesos nos lleva al uso de materias primas diferentes. La producción de maíz a nivel mundial promueve la seguridad alimentaria en todo momento, pero también promueve diferentes rubros que son necesarios explorar. La importancia de este proyecto de investigación radica en aprovechar la producción interna de maíz de Honduras en procesos de malteado para la elaboración de cerveza.

El propósito de este estudio fue desarrollar una formulación estandarizada de cerveza ale y lager con malta de maíz, principalmente cebada usando azúcar y miel de abeja como carbonatación natural a través de una segunda fermentación en botella que permitan alcanzar los siguientes objetivos:

- Establecer un proceso de malteado para el grano de maíz (variedad tuxpeño) para la elaboración de cervezas.
- Determinar la aceptación y preferencia de la cerveza artesanal tipo ale y lager carbonatada con miel de abeja y azúcar.
- Determinar características fisicoquímicas del tratamiento de mayor aceptación general sensorial.
- Determinar los costos variables para la elaboración de una cerveza artesanal de maíz y cebada carbonatada con miel de abeja.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del estudio.** El proceso de malteado se realizó en el Laboratorio de Granos y Semillas, la producción de formulaciones se elaboró en la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA). Los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial, mientras que los análisis fisicoquímicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Las instalaciones se encuentran dentro de la Escuela Agrícola Panamericana a 800 msnm, 30 km al Este de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

**Parámetros de estudio.** El proyecto estuvo dividido en tres etapas. La primera fue la caracterización de una malta de maíz donde se realizó pruebas preliminares para determinar tiempo y humedad de remojo, tiempo y humedad de germinación, tiempos y temperaturas de tostado. Se estableció el proceso de malteado y se realizaron análisis fisicoquímicos. Para la segunda etapa que fue formulación estándar para la elaboración de cervezas se realizaron pruebas preliminares, en la formulación el 70% fue malta de maíz donde se determinó la temperatura óptima para el desarrollo de las levaduras, color, aroma, amargor, cuerpo y carbonatación en ambos estilos de cerveza. Se elaboró una formulación estandarizada a base de maíz variedad tuxpeño y cebada comparado con los prototipos anteriores y el tiempo de carbonatación con miel y azúcar desarrollando análisis sensoriales. Por último, se caracterizó la cerveza artesanal ale y lager, a través de análisis fisicoquímicos y se determinaron costos variables.

### **Etapas I. Caracterización de malta de maíz.**

**Pruebas preliminares para proceso de malteado.** Para la selección del proceso de malteado y determinar características como tiempo de remojo, humedad y temperatura del germinado, tiempo de secado al sol, temperaturas y tiempos de tostado se tomaron en cuenta características del grano a germinar. Este estudio se trabajó con grano de maíz variedad tuxpeño como principal materia prima, que se consume y produce en países suramericanos además, es accesible y de producción masiva en Honduras (FAO 2015).

Para finalizar la germinación del grano se determinó tomando en cuenta características como tamaño de la radícula y plúmula acordes al proceso de malteado de la cebada donde menciona que la radícula tiene que tener tres veces el tamaño del grano y la plúmula 4/3 el tamaño del grano (Kunze y Manger 2006).

**Establecimiento de proceso de malteado para grano de maíz.** Se elaboró una malta de maíz especial, donde se fijaron parámetros del porcentaje de humedad de remojo del grano que va desde 17 a 23% durante 15 minutos. En la cámara de germinación la temperatura fue de 31.8 °C y humedad relativa del 60%. La germinación duró 72 horas. El porcentaje de humedad final del grano fue del 20% con tiempo de secado al sol de 3 días. El tostado se trabajó con temperaturas de 210, 110 °C y tiempo de tostado de 45, 115 minutos respectivamente. Se desarrolló una mezcla de malta base y caramelo de maíz, a determinada temperatura y tiempo de tostado. La relación de malta base y malta chocolate de maíz es de 70:30. Para un mejor discernimiento del proceso y uso para futuros estudios, se realizó un diagrama de flujo para elaborar la malta de maíz especial, (Figura 1).

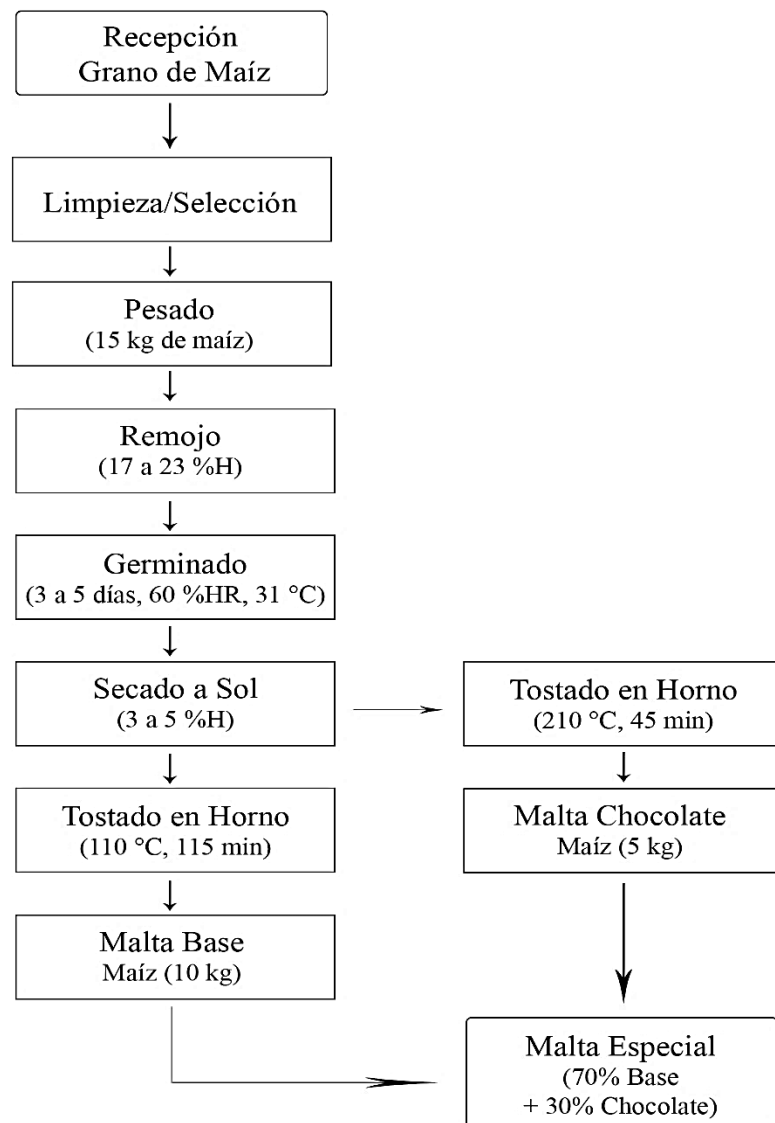


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso para producir 15 kg de malta especial de maíz variedad tuxpeño.

## **Análisis fisicoquímicos de malta de maíz.**

**Actividad de agua.** Se utilizó el equipo AquaLab Model Serie 3TE 61011875, según método AOAC 978.18 para medir el agua libre en la malta de maíz variedad tuxpeño. Se calibró con estándar de 13.41M LiCl con actividad de agua de  $0.250 \pm 0.003$ . Posteriormente se agregó el grano malteado al lector hasta ocupar un tercio del recipiente. La actividad de agua indica el contenido de humedad que está libre y disponible en el producto, para reacciones químicas o crecimiento de microorganismos (Clayton *et al.* 2012). Se realizaron tres mediciones por cada muestra.

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Se utilizó un refractómetro de bolsillo digital PAL 3, marca ATAGO con escala de 0 a  $93 \pm 0.1\%$  para medir grados brix, según método AOAC 983.17. Se añadieron 0.3 mL de muestra a 20 °C con tres repeticiones por cada muestra evaluada. Los grados brix muestra el porcentaje en peso de sacarosa en 100 g de agua (NMX 1984).

**Potencial de hidrógeno (pH).** Se utilizó el potenciómetro OHAUS ST20 previamente calibrado, según método AOAC 981.12. El potenciómetro mide la acidez o alcalinidad en escala numérica (1-14) donde 1 es ácido, 7 es neutro y 14 alcalino (Ingham 2009). El pH fue medido en 50 mL de muestra realizando tres repeticiones.

**Perfil de azúcares.** La cuantificación de azúcares se realizó mediante el cromatógrafo líquido de alto rendimiento (HPLC), según método AOAC 982.14. Este método extrae azúcares presentes en la muestra, separando y cuantificando azúcares como fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, lactosa y la sumatoria se obtiene azúcares totales (Vera 2016). Para la inyección se utilizó un cromatógrafo de gases de alta presión modelo Agilent con los siguientes módulos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Condiciones de operación de HPLC, agilent 1100 para cuantificar azúcares.

<b>Módulo</b>	<b>Parámetro</b>
Desgasificador	Modelo G1379A 1100 Series
Bomba cuaternaria	Modelo G1311A 1100 Series
Inyector automático	Modelo G1329A 1100 Series
Detector de índice de refracción	Modelo G1362A 1100 Series
Fase estacionaria	Columna Hi Plex Ca 300 m × 7.7 mm × 8 μm y una pre columna Hi Plex, a 85 °C
Fase móvil	Agua desionizada, detector IR a 40 °C
Velocidad de flujo	0,6 mL/min
Tiempo de corrido	60 min
Volumen de inyección	20 (uL) microlitros

Se utilizó un matraz y se pesaron las muestras en una cantidad de  $10.00 \pm 2.00$  gramos por duplicado. Se diluyeron en 100 mL las muestras en una mezcla de etanol (99%) y agua destilada en una relación 1:1 v/v. Se llevó a baño maría a una temperatura entre 80-85 °C durante 25 minutos, agitando ocasionalmente el matraz. Una vez finalizado el tiempo establecido, se procedió a enfriar las muestras hasta alcanzar una temperatura de 24 °C. Se aforó la muestra con etanol (99%). Inmediatamente se filtró con papel filtro #40 con diámetro de 125 mm y se inyectó 2 mL de la solución en un vial, para luego ser inyectado en el equipo.

**Gravedad específica.** Se utilizó un hidrómetro de precisión Safety-Blue, de triple escala para determinar la gravedad específica, grados brix y alcohol en volumen. La muestra de mosto fue colocada en una probeta de 200 mL a temperatura de 20 °C. La gravedad específica está dada por el peso específico de una sustancia al peso específico del agua (Mott 2006).

**Color.** Se utilizó el Colorflex Hunter Lab® modelo 45/0 y software ASTM D6290, según método AN 1018.00. Se mide la reflectancia de los compuestos presentes en un producto donde se calcula la luminosidad y tonalidades de verde, rojo, azul y amarillo (HunterLab 2016). Se calibró el equipo utilizando estándares de color negro, verde y blanco. Fueron realizadas tres replicas por tipo de malta para calcular promedio.

**Absorbancia.** Se determinó mediante un espectrofotómetro UV-VIS Spectronic Genesys 5, modelo LR45227, según método AOAC 962.13 con una longitud de onda de 430 nm a 20 °C. Mide la cantidad de energía que se absorbe o transmite un compuesto en función de una longitud de onda (Thermo 2003). El CO<sub>2</sub> fue removido con agitación y se atravesó por papel filtro #40 diámetro 125 mm para purificar la muestra, realizando tres mediciones por método de muestreo establecidas en la Norma NTE INEN 2340 (2002). Este resultado ayuda a determinar los colores utilizados por la European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM).  $EBC = Abs \times 25$ ,  $SRM = EBC / 1.97$  y  $Lovinbond = SRM$ .

## **Etapa II. Formulación estándar para la elaboración de cervezas.**

**Pruebas preliminares.** Fundamentándose en la ley de pureza Alemana los prototipos de ambos estilos de cerveza fueron elaborados a partir de agua, malta, lúpulo y levadura (VAB s.f) mediante prueba y error, la formulación se basó en la ley imperial aprobada por el imperio Alemán en 1907 donde establece la utilización de agua, malta, azúcar, lúpulo y levadura en cerveza (Garcia s.f). Para determinar características en el proceso de elaboración se determinaron tiempos y temperaturas de macerado, temperatura para filtrado, tiempo y temperatura en la ebullición, temperatura final en el enfriado, temperaturas y tiempo de la primera fermentación, tiempo y temperatura en maduración, temperatura y tiempo en la carbonatación ya establecida y adaptada para este estudio (Kunze y Manger 2006). En este estudio se trabajó con dos tipos de levaduras de alta y baja fermentación para los dos estilos de cerveza artesanal ale y lager. Se efectuaron pruebas subjetivas de color, olor, formación de espuma y sensoriales de aceptación para la determinación de una formulación estándar de mayor aceptación.

**Establecimiento de formulación estandarizada para la elaboración de cerveza artesanal.** Para cerveza tipo ale se estableció trabajar con un 70% de malta especial de maíz y un 27% en variedad de maltas de cebada específica que aportan colores marrones oscuros, aromas tostados y sabor a nuez. Se añadió azúcar para obtener un grado alcohólico superior al 5%, se utilizó lúpulo amarillo tipo pellet y levadura marca nottingham de alta fermentación específica para cervezas ale (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación estándar para elaboración de 22 litros de cerveza artesanal ale.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Formulación (%)</b>
Malta maíz variedad tuxpeño	8.92	70.54
Malta special b	1.98	15.70
Malta biscuit	0.74	5.89
Malta pale ale	0.71	5.60
Azúcar	0.21	1.68
Lúpulo amarillo	0.03	0.27
Levadura nottingham ale yeast	0.09	0.33
<b>Total</b>	<b>27.86</b>	<b>100</b>

Para cerveza tipo lager al igual que la cerveza ale se trabajó con 70% de malta especial de maíz y un 27% en variedad de maltas de cebada específica que aportan colores ambar, aromas caramelo y sabor dulce (Cuadro 3). La malta de maíz requiere de una fuente externa de enzimas amilasa (Olugbenga y Aberuagba 2012). La cebada en las formulaciones trabaja como suplemento enzimático y así lograr una buena conversión de almidón a azúcares simples.

Cuadro 3. Formulación estándar para elaboración de 22 litros de cerveza artesanal lager.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Formulación (%)</b>
Malta maíz variedad tuxpeño	7.13	70.81
Malta cebada vienna	1.53	15.17
Malta cebada arome	0.59	5.84
Malta cebada pilsen	0.60	5.91
Azúcar	0.17	1.69
Lúpulo amarillo	0.02	0.25
Levadura brewferm lager yeast	0.03	0.33
<b>Total</b>	<b>22.21</b>	<b>100</b>

La concentración de azúcar y miel de abeja en el proceso de carbonatación natural se determinó mediante la intervención de cuatro personas conocedores de cerveza. La mejor concentración, fue 2 g para carbonatar con azúcar y 4.64 g para carbonatar con miel de abeja. Se usó una prueba de ordenamiento con una escala de 1 al 3, donde 1 “menos preferido” y 3 “más preferido”, no se permitió repetir el mismo número de muestra, obteniéndose diferentes concentraciones finales de edulcorantes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración de azúcar y miel de abeja en botella de 33 cl para carbonatado a temperatura de 10 °C.

<b>Ingredientes</b>	<b>Fermentación (días)</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Azúcar	4	0.002
Azúcar	8	0.002
Miel zamorano	4	0.004
Miel zamorano	8	0.004

**Establecimiento del proceso de elaboración de una cerveza artesanal.** Estandarizada la formulación para cerveza ale y lager, se fijaron los parámetros de concentraciones, tiempos, temperaturas para una producción estándar. Para un mejor discernimiento del proceso y uso en la Planta de Innovación de Alimentos, se realizó un diagrama de flujo para elaborar cerveza ale y lager carbonatada con miel de abeja, (Figuras 2 y 3).

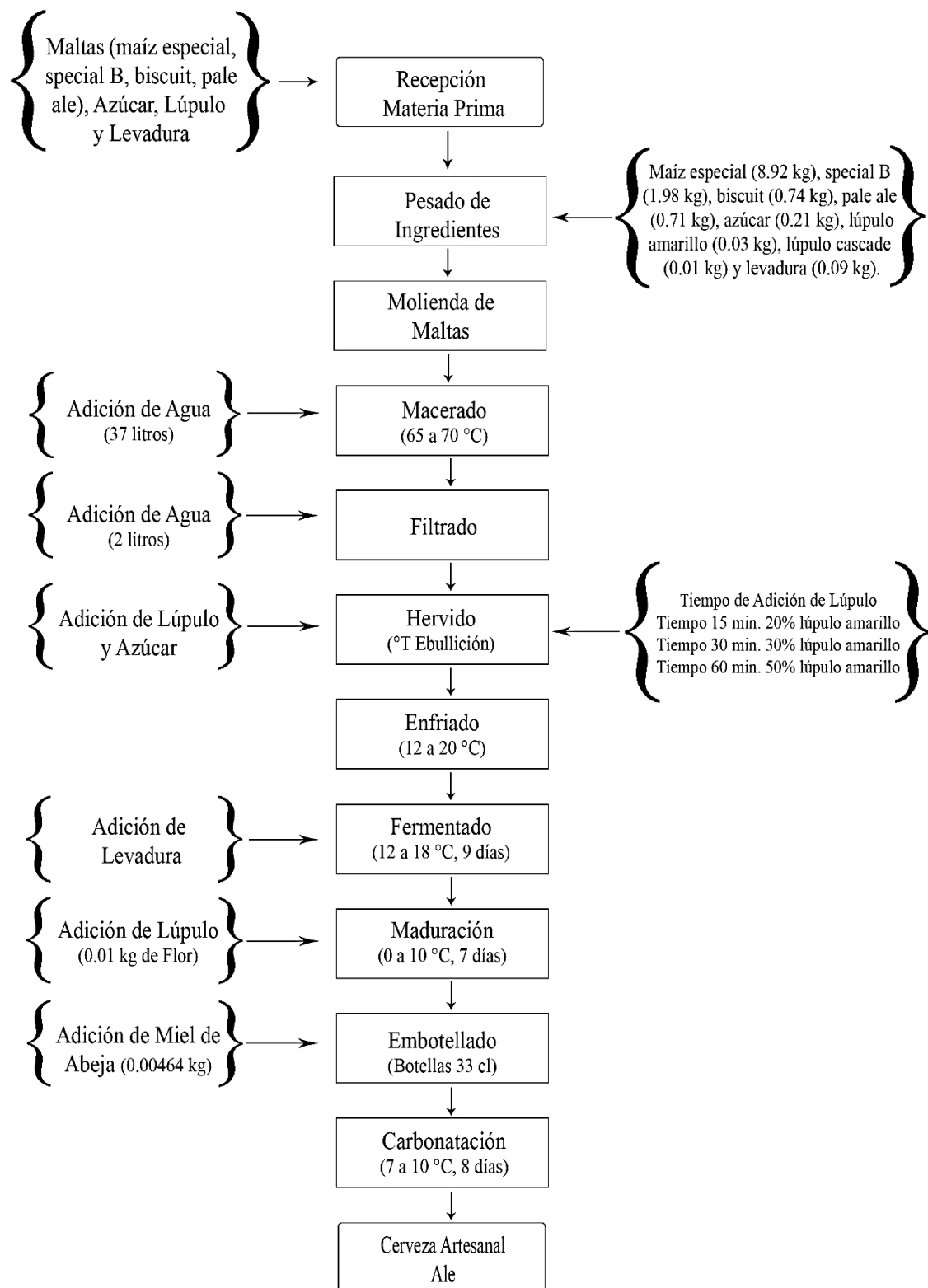


Figura 2. Diagrama del flujo de proceso para producir 22 litros de cerveza artesanal ale con malta de maíz, cebada, carbonatada con azúcar y miel de abeja.

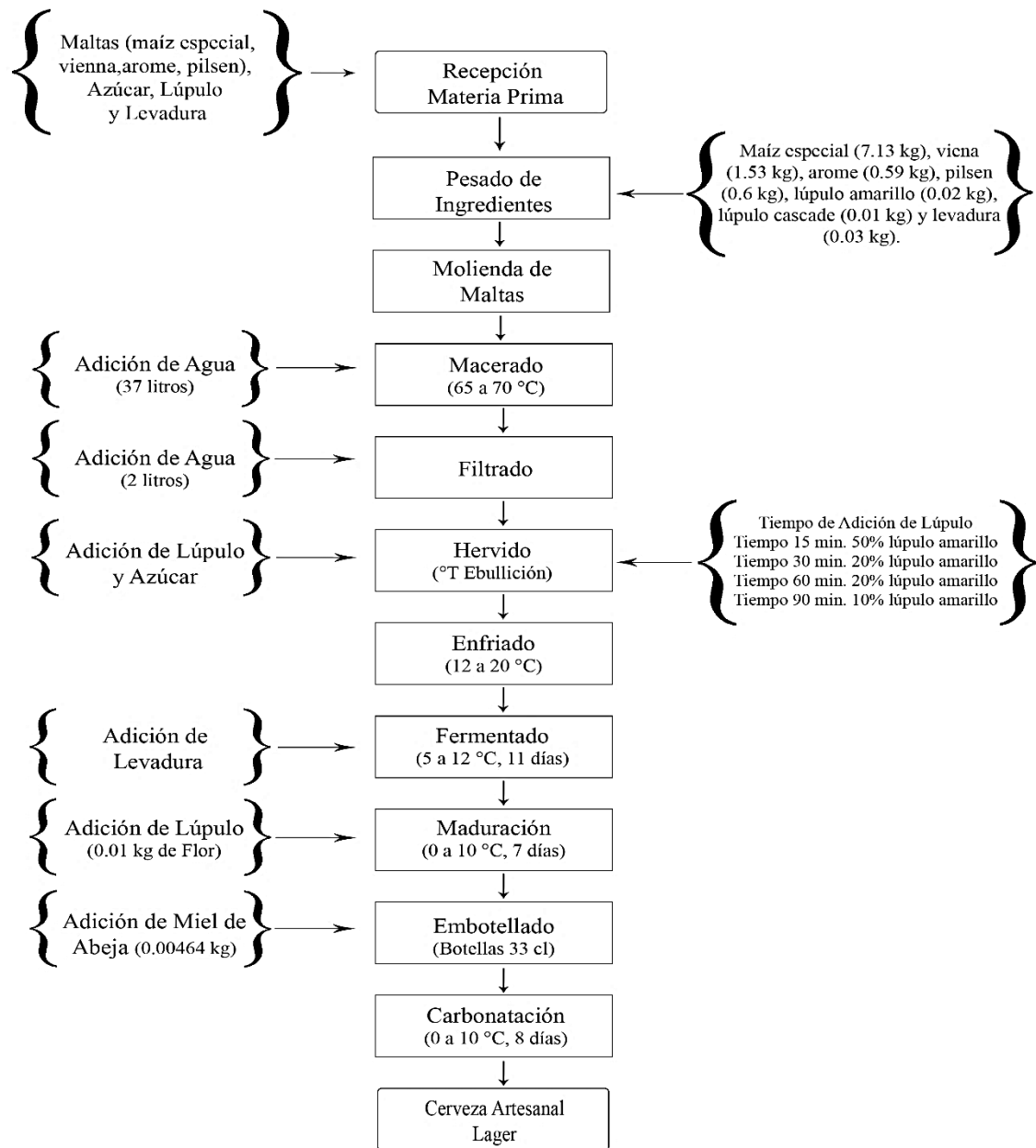


Figura 3. Diagrama del flujo de proceso para producir 22 litros de cerveza artesanal lager con malta de maíz, cebada, carbonatada con azúcar y miel de abeja.

**Análisis sensorial.** Se determinó la muestra de mayor aceptación y preferencia mediante pruebas afectivas utilizando un panel no entrenado compuesto de ocho personas. Se aplicó una prueba hedónica con escala de nueve puntos donde uno es calificación de “me disgusta muchísimo” y nueve “me gusta muchísimo” compuesta por tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron atributos sensoriales como espuma, carbonatación, color, aroma, sabor, cuerpo, amargor, efervescencia y la aceptación que tuvo la cerveza.

### **Etapa III. Caracterización de cerveza artesanal ale y lager.**

#### **Análisis fisicoquímicos, cerveza.**

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Se utilizó un refractómetro de bolsillo digital PAL 3, marca ATAGO con escala de 0 a  $93 \pm 0.1\%$ , según método AOAC 983.17. Los grados brix muestran el porcentaje en peso de sacarosa en 100 g de agua. (NMX 1984). Se agitó la muestra de 300 mL para desprender el CO<sub>2</sub> y se agregó 0.3 mL de muestra a temperatura de 20 °C con tres mediciones por estilo de cerveza, siguiendo el método de muestreo establecido en la Norma NTE INEN 2340 (2002).

**Potencial de Hidrógeno (pH).** Se utilizó el potenciómetro Orion 3 “Star Thermo Scientific” con pH ajustado (4, 7 y 10) con soluciones tampón, según método AOAC 981.12. El potenciómetro mide la acidez o alcalinidad en escala numérica (1-14) donde 1 es ácido, 7 es neutro y 14 alcalino (Ingham 2009). Se agitó la muestra de 300 mL para desprender el CO<sub>2</sub> a temperatura de 20 °C. Se tomaron tres mediciones por tipo de cerveza, siguiendo el método de muestreo establecido en la Norma NTE INEN 2340 (2002).

**Gravedad específica.** Se utilizó un hidrómetro de precisión Safety-Blue, de triple escala para determinar la gravedad específica, grados brix y alcohol en volumen. La gravedad específica está dada por el peso específico de una sustancia al peso específico del agua. (Mott 2006). La muestra de mosto fue colocada en una probeta de 200 mL a temperatura de 20 °C con tres repeticiones por tipo de estilo de cerveza, siguiendo el método de muestreo establecido en la Norma NTE INEN 2340 (2002).

**Espuma.** Adaptado el principio “NIBEM” se determinó la estabilidad de la espuma, vertiendo en una probeta 300 mL de la cerveza, ya estabilizada la espuma mide el tiempo en que se mantiene y desaparece. El método “NIBEM” mide el colapso de la espuma creada en el vertido desde botella en el vaso, este período del descenso consiste en medir tres alturas diferentes ajustadas por el usuario, a través del uso de electrodos hasta desaparecer completamente (CUBE 2006).

**Absorbancia.** Se determinó mediante un espectrofotómetro UV-VIS Spectronic Genesys 5, modelo LR45227, según método AOAC 962.13 con una longitud de onda de 430 nm a 20 °C. Mide la cantidad de energía que absorbe o transmite un compuesto en función de una longitud de onda (Thermo 2003). El CO<sub>2</sub> fue removido con agitación y se atravesó por papel filtro #40 diámetro 125 mm para purificar la muestra, realizando tres mediciones por método de muestreo establecidas en la Norma NTE INEN 2340 (2002). Este resultado ayuda a determinar los colores utilizados por la European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM).  $EBC = Abs \times 25$ ,  $SRM = EBC / 1.97$  y  $Lovinbond = SRM$ .

**Perfil de alcoholes.** La cuantificación de etanol se realizó por cromatografía de gases, modelo Agilent 6890 con software GC ChemStation 2010, según método interno del Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano. La cromatografía permite separar compuestos de los solutos en elementos individuales para facilitar la identificación y medición cualitativa y cuantitativa de cada uno (Agilent J&W 2010). Las condiciones de operación para gases, columna, horno, detector FID, inyección, duración del método y volumen de inyección se pueden observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Condiciones de operación de GC, agilent 6890 para determinar etanol.

Módulos	Parámetro
Gases	Hidrógeno
Columna	SP- 25 m × 0.32 mm × 0.17 μm.
Horno	Temperatura inicial 55 °C, tiempo 3 min Temperatura final 120 °C, tiempo 2 min Velocidad de calentamiento 20 °C/min
Detector (FID)	Temperatura, 250 °C Presión de aire, 450 mL/min Presión de hidrógeno, 40.0 mL/min
Inyector (Split)	Temperatura, 175 °C Split radio 20 Velocidad lineal 39 cm/seg
Duración del método	8.25 min
Volumen de inyección	1.0 (uL) microlitros
Patrones	Metanol y etanol

En una probeta se midió 300 a 500 mL a una temperatura de 17 a 20 °C, se trasvasó en un matraz Erlenmeyer, tapando el matraz se agitó para que se desprenda el CO<sub>2</sub>. Posteriormente se pasó por papel filtro #40 diámetro 125 mm para limpiar partículas en suspensión. Se midió con una probeta graduada 100 mL de la muestra y se trasvasó a un matraz balón de capacidad de 500 mL. Se conectó el matraz al Rotavapor® para destilar la muestra. Se inició inyectando vacío primero para extraer el oxígeno contenido, luego subiendo velocidad poco a poco a 105 rpm, al igual que la temperatura hasta llegar a 50 °C, una vez que inició la ebullición se mantuvo durante 5 min y finalizado este tiempo se midió la cantidad destilada de los 100 mL de muestra para posteriores cálculos.

En un matraz balón aforado pyrex de 10 mL, se preparó concentraciones de etanol de 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 % diluidas en metanol como alcohol base completando la capacidad del balón aforado, actuando como estándares en los tiempos de elusión.

**Color.** Se utilizó el Colorflex Hunter Lab® Modelo 45/0 y software ASTM D6290, según método AN 1018.00. Mide la reflectancia de los compuestos presentes en un producto donde se calcula la luminosidad y tonalidades de verde, rojo, azul y amarillo (HunterLab 2016). Fueron realizadas tres replicas por tipo de cerveza para calcular promedio. Se calibró

el equipo utilizando estándares de color negro, verde y blanco, siguiendo el método de muestreo establecido en la Norma NTE INEN 2340 (2002).

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial de dos tipos de cerveza (ale y lager), dos tiempos de carbonatación (cuatro y ocho días), y dos tipos de edulcorante (azúcar y miel de abeja), medido a través del tiempo con tres repeticiones, para un total de ocho tratamientos y 24 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza, una separación de medias ajustadas y una correlación entre atributos con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  usando el programa Statistical Analysis System (SAS®) versión 9.4, para determinar diferencias significativas entre.

**Análisis de costos.** Se realizaron estimaciones de los costos variables de los insumos utilizados en la elaboración del tratamiento con mayor preferencia.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Etapas I. Caracterización de malta de maíz, análisis fisicoquímico.**

**Actividad de agua.** La actividad de agua de ambos tostados de la malta de maíz, 110 °C por 115 min y 210 °C por 45 min, están en un rango de 0.2 a 0.45 Aw (Cuadro 6). La determinación de la actividad de agua es parámetro de calidad en la elaboración de maltas, predice la estabilidad y vida anaquel que tendrá la malta. Según la FAO entre menor sea la actividad de agua disminuye el riesgo de crecimiento de hongos, levaduras, bacterias u oxidación de lípidos manteniendo la calidad del grano y evitando su deterioro (FAO s.f). Los granos que presentan una actividad de agua superior a 0.65 disminuyen el tiempo de almacenado (FAO s.f). Con una actividad de agua de 0.2 y 0.3 se da el empardeamiento no enzimático iniciando una reacción de maillard formando melanoidinas y olores tostados, sabores a nuez o galleta (Briggs 2004). Además, reduce a mínima la actividad enzimática que es primordial para maltas base ya que las mantiene inactivas hasta el proceso de maceración (Gigliarelli 2008).

**Sólidos solubles totales (°Brix).** La determinación de los grados brix en el tostado de la malta de maíz, 110 °C por 115 min y 210 °C por 45 min, están en un rango de 7.25 y 9.75 °Brix (Cuadro 6). Es otro parámetro de calidad para cuantificar los sólidos solubles que han sido extraídos durante el macerado (DBQM 2011). La cantidad de grados brix cuantificados varían dependiendo de la cantidad de azúcares presentes en la malta y como resultado de una prolongación del tiempo de maceración (Hernández 2009). También depende de las condiciones de temperaturas en que se realiza el proceso de macerado, ya que cada enzima que acciona en el desdoblamiento del almidón a azúcares simples depende de la temperatura (Esslinger 2009). Cada enzima tiene su temperatura óptima para su desarrollo siendo la beta amilasa que produce maltosa a temperatura entre 56 a 66 °C y la alfa amilasa produciendo variedades de azúcares, dextrinas, a temperaturas entre 68 a 72 °C (Kunze y Manger 2006).

**Potencial de hidrógeno (pH).** El mosto es ligeramente ácido (5.89) para la malta sometida a un tostado de 110 °C durante 115 minutos, al igual que la tratada a 215 °C por 45 min con pH de 5.45, observándose una diferencia de 0.44 (Cuadro 6). La determinación de pH en la malta de maíz es un parámetro muy importante que determina parte de la calidad final de la cerveza (DBQM 2011). La actividad enzimática durante el proceso de maceración es determinado por el pH de la malta para la hidrólisis de almidón (Curvelo *et al.* 2008). Durante el macerado debe estar dentro de un rango de pH entre 4 a 6.5 donde se favorece el desarrollo de la enzima alfa y beta amilasa incrementando la producción de extracto,

cantidad de azúcares extraídas del grano, que serán utilizados como nutrientes para las levaduras (Biazus *et al.* 2009).

**Perfil de azúcares.** La cuantificación del perfil de azúcar en los tostados de la malta de maíz indica que a diferentes temperaturas brinda cierta cantidad de azúcares que han sido extraídas del grano malteado (Priest y Stewart 2006). A temperatura de 110 °C la maltosa se encuentra en mayor cantidad con una media de 0.225 g/100 g, luego glucosa con 0.085 g/100g y fructosa con 0.0007 g/100g dando 0.317 de azúcares totales. A temperatura de 210 °C la maltosa se mantiene en mayor cantidad con una media de 0.12 g/100 g, luego glucosa con 0.04 g/100g y fructosa con 0.01 g/100g dando 0.17 de azúcares totales (Cuadro 6). Es apreciable la reducción de azúcares presentes según incremento de temperatura de tostado, (mayor a 150 °C) donde ocurre la caramelización haciendo los azúcares menos disponibles (Delgadillo s.f).

Cuadro 6. Medias y desviación estándar (D.E) para la cuantificación de perfil de azúcares fermentables en mosto cervecero.

Azúcares	Tostado (Temperatura, tiempo)	
	110 °C, 115 min	210 °C, 45 min
Glucosa	0.085 ± 0.002	0.04 ± 0.006
Maltosa	0.225 ± 0.160	0.12 ± 0.021
Fructosa	0.007 ± 0.001	0.01 ± 0.002
Azúcares Totales	0.317 ± 0.163	0.17 ± 0.029

Medias expresadas en (%) g/100g.

La extracción de azúcares de la malta de maíz durante la etapa de macerado mostró cantidades de maltosa, glucosa y fructosa mínima, comparada a la obtenida con malta de cebada (Cuadro 7). Los tiempos y temperaturas en el proceso de macerado determinan la composición de azúcares obtenido al finalizar el proceso, se inicia con temperaturas desde los 40 °C para activar enzimas citolíticas y proteolíticas (Kunze y Manger 2006).

Cuadro 7. Composición promedio de azúcares fermentables en mosto cervecero.

Azúcares	Promedio (% p/v)
Glucosa	0.80-1.00
Fructosa	0.10-0.15
Sacarosa	0.30-0.50
Maltosa	3.30-5.40
Maltotriosa	1.00-1.30

Fuente: (Hough J. S y Burgos González 1990), adaptado por el autor.

En este estudio se trabajó con rango de temperatura en el macerado con rango de 65 – 72 °C activando solo la alfa y beta amilasa para el proceso de sacarificación, en la obtención de azúcares a través de la degradación del almidón que pudo disminuir la obtención de azúcares en el proceso de macerado (Esslinger 2009). Al macerar a temperaturas de 62-64 °C se obtiene el contenido de maltosa más alto disponible en el grano malteado (Kunze y Manger 2006). En este proceso de malteado la maltosa fue la más abundante en los dos estilos de malta.

**Gravedad específica.** La determinación de la gravedad específica en los tostados de la malta de maíz, 110 °C por 115 min y 210 °C por 45 min, está en un rango de 1029 y 1039 g/L (Cuadro 8). La gravedad específica indica la cantidad de azúcares presentes en el mosto cervecero luego de un proceso de maceración. Una libra de azúcar blanca (sacarosa) presenta una densidad de 1046 g/L cuando es disuelta en agua para formar un galón de solución (Palmer 2006). La gravedad específica expresa la capacidad de las enzimas, alfa amilasa, beta amilasa y alfa glucosidasa, de convertir el almidón en azúcares simples durante la etapa de macerado (Palmer 2006).

Cuadro 8. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de actividad de agua en grano tostado y sólidos solubles totales, pH, gravedad específica en mosto cervecero.

Parámetros	Tostado (Temperatura, tiempo)	
	110 °C, 115 min	210 °C, 45 min
Actividad de agua (Aw)	0.40 ± 0.02	0.21 ± 0.03
Sólidos solubles totales (°Brix)	7.25 ± 0.18	9.75 ± 0.18
Potencial de hidrógeno (pH)	5.89 ± 0.02	5.45 ± 0.04
Gravedad Específica (ρ)	1029 ± 0.02	1039 ± 0.03

Aw= 1.00 corresponde al 100% humedad. °Brix (%)= g/100g de agua. pH= Escala de 1 a 14, 1 es ácido, 7 neutro y 14 alcalino. ρ= g/L

**Absorbancia.** Los resultados del análisis de absorbancia indican que a tostado de 110 °C por 115 min obtuvo una absorbancia de 1.70 y en tostado de 210 °C por 45 min la absorbancia fue de 3.17 nanómetros (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color del mosto cervecero por espectrofotómetro UV-VIS

Parámetros	Tostado (Temperatura, tiempo)	
	110 °C, 115 min	210 °C, 45 min
Absorbancia (430 nm)	1.70 ± 0.040	3.17 ± 0.030
Color mosto EBC, SRM	42.5, (2.8)	79.25, (10.9)

Absorbancia expresada en nanómetros. (EBC) European Brewing Convention. (SRM) Standar Refence Method.

El color obtenido después del tostado indica el tipo de proceso, el manejo y la calidad con que es elaborada la malta (Kunze y Manger 2006). Los principales parámetros que influyen en el proceso de tostado es el tipo de grano, tiempo de remojo, germinación, secado y la humedad final que presenta el grano (Tecnufar 2015). Mundialmente, medias en color indican que una malta caramelo debe tener hasta 10° Lovinbond clasificando el tostado de 210° por 45 min como malta caramelo, mientras que para maltas base debe estar en un rango de 2-4 ° Lonvibond clasificando al tostado de 110° por 115 min como malta base (Agnew 2008).

**Color.** Los resultados del análisis de color indican que el tratamiento a 110 °C por 115 min mostró una luminosidad cercana al blanco de 60.02, tonalidad ligeramente roja de 5.19 positiva y tonalidad de 26.47 dando un amarillo pálido. El tratamiento a 210 °C por 45 min mostró luminosidad cercana al negro de 38.34, con tonalidad roja intermedia de 20.67 y tonalidad alta de 45.79 siendo un amarillo intenso (Cuadro 10). El tiempo y la temperatura de tostado de la malta son factores que determinaran la tonalidad que tendrá una cerveza (Kunze y Manger 2006). Entre más tiempo de tostado y mayor temperatura está expuesta el grano germinado brindara una coloración más oscura y viceversa. El color del mosto refleja el grado de modificaciones y las condiciones de secado en que se encontraba la malta (Gigliarelli 2016).

Cuadro 10. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color del mosto cervecero en valores L\*, a\*, b\*

Parámetros	Tostado (Temperatura, tiempo)	
	110 °C, 115 min	210 °C, 45 min
L*, Luminosidad negro/blanco	60.02 ± 0.150	38.34 ± 0.150
a*, Tonalidad verde/rojo	5.19 ± 0.190	20.67 ± 0.180
b*, Tonalidad azul/amarillo	26.47 ± 0.460	45.79 ± 0.440

L\*= escala de 0-100 siendo cero (0) negro y cien (100) blanco. a\*= mide el espectro visible del verde al rojo, siendo a\* (-) verde y a (+) rojo. b\*= es de un valor de azul al amarillo, siendo b\* (-) azul y b (+) amarillo, tanto a\* como b\* utilizan una escala de -60 a 60.

## Etapa II. Elaboración de cervezas, análisis sensorial.

**Espuma.** Los tratamientos fueron calificados en la escala de 5 correspondiente a “ni me gusta, ni me disgusta” para el atributo espuma con excepción de la cerveza lager con miel y lager con azúcar que obtuvieron una calificación de “me gusta moderadamente” (Cuadro 11). Factores como tipo de cerveza, días de carbonatación y tipo de edulcorante fueron significativos para producir espuma apreciable ( $P < 0.05$ ). La evaluación de espuma se basa en el volumen de formación y retención, entre más  $\text{CO}_2$  se encuentre disuelto en la cerveza más espuma se formará, algo que es apreciable cuando reposa más tiempo la cerveza (Kunze y Manger 2006). La formación de burbujas es espontánea debido a la nucleación que ocurre por la liberación de  $\text{CO}_2$  contenido en la botella y es consistente a temperaturas bajas (Bamforth 2009). Al no servir en envase completamente seco interfiere en la formación y retención de espuma (DBQM 2011).

Cuadro 11. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo espuma en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Espuma ¥	
	Día 4	Día 8
Lager con miel	6.33 ± 1.85 a X	7.24 ± 2.02 a X
Lager con azúcar	4.48 ± 1.97 b X	6.62 ± 2.25 ab Y
Ale con miel	4.83 ± 2.23 b X	5.44 ± 2.06 b X
Ale con azúcar	4.33 ± 2.40 b X	5.39 ± 2.09 b X
Coeficiente de Variación (%)	41.92	33.87

(a-b) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

(X-Y) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre días ( $P < 0.05$ ).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Carbonatación.** Se encontraron diferencias significativas entre los dos tipos de cerveza, siendo la cerveza lager la mejor evaluada a los pocos días de carbonatación (Cuadro 12).

Cuadro 12. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo carbonatación en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Carbonatación ¥	
	Día 4 (∞)	Día 8 (NS) (∞)
Lager con miel	6.24 ± 1.73 a	6.62 ± 1.80
Lager con azúcar	5.14 ± 2.13 ab	6.19 ± 1.99
Ale con miel	4.89 ± 2.19 b	5.56 ± 2.36
Ale con azúcar	4.67 ± 2.06 b	5.61 ± 1.91
Coeficiente de Variación (%)	38.48	33.47

(a-b) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

(NS) No significativo entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). (∞) No significativo entre días ( $P > 0.05$ ).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

Los panelistas no encontraron diferencias significativas a través del tiempo calificando la carbonatación natural como “me gusta poco” (Cuadro 12). La carbonatación es un equilibrio entre la presión interna y la temperatura a la que está expuesta, entre menor sea la temperatura mayor será el CO<sub>2</sub> que permanecerá en solución por lo tanto un cerveza lager retendrá mayor CO<sub>2</sub> que una Ale por las temperaturas de fermentación (Hough J. S y Burgos González 1990). 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 (Palmer 2006).

**Color.** Los tratamientos fueron calificados en la escala de 8 correspondiente a “me gusta mucho” (Cuadro 13). No se encontraron diferencias en color en ninguna de las cervezas por lo que ninguno de los factores evaluados fue significativo para la selección de color diferente (P=0.29). El color de la cerveza viene determinado por el tipo de malta, las reacciones como maillard, caramelización y pirólisis que ocurren durante el proceso de malteado contribuyen al cambio de color durante el almacenamiento de la cerveza post envasado (Bamforth 2009). En cervezas oscuras la oxidación esta enmascarada por este tipo de colores marrones provenientes de las maltas (Bamforth 2009).

Cuadro 13. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo color en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Color ¥	
	Día 4 (NS) (∞)	Día 8 (NS) (∞)
Lager con miel	7.62 ± 1.24	7.62 ± 1.43
Lager con azúcar	6.95 ± 1.36	7.29 ± 1.19
Ale con miel	6.78 ± 1.80	7.56 ± 1.09
Ale con azúcar	7.39 ± 1.14	7.50 ± 1.42
Coefficiente de Variación (%)	19.48	17.30

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05). (∞) No significativo entre días (P>0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Aroma.** Los panelistas no encontraron diferencias en el aroma en ninguna de las cervezas (Cuadro 14). Ninguno de los factores fue significativo para percibir un aroma diferenciado entre tratamientos (P=0.65). El aroma viene determinado por el tipo de malta y el tipo de lúpulo usado en la formulación (Palmer 2006). Para una cerveza tipo ale el aroma es más intenso y complejo, tienden a tener aromas afrutados, esto se debe al tipo de fermentación ya que se trabaja con temperaturas altas que van desde 15 a 25 °C. Para una cerveza tipo lager se perciben aromas más sutiles y limpios, como la fermentación es baja y va desde los 8 a 12 °C los aromas son menos intensos (Stanbury *et al.* 1999, 1995). En este estudio se trabajó a temperaturas que fermentación de 8 a 15 °C que generalmente son bajas enmascarando el aroma y no se pudo obtener diferencias en los dos estilos.

Cuadro 14. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo aroma en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Aroma ¥	
	Día 4 (NS) (∞)	Día 8 (NS) (∞)
Lager con miel	6.95 ± 1.63	7.00 ± 1.70
Lager con azúcar	6.67 ± 1.80	6.86 ± 1.53
Ale con miel	6.28 ± 1.90	7.17 ± 1.54
Ale con azúcar	6.67 ± 1.45	7.28 ± 1.27
Coefficiente de Variación (%)	25.63	21.62

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05). (∞) No significativo entre días (P>0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Cuerpo.** Los tratamientos fueron calificados en la escala de 8 correspondiente a “me gusta mucho” para el atributo cuerpo (Cuadro 15). No se encontraron diferencias entre tratamientos, el factor día fue significativo para dar mayor cuerpo a la cerveza (P<0.05). El cuerpo de la cerveza esta relaciona con la viscosidad, la viscosidad está dada por el tipo de malta usada en la formulación (Palmer 2006). Se debe tener un equilibrio entre maltas claras y oscuras, ya que si solo se utiliza maltas claras u oscuras proporcionan un cuerpo ligero y nada apreciable por los panelistas (Briggs 2004). En este estudio todos los tratamientos formaron un cuerpo similar por lo que se puede atribuir que la formulación y proceso de malteado fue aceptable.

Cuadro 15. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo cuerpo en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Cuerpo ¥	
	Día 4 (NS)	Día 8 (NS)
Lager con miel	6.43 ± 1.83 X	7.43 ± 1.33 Y
Lager con azúcar	6.71 ± 1.23 X	6.91 ± 1.70 X
Ale con miel	6.56 ± 1.89 X	7.22 ± 1.48 X
Ale con azúcar	7.11 ± 1.13 X	7.44 ± 0.92 X
Coefficiente de Variación (%)	23.28	19.29

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05).

(X-Y) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre días (P<0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Amargor.** Para la variable aroma no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 16). Ninguno de los factores fue significativo para apreciar diferencias en el amargor de la cerveza (P=0.69). El amargor es dado por los alfa ácidos presentes en el lúpulo. A temperaturas de ebullición del mosto se produce la isomerización de los compuestos del lúpulo transformando la cohumulona en isocohumulona otorgando amargor a la cerveza (Priest y Stewart 2006). El porcentaje de alfa ácidos varía acorde al tipo de lúpulo usado, en este estudio se utilizó lúpulo Amarillo (8.2% alfa ácidos) (Esslinger 2009).

Se concluye que no hubo diferencias estadísticas porque en la formulación se usó la misma cantidad de lúpulo y en el proceso de elaboración se añadió al mismo tiempo estandarizando el amargor para ambos estilos (Palmer 2006).

Cuadro 16. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo amargor en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Amargor ¥	
	Día 4 (NS) (∞)	Día 8 (NS) (∞)
Lager con miel	5.67 ± 2.22	6.81 ± 2.14
Lager con azúcar	6.57 ± 1.83	6.48 ± 1.86
Ale con miel	6.00 ± 1.94	6.56 ± 2.20
Ale con azúcar	6.50 ± 1.69	7.17 ± 2.09
Coeficiente de Variación (%)	31.38	30.71

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05). (∞) No significativo entre días (P>0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Efervescencia.** Las cervezas no mostraron diferencia significativa calificándolas como “me gusta moderadamente” para el atributo efervescencia (Cuadro 17). Las cervezas carbonatadas con azúcar mostraron diferencia a través del tiempo, por lo tanto, el tipo de azúcar y día fueron significativos para presentar una efervescencia apreciable por los panelistas (P<0.05). La efervescencia depende del contenido de CO<sub>2</sub> y pH. El rango de pH debe ser entre 3.5 y 4.4, entre más bajo el pH la efervescencia se mantendrá por más tiempo (Kunze y Manger 2006). En este estudio se pudo observar en la carbonatación que a medida que pasa el tiempo se concentraba más el contenido de CO<sub>2</sub>, esto se debe a que la sacarosa es más fácil de fermentar que la miel de abeja (Palmer 2006).

Cuadro 17. Medias y desviación estándar (D.E) para para el atributo efervescencia en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Efervescencia ¥	
	Día 4	Día 8 (NS)
Lager con miel	5.19 ± 2.34 a X	5.81 ± 2.18 X
Lager con azúcar	4.19 ± 2.60 b X	5.81 ± 2.11 Y
Ale con miel	5.50 ± 1.58 a X	6.28 ± 1.67 X
Ale con azúcar	5.61 ± 1.65 a X	6.94 ± 1.06 Y
Coeficiente de Variación (%)	41.69	29.81

(a-b) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). (X-Y) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre días (P<0.05). (NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Sabor.** No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 18). El factor día fue significativo para determinar un sabor apreciable (P<0.05). El sabor de la cerveza

es determinada mayormente por el lúpulo independientemente del amargor que aporta (DBQM 2011). El uso de maltas oscuras aportan sabor a la cerveza por las reacciones químicas que ocurren durante el tostado como degradación de ácidos fenólicos, maillard caramelización de azúcares (Kunze y Manger 2006). Compuestos que se encuentran en maltas oscuras como furaneol, maltol y isomaltol aportan al sabor de la cerveza (Bamforth 2009). En este estudio al usar una formulación con mayoría en maltas oscuras no se pudieron encontrar diferencias entre los dos estilos de cerveza en la variable sabor.

Cuadro 18. Medias y desviación estándar (D.E) para el atributo sabor en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Sabor ¥	
	Día 4 (NS)	Día 8 (NS)
Lager con miel	6.57 ± 1.94 X	7.48 ± 1.40 X
Lager con azúcar	6.62 ± 1.91 X	7.05 ± 1.69 X
Ale con miel	5.72 ± 2.40 X	7.00 ± 1.75 Y
Ale con azúcar	6.78 ± 1.80 X	6.67 ± 2.43 X
Coeficiente de Variación (%)	31.33	25.93

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05).

(X-Y) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre días (P<0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Aceptación.** Para ambos estilos de cerveza se encontró diferencia a través del tiempo resultando una mayor preferencia por las fermentadas en botellas con miel de abeja, calificándolas como “me gusta moderadamente” (Cuadro 19). El factor día fue significativo al determinar una aceptación mayor (P<0.05). La aceptación depende de la unión y percepción de todos los sentidos que generan al probar una cerveza (Mosher op. 2016). Además, también depende de la cultura a la que el panelista está acostumbrado a beber y la posibilidad de catalogar una cerveza como menos apreciable que otra es muy alta (Webb y Beaumont 2013).

Cuadro 19. Medias y desviación estándar (D.E) para la aceptación en cervezas ale y lager, medida a través del tiempo.

Cerveza	Aceptación ¥	
	Día 4 (NS)	Día 8 (NS)
Lager con miel	5.81 ± 2.11 X	7.00 ± 1.48 Y
Lager con azúcar	5.91 ± 1.73 X	6.71 ± 1.55 X
Ale con miel	5.44 ± 1.85 X	6.83 ± 1.38 Y
Ale con azúcar	6.44 ± 1.29 X	6.72 ± 1.49 X
Coeficiente de Variación (%)	30.28	21.72

(NS) No significativo entre tratamientos (P>0.05).

(X-Y) Letras diferentes presentan diferencias significativas entre días (P<0.05).

(¥) Escala hedónica de 9 puntos, siendo 9: “Me gusta extremadamente”, 5: “Ni me gusta ni me disgusta” y 1: “Me disgusta extremadamente”

**Correlación de Pearson.** Se obtuvieron resultados correlativos entre los atributos sensoriales evaluados al día cuatro realizado por los panelistas (Cuadro 20). Se mostró una correlación positiva alta (>80%) entre carbonatación y espuma, esto significa que cuando se observó mayor espuma se calificó mejor la carbonatación. Los panelistas prefirieron las cervezas con mayor carbonatación. Además, mostraron una correlación positiva media (60-79%) entre aroma y color, que indicó mejor percepción de aroma acorde al color observado. De igual manera para cuerpo y sabor, indicando que el sabor fue mejor calificado si el cuerpo o viscosidad aumentaba. Por otra parte, entre mejor calificación obtenía el sabor y el cuerpo el amargor fue mejor percibido.

Para la aceptación general existió una correlación positiva media mostrando que el sabor, cuerpo, amargor y efervescencia de las cervezas fueron atributos que influyeron en la aceptación de los tratamientos evaluados al día cuatro.

Cuadro 20. Correlación de Pearson entre atributos sensoriales evaluados al día cuatro.

Atributos	Correlación de Pearson	
	Coefficiente (%)	Probabilidad
Carbonatación – Espuma	82.46	<.0001
Aroma – Color	66.96	<.0001
Cuerpo – Sabor	63.82	<.0001
Amargor – Sabor	63.73	<.0001
Amargor – Cuerpo	67.18	<.0001
Sabor – Aceptación	68.02	<.0001
Cuerpo – Aceptación	65.12	<.0001
Amargor – Aceptación	62.47	<.0001
Efervescencia – Aceptación	66.70	<.0001

Correlación >80% = Positiva alta. Correlación 60 – 79% = Positiva media  
 Probabilidades <0.0001 son significativas

Cuadro 21. Correlación de Pearson entre atributos sensoriales evaluados al día ocho.

Atributos	Correlación de Pearson	
	Coefficiente (%)	Probabilidad
Carbonatación – Espuma	87.27	<.0001
Cuerpo – Color	63.57	<.0001
Cuerpo – Sabor	64.71	<.0001
Amargor – Sabor	70.54	<.0001
Amargor – Cuerpo	60.71	<.0001
Color – Aceptación	71.79	<.0001
Aroma – Aceptación	62.07	<.0001
Sabor – Aceptación	76.89	<.0001
Cuerpo – Aceptación	76.67	<.0001
Amargor – Aceptación	70.69	<.0001

Correlación >80% = Positiva alta. Correlación 60 – 79% = Positiva media  
 Probabilidades <0.0001 son significativas

En el día ocho (Cuadro 21), se mantuvo una correlación positiva alta (>80%) entre carbonatación y espuma. Para la determinación del cuerpo de la cerveza existió una correlación positiva media (60-79%) con el color y sabor, mostrando que entre más apreciado estos dos atributos el cuerpo obtuvo mejor puntuación. En cuando al amargor mostro una correlación positiva media, con el sabor y cuerpo, demostrando que entre mejor el sabor y el cuerpo o viscosidad de la cerveza el amargor obtuvo puntuaciones más altas.

Para la aceptación general se obtuvo una correlación positiva media mostrando que el color, aroma, sabor, cuerpo, amargor de las cervezas fueron atributos que influyeron en la aceptación de los tratamientos evaluados al día ocho.

**Análisis de preferencia.** Se evaluaron todos los tratamientos de los dos estilos de cerveza, los panelistas eligieron los tratamientos que más preferencia tuvieron entre los presentados. Se realizaron tres repeticiones para mejorar el coeficiente de variación del estudio. Las cervezas que fueron carbonatadas con miel fueron las que mejor aceptación y preferencia tuvieron por parte de los panelistas (Figura 4).

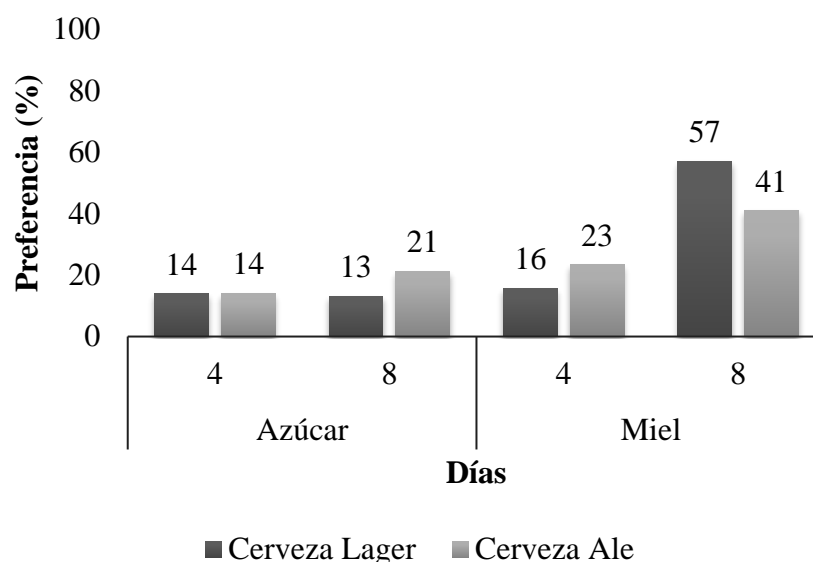


Figura 4. Análisis de preferencia para los dos estilos de cerveza, expresada en porcentaje.

### **Etapas III. Caracterización de las cervezas, análisis fisicoquímicos.**

**Sólidos solubles totales (°Brix).** Los resultados del análisis para la cerveza ale fueron de 9.36 y para lager fue de 14.77 grados brix (Cuadro 22). La lectura de la cantidad de grados brix en la cerveza representa una unidad de azúcar contenida en una solución acuosa, por lo tanto, corresponde a un gramo de sacarosa en 100 gramos de solución (Bobadilla 2016). La cantidad cuantificada de grados brix para ambos tipos de cerveza indica la posible sensación de una cerveza dulce por la cantidad de azúcares disueltos. Por otra parte, también nos da un parámetro de fermentación incompleto por el contenido alto de azúcares ya que el tiempo mínimo de maduración de una cerveza es de un mes para cerveza ale y 3 meses para cerveza lager (Palmer 2006).

**Potencial de hidrógeno (pH).** Los resultados del análisis químico obtenido para la cerveza ale fue de un valor de pH de 4.25 y para lager un valor de pH de 4.36 (Cuadro 22). Los tratamientos descritos presentan la mayor calidad. El rango permitido que describe una cerveza de calidad se encuentra dentro del rango permisible donde menciona que el pH en cervezas debe situarse entre 4.1 a 4.4 (Briggs 2004). Se conoce que la cerveza puede ser contaminada por microorganismo durante su fabricación como levaduras, bacterias y hongos, sin embargo, el valor expresado de pH en cada estilo nos indica que no presenta problemas microbiológicos, a valores de pH entre 4 a 4.5 en contenido alcohólico de la cerveza superior al 5% no se da un desarrollo de microorganismos (Bokulich y Bamforth 2013).

**Gravedad específica.** El resultado del análisis de gravedad específica de la cerveza tipo ale fue de 1013 g/L y para lager fue de 1040 g/L a temperatura de 20 °C (Cuadro 22). La gravedad específica de la cerveza es un indicador de la estabilidad del proceso productivo de la cerveza, desde la etapa de maceración hasta el embotellado (Esslinger 2009). Este parámetro sirve para determinar la cantidad de azúcares que fueron transformados a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y etanol luego de un proceso de fermentación (Palmer 2006).

**Espuma.** Los resultados del análisis de la estabilidad de la espuma para cerveza ale duró  $5.52 \pm 2.69$  min y para lager  $5.12 \pm 2.18$  min a temperatura de 20 °C (Cuadro 22). La espuma es un parámetro de calidad muy medido y apreciado por la cultura cervecera. Uno de los mayores problemas presentados en cervecerías es la estabilidad de la espuma o sobre carga espumante (DBQM 2011). La formación de espuma es causada por la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el envase, que al abrir el envase hay una liberación del dióxido de carbono en forma de burbujas, resultado de una abrupta reducción de la presión interna del envase (Esslinger 2009). Al momento de servir una cerveza ésta tiene que ocupar 1/3 del recipiente y tiene que durar entre 3-4 minutos su presencia en el vaso (DBQM 2011). Las burbujas causadas por la liberación del dióxido de carbono atraen tenso activos naturales como proteínas transferidas de lípidos generando una espuma adecuada y estable (Priest y Stewart 2006). La estabilidad de la espuma en cervezas también es causada por ciertas cantidades de isohumulonas presentes en el lúpulo (Briggs 2004). Por otra parte, la

retención se logra por la degradación proteica y los alfa-ácidos del lúpulo, es por eso que una cerveza con más cantidad de lúpulo se puede esperar una espuma más estable. La influencia de los tiempo y temperatura en maceración pueden degradar proteínas y glucanos (Kunze y Manger 2006).

Cuadro 22. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de °Brix, pH, gravedad específica, espuma en cerveza ale y lager

Parámetros	Estilo de cerveza	
	Ale	Lager
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.36 ± 0.12	14.77 ± 0.600
Potencial de hidrógeno (pH)	4.25 ± 0.03	4.36 ± 0.040
Gravedad específica (ρ)	1013 ± 1.73	1040 ± 0.500
Espuma (min)	5.52 ± 2.69	5.12 ± 2.180

°Brix (%)= g/100g de agua. pH= Escala de 1 a 14, 1 es ácido, 7 neutro y 14 alcalino.  
ρ= g/cm<sup>3</sup>. Espuma= Expresada en minutos, tiempo de retención después de servida.

**3.3.5 Perfil de alcoholes.** Para ambos estilos de cerveza no se encontró presencia de metanol ni en las más mínimas cantidades pero que dieron un grado alcohólico %v/v de 10.74 ± 0.02 para ale y 6.32 ± 0.14 para lager (Cuadro 23). La determinación de un grado alcohólico más específico permite expresar con toda confianza que una cerveza está libre de otro tipo de alcoholes en menor escala que puede ser perjudiciales a la salud en rangos no tolerables (Rodríguez 2003). El tiempo de elusión de etanol en la muestra estándar es de 1.55 minutos para el pico comparado con el estándar de etanol puro. Lo que comprueba que no se tiene presencia de metanol, ni en mínimas cantidades ya que el tiempo de elusión de éste en el cromatógrafo de gases es de 1.44 minutos acorde a la muestra estándar de metanol puro, dando un parámetro confiable de consumo.

Cuadro 23. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de porcentaje de etanol % v/v en cerveza tipo ale y lager

Parámetros	Estilo de cerveza	
	Ale	Lager
Etanol (% v/v)	10.74 ± 0.02	6.32 ± 0.140
Tiempo elusión	1.553 ± 0.00	1.552 ± 0.00
Área	32,102.58 ± 74.9	18,255.88 ± 126.5

Elusión= Parámetro expresado en minutos. Área bajo la curva Anexo 15

Las cervezas tipo Ale abarcan varios tipos de cerveza, pero por lo general son oscuras, porque se emplean maltas modificadas (Kunze y Manger 2006). El contenido alcohólico varía entre 3 a 10% sobre esta base se denomina strong por ser de 10.7% v/v. Las cervezas tipo Lager se encuentran en el mercado con un contenido alcohólico de 4.7 a 5.3%,

resultando está en 6.3% v/v, sin embargo, por la fermentación incompleta pudo llegar un contenido alcohólico igual al de la cerveza ale (Palmer 2006).

**Absorbancia.** Los resultados del análisis para determinar el color de la cerveza mediante absorbancia fueron de 82.67 ° EBC para cerveza tipo Ale y un valor de 60.12 ° EBC para cerveza tipo Lager (Cuadro 24). El color, siendo un parámetro de calidad de la cerveza determina el posible estilo en que entra la cerveza artesanal ale y lager a base de maíz y cebada carbonatada con miel (DBQM 2011). El método de referencia y clasificación de estilos de cerveza según el color SRM (Standard Reference Method) y EBC (European Brewing Convention) brindan un rango de valores de color percibidos en una evaluación visual (Papazian *et al.* 2015). La cerveza tipo Lager entra en la categoría de cervezas muy oscuras con un rango entre 25 a 39 SRM, diferente al tipo Ale que entra en una categoría de cervezas negras teniendo un rango >40 SRM. La cerveza artesanal ale es categorizada como una cerveza British-Style Imperial Stout y la lager como una cerveza German-Style Doppelbock (Papazian *et al.* 2015).

Cuadro 24. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color en cerveza ale y lager por espectrofotómetro UV-VIS

Parámetros	Estilo de cerveza	
	Ale	Lager
Absorbancia	3.31 ± 0.02	2.41 ± 0.002
Color EBC, (SRM)	82.7, (31.6)	60.1, (23.1)

Absorbancia expresada en nanómetros. (EBC) European Brewing Convention. (SRM) Standard Reference Method.

**Color.** Los resultados del análisis de color indican que la cerveza ale mostro una tonalidad oscura de color negro (valor \*L de 22.45 ± 2.08) y la cerveza lager fue más claro con un tono rojo oscuro (valor \*L de 39.47 ± 0.93) (Cuadro 25). Estos tonos oscuros y rojizos fueron muy apreciados en análisis sensorial calificándolos como “me gusta mucho” debido a que estos colores se relacionan mucho con las cervezas artesanales. Además, acorde a la formulación donde se usó variedad de maltas de cebada se corrobora la obtención de tonos oscuros (Castle Malting 2013). La variación del color de ambos tipos de cerveza fue dada por el tipo y la cantidad de malta utilizada. Una malta que ha sido sometida a tiempos prolongados de temperatura de tostado brinda una coloración oscura a la cerveza y viceversa (Kunze y Manger 2006). Los cambios de color también son ocasionados por una reacción conocida como Maillard durante el proceso de cocción del mosto (Hough J. S y Burgos González 1990). Durante la cocción los azúcares (maltosa y glucosa) se combinan con aminoácidos que en su mayoría provienen de la malta y en pocas cantidades del lúpulo, sucede una reacción química formando melanoidina, y oscureciendo el mosto (Kunze y Manger 2006).

Cuadro 25. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de color de cerveza ale y lager en valores L\*, a\*, b\*

Parámetros	Tipo de cerveza	
	Ale	Lager
L*, Tonalidad negro/blanco	22.45 ± 2.08	39.47 ± 0.930
a*, Tonalidad verde/rojo	31.93 ± 0.20	27.26 ± 0.660
b*, Tonalidad azul/amarillo	36.36 ± 3.17	61.37 ± 0.950

L\*= escala de 0-100 siendo cero (0) negro y cien (100) blanco. a\*= mide el espectro visible del verde al rojo, siendo a\* (-) verde y a (+) rojo. b\*= es de un valor de azul al amarillo, siendo b\* (-) azul y b (+) amarillo, tanto a\* como b\* utilizan una escala de -60 a 60.

**Análisis de costos.** Se determinó los costos variables de producción para cerveza artesanal ale y lager de mayor aceptación y preferencia obtenida por los panelistas.

Para la producción de cerveza ale se determinó un costo por tanda de 22 litros de L. 2,000.00, el costo por litro fue de L. 91.15 y el costo por botella de 330 mL fue de L. 30.00. Se utilizaron insumos con variedades de maltas modificadas y por eso el costo por kilogramo de malta de cebada ascendió a L. 57.00 (Cuadro 26). La malta de maíz producida fue de L. 88.00 convirtiéndose en el insumo más caro en producción. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que se malteó 15 kg de maíz tuxpeño por lo que los costos disminuirán significativamente si se produce en tonelada métrica como la cebada. Además, el aumento del costo de producción de la malta fue por el uso de una cámara de germinación que genera un ambiente controlado.

Cuadro 26. Costo de producción para cerveza ale con malta de maíz y cebada.

Insumos	C. Unit (\$)	Cantidad (kg)	Total (\$)	Total (L.)
Agua por litro	0.004	22.00	0.09	2.00
Malta cebada biscuit	2.40	0.74	1.77	40.42
Malta cebada pale ale	1.65	0.71	1.17	26.69
Malta cebada special b	2.60	1.98	5.15	117.27
Malta maíz especial var. Tuxpeño	3.64	8.92	32.47	739.64
Importación malta cebada	-	-	12.08	275.18
Levadura nottingham ale yeast	133.32	0.04	5.50	125.28
Lúpulo amarillo pelet (8.4% alfa ácidos)	75.68	0.03	2.57	58.53
Lúpulo cascade flor (7.1% alfa ácidos)	84.90	0.10	8.49	193.40
Miel zamorano	7.55	0.12	0.92	20.97
Botella vidrio ambar 330 mL	0.25	66.00	16.50	375.87
Chapa corona 26 mm	0.02	66.00	1.32	30.07
<b>Costo de producción</b>			<b>88.03</b>	<b>2,005.32</b>
<b>Costo por litro</b>			<b>4.00</b>	<b>91.15</b>
<b>Costo por botella 330 mL</b>			<b>1.32</b>	<b>30.08</b>

Tasa de cambio 22.78 L.

Por otra parte, la producción de cerveza lager tuvo un costo de producción por tanda de 22 litros de L. 1,700.00, un costo por litro de L. 78.92 y finalmente un costo por botella de 330 mL de L. 26.00. La cerveza lager es un poco más barata que la cerveza ale ya que en la formulación se utiliza maltas poco modificadas y por eso el costo por kilogramo de malta de cebada se reduce a L. 48.00 (Cuadro 27). La malta de maíz producida se mantiene en L. 88.00. El costo de carbonatación natural fue de L. 3.00, que abarata los costos de producción comparado a la carbonatación artificial por CO<sub>2</sub>. Esta segunda fermentación en botella no solo ahorra el uso de CO<sub>2</sub>, sino que también genera una cerveza de mejor calidad y es apetecido en el mercado de cervezas artesanales.

Cuadro 27. Costo de producción para cerveza Lager con malta de maíz y cebada.

Insumos	C. Unit (\$)	Cantidad (kg)	Total (\$)	Total (L.)
Agua por litro	0.004	22.00	0.09	2.00
Malta cebada vienna	1.63	1.53	2.49	56.81
Malta cebada aroma	1.87	0.59	1.10	25.13
Malta cebada pilsen	2.39	0.60	1.43	32.67
Malta maíz especial var. Tuxpeño	3.64	7.13	25.95	591.21
Importación malta cebada	-	-	12.08	275.18
Levadura brewferm lager yeast	116.30	0.03	3.84	87.43
Lúpulo amarillo pelet (8.4% alfa ácidos)	75.68	0.03	1.90	43.38
Lúpulo cascade flor (7.1% alfa ácidos)	84.90	0.10	8.49	193.40
Miel zamorano	7.55	0.12	0.92	20.97
Botella vidrio ambar 330 mL	0.25	66.00	16.50	375.87
Chapa corona 26 mm	0.02	66.00	1.32	30.07
<b>Costo de producción</b>			<b>76.12</b>	<b>1,734.12</b>
<b>Costo por litro</b>			<b>3.46</b>	<b>78.82</b>
<b>Costo por botella 330 mL</b>			<b>1.14</b>	<b>26.01</b>

Tasa de cambio 22.78 L.

En ambos casos el costo por botella de 330 mL ronda L. 30.00 (Cuadro 27). Este precio determina que es rentable el uso de malta de maíz en la elaboración de cervezas y que puede competir con el mercado de cervezas artesanales que se distribuyen en Honduras. Este resultado concuerda con un estudio de viabilidad económica para producir cerveza con malta de maíz donde se demostró que se disminuyen en un 10% los costos de producción (Bailly *et al.* 2014), lo cual presenta una ventaja competitiva para el productor hondureño ya que según la Organización de la Naciones Unidas y un Censo del INE en el 2015 determinaron que el 48% de la población hondureña es de zonas rurales y su principal ingreso se origina de la agricultura familiar. Con el proceso de malteado se puede generar un rubro económico de alto valor agregado dando nuevas líneas de producción industrial y generando empleo, promoviendo una fuente alternativa de ingresos. La industria de la cerveza es desafiante por lo que la innovación de procesos con materias primas determina mantener una ventaja y ser competitivos en el mercado.

## 4. CONCLUSIONES

- El uso del grano de maíz variedad tuxpeño malteado mostró ser eficiente en relación a maíz y cebada (70:27%), sin embargo, se necesitó adicionar azúcar para aumentar la cantidad de azúcares disponibles para producir una cerveza artesanal con un grado alcohólico superior al 5%.
- El uso de miel de abeja para la carbonatación natural en botella fue influyente para una aceptación y preferencia superior a la carbonatada con azúcar por los aromas florales provistos por la miel en los dos estilos de cerveza artesanal.
- Las cervezas producidas con 70% de malta de maíz mostraron niveles aceptables en pH, color, grado alcohólico, gravedad específica, tiempo de retención de espuma categorizando dentro de los estilos Imperial Stout para Ale y Doppelbock para Lager.
- El uso de malta de maíz redujo considerablemente los costos de producción de cerveza artesanal para ambos estilos por lo que permite competir en el mercado de importación de cervezas artesanales.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones para la elaboración de cerveza artesanal ale y lager utilizando 100% de malta de maíz tuxpeño en la formulación.
- Realizar investigaciones acerca del proceso de malteado del maíz tuxpeño, tiempo de secado y tostado para la obtención de variedad de maltas.
- Determinar la vida útil de la malta de maíz y de la cerveza.
- Determinar el efecto del color en malta y cerveza a través del tiempo de almacenamiento.
- Realizar los análisis sensoriales con panelistas entrenados.

## 6. LITERATURA CITADA

Agilent J&W. 2010. Guía de selección de columnas Agilent J&W para cromatografía de gases [internet]. Estados Unidos: Agilent Technologies; [accessed 2016 Oct 7]. <http://www.agilent.com/cs/library/selectionguide/public/5990-5488ES.pdf>.

Agnew M. 2008. Brewing Grains. A perfect pint; [accessed 2016 Oct 17]. <http://www.aperfectpint.net/Brewing%20Grains.pdf>.

Bailly R, Captureba da Silva S, Sato N, Curvelo J. 2014. An economically viable way to produce beer from the maize malt [Tesis]. Estados Unidos; [accessed 2016 Oct 13]. [https://www.researchgate.net/publication/286139202\\_An\\_economically\\_viable\\_way\\_to\\_produce\\_beer\\_from\\_the\\_maize\\_malt](https://www.researchgate.net/publication/286139202_An_economically_viable_way_to_produce_beer_from_the_maize_malt).

Bamforth CW. 2009. Beer: A quality perspective / edited by Charles W Bamforth. London: Academic (Handbook of alcoholic beverages). ISBN: 978-0-12-669201-3.

Biazus JPM, Souza RRd, Márquez JE, Franco TT, Santana JCC, Tambourgi EB. 2009. Production and characterization of amylases from *Zea mays* malt. *Braz. arch. biol. technol.* 52(4):991–1000. doi:10.1590/S1516-89132009000400024.

Bobadilla V. 2016. Espectroscopía uv-vis y propiedades fisicoquímicas aplicados al análisis de cervezas artesanales y comerciales del estado de zacatecas [Tesis]. México: Universidad Autónoma de Zacatecas; [accessed 2016 Oct 17]. <https://es.scribd.com/document/324071320/Tesis-cerveza-artesanal>.

Bokulich NA, Bamforth CW. 2013. The microbiology of malting and brewing. *Microbiol Mol Biol Rev.* 77(2):157–172. ENG. doi:10.1128/MMBR.00060-12.

Briggs DE. 2004. Brewing: Science and practice. Boca Raton, Cambridge England: CRC Press; Woodhead Pub. Ltd. xviii, 881 (Woodhead Publishing in food science and technology). ISBN: 0-8493-2547-1.

Carretero F. s.f. Innovación tecnológica en la industria de bebidas: Procesos de fabricación de bebidas alcohólicas. Barcelona, España: Universidad Politecnica de Cataluña; [accessed 2016 Oct 4]. [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03\\_Memoria.pdf?sequence=4](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4).

Castle Malting. 2013. Maltas belgas que hacen sus cervezas tan especiales [internet]. Belgica: Castle Malting; [accessed 2016 Oct 5]. <http://www.castlemalting.com/Presentations/CastleMaltingBrochureES.pdf>.

Cerveceros España. 2016. Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España 2015 [internet]. Secretaría general técnica. España: Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente; [accessed 2016 Oct 11]. [http://www.cerveceros.org/pdf/CE\\_Informe\\_socioeconomico\\_2015\\_v2.pdf](http://www.cerveceros.org/pdf/CE_Informe_socioeconomico_2015_v2.pdf).

Clayton K, Bush D, Keener K. 2012. Métodos para la conservación de alimentos [internet]. Estados Unidos: Purdue University; [accessed 2016 Oct 6]. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-15-S-W.pdf>.

CUBE. 2006. Analizador de estabilidad de espuma- FSA. Método NIBEM [internet]. Republica Checa: Equipos de laboratorio; [updated 2012 Oct 4; accessed 2016 Oct 9]. <http://www.1-cube.com/novedades?id=5265&action=detail&oid=2916427&nid=11556>.

Curvelo J, FERREIRA G, Biazus J, Souza R, Tambourgi E. 2008. Biochemistry characterization of  $\alpha$  - and  $\beta$  -amylases from zea mays malt and statistical analysis approach of the degradation of manioc starch. *Journal of Food Process Engineering*. 31(5):694–710. doi:10.1111/j.1745-4530.2007.00183.x.

DBQM. 2011. Draught beer quality manual. Second edition. Estados Unidos: Brewers Association; [accessed 2016 Oct 8]. [http://www.draughtquality.org/wp-content/uploads/2012/01/DQM\\_Full\\_Final.pdf](http://www.draughtquality.org/wp-content/uploads/2012/01/DQM_Full_Final.pdf).

Delgadillo O. s.f. Caramelización [internet]. Facultad de química: Universidad Autónoma de México; [accessed 2016 Oct 15]. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Caramelizacion\\_27353.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Caramelizacion_27353.pdf).

Esslinger HM. 2009. Handbook of brewing: Processes, technology, markets / edited by Hans Michael Esslinger. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN: 978-3527316748.

FAO. s.f. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Aireación de los granos. Depósitos de documentos FAO: Departamento de agricultura; [accessed 2016 Oct 2]. <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S0k.htm>.

FAO. 2015. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Gobierno de Honduras y FAO firman marco de programación de país [internet]. Honduras: FAO; [updated 2015 Dec 15; accessed 2016 Oct 11]. <http://www.fao.org/honduras/noticias/detail-events/es/c/359552/>.

Gaiziunas A. 2016. Innovación para añadir valor a las modernas brewpub [internet]. Estados Unidos: Brewers Association; [accessed 2016 Oct 5]. <https://www.brewersassociation.org/articles/innovation-to-add-value-for-the-modern-brewpub/>.

García X. s.f. Los orígenes y la implantación de la industria cervecera en España, siglo XVI – 1913 [internet]. España: Universitat de Barcelona, Departamento de historia y instituciones económicas. [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/50506/1/XGB\\_TESIS.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/50506/1/XGB_TESIS.pdf).

Gigliarelli P. 2008. Malteado. Revista MASH: Maltsters Association of Great Britain; [accessed 2016 Oct 4]. <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=335>.

Gigliarelli P. 2016. La maduración en cervezas. Revista MASH: Maltsters Association of Great Britain; [accessed 2016 Oct 15]. <http://revistamash.com/detalle.php?id=424>.

Hernández F. 2009. Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock [Tesis]. Honduras: Zamorano; [accessed 2016 Oct 5]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/278/1/AGI-2009-T016.pdf>.

Hough J. S, Burgos González J. 1990. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza, España: Acribia. xiv, 193. ISBN: 84-200-0681-5.

HunterLab. 2016. ColorFlex EZ, especificaciones técnicas [internet]. Estados Unidos: Hunter Associates Laboratory; [accessed 2016 Oct 9]. <https://www.hunterlab.com/colorflex-ez-spectrophotometer.html>.

INE. 2015. Instituto Nacional de Estadística. Población total por área y sexo 2015. Honduras;; [accessed 2016 Oct 8]. [http://www.ine.gob.hn/index.php?option=com\\_content&view=article&id=92](http://www.ine.gob.hn/index.php?option=com_content&view=article&id=92).

INEN. 2002. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Bebidas alcohólicas. Cerveza. Muestreo. Ecuador: Quito (ICS: 67.160.10) (Número: 2 340:2002). 2002; [updated 2002]. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2340.2002.pdf>.

Ingham B. 2009. Uso de un medidor de pH [internet]. Estados Unidos: Uw Extension; [accessed 2016 Oct 5]. [http://foodsafety.wisc.edu/assets/pdf\\_files/what\\_is\\_ph.pdf](http://foodsafety.wisc.edu/assets/pdf_files/what_is_ph.pdf).

Kunze W, Manger H-J. 2006. Tecnología para cerveceros y malteros. 1a. ed. en español. Berlin: VLB Berlin. 1075 p. ISBN: 978-3-921690-54-3.

McGovern PE. 2009. Uncorking the Past: The Quest for Wine, Beer, and Other Alcoholic Beverages. Berkeley: University of California Press. 1 online resource (357. ISBN: 9780520267985).

Mosher R. op. 2016. Cómo catar cerveza: Una guía del entendido sobre la mejor bebida del mundo. Barcelona: Omega. 247 p. ISBN: 9788428216302.

Mott R. 2006. Mecánica de Fluidos: Gravedad específica. Sexta edición. México: Pearson educación; [accessed 2016 Oct 7]. <https://books.google.hn/books?id=LbMTKJ4eK4QC&printsec=frontcover>.

MSSI. 2007. Ministerio de sanidad, servicios sociales e igualdad: Clasificación de bebidas alcohólicas [internet]. España: Gobierno de España; [accessed 2016 Oct 13]. <http://www.mssi.gob.es/campannas/campanas07/alcoholmenores9.htm>.

NMX. 1984. Norma Oficial Mexicana. Determinación del grado brix en muestras de meladura; masas cocidas; mieles "a" y "b" de refinería y miel final. Por método hidrométrico. México: Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (F-274-1984). 1984; [updated 1984]. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-274-1984.PDF>.

Olugbenga OJ, Aberuagba F. 2012. An evaluation of the brewing attributes of maize (*Zea mays*). Nig. J. Tech. Res. 7(2). doi:10.4314/njtr.v7i2.83776.

Palmer JJ. 2006. How to brew: Ingredients, methods, recipes, and equipment for brewing beer at home. 3rd ed. Boulder Colo.: Brewers Publications. xv, 347. ISBN: 978-0937381885.

Papazian C, Gatza P, Swersey C, Skypeck C. 2015. Beer Style Guidelines 2015 [internet] [Great American Beer Festival and World Beer Cup judges]. Estados Unidos: Brewers Association; [accessed 2016 Oct 3]. <https://www.brewersassociation.org/wp-content/uploads/2015/03/2015-brewers-association-beer-style-guidelines.pdf>.

Priest FG, Stewart GG. 2006. Handbook of brewing. 2nd ed. New York: CRC; London: Taylor & Francis [distributor] (Food science and technology; vol. 157). ISBN: 978-0-8247-2657-7.

Rodríguez H. 2003. Determinación de parámetros físico-químicos para la caracterización de cerveza tipo lager elaborada por compañía cervecera kunstmann s.a. [Tesis]. Chile: Universidad Austral de Chile; [accessed 2016 Oct 10]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/doc/far696d.pdf>.

Rodriguez J, Almudena C, Fuster D. 2013. ¿Por qué se desborda una cerveza al golpear una botella con otra? [internet]. España: Universidad Carlos III de Madrid; [accessed 2016 Oct 12]. [http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/noticias/botella\\_cerveza](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/noticias/botella_cerveza).

RTCA. 2011. Reglamento Técnico Centroamericano. Bebidas alcohólicas. Bebidas alcohólicas fermentadas. Requisitos de etiquetado. San Salvador: Consejo de ministros de integración económica (COMIEGO) (ICS: 67.160.10) (Número: 67.01.05:11). 2011; [updated 2011]. <http://osartec.gob.sv/index.php/component/jdownloads/finish/1-inventario-rtca/336-rtca-67-01-05-11-bebidas-alcoholicas-bebidas-alcoholicas-fermentadas-requisitos-de-etiquetado-rtca-67-01-06-11-bebidas-alcoholicas-bebidas-alcoholicas-destiladas-requisitos-de-etiquetado?Itemid=0>.

SIECA. 2016. Secretaría de integración económica Centroamericana. El Mercado de Cervezas Artesanales en Honduras 2016 [internet]: Situación actual del mercado importador de Honduras. Chile: Cerveceria hondureña; [accessed 2016 Oct 11]. [http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/07/FMP\\_Honduras\\_Cerveza\\_Artesanal\\_2016.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/07/FMP_Honduras_Cerveza_Artesanal_2016.pdf).

Stanbury PF, Whitaker A, Hall SJ. 1999, 1995. Principles of fermentation technology. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann. ISBN: 0750645016.

Tecnufar I. 2015. Maltas especiales. España: Bindewald; [accessed 2016 Oct 18]. <http://www.maltascerveceros.com/sobre-nosotros/>.

Thermo. 2003. Spectronic genesys 2 and spectronic genesys 5 UV-visible spectrophotometers [internet]. Estados Unidos: Thermo Electron Corporation; [accessed 2016 Oct 8]. [http://madison.support.thermofisher.com/FullAccess/BR\\_S0392\\_Genesys2and5\\_2003\\_05.pdf](http://madison.support.thermofisher.com/FullAccess/BR_S0392_Genesys2and5_2003_05.pdf).

VAB. s.f. Ley de pureza alemana [internet]. German Brewers: Verband der Ausfuhrbrauereien; [accessed 2016 Oct 9]. <http://www.germanbrewers.com/espanol/bier-qualitaet.html>.

Vera G. 2016. Determinación de azúcares totales, hidratos de carbono disponibles y factores de cálculo de energía en alimentos [internet]. Santiago de Chile: Laboratorio centro de alimentos, INTA, Universidad de Chile; [accessed 2016 Oct 5]. <http://www.achipia.cl/wp-content/uploads/2016/06/8-M--todos-Az--cares-Totales-H.-de-Carbono-F--ctores-c--lculo-energ--a-Dra.-Gloria-Vera.pdf>.

Webb T, Beaumont S. 2013. Atlas mundial de la cerveza. Primera edición. Barcelona: Blume. 256 p. ISBN: 9788415317357.

Zanatta K, Ferreira A. 2012. Curso de sommelier en cervezas. Brazil: Instituto de la cerveza; [accessed 2016 Nov 12]. <https://www.institutodacerveja.com.br/turma/t168/sommelier-de-cervejas-intensivo-sp>.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Plantilla para la evaluación sensorial.

Evaluación sensorial de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*),  
cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja  
Departamento de Agroindustria Alimentaria  
**Prueba Hedónica de Aceptación/Preferencia**

**Nombre Participante:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
**Firma:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Durante la evaluación sensorial se le entregara una muestra, al finalizar la evaluación sensorial de la primera muestra, tocar la compuerta frente a usted para proceder con una segunda muestra y así sucesivamente. Evalúe la apariencia antes de probar cada muestra. Marque con una “X” el cuadro indicando su grado de aceptación.

**Tomar Nota:** Antes de comenzar la evaluación de sabor, primero tomar un sorbo y enjuagar la boca, NO beber el sorbo, se les dará un vaso para depositar el líquido.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta/ ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

**Muestra #:** \_\_\_\_\_

Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Espuma									
Carbonatación									
Color									
Aroma									
Sabor									
Cuerpo									
Amargor									
Efervescencia									
<b>Aceptación General</b>									

## Ranking de Muestras

**Instrucciones:** Una vez que usted haya probado las muestras, en el orden presentado. Ordene las muestras de acuerdo a su preferencia utilizando números del 1 al 4.

Ranking			
1	2	3	4
Más Preferida	Moderado	Regular	Menos Preferida

**Código Muestra:** \_\_\_\_\_

**Comentarios:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**¡Muchas Gracias por su Ayuda!**

## Anexo 2. Especificación malta Biscuit usada en la elaboración de cerveza artesanal ale.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

### ESPECIFICACIÓN

CHÂTEAU BISCUIT®  
Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.7
Extracto (sustancia seca)	%	77.0	
Color del mosto	EBC(Lov.)	45.0 (17.4)	55.0 (21.2)
<b>Propiedades</b>			
Malta belga única y muy especial. Ligeramente secada y ligeramente torrefacta a una temperatura de hasta 160 °C.			
<b>Características</b>			
La malta Château Biscuit proporciona una terminación tostada muy marcada a la cerveza, además de un aroma y un sabor de pan y galletas calientes. La malta Château Biscuit aporta un color marrón cálido claro-medio a la maceración. Esta malta se utiliza para mejorar el sabor y el aroma tostados que caracterizan a las ales y las lagers prestándoles las sutiles propiedades de las maltas negras y chocolate. No tiene enzimas. Debe macerarse con maltas con un exceso de potencia diastática.			
<b>Uso</b>			
Stouts, porters, ale escocesa, cerveza negra belga, ligeramente en ales oscuras para matices de café recién tostado. Hasta el 15% de la mezcla.			
<b>Almacenamiento y tiempo de caducidad</b>			
La malta debe almacenarse en un lugar limpio, fresco (< 22 °C), seco (< 35 RH %) y sin plagas. En estas condiciones, recomendamos utilizar todos los productos de grano en un plazo de 18-24 meses a partir de la fecha de producción y todos los productos molidos en un plazo de tres meses. Las maltas almacenadas incorrectamente pueden perder su frescor y sabor.			
<b>Embalaje</b>			
A granel; A granel en Liner Bag en contenedor; Sacos (25 kg, 50 kg); Big bags (400-1.250 kg). Todos los tipos de embalaje en contenedores de 20' o 40' para las exportaciones.			
<b>IMPORTANTE</b>			
Nosotros garantizamos para todas nuestras maltas una trazabilidad de 100% desde el campo de cebada a través del proceso de producción de la malta hasta la entrega según el Reglamento (CE) n° 178/2002 con respeto a la trazabilidad de los productos alimenticios.			
Todas nuestras maltas son fabricadas según el método tradicional de fabricación de la malta que dura de 8 a 10 días lo que constituye una sólida garantía de alta modificación de los granos y de la calidad superior de las maltas Premium.			
Nuestras maltas son fabricadas en estricta conformidad con la Legislación con respeto a la utilización de los OGM que prohíbe la producción de la malta obtenida a partir de cebada genéticamente modificada dentro de la Comunidad Europea (Directiva 2001/18/CE).			
Nuestra producción está en estricta conformidad con las normas HACCP (Hazard Analyses of Critical Control Points) en vigor.			
Nuestras maltas no sobrepasan los valores límite de los índices admisibles de pesticidas, herbicidas, micotoxinas y nitrosaminas según las normas de la UE e internacionales.			
Las entregas de nuestras maltas están efectuadas exclusivamente para transportadores compulsados GMP.			
Sobre nuestro sitio <a href="http://www.castlemalting.com">www.castlemalting.com</a> vosotros podéis visualizar e imprimir los boletines de análisis de la malta suministrada.			

### Anexo 3. Especificación malta Special B usada en la elaboración de cerveza artesanal ale.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

## ESPECIFICACIÓN

CHÂTEAU SPECIAL B®  
Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		8.0
Extracto (sustancia seca)	%	77.0	
Color del mosto	EBC(Lov.)	260.0 (98.1)	320.0 (120.6)
<b>Propiedades</b>			
Malta oscura belga muy especial que se obtiene a través de un proceso específico de doble secado.			
<b>Características</b>			
Se utiliza para obtener un color de rojo oscuro a negro-marrón oscuro y conseguir un cuerpo más pleno. Sabor y aroma únicos. Da mucho color y un sabor a pasas. Proporciona un rico sabor a malta y un matiz de sabor de nuez y ciruela. Puede utilizarse en lugar de las maltas chocolate y negra si se desea evitar que la cerveza sea amarga.			
<b>Uso</b>			
Ales abadía, dubbel, porter, ales oscuras, doppelbock. Hasta el 10% de la mezcla.			
<b>Almacenamiento y tiempo de caducidad</b>			
La malta debe almacenarse en un lugar limpio, fresco (< 22 °C), seco (< 35 RH %) y sin plagas. En estas condiciones, recomendamos utilizar todos los productos de grano en un plazo de 18-24 meses a partir de la fecha de producción y todos los productos molidos en un plazo de tres meses. Las maltas almacenadas incorrectamente pueden perder su frescor y sabor.			
<b>Embalaje</b>			
A granel; A granel en Liner Bag en contenedor; Sacos (25 kg, 50 kg); Big bags (400-1.250 kg). Todos los tipos de embalaje en contenedores de 20' o 40' para las exportaciones.			
<b>IMPORTANTE</b>			
Nosotros garantizamos para todas nuestras maltas una trazabilidad de 100% desde el campo de cebada a través del proceso de producción de la malta hasta la entrega según el Reglamento (CE) n° 178/2002 con respeto a la trazabilidad de los productos alimenticios.			
Todas nuestras maltas son fabricadas según el método tradicional de fabricación de la malta que dura de 8 a 10 días lo que constituye una sólida garantía de alta modificación de los granos y de la calidad superior de las maltas Premium.			
Nuestras maltas son fabricadas en estricta conformidad con la Legislación con respeto a la utilización de los OGM que prohíbe la producción de la malta obtenida a partir de cebada genéticamente modificada dentro de la Comunidad Europea (Directiva 2001/18/CE).			
Nuestra producción está en estricta conformidad con las normas HACCP (Hazard Analyses of Critical Control Points) en vigor.			
Nuestras maltas no sobrepasan los valores límite de los índices admisibles de pesticidas, herbicidas, micotoxinas y nitrosaminas según las normas de la UE e internacionales.			
Las entregas de nuestras maltas están efectuadas exclusivamente para transportadores compulsados GMP.			
Sobre nuestro sitio <a href="http://www.castlemalting.com">www.castlemalting.com</a> vosotros podéis visualizar e imprimir los boletines de análisis de la malta suministrada.			

**Anexo 4.** Especificación malta Pale Ale usada en la elaboración de cerveza artesanal ale.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

**ESPECIFICACIÓN**

CHÂTEAU PALE ALE  
Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	81.0	
Diferencia f/g	%	1.0	2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)	7.0 (3.2)	10.0 (4.3)
Total proteínas (malta seca)	%		11.5
Proteína soluble	%		4.6
Índice Kolbach	%	38.0	45.0
Hartong 45°	%	36.0	43.0
Viscosidad	cp		1.6
Potencia diastática	WK	250	
Friabilidad	%	80.0	
Vidriado (granos enteros)	%		3.0
NDMA	ppb		2.5
Tiempo de sacarificación	Minutos		20
<b>Propiedades</b>			
Malta de base belga de color claro. Secada a una temperatura de hasta 90-95 °C.			
<b>Características</b>			
Normalmente se utiliza como malta de base o en combinación con la malta Pilsen 2RS para dar a la cerveza un sabor de malta más rico, así como más color. Esta malta de color más intenso puede dar un toque dorado al mosto. Se utiliza con levaduras fuertes para producir cervezas ámbar y amargas. La malta Château Pale Ale se seca durante más tiempo y normalmente está mejor modificada, lo cual le da un sabor más pronunciado que el de la Pilsen 2RS. La actividad enzimática de la malta Château Pale Ale es suficiente si se utiliza con una proporción considerable de maltas especiales no enzimáticas.			
<b>Uso</b>			
Cervezas amargas y pale ale, además de la mayoría de estilos tradicionales de cerveza inglesa. Hasta el 100% de la mezcla.			
<b>Almacenamiento y tiempo de caducidad</b>			
La malta debe almacenarse en un lugar limpio, fresco (< 22 °C), seco (< 35 RH %) y sin plagas. En estas condiciones, recomendamos utilizar todos los productos de grano en un plazo de 18-24 meses a partir de la fecha de producción y todos los productos molidos en un plazo de tres meses. Las maltas almacenadas incorrectamente pueden perder su frescor y sabor.			
<b>Embalaje</b>			
A granel; A granel en Liner Bag en contenedor; Sacos (25 kg, 50 kg); Big bags (400-1.250 kg). Todos los tipos de embalaje en contenedores de 20' o 40' para las exportaciones.			

**Anexo 5.** Especificación malta Arome usada en la elaboración de cerveza artesanal lager.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

## ESPECIFICACIÓN

CHÂTEAU AROME  
Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	78.0	
Color del mosto	EBC(Lov.)	95.0 (36.2)	105.0 (39.6)
pH			5.8

### Propiedades

Malta aromática belga. Germinada a temperatura elevada y secada a una temperatura de hasta 115 °C a fin de desarrollar un aroma considerable.

### Características

La malta Château Arôme proporciona un aroma y un sabor rico a malta a las cervezas lager, ámbar y negras. En comparación con otras maltas tradicionales de color, la malta Château Arôme tiene mayor potencia diastática y proporciona un amargor más suave.

### Uso

Cervezas especiales muy aromáticas. Hasta el 20% de la mezcla.

### Almacenamiento y tiempo de caducidad

La malta debe almacenarse en un lugar limpio, fresco (< 22 °C), seco (< 35 RH %) y sin plagas. En estas condiciones, recomendamos utilizar todos los productos de grano en un plazo de 18-24 meses a partir de la fecha de producción y todos los productos molidos en un plazo de tres meses. Las maltas almacenadas incorrectamente pueden perder su frescor y sabor.

### Embalaje

A granel; A granel en Liner Bag en contenedor; Sacos (25 kg, 50 kg); Big bags (400-1.250 kg). Todos los tipos de embalaje en contenedores de 20' o 40' para las exportaciones.

### IMPORTANTE

Nosotros garantizamos para todas nuestras maltas una trazabilidad de 100% desde el campo de cebada a través del proceso de producción de la malta hasta la entrega según el Reglamento (CE) n° 178/2002 con respeto a la trazabilidad de los productos alimenticios.

Todas nuestras maltas son fabricadas según el método tradicional de fabricación de la malta que dura de 8 a 10 días lo que constituye una sólida garantía de alta modificación de los granos y de la calidad superior de las maltas Premium.

Nuestras maltas son fabricadas en estricta conformidad con la Legislación con respeto a la utilización de los OGM que prohíbe la producción de la malta obtenida a partir de cebada genéticamente modificada dentro de la Comunidad Europea (Directiva 2001/18/CE).

Nuestra producción está en estricta conformidad con las normas HACCP (Hazard Analyses of Critical Control Points) en vigor.

Nuestras maltas no sobrepasan los valores límite de los índices admisibles de pesticidas, herbicidas, micotoxinas y nitrosaminas según las normas de la UE e internacionales.

Las entregas de nuestras maltas están efectuadas exclusivamente para transportadores compulsados GMP.

Sobre nuestro sitio [www.castlemalting.com](http://www.castlemalting.com) vosotros podéis visualizar e imprimir los boletines de análisis de la malta suministrada.

**Anexo 6.** Especificación malta Pilsen usada en la elaboración de cerveza artesanal lager.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

**ESPECIFICACIÓN**  
**CHÂTEAU PILSEN 2RS**  
 Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	81.0	
Diferencia f/g	%	1.5	2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)		3.5 (1.9)
Postcoloración	EBC(Lov.)	4(2.1)	6 (2.8)
Total proteínas (malta seca)	%		11.2
Proteína soluble	%	3.5	4.4
Indice Kolbach	%	35.0	45.0
Hartong 45°	%	34.0	43.0
Viscosidad	cp		1.6
Beta glucans	mg/l		250
pH		5.6	6.0
Potencia diastática	WK	250	
Friabilidad	%	81.0	
Vidriado (granos enteros)	%		2.5
PDMS			5.0
NDMA	ppb		2.5
Filtración			Normal
Tiempo de sacarificación	Minutos		15
Claridad del mosto			Claro
Calibración: - superior a 2.5 mm	%	90.0	
Calibración: - rechazado	%		2.0
<b>Propiedades</b>			
La malta belga de color más claro. Se produce utilizando las mejores variedades de cebada europea de 2 hileras primavera. Secada a una temperatura de hasta 80-85 °C.			
<b>Características</b>			
Se trata de una malta con un color más claro. Está bien modificada y resulta fácil de macerar con una infusión simple, de una sola temperatura. Nuestra malta Château Pilsen tiene un sabor de malta fuerte y dulce a la vez, y contiene una potencia enzimática suficiente como para ser utilizada como malta base.			
<b>Uso</b>			
Todos los tipos de cerveza. Hasta el 100% de la mezcla para las cervezas Pale (Pilsner, Lager) o como parte de la mezcla para otras cervezas.			

**Anexo 7.** Especificación malta Vienna usada en la elaboración de cerveza artesanal lager.



*Maltas Belgas que Hacen Sus Cervezas Tan Especiales*

## ESPECIFICACIÓN

CHÂTEAU VIENNA  
Cosecha 2013

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	80.0	
Diferencia f/g	%	1.5	2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)	4.0 (2.1)	7.0 (3.2)
Total proteínas (malta seca)	%		11.5
Proteína soluble	%		4.3
Índice Kolbach	%	37.0	45.0
Viscosidad	cp		1.65
Friabilidad	%	80.0	
Vidriado (granos enteros)	%		2.5
Tiempo de sacarificación	Minutos		Normal
<b>Propiedades</b>			
Malta de base Vienna belga. Secada ligeramente a una temperatura de hasta 85-90 °C con una «cura» más breve.			
<b>Características</b>			
Tiene un sabor más rico en malta y grano que la malta Pilsen y añade sutiles aromas a caramelo y toffee. La malta Château Vienna se seca a una temperatura ligeramente superior que la malta Pilsen. Es por ello que esta malta confiere a la cerveza un color dorado más intenso, así como más cuerpo y plenitud. A causa del secado a temperaturas elevadas, la actividad enzimática de la malta Château Vienna es ligeramente inferior a la de la malta Pilsen, pero sigue siendo suficiente para utilizarla en combinación con grandes proporciones de maltas especiales.			
<b>Uso</b>			
Todos los estilos de cerveza, lager Vienna. Potencia el color y el aroma de las cervezas suaves. Hasta el 100% de la mezcla.			
<b>Almacenamiento y tiempo de caducidad</b>			
La malta debe almacenarse en un lugar limpio, fresco (< 22 °C), seco (< 35 RH %) y sin plagas. En estas condiciones, recomendamos utilizar todos los productos de grano en un plazo de 18-24 meses a partir de la fecha de producción y todos los productos molidos en un plazo de tres meses. Las maltas almacenadas incorrectamente pueden perder su frescor y sabor.			
<b>Embalaje</b>			
A granel; A granel en Liner Bag en contenedor; Sacos (25 kg, 50 kg); Big bags (400-1.250 kg). Todos los tipos de embalaje en contenedores de 20' o 40' para las exportaciones.			

**Anexo 8.** Determinación del extracto primitivo de la malta de maíz especial.



Para la determinación del extracto primitivo de la malta especial de maíz se realizó el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{Factor denso malta} \times 100\%}{\text{Factor denso azúcar}}$$

Ejemplo:

$$\frac{34 \times 100\%}{46} = 73.91\%$$

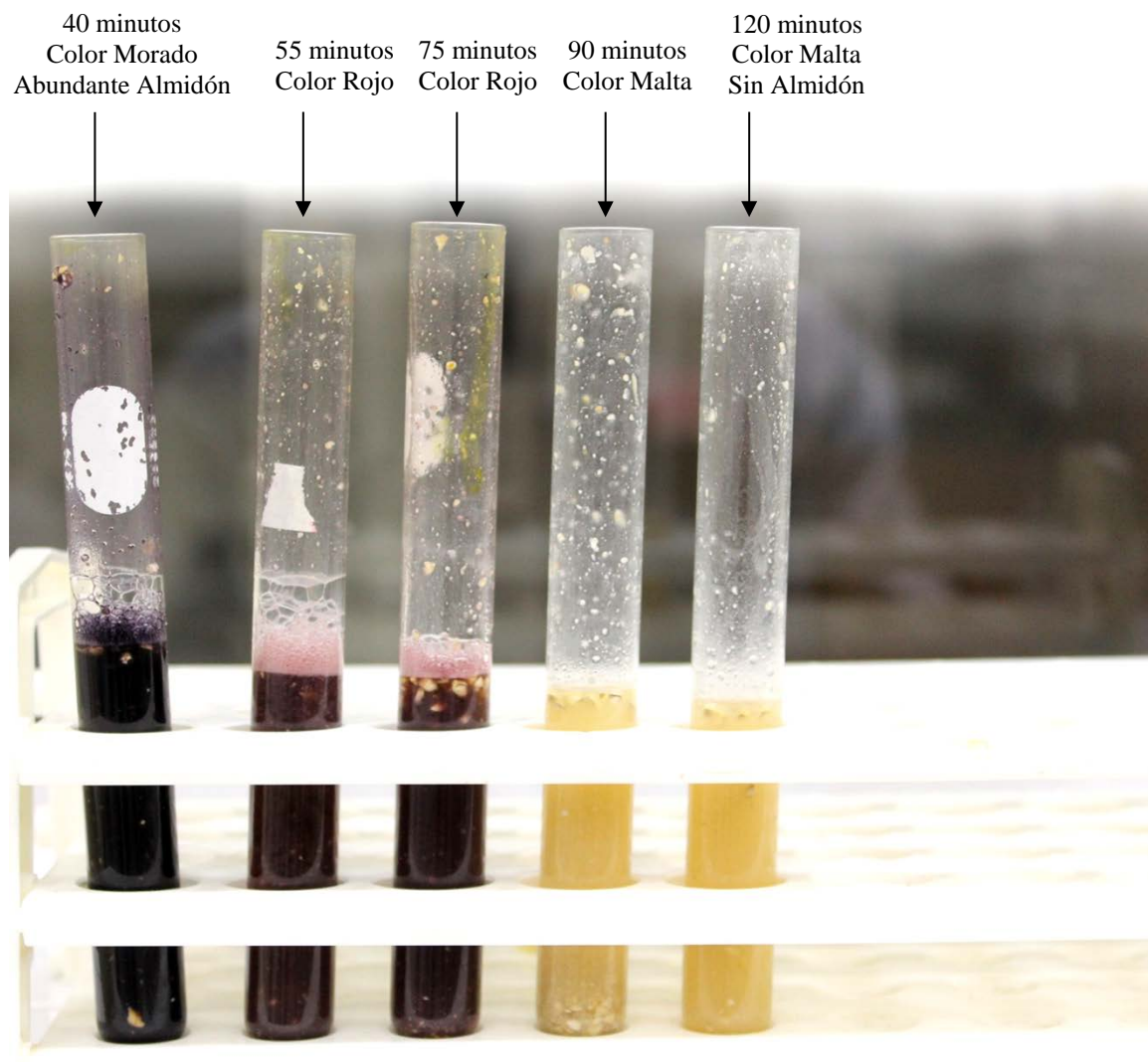
**Nota:** Una libra de azúcar blanca (sacarosa) presenta una densidad inicial de 1.046 kg/litro (factor denso es 46) cuando es disuelta en agua para formar un galón de solución.

### Anexo 9. Determinación Presencia de Almidón.

La presencia del almidón durante la etapa de maceración es un parámetro de finalización, sin embargo, al no contar con el equipo necesario no se puede determinar la conversión eficaz del almidón en azúcares.

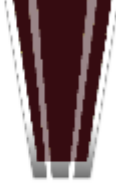

Se utilizó yoduro (yodo) debido a que forma un complejo azul oscuro, en ocasiones un color morado al entrar en contacto en una solución con almidón. Se procedió a llenar por la mitad tubos de ensayos donde se agregó de 3 a 5 gotas de disolución de yodo (Kunze y Manger 2006).

A diferentes tiempo se realizó este proceso y se observó que a los 40 minutos de maceración la solución presento un color morado, indicando una presencia de almidón. A los 55 minutos presento una coloración rojizo, la transformación de almidón a maltosa y otros azúcares comienza. A un tiempo de 2 horas no se presentó coloración indicando que las enzimas terminaron su trabajo.



Anexo 10. Color cerveza ale.

SRM	41.99
EBC	82.7
Lovibond	31.6
MCU	122.0
RGB (Hex)	360c11

Est. grain color (31.6°L)      Est. beer color (41.99 SRM)

Anexo 11. Color cerveza lager.

SRM	30.5
EBC	60.1
Lovibond	23.1
MCU	81.8
RGB (Hex)	5a0f12


Est. grain color (23.1°L)      Est. beer color (30.5 SRM)

Anexo 12. Etiqueta cerveza ale.



ALE  
MAÍZ | CEBADA

**IMPERIAL STOUT**  
*Cerveza Artesanal*

10.74% vol.

Anexo 13. Etiqueta cerveza lager.

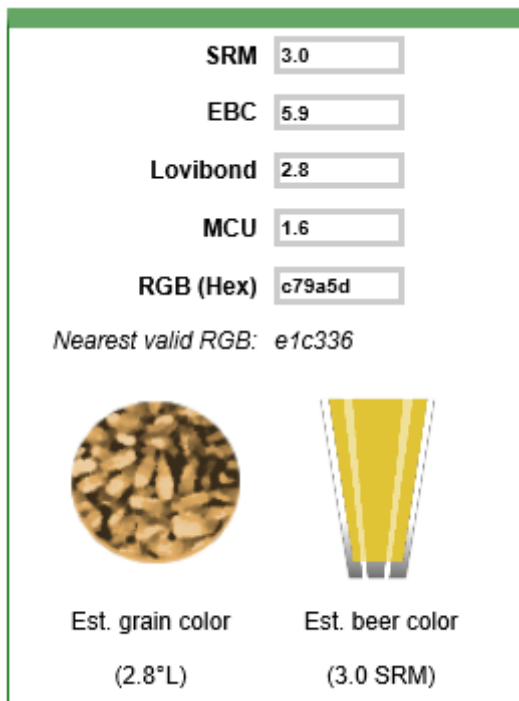


LAGER  
MAÍZ | CEBADA

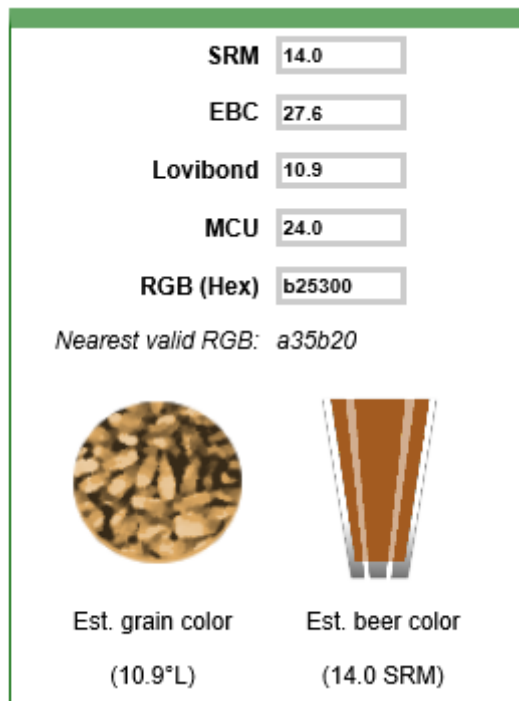
**DOPPELBOCK**  
*Cerveza Artesanal*

6.32 % vol.

**Anexo 14.** Color malta de maíz base.



**Anexo 15.** Color malta de maíz caramelo.



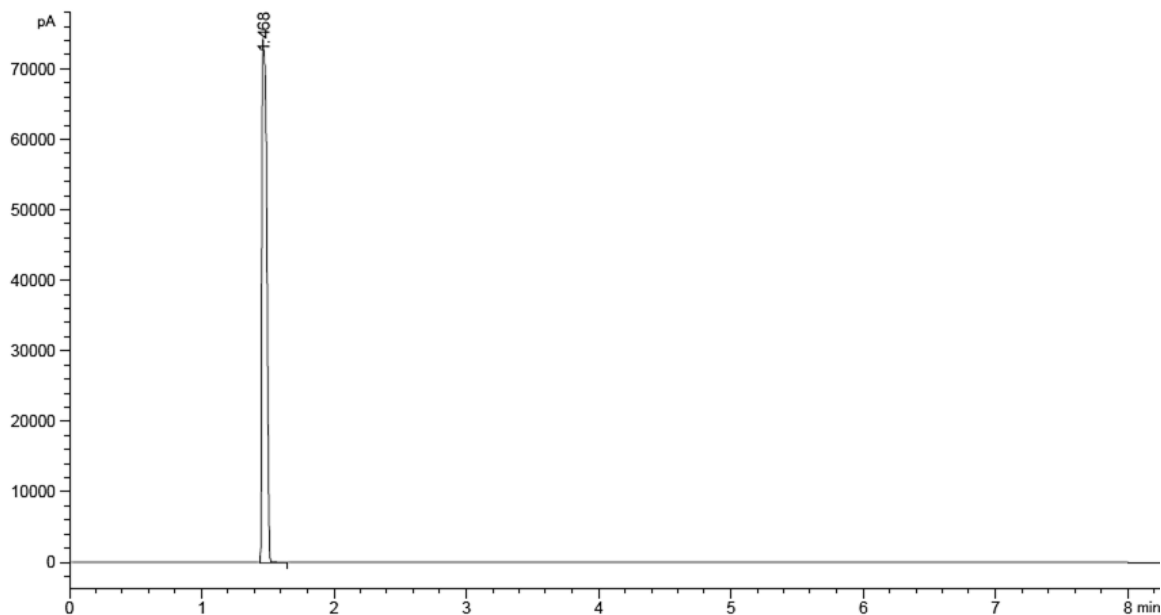
**Anexo 16.** Fotografía malta de maíz base.



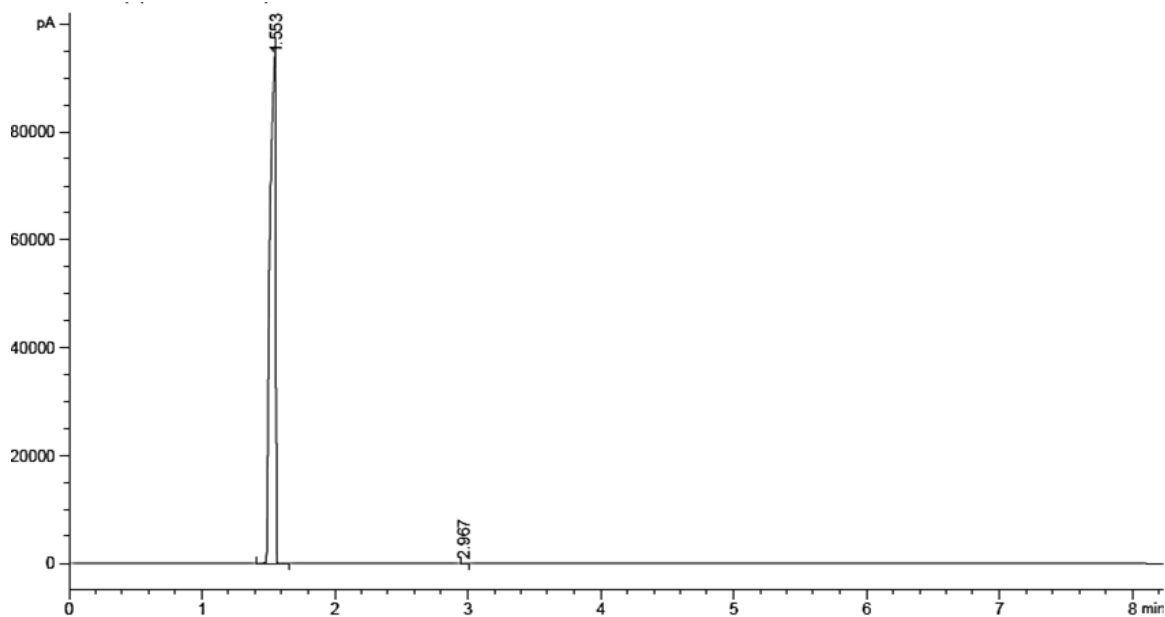
**Anexo 17.** Fotografía malta de maíz caramelo.



**Anexo 18.** Estándares de alcohol para cuantificar etanol y metanol por cromatógrafo de gases, agilent 6890.

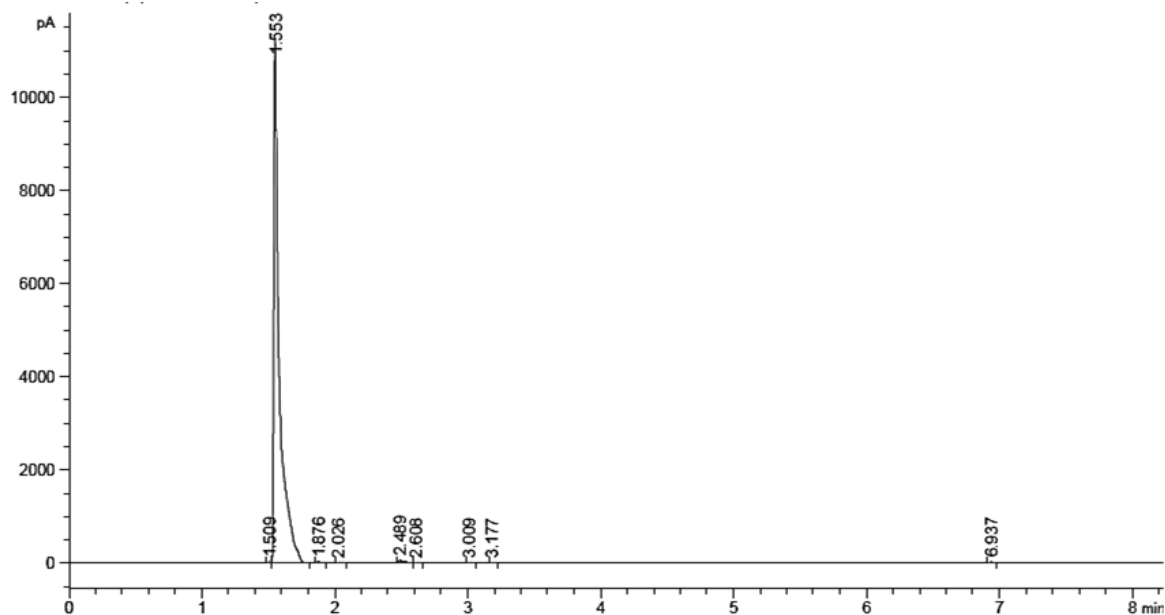


Estándar de metanol, en concentraciones de 0 mL de etanol, 10 mL de metanol.

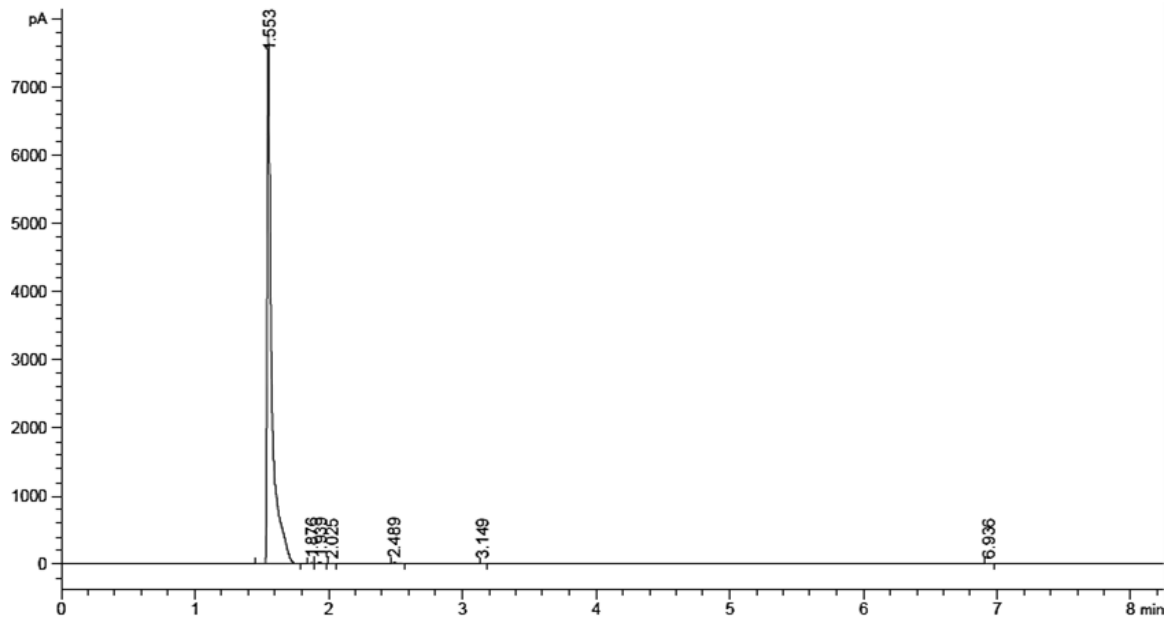


Estándar de etanol, en concentraciones de 10 mL de etanol, 0 mL de metanol.

**Anexo 19.** Cuantificación de alcohol en cerveza ale y lager medidas por cromatógrafo de gases, agilent 6890.

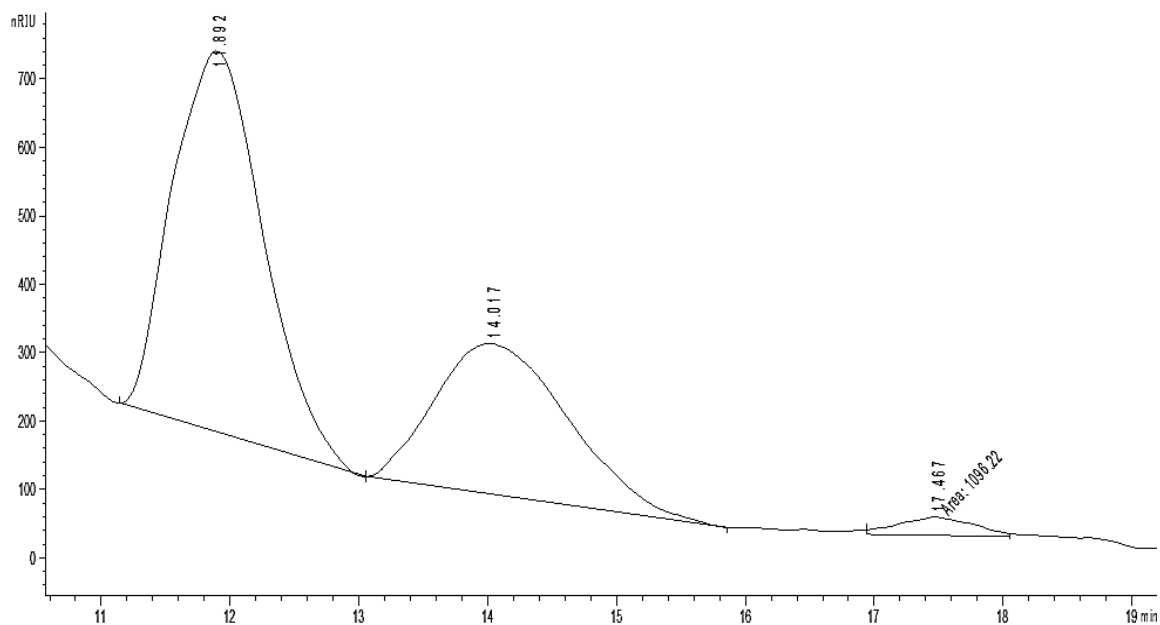


Cuantificación de etanol en muestra de cerveza Ale (10.7% alcohol)

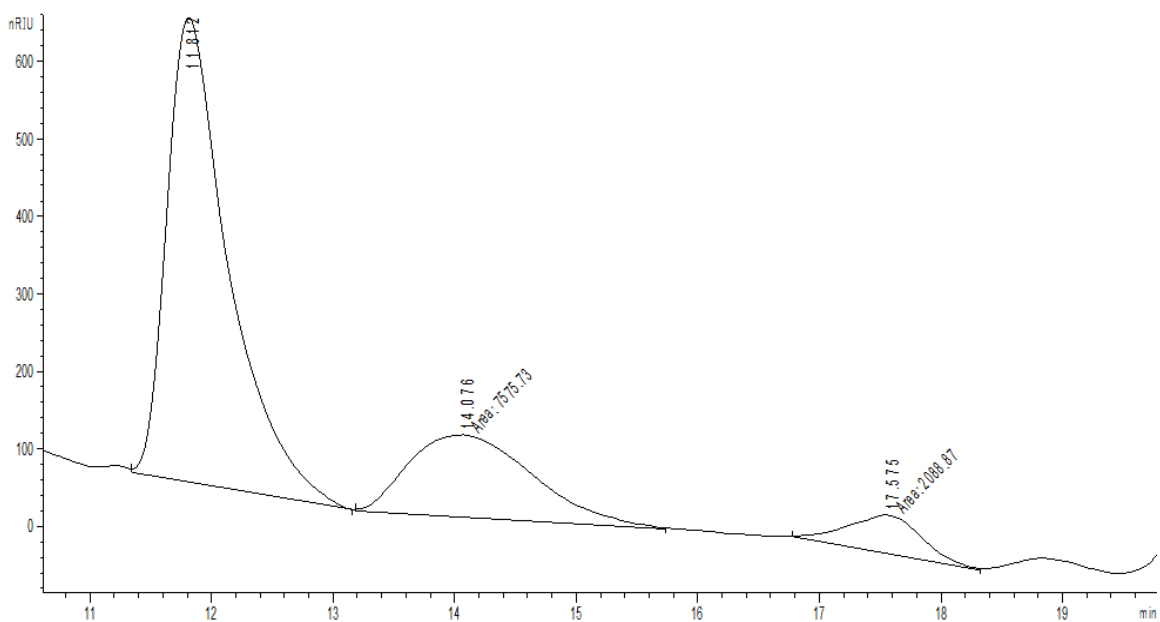


Cuantificación de etanol en muestra de cerveza lager (6.3% de alcohol)

**Anexo 20.** Azúcares cuantificados de maltas elaboradas medidas por HPLC, agilent 1100.



Cuantificación de azúcares en malta base de maíz (110 °C, 115 min)



Cuantificación de azúcares en malta caramelo de maíz (210 °C, 45 min)