

**Desarrollo de una cerveza artesanal American
Pale Ale utilizando como malta base sorgo
(*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum
vulgare*) y endulzada con miel de abeja**

Rodrigo Edilberto Guevara Milla

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de una cerveza artesanal American
Pale Ale utilizando como malta base sorgo
(*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) y
endulzada con miel de abeja**

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

Presentado por

Rodrigo Edilberto Guevara Milla

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2019

Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) y endulzada con miel de abeja

Rodrigo Edilberto Guevara Milla

Resumen. La cerveza artesanal nace como una alternativa para todos aquellos consumidores que buscan una cerveza con más sabor, cuerpo y aromas a diferencia de una cerveza industrial. El objetivo del estudio fue elaborar una cerveza artesanal utilizando sorgo (*Sorghum bicolor*) como malta base con cebada (*Hordeum vulgare*) y endulzada con miel de abeja, sustituyendo parcialmente el uso de malta de cebada por malta de sorgo, y azúcar por miel de abeja y, observando su efecto en la graduación alcohólica y seleccionando el tratamiento de mayor aceptación. Se usó Bloques Completos al Azar (BCA), con LSMEANS para encontrar interacciones entre medias y Duncan para comparar las interacciones entre los factores. Se estableció un proceso de malteado para el sorgo variedad sureño para aprovechar su poder diastático en el proceso de maceración. Se formularon dos tipos de cerveza utilizando malta de sorgo y cebada más miel en una relación 90:10 y 60:40, sin embargo, la graduación alcohólica fue menor al 3%, en donde el poder diastático de la malta de sorgo a comparación a la malta de cebada fue menor en el proceso de maceración. El tratamiento de mayor aceptación fue 100% cebada más azúcar, seguido por el tratamiento 90% sorgo con 10% cebada más miel, cumpliendo con los parámetros de una cerveza artesanal American Pale Ale en gravedad específica, color y pH. El uso de malta de sorgo redujo los costos de producción a comparación a de una cerveza artesanal a base de 100% cebada, lo cual permitiría competir en el mercado hondureño de cervezas.

Palabras claves: Maceración, malteado, poder diastático.

Abstract. The craft beer is born as an alternative for all those consumers who are looking for a beer with more flavor, body and aromas unlike an industrial beer. The objective of the study was to make a craft beer using sorghum (*Sorghum bicolor*) as a base malt with barley (*Hordeum vulgare*) and sweetened with honey, partially replacing the use of barley malt with sorghum malt, and sugar with honey and, observing its effect on alcoholic graduation and selecting the most widely accepted treatment. Randomized Complete Blocks (BCA) was used, with LSMEANS to find interactions between means and Duncan to compare the interactions between the factors. A malting process was established for the sorghum variety sureño to take advantage of its diastatic power in the maceration process. Two types of beer were formulated using sorghum malt and barley plus honey in a ratio of 90:10 and 60:40, however, the alcohol content was less than 3%, where the diastatic power of sorghum malt compared to Barley malt was lower in the maceration process. The most widely accepted treatment was 100% barley plus sugar, followed by 90% sorghum treatment with 10% barley plus honey, complying with the parameters of an American Pale Ale craft beer in specific gravity, color and pH. The use of sorghum malt reduced production costs compared to a craft beer based on 100% barley, which would allow it to compete in the Honduran beer market.

Keywords: Diastatic power, maceration, malting.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firma	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4. CONCLUSIONES	25
5. RECOMENDACIONES	26
6. LITERATURA CITADA	27
7. ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada y azúcar.....	5
2. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale con malta de cebada y miel de abeja.....	6
3. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo (90%) y cebada (10%) y miel de abeja.....	6
4. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo (60%) y cebada (40%) y miel de abeja.....	6
5. Concentración de azúcar y miel de abeja para los procesos de cocción y maduración.....	7
6. Condiciones en las cuales se llevó a cabo el análisis de cada muestra en el Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC)..	12
7. Condiciones de operación en cromatografía para determinar etanol en cerveza..	13
8. Probabilidad obtenida para cada atributo evaluado utilizando una prueba de frecuencias no paramétrica.....	16
9. Medias, desviación estándar (D.E) y porcentaje de alcohol por volumen para cada tratamiento... ..	18
10. Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento..	18
11. Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de pH..	19
12. Media y desviación estándar (D.E) para las escalas L* a* b* para la determinación de color en cada tratamiento.....	20
13. Media y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia en cerveza utilizando las escalas EBC y SRM.....	21
14. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de porcentaje de etanol en cerveza, área y tiempo de elusión para cada tratamiento.....	22
15. Costos de producción para cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada con azúcar.....	23
16. Costos de producción para cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo con cebada más miel.....	24

Figuras	Página
1. Diagrama de flujo de proceso para producir 15.08 kg de malta base a partir de sorgo variedad sureño.....	4
2. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada y azúcar o miel de abeja.....	8
3. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta base de sorgo (90%) con cebada (10%) y miel de abeja.....	9
4. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta base de sorgo (60%) con cebada (40%) y miel de abeja.....	10
5. Análisis de preferencia expresada en porcentaje de los diferentes tratamientos evaluados.....	17

Anexos	Página
1. Ficha técnica, prueba hedónica y de preferencia utilizada en la evaluación sensorial.....	31
2. Clasificación manual de sorgo variedad sureño.....	33
3. Remojo de granos de sorgo variedad sureño en bandejas de plástico.....	33
4. Cámara de germinación controlada de la Planta de Granos y Semillas de Zamorano y germinación del grano de sorgo.....	34
5. Medición de gravedad específica antes y después de fermentación en mosto de cerveza.....	34
6. Filtrado de muestras de cerveza utilizando papel filtro de microfibra para análisis de absorbancia.....	35
7. Conversión de absorbancia a valores EBC y SRM.....	35
8. Colores SRM para análisis de cerveza y mosto..	35
9. Descriptores de color de cerveza utilizando la escala SRM.....	36
10. Parámetros de una cerveza American Pale Ale.....	36
11. Características propias de una cerveza American Pale Ale..	37
12. Cromatogramas de azúcares estándares para cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale Ale..	39
13. Cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale ale.....	41

1. INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida fermentada que ha estado presente en la dieta humana hace miles de años. Ésta 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, en dónde se encontró residuos de cerveza en antiguas vasijas (McGovern 2009). 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 (Gaizunas 2016). En la actualidad, existe una gran diversificación de cervezas y entre ellas encontramos las cervezas artesanales e industriales (dependiendo al tipo de mercado al cuál se dirijan).

Las bebidas fermentadas han tomado un gran valor e importancia económica siendo estas las segundas más consumidas a nivel mundial (Cerveceros España 2017). Entre estas bebidas fermentadas cabe resaltar las cervezas artesanales.

La elaboración de cerveza se debe a partir de ingredientes como: agua, malta, lúpulo y levadura. Ésta consta de seis procesos principales para su elaboración que son: el malteado del grano, maceración, cocción, fermentación, maduración, carbonatación o también llamado, segunda fermentación (Zanatta y Ferreira 2012). Existen dos tipos de cervezas: alta fermentación y baja fermentación. Entre las cervezas de alta fermentación encontramos las cervezas tipo Ale. Éstas son cervezas con sabores y aromas más complejos y paladar más afrutado y, por lo general, son más cremosas y oscuras (Jackson 1999).

Tradicionalmente, la malta de cebada se ha empleado en la producción de cervezas por su poder diastático o amilolítico, superior al de otros cereales (Granado y Gómez 2005). Según la FAO (1995), el sorgo como la cebada, pertenecen a la familia *Poaceae*, pero se agrupa en la tribu *Andropogonae* y en el género *Sorghum*; ejemplos de especies pertenecientes a este género son el *Sorghum vulgare* y el *Sorghum bicolor*. El sorgo a diferencia de la cebada, se adapta a condiciones semiáridas, tropicales y subtropicales (Agu y Palmer 1998); más del 95% del total de los alimentos a partir de sorgo son producidos en África y Asia. Por otro lado, en África resaltan la variabilidad de las cervezas de sorgo en denominación y en proceso de producción según la localización geográfica (Lyumugabe *et al.* 2012). El sorgo es una alternativa como materia prima fundamental en el proceso de producción de cerveza para países tropicales productores de cereal y para personas intolerantes al gluten. El cultivo de sorgo es económicamente rentable basado en su resistencia a la sequía y a la obtención de varias cosechas por año, por lo tanto, disminuye la importación de cebada y

los costos de producción. Sin embargo, una de las principales desventajas de la malta de sorgo es el bajo poder diastático con puntos de gelatinización de almidón superiores a comparación del almidón de cebada y la difícil filtración después de la etapa de maceración debido a la pobre actividad glucosídica (Beta y Corke 2001).

La miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* o por diferentes subespecies a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extra florales que las abejas liban, transportan, transforman, combinan con otras sustancias, deshidratan, concentran y almacenan en panales (Díaz *et al.* 2008). La miel puede tener dos propósitos en la elaboración de una cerveza: para una mayor graduación alcohólica o para dar notas sabor miel a nuestra cerveza.

El uso de malta de cebada, avena, trigo o centeno ha sido una limitante para todos aquellos países no productores de estos cereales. El desarrollo de una cerveza artesanal a base de malta de sorgo abre la posibilidad de indagar en nuevos mercados, atraer a nuevos consumidores y reducir costos de importación. A la misma vez, incluir miel de abeja en su formulación, crea una alternativa para todos aquellos consumidores que quieren probar un nuevo producto, teniendo miel como uno de sus ingredientes principales.

Este trabajo de investigación trata sobre el desarrollo de una cerveza artesanal de alta fermentación tipo Ale, utilizando como malta base sorgo con cebada y endulzada con miel de abeja en dos procesos diferentes: ebullición y fermentación, estableciendo los siguientes objetivos:

- Establecer un proceso de malteado para el grano de sorgo (variedad sureño) para la elaboración de cerveza.
- Determinar la aceptación y preferencia en una cerveza American Pale Ale utilizando como malta base sorgo y endulzada con miel de abeja.
- Evaluar el efecto de adición de miel en la graduación alcohólica de una cerveza artesanal American Pale Ale.
- Determinar las características físico – químicas de los dos tratamientos de mayor aceptación general.
- Determinar los costos variables para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo y endulzada con miel de abeja.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El proceso de malteado para el grano de sorgo (variedad sureño) se realizó en el Laboratorio de Granos y Semillas de Zamorano; el proceso de elaboración de cerveza se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA). Los análisis físicos - químicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), y los análisis sensoriales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial. Las instalaciones se encuentran dentro de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle de Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras, CA.

Parámetros de estudio.

El proyecto se dividió en tres etapas: la primera etapa consistió en el establecimiento del malteado de sorgo. En esta etapa se realizaron pruebas preliminares para determinar la cantidad de sorgo a utilizar en cada tratamiento. También se determinó el porcentaje de humedad y tiempo de remojo, la temperatura y tiempo de germinación y el porcentaje de humedad, tiempo y temperaturas de secado en horno. La segunda etapa consistió en la formulación estándar para una cerveza artesanal American Pale Ale. Acá se definieron las cantidades exactas de cada ingrediente para cada tratamiento, las etapas de adición de miel y azúcar, así como los tiempos y temperaturas para su adición. Para finalizar, se caracterizó la cerveza artesanal American Pale Ale por medio de análisis físicos – químicos y se determinaron los costos variables.

Etapas I. Establecimiento de malteado de sorgo.

Pruebas preliminares para establecer proceso de malteado. Para el establecimiento del proceso de malteado de sorgo se realizaron pruebas para determinar tiempo de remojo y el rango de humedad, temperatura y tiempo de germinación, como a su vez, la humedad relativa del ambiente; también se determinó el tiempo, temperaturas de secado en horno como el porcentaje de humedad final del grano.

Establecimiento de proceso de malteado para grano de sorgo. Se elaboró una malta base a partir del grano de sorgo variedad sureño, en donde, el tiempo de remojo osciló entre 24 a 30 horas a una temperatura entre 20 a 25 °C para alcanzar una humedad entre el 42 a 46%

de humedad. Terminado el remojo, este fue puesto en papel KINPACK húmedo, sobre bandejas de plástico y luego fue sometido a una cámara de germinación, donde la temperatura osciló entre 25 a 30 °C, a una humedad relativa del 55%, en un rango de tiempo de 1 a 3 días. Para mantener la humedad inicial, los granos fueron remojados cada 10 a 12 horas. Para finalizar, los granos de sorgo recibieron un proceso de secado en horno en dos etapas de temperatura: la primera etapa fue a 55 ± 3 °C por 24 horas y la segunda etapa fue a 65 ± 3 °C por 24 horas. El tiempo total de secado fue de 48 horas, obteniendo como resultado final una humedad entre el 2 a 5%. En la Figura 1 se puede observar el flujo de proceso para la elaboración de una malta base a partir del grano de sorgo.

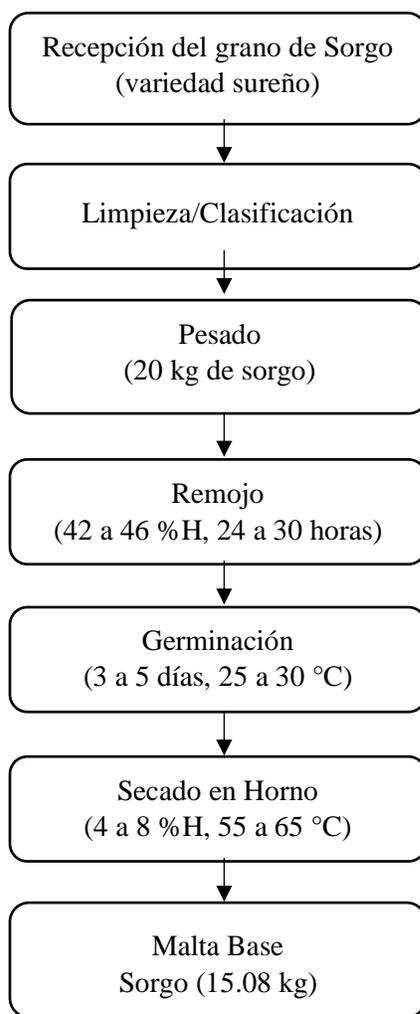


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso para producir 15.08 kg de malta base a partir de sorgo variedad sureño.

Etapa II. Formulación estándar para cerveza artesanal American Pale Ale.

Pruebas preliminares. La cerveza artesanal American Pale Ale se elaboró principalmente con granos malteados, agua, lúpulo y levadura mediante prueba y error. Para el establecimiento de maceración se determinaron tiempo y temperatura, para el correcto desarrollo de enzimas y poder convertir los almidones de los granos malteados en azúcares fermentables; para el proceso de cocción también se determinó tiempo y temperatura; se determinó la temperatura de enfriado final y también se determinaron los tiempos y temperaturas de fermentación. Para este estilo de cerveza, se trabajó con un tipo de levadura de alta fermentación Safale US – 05, adaptada para ese tipo de cerveza. Se realizaron pruebas subjetivas de sabor, color, olor, formación de espuma y análisis sensoriales para la determinación de aceptación en la formulación de una cerveza artesanal American Pale Ale.

Establecimiento de formulación estandarizada para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale. Para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale, se trabajó con malta de cebada y sorgo variedad sureño, dónde una formulación se trabajó con 90% malta de sorgo y 10% malta de cebada y en otra formulación se trabajó 60% malta de sorgo y 40% malta de cebada para agregar color, sabor y aromas característicos de una cerveza American Pale Ale. Para los tratamientos control se trabajó con 100% malta de cebada. Se adicionó azúcar y miel de abeja para obtener una graduación alcohólica arriba del 5%, y dar notas a miel en el producto final. Se añadieron dos tipos de lúpulo en forma de pellets para dar mayor sabor, una complejidad más amplia en aromas y mayor amargor. Se usó levadura marca Safale US – 05 de alta fermentación, específica para este tipo de cerveza. En los cuadros 1, 2, 3 y 4 se puede observar las diferentes formulaciones establecidas en el estudio.

Cuadro 1. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada y azúcar.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	1.98	77.12
Malta Carahell Weyermann	0.20	7.79
Malta Briess Caramel 80L	0.08	3.12
Lúpulo Cascade	0.03	1.05
Lúpulo Columbus	0.01	0.35
Levadura Safale US - 05	0.01	0.45
Azúcar	0.26	10.13
Total	2.57	100

Cuadro 2. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale con malta de cebada y miel de abeja.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	1.98	77.12
Malta Carahell Weyermann	0.20	7.79
Malta Briess Caramel 80L	0.08	3.12
Lúpulo Cascade	0.03	1.05
Lúpulo Columbus	0.01	0.35
Levadura Safale US - 05	0.01	0.45
Miel de abeja	0.26	10.13
Total	2.57	100

Cuadro 3. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo (90%) y cebada (10%) y miel de abeja.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta de sorgo	2.00	78.82
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	0.20	7.88
Malta Carahell Weyermann	0.02	0.79
Malta Briess Caramel 80L	0.01	0.39
Lúpulo Cascade	0.03	1.06
Lúpulo Columbus	0.01	0.35
Levadura Safale US - 05	0.01	0.45
Miel de abeja	0.26	10.25
Total	2.54	100

Cuadro 4. Formulación estándar para 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo (60%) y cebada (40%) y miel de abeja.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Formulación (%)
Malta de sorgo	1.36	52.97
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	0.79	30.77
Malta Carahell Weyermann	0.08	3.12
Malta Briess Caramel 80L	0.03	1.17
Lúpulo Cascade	0.03	1.05
Lúpulo Columbus	0.01	0.35
Levadura Safale US - 05	0.01	0.45
Miel de abeja	0.26	10.13
Total	2.54	100

La concentración de azúcar y miel en los procesos de cocción y maduración se determinó tomando en cuenta las características físico – químicas de cada ingrediente. Para el proceso de cocción se agregó 75% azúcar y 25% en maduración. Con miel de abeja se agregó 55% en el proceso de cocción y 45% en maduración (cuadro 5).

Cuadro 5. Concentración de azúcar y miel de abeja para los procesos de cocción y maduración.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Proceso	Formulación (%)
Azúcar	0.195	Cocción	75%
Azúcar	0.065	Maduración	25%
Miel de abeja Zamorano	0.143	Cocción	55%
Miel de abeja Zamorano	0.117	Maduración	45%

Establecimiento del proceso de elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale. Se fijaron los diferentes parámetros para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale, se definieron concentraciones a utilizar, tiempos para cada proceso y temperaturas para una producción homogénea. Se realizó un flujo de proceso para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale (Figura 2, 3 y 4).

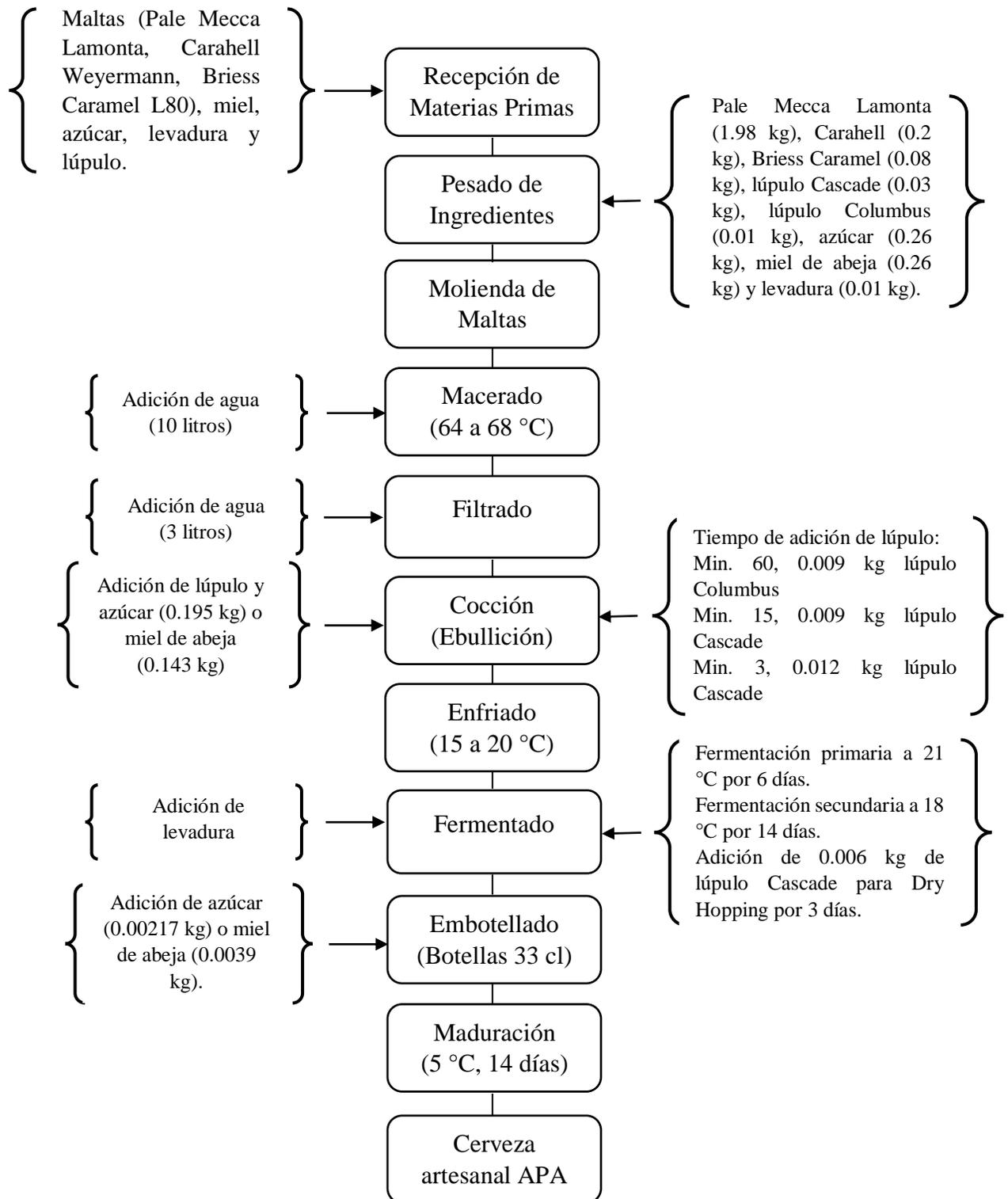


Figura 2. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando malta de cebada y azúcar o miel de abeja.

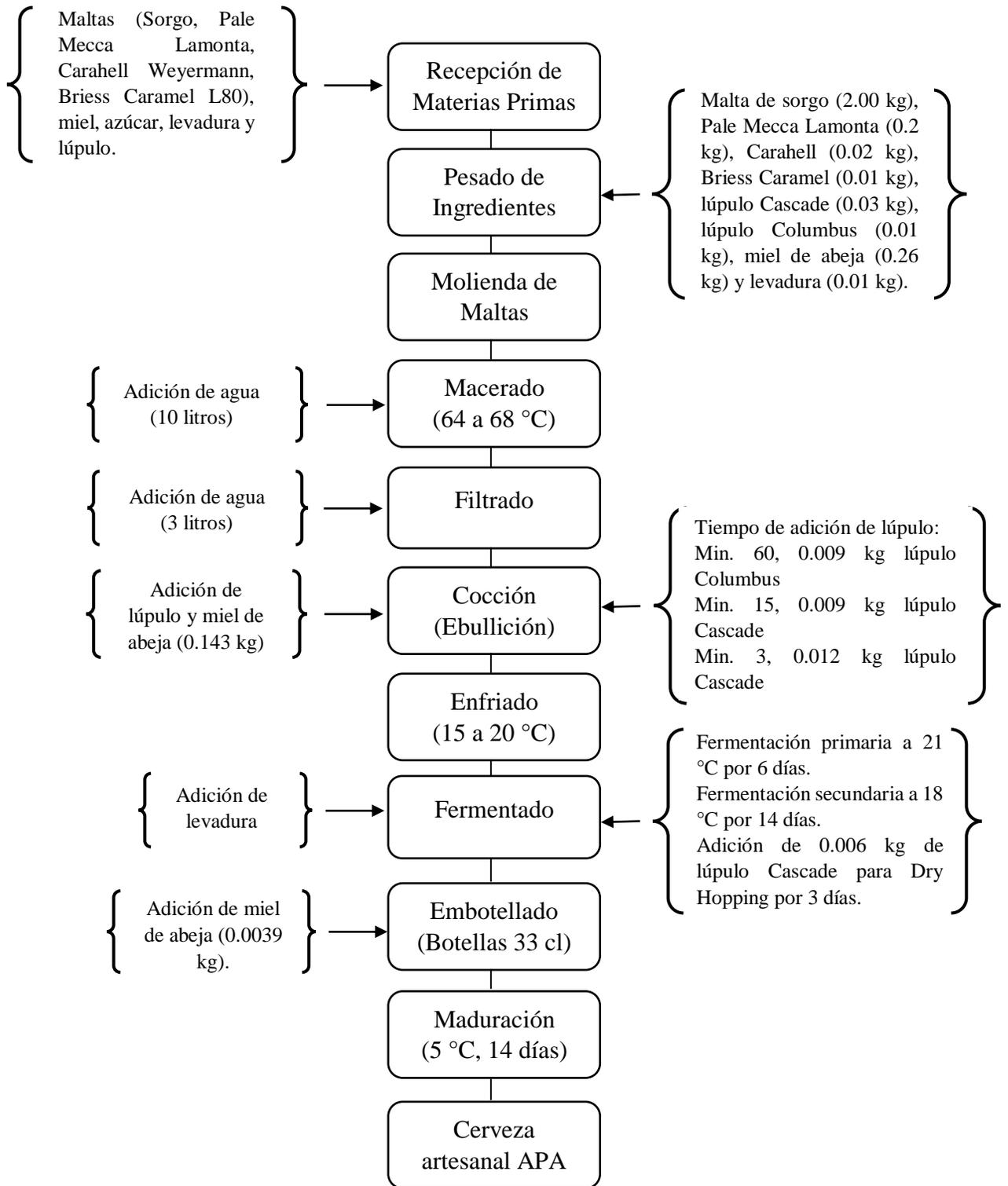


Figura 3. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando malta base de sorgo (90%) con cebada (10%) y miel de abeja.

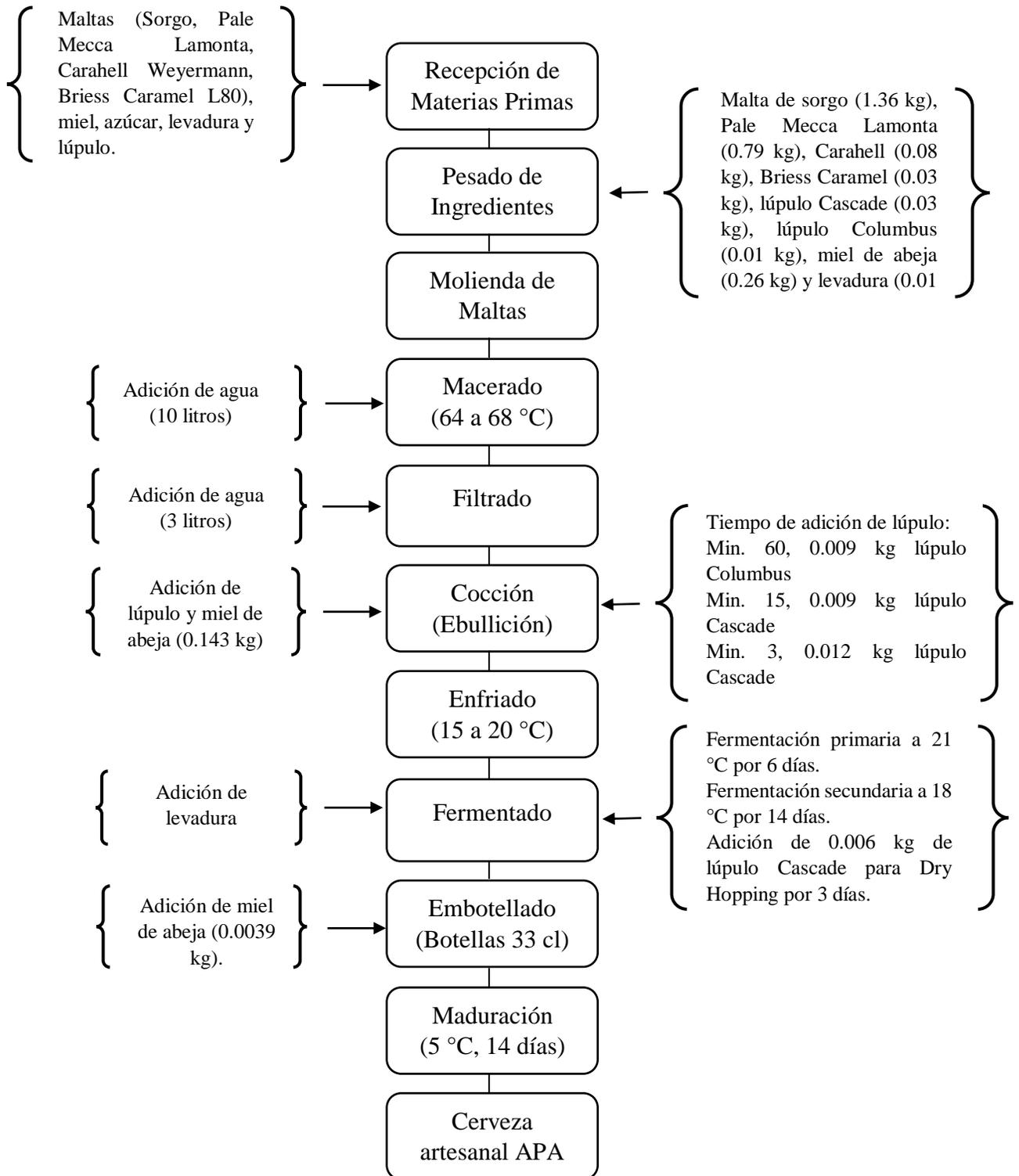


Figura 4. Diagrama de flujo de proceso para producir 10 litros de cerveza artesanal APA utilizando malta base de sorgo (60%) con cebada (40%) y miel de abeja.

Análisis sensorial. Se utilizó una prueba hedónica para determinar el tratamiento de mayor aceptación y preferencia utilizando panelistas no entrenados. También se elaboró una ficha técnica a fin de conocer más sobre el consumo de cerveza de cada panelista. En la prueba hedónica se utilizó una escala de nueve puntos, donde uno fue una calificación de “Me disgusta muchísimo” y nueve de “me gusta muchísimo”. Cada análisis sensorial se repitió tres veces por tratamiento y los atributos evaluados fueron color, aroma, espuma, carbonatación, efervescencia, turbidez, amargor, cuerpo, sabor y la aceptación general.

Etapas III. Caracterización de una cerveza artesanal American Pale Ale.

Análisis físicos – químicos.

Sólidos solubles totales (°Brix). Se midió la cantidad de sólidos solubles para cada tratamiento con un refractómetro de bolsillo PAL-3, marca ATAGO, con escala de 0 a 93 ± 0.1% utilizando el método AOAC 983.17 (Nielsen 2010). Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en alimentos, expresados en porcentaje de sacarosa (NMX 2012). Se tomó una muestra de 50 ml en un beaker de 100 ml y se agregó 0.5 ml de muestra a temperatura de 20 °C, con tres repeticiones por tratamiento.

Potencial de hidrógeno (pH). Se utilizó el potenciómetro marca OHAUS, modelo STARTER 2100, según método AOAC 981.12 (AOAC 2005). El potencial de hidrógeno (pH) es la acidez o alcalinidad de una solución las cuales están determinadas por la concentración de H⁺ (Velázquez y Ordorica 2009). Se elaboraron dos soluciones buffer estándar para calibrar el potenciómetro (pH 4 y 7) y posterior a eso, fue lavado con agua destilada para cada medición. Se evaluó cada tratamiento utilizando 150 ml de muestra en beakers de 250 ml.

Gravedad específica. Se utilizó un hidrómetro de precisión Safety – Blue para determinar la gravedad específica de cada tratamiento. La gravedad específica es la densidad relativa de una sustancia a la densidad del agua (Mosher & Trahtam, 2017). Cada muestra fue colocada en una probeta de 250 ml, luego se sumergió el hidrómetro de precisión dentro de la probeta con la muestra en un rango de temperatura entre 15 a 20 °C.

Color. Se midió el color por medio del equipo Colorflex Hunter L* a* b*, utilizando el método AN 1018.00 (HunterLab 2017). Los valores obtenidos fueron reportados como L*, a* y b*, en donde L* corresponde a luminosidad para indicar colores oscuros (0 – 50) y claros (51 – 100). La escala a* corresponde valores positivos (rojo) o negativos (verde) y la escala b* también corresponde a valores positivos (amarillo) y negativos (azul) (HunterLab 2016).

Absorbancia. Se determinó mediante un espectrofotómetro UV-Vis marca Agilent Technologies modelo Cary 8454, utilizando el método AOAC 962.13 (AOAC 2005), con una longitud de onda determinada de 430 nm a 20 °C. Estos valores permiten determinar

los colores utilizados por la European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM o °L). EBC es aproximadamente 1.97 veces el color SRM ($EBC = 1.97 \times SRM$ o bien $SRM = EBC / 1.97$) (Smith 2008). Para el filtrado de cada muestra se utilizó un filtro de microfibras marca VICAM, con diámetro de 11 cm, para el análisis de cada muestra.

Perfil de azúcares. Para la cuantificación de azúcares se utilizó el equipo de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) marca Agilent Technologies series 1200 según el método AOAC 982.14 (Nielsen 2010). Este método permite conocer el contenido de cada uno de los monosacáridos y disacáridos individuales, y la sumatoria de estos, el contenido total de azúcares de un alimento (Zacarías *et al.* 2011). Se cuantificaron seis azúcares estándar como glucosa, fructuosa, galactosa, lactosa, sacarosa y maltosa. Para cada azúcar estándar se pesaron 10 mg en una disolución de agua desionizada (H₂O DI) y etanol, en una relación 1:1. Se aforó en un matraz volumétrico de 100 ml, luego se colocó en baño María por 25 minutos a 80 °C, y se trasvasó 1 ml en viales color ámbar, por medio de una jeringa de 5 ml con ecofiltro tipo HPLC de 0.22 µm de Nylon.

Para la elaboración de cada muestra se pesaron 3 gramos en un matraz volumétrico de 100 ml. Se agregó etanol grado HPLC al 50% diluido con agua desionizada hasta llegar a 50 ml; luego se colocaron en baño maría a 80 °C por 25 minutos. Se retiraron pasado los 25 minutos y se dejaron enfriar para luego aforar con etanol al 50% hasta llegar a los 100 ml. Se filtró cada muestra utilizando jeringas de 5 ml por medio ecofiltros de 0.22 µm y se trasvasó 1ml por muestra, por vial. En el cuadro 6 se muestran las condiciones cromatográficas.

Cuadro 6. Condiciones en las cuales se llevó a cabo el análisis de cada muestra en el Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC).

Módulos	Parámetros
Guarda columna	Hi Plex 7.7 × 50 mm
Columna	Hi Plex Ca 300 × 7.7 mm 8 µm
Temperatura de la columna	80 °C
Fase móvil	H ₂ O DI
Detector	IR
Velocidad de flujo	0.6 ml/min
Tiempo de corrida	40 min
Volumen de inyección	20 µl

Perfil de alcoholes. La cuantificación de etanol se llevó a cabo por medio de un cromatógrafo de gases modelo Agilent 6890 Series GC System, con software GC ChemStation 2010, utilizando el método 984.14 de la AOAC (AOAC 2005). La cromatografía de gases (GC) es una técnica de laboratorio que separa las mezclas en componentes individuales. Es usado para identificar componentes y medir sus

concentraciones (Agilent 2002). Las condiciones de operación con las cuáles se cuantificó etanol en cerveza en cromatografía de gases se pueden observar en el cuadro 7.

Se elaboró una curva estándar con n-Propanol y etanol a diferentes concentraciones. Para n-Propanol se utilizaron 12.5 ml de n-Propanol y 237.5 ml de agua desionizada en una probeta de 250 ml, para obtener n-Propanol al 5%. Se prepararon concentraciones de etanol con n-Propanol en una relación 1:1. Se preparó etanol al 8, 7, 6, 5, 4, 3 y 2% por medio de diluciones, en probetas de 250 ml y para cada concentración, se mezcló 5 ml de etanol y 5 ml de n-Propanol, en donde se extrajo 1.5 ml para cada vial. Para la elaboración de cada muestra, se trabajó de igual manera, en una relación cerveza y n-Propanol (1:1). Se mezclaron 5 ml de n-Propanol al 5% y 5 ml de cerveza. Para cada tratamiento se hicieron tres repeticiones.

Cuadro 7. Condiciones de operación en cromatografía de gases para determinar etanol en cerveza.

Módulos	Parámetros
Gases	Hidrógeno
Columna	SP - 30 m × 0.320 mm × 0.25 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 80.0 Velocidad lineal 39 cm/seg
Duración del método	8.25 min
Volumen de inyección	1.0 µL (microlitos)
Patrones	Metanol y etanol

Análisis estadístico. Se utilizaron dos tipos de análisis estadísticos, uno para el análisis sensorial y otro para los análisis físico – químicos. Para el análisis sensorial se utilizó una prueba de frecuencias no paramétricas (Chi cuadrado) y para los análisis físicos – químicos se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con LSMEANS para encontrar interacciones entre medias y Duncan para comparar las medias de los factores principales, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Para el análisis estadístico se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]). Se realizaron tres repeticiones por tratamiento para obtener un total de 12 unidades experimentales.

Análisis de costos. Se realizaron estimaciones sobre los costos variables de los insumos utilizados para la elaboración de los dos tratamientos de mayor aceptación y preferencia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa I. Establecimiento de malteado de sorgo.

Limpieza y clasificación. El grano de sorgo pasó por un proceso de pre acondicionamiento en la planta de Granos y Semillas de Zamorano, en donde, se redujo la humedad del grano entre 11 a 12% de humedad, y se clasificó el grano por tamaño para tener una mayor uniformidad en la etapa de germinación. De igual forma, se volvió a clasificar el grano de sorgo manualmente para aumentar el grado de homogeneidad antes de la etapa de remojo. Según Kunze (2006), la pureza de la variedad es la base para una calidad uniforme.

Remojo. En esta etapa, la humedad alcanzada por el sorgo variedad sureño a 24 horas de remojo osciló entre 40 a 46% de humedad sin presentar daños en los granos como pudrición del grano o daños por hongos. La humedad máxima para la óptima imbibición de las semillas es hasta 42 a 46%, contribuyendo así a una germinación homogénea (Fauconnier *et al.* 2011). Los granos de sorgo presentaron pudrición de semilla en remojos a más de 30 horas. También presentaron daño por hongos en la cámara de germinación por la alta humedad que poseían. El crecimiento de hongos en granos de cereales se desarrolla fácilmente en humedades arriba del 20% (FAO 2002).

Germinación. Para esta etapa se tomó en cuenta las características del grano de cebada en germinación para obtener una malta cervecera, en donde, su contenido de agua tiene que ser mayor al 40% de humedad, una aireación constante para evitar la muerte del embrión y temperaturas entre 17 a 18 °C para obtener maltas tipo Pilsner y temperaturas entre 23 a 25 °C para obtener maltas oscuras (Kunze 2006). El grano de sorgo fue sometido a una cámara de germinación por un lapso de tiempo entre 24 a 72 horas a una temperatura entre 25 a 30 °C, a una humedad relativa del 50 a 60%. La germinación del grano se determinó por el tamaño de la plúmula, en donde esta tiene que ser 3 veces más grande que el tamaño del grano (Kunze 2006). La viabilidad del sorgo fue homogénea y mayor al 90%.

Secado en horno. En esta etapa se removió la humedad del grano de sorgo en un horno de convección mecánica. Los granos de sorgo germinado fueron metidos acá por un rango de tiempo de 48 horas. En las primeras 24 horas fueron sometidos a una temperatura de 55 °C y posterior a 65 °C, donde cada hora y media se monitoreaba la temperatura con un termómetro electrónico. Esto ayudó a remover la humedad de los granos y obtener una humedad final después del secado en horno entre un 2 a un 4%. Para Llorca (2003), el

objetivo de remover la humedad es prevenir el crecimiento y modificación del grano, conseguir un producto estable, preservar las enzimas y así evitar la vitrificación del grano, así como desarrollar y estabilizar sabor y color e inhibir la formación de compuestos químicos indeseables.

Etapa II. Formulación estándar de cerveza artesanal American Pale Ale, análisis sensorial.

Para los atributos de espuma, carbonatación, efervescencia, color, turbidez, aroma, sabor, cuerpo y amargor, así como la aceptación general, no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$), por lo cual, todos los atributos evaluados por los diferentes panelistas fueron iguales y tuvieron la misma aceptación. El no haber existido diferencias entre tratamientos se dio por dos razones: la primera, por la baja cantidad de panelistas que participaron en la evaluación sensorial (28 panelistas), y por ser panelistas no entrenados. En el cuadro 8 se muestra la probabilidad obtenida para cada atributo en las tres evaluaciones sensoriales.

Cuadro 8. Probabilidad obtenida para cada atributo evaluado utilizando una prueba de frecuencias no paramétrica.

Atributo	Pro > ChisSq
Espuma	0.9191
Carbonatación	0.7357
Efervescencia	0.9661
Color	0.5033
Turbidez	0.5766
Aroma	0.4865
Sabor	0.1521
Cuerpo	0.7216
Amargor	0.1344

Análisis de preferencia. A final de cada evaluación sensorial los panelistas ordenaron los tratamientos de mayor a menor preferencia. Para cada tratamiento se realizaron tres repeticiones para reducir el coeficiente de variación. La cerveza con mayor preferencia y aceptación fue 100% cebada más azúcar, seguida por la cerveza 90% sorgo y 10% cebada más miel (Figura 5).

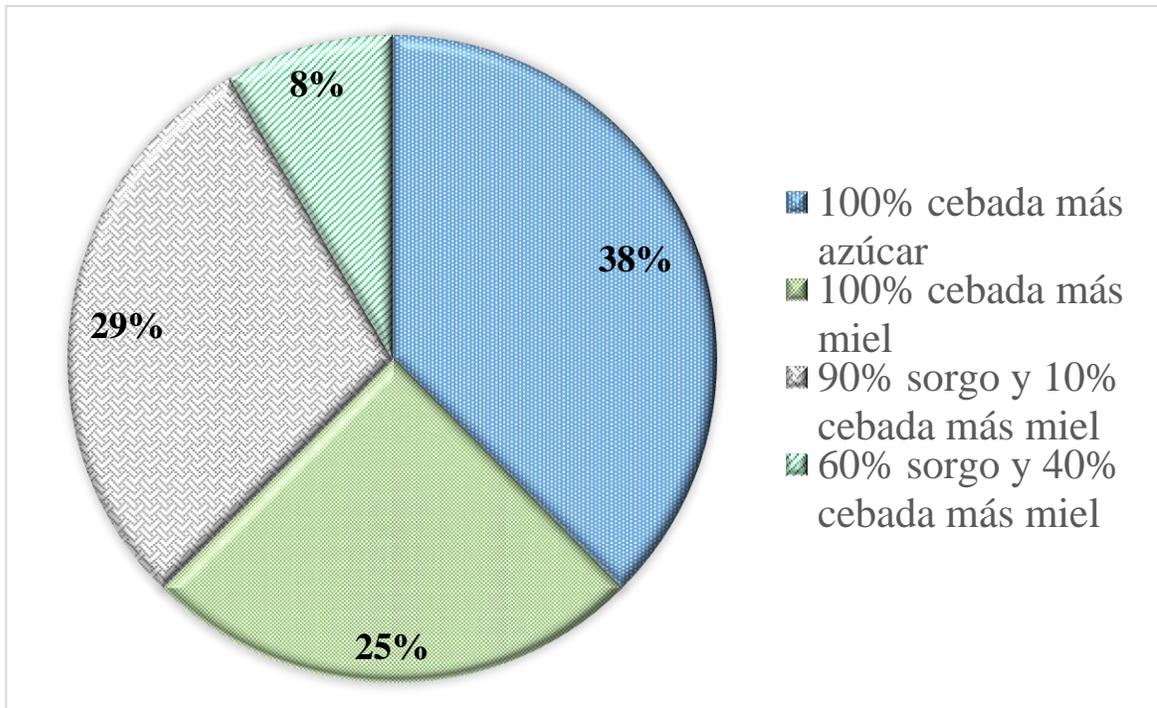


Figura 5. Análisis de preferencia expresada en porcentaje para los diferentes tratamientos evaluados.

Etapa III. Caracterización de una cerveza artesanal American Pale Ale, análisis físico-químicos.

Gravedad específica. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), como se puede observar en el cuadro 9. Para Gallardo *et al.* (2013), el porcentaje de alcohol por volumen osciló entre 2.02 a 3.24%, siendo 2.02% para sorgo malteado sin adición de enzimas y siendo 3.24% para sorgo malteado con adición de enzimas amilolíticas. Para Serna (2005), la adición de amiloglucosidasa aumentó la concentración de glucosa en la cantidad de azúcares fermentables entre un 27 a 44%, obteniendo una cerveza con un contenido alcohólico de 3.95% sin adición amiloglucosidasa, y de 4.67% con adición de amiloglucosidasa. La densidad final de la cerveza depende directamente de las materias primas y la maceración de las mismas, ya que estas extraen los componentes esenciales del mosto que luego se fermentan. Asimismo, la densidad final también depende de una adecuada fermentación (Monge 2016). Cuánto más denso sea el mosto, más alcohol tendrá la cerveza acabada y mayor cantidad de lúpulo necesitará (Huxley 2011). El porcentaje de alcohol por volumen se refiere a la medida estándar para medir la cantidad de alcohol en una bebida. Se define como los mililitros de etanol puro presentes en 100 ml de una solución a 20 °C (Cerveceros de México 2017).

Cuadro 9. Medias, desviación estándar (D.E) y porcentaje de alcohol por volumen para cada tratamiento.

Tratamiento	Gravedad específica (kg/m ³)	
	Gravedad específica final	% ABV
100% cebada más azúcar	1018 ± 3.46 ^a	4.3 ± 0.50 ^a
100% cebada más miel	1013 ± 4.04 ^a	3.7 ± 0.59 ^a
90% sorgo con 10% cebada más miel	1019 ± 1.15 ^a	2.0 ± 0.26 ^a
60% sorgo con 40% cebada más miel	1016 ± 5.77 ^a	2.9 ± 0.33 ^a
CV (%)		0.30

% ABV = Porcentaje de alcohol por volumen.

(^a) Medidas seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Sólidos solubles totales (°Brix). Estadísticamente sí hubo diferencia significativa entre tratamientos (P < 0.05). A un mismo tiempo de maceración, los grados Brix fueron menores para los tratamientos utilizando malta de sorgo que utilizando malta de cebada (cuadro 10). González (2015) explica que, a mayor tiempo de maceración tanto los grados Brix como los Azúcares Reductores Totales (ART) tienden a aumentar, resultado de la solubilidad y conversión de los almidones. Ortega (2016) empleando 0.05% de la enzima Termamyl en malta de sorgo obtuvo un porcentaje de grados Brix entre 5.3 a 6.9, obteniendo una graduación alcohólica entre 1 a 2.37%. Los grados Brix también son un indicador del porcentaje de alcohol que se podrá obtener en nuestra cerveza final. A mayor grados Brix, mayor porcentaje de alcohol, reflejándose en cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 10. Tiempo de maceración, media y desviación estándar (D.E) para grados Brix en cada tratamiento.

Tratamiento	Grados Brix	
	Tiempo de maceración	Grados Brix (%) ± D.E
100% cebada más azúcar	115 min	7.16 ± 0.44 ^a
100% cebada más miel	115 min	5.87 ± 1.30 ^{ab}
90% sorgo con 10% cebada más miel	115 min	4.42 ± 2.66 ^c
60% sorgo con 40% cebada más miel	115 min	4.78 ± 1.28 ^{bc}
CV (%)		24.09

°Brix (%) = g/100g de agua.

(^{a-c}) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Potencial de hidrógeno (pH). Estadísticamente sí hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$). El tratamiento con 90% malta de sorgo con 10% malta de cebada más miel presentó el pH más alto entre los diferentes tratamientos (cuadro 11). Ortega (2016), indica que el pH en una cerveza a base de sorgo a fin de ser apta para consumo tiene que oscilar entre 3.5 a 5. Según la Norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta (2016), las cervezas y las bebidas de malta deberán presentar un pH inferior o igual a 5.5, lo cual, todos los tratamientos se encuentran dentro del rango de pH tanto para cervezas a base de sorgo, así como lo establecido por la Norma de la calidad de la cerveza y de las bebidas de malta.

Cuadro 11. Tiempo de maduración, media y desviación estándar (D.E) para la determinación de pH.

Tratamiento	pH	
	Tiempo de maduración	pH \pm D.E
100% cebada más azúcar	14 días	4.21 \pm 0.05 ^b
100% cebada más miel	14 días	4.09 \pm 0.07 ^c
90% sorgo con 10% cebada más miel	14 días	4.29 \pm 0.10 ^a
60% sorgo con 40% cebada más miel	14 días	4.18 \pm 0.04 ^b
CV (%)		1.64

pH = Escala de 1 a 14; 1 es ácido, 7 es neutro y 14 es alcalino.

(^{a-d}) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Color. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las escalas L* y a* ($P > 0.05$), pero sí hubo diferencia significativa para la escala b* entre tratamientos ($P < 0.05$). El tratamiento 1 obtuvo el valor más alto en la escala b* (47.74 \pm 1.48) a comparación de los otros tratamientos (cuadro 12). Para los tratamientos utilizando malta de sorgo, la escala b* fue igual para ambos tratamientos (3 y 4), lo cual quiere decir que el proceso de secado del sorgo en hornos de convección fue uniforme. Las maltas secadas a temperaturas entre 50 a 70 °C suelen dar como resultado colores claros y se conocen como maltas base; las maltas sometidas a tiempos prolongados de temperatura de tostado brindan una coloración oscura en la cerveza (Kunze 2006), y sabores muchos más intensos. También, en el calentamiento del mosto se produce una reacción química llamada reacción de Maillard. Esta reacción es la responsable de las diferentes tonalidades de amarillo o marrón que observamos en los diferentes tipos de cerveza (Morales 2018).

Cuadro 12. Media y desviación estándar (D.E) para las escalas L* a* b* para la determinación de color en cada tratamiento.

Tratamiento	Color L* a* b*		
	L* ± D.E	a* ± D.E	b* ± D.E
100% cebada más azúcar	39.81 ± 2.94 ^a	12.52 ± 0.28 ^a	47.74 ± 5.47 ^a
100% cebada más miel	41.39 ± 4.94 ^a	10.20 ± 1.60 ^a	43.30 ± 7.91 ^b
90% sorgo con 10% cebada más miel	40.60 ± 7.11 ^a	10.00 ± 9.25 ^a	36.59 ± 11.4 ^c
60% sorgo con 40% cebada más miel	39.61 ± 7.38 ^a	9.23 ± 5.60 ^a	34.14 ± 5.62 ^c
CV (%)	13.21		

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

(^a) Medidas seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (P > 0.05).

(^{a-c}) Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Absorbancia. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P > 0.05). Para los cuatro tratamientos analizados la absorbancia fue igual y para los tratamientos utilizando malta de sorgo fue igual tanto en la escala EBC como SRM, en dónde se utilizó malta de sorgo en diferente proporción (cuadro 13). Los colores para las cervezas pueden variar desde un color amarillo pajizo muy claro (SRM 1–2) hasta una cerveza muy oscura o casi negra (SRM > 40) (Mosher & Trantham 2017). Según los valores obtenidos en la escala SRM, el tratamiento 1 tiene un color entre ámbar profundo a cobre claro (10 – 14), y los tratamientos 2, 3 y 4 tienen un color ámbar (6 – 9).

Cuadro 13. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de absorbancia en cerveza utilizando las escalas EBC y SRM.

Tratamiento	Absorbancia		
	Absorbancia \pm D.E	EBC	SRM
100% cebada más azúcar	0.81 \pm 0.04 ^a	20.25	10.28
100% cebada más miel	0.68 \pm 0.09 ^a	17	8.63
90% sorgo con 10% cebada más miel	0.78 \pm 0.48 ^a	19.5	9.90
60% sorgo con 40% cebada más miel	0.78 \pm 0.44 ^a	19.5	9.90
CV (%)			36.99

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

(^a) Medidas seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Perfil de azúcares. Para el análisis de azúcares después de fermentación, no se pudo determinar si hubo o no diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos no identificaron en ningún tratamiento algún azúcar a comparación con los tiempos de retención de los azúcares estándares utilizados, los cuales fueron seis: glucosa, fructuosa, galactosa, sacarosa, maltosa y lactosa. Esto sucedió porque en la etapa de fermentación los azúcares fermentables fueron aprovechados en su totalidad por las levaduras de alta fermentación (levaduras tipo Ale). Por medio de los cromatogramas se pudo observar que en ningún tratamiento se encontraron azúcares fermentables. Según Kunze (2006), los azúcares disponibles son los azúcares de bajo peso molecular tales como los mono, di y oligosacáridos. Los azúcares presentes según el orden de concentración son: maltosa, maltotriosa, glucosa, sacarosa, fructosa y que en conjunto constituyen del 75 al 85 por ciento del extracto total, el otro 15 a 20 por ciento son azúcares no fermentables tales como dextrinas, beta-glucanos, pentosanos y oligosacáridos.

Perfil de alcoholes. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), indicando esto que la producción de alcohol fue igual para cada tratamiento. Serna (2005), indica que el porcentaje de alcohol en una cerveza lager utilizando sorgo malteado fue de 3.95%, con adición de enzima amiloglucosidasa fue de 4.67%. Para Gallardo *et al.* (2013), utilizando sorgo malteado el porcentaje de etanol fue de 1.68 a 3.24%. El tiempo de elusión para n – Propanol fue de 1.547 y para etanol fue de 1.504 (cuadro 14). Según Mencía y Pérez (2016), utilizando el mismo método y mismas condiciones de operación en el cromatógrafo de gases Agilent 6890, el tiempo de elusión de metanol fue de 1.44 minutos, utilizando una muestra estándar de metanol puro. En las muestras analizadas de cerveza no se muestran picos a este tiempo de elusión, mostrando ausencia de metanol en cada muestra, pero sí se muestran picos a tiempos superiores a

1.547. La presencia de otros compuestos que no son etanol ni agua son precisamente las sustancias que tienen su origen fundamentalmente como coproductos de la fermentación, o provenientes de la materia prima, como acompañantes o formados durante el proceso de separación y purificación (ICIDCA 2017).

Cuadro 14. Medias y desviación estándar (D.E) para la determinación de porcentaje de etanol en cerveza, área y tiempo de elusión para cada tratamiento.

Tratamientos	Parámetros		
	Etanol % (v/v)	Área	Tiempo de elusión
100% cebada más azúcar	2.41 ± 0.66 ^a	791.77 ± 270.17	1.507 ± 0.004
100% cebada más miel	1.76 ± 0.42 ^a	1197.57 ± 77.38	1.507 ± 0.003
90% sorgo con 10% cebada más miel	1.62 ± 0.03 ^a	537.37 ± 179.91	1.505 ± 0.002
60% sorgo con 40% cebada más miel	1.63 ± 0.27 ^a	783.60 ± 121.96	1.508 ± 0.007
CV (%)			22.49

Elusión = parámetro expresado en minutos.

CV (%) = Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Análisis de costos. Se determinaron los costos variables de producción para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale de mayor aceptación y preferencia obtenida por los panelistas.

Para la producción de 10 litros de cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada con azúcar, se obtuvo un costo por tanda de HNL. 2,722.12, un costo por litro de HNL. 272.21 y un costo por botella de 330 ml de HNL. 89.83. Los costos más altos fueron los de importación de la malta, lúpulo y levadura, por ser materias primas que no se producen en el país o región (cuadro 15). Cabe destacar que, a este precio, su venta en el mercado hondureño no sería muy competitivo, ya que cervezas artesanales de este tipo tanto nacionales como internacionales se encuentran en un rango de precio entre 50 a 100 HNL por unidad de 330 ml, el cual, haría que esta cerveza tuviera que ser bien aceptada y reconocida entre los consumidores hondureños.

Cuadro 15. Costos de producción para una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de cebada con azúcar.

Insumos	Costo Unit. (USD)	Cantidad (kg)	Total (USD)	Total (HNL)
Agua	0.004	10	0.04	0.98
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	6.36	1.98	12.59	308.17
Malta Carahell Weyerman	4.82	0.2	0.96	23.59
Malta Briess Caramel 80L	5.48	0.08	0.44	10.73
Lúpulo Columbus	70.20	0.009	0.63	15.47
Lúpulo Cascade	70.20	0.027	1.90	46.40
Levadura Safale Ale US-05	433.91	0.012	4.99	122.15
Importación malta de cebada, lúpulo y levadura	-	-	69.27	1695.73
Azúcar	23.00	0.26	5.98	146.39
Botella de vidrio ambar de 330 mL	0.70	20.00	14	342.72
Chapas corona de 26 mm	0.02	20.00	0.4	9.79
Costo de producción			111.20	2722.12
Costo por litro			11.12	272.21
Costo por botella 330 mL			3.67	89.83

Tasa de cambio HNL. 24.48 = USD 1.00

Los costos para la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo con cebada más miel, fueron menores en comparación a las elaboradas con malta de cebada con azúcar, la cuales fueron las más preferidas en los panelistas. Los costos de producción por tanda de 10 litros fueron de HNL. 1020.81, un costo por litro de HNL. 102.08 y un costo por botella de 330 ml de HNL 33.69. Los costos de producción por botella disminuyen en HNL. 56.14, siendo más competitivo que las cervezas artesanales elaboradas con cebada más azúcar y las cervezas de importación que se encuentran en el mercado hondureño, para las cuales el precio oscila entre 50 a 100 HNL. por unidad de 330 ml. De igual forma, se puede observar en el cuadro 16, los costos mayores siguen siendo los de importación de materia prima, aun así, utilizando una formulación con 90% malta de sorgo con 10% malta de cebada más miel.

Cuadro 16. Costos de producción para una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando malta de sorgo con cebada más miel.

Insumos	Costo Unit. (\$)	Cantidad (kg)	Total (\$)	Total (HNL.)
Agua	0.004	10.00	0.04	0.98
Malta de sorgo	2.00	2.00	4.00	97.92
Malta Laca Mecca Lamonta (American Pale)	6.36	0.20	1.27	31.13
Malta Carahell Weyerman	4.82	0.020	0.10	2.36
Malta Briess Caramel 80L	5.48	0.010	0.05	1.34
Lúpulo Columbus	70.20	0.009	0.63	15.47
Lúpulo Cascade	70.20	0.027	1.90	46.40
Levadura Safale Ale US-05	433.91	0.012	4.99	122.15
Importación malta de cebada, lúpulo y levadura	-	-	8.34	204.16
Azúcar	23.00	0.260	5.98	146.39
Botella de vidrio ambar de 330 mL	0.70	20.0	14.00	342.72
Chapas corona de 26 mm	0.02	20.0	0.40	9.79
Costo de producción			41.70	1020.81
Costo por litro			4.17	102.08
Costo por botella 330 mL			1.38	33.69

Tasa de cambio HNL. 24.48 = USD 1.00

4. CONCLUSIONES

- El proceso de malteado de sorgo variedad sureño fue menos eficiente en la translocación de azúcares complejos a azúcares fermentables que el grano de cebada, reflejándose en el porcentaje de alcohol por volumen.
- Las cervezas elaboradas con malta de cebada y azúcar mostraron una mayor aceptación y preferencia por los panelistas por presentar un mayor grado de dulzor, seguida por las cervezas elaboradas con malta de sorgo (90%) y malta de cebada (10%).
- Las cervezas elaboradas con miel de abeja en comparación con las elaboradas con azúcar presentaron un grado alcohólico menor.
- Las cervezas elaboradas con malta de cebada y azúcar presentaron rangos aceptables en color, gravedad específica y pH, cumpliendo con los parámetros de una cerveza American Pale Ale.
- El uso de malta de sorgo redujo los costos de producción de cerveza considerablemente, lo cual le permite competir en el mercado hondureño tanto con las cervezas artesanales nacionales e internacionales.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones en la elaboración de maltas claras y oscuras utilizando malta de sorgo variedad sureño.
- Aumentar el tiempo de maceración en la elaboración de una cerveza American Pale Ale para una mayor disposición de azúcares fermentables.
- Realizar investigaciones comparando la adición de miel y azúcar en la graduación específica final y en el porcentaje de alcohol por volumen en la elaboración de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo variedad sureño.
- Realizar investigaciones en la elaboración de cervezas artesanales tipo lager utilizando malta de sorgo variedad sureño.
- Realizar investigaciones en elaboración de cervezas artesanales comparando la malta de cebada y la malta de sorgo con adición de enzimas en el proceso de maceración para una mayor disposición de azúcares fermentables.
- Realizar análisis sensoriales con panelistas entrenados.

6. LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official methods of analysis, method number 981.12. 18a ed. Washington D.C.(Estados Unidos de América): Association of Official Agricultural Chemists; [consultado 2019 abr 16]. <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=18372>
- AOAC. 2005. Official methods of analysis, method number 984.14. 18a ed. Washington D.C.(Estados Unidos de América): Association of Official Agricultural Chemists; [consultado 2019 abr 16]. <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=1287>
- AOAC. 2005. Official methods of analysis, method number 962.13. 18a ed. Washington D.C.(Estados Unidos de America): Association of Official Agricultural Chemists; [consultado 2019 abr 16]. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Agilent Technologies. 2002. Fundamentals of Gas Chromatography. 1ra ed. USA: Agilent Technologies, Inc; [actualizado Mayo 2002]. https://www.agilent.com/cs/library/usermanuals/Public/G1176-90000_034327.pdf.
- Agu RC, Palmer GH. 1998. A reassessment of sorghum for lager-beer brewing. *Bioresource Technology*. 66(3):253–261. doi:10.1016/S0960-8524(98)00047-9.
- Akingbala JO, Gomez MH, Rooney LW, Sweat VE. 1988. Thermal Properties of Sorghum Starch. *Starch - Stärke*. 40(10):375–378. doi:10.1002/star.19880401003.
- Antonio-Estrada C, Bello-Pérez LA, Martínez-Sánchez CE, Montañez-Soto JL, Jiménez-Hernández J, Vivar-Vera MA. 2009. Producción enzimática de maltodextrinas a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) Enzymatic production of maltodextrins from taro (*Colocasia esculenta*) starch. *CyTA - Journal of Food*. 7(3):233–241. doi:10.1080/19476330903091300.
- Beta T, Corke H. 2001. Genetic and Environmental Variation in Sorghum Starch Properties. *Journal of Cereal Science*. 34(3):261–268. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521000903795>. doi:10.1006/jcers.2000.0379
- BJCP. 2004. Beer style guidelines [internet]. [Consultado el 3 de ago. de 2019]. <https://www.bjcp.org/styles04/Category10.php#style10A>
- BJCP. 2015. Beer style guidelines [internet]. [Consultado el 3 de ago. de 2019]. https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf.
- Boffill-Rodríguez Y, Gallardo-Aguilar I. 2014. Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. *Revisión bibliográfica. Tecnología Química*. 34(3):324–334.
- Cerveceros de España. 2017. Importancia socioeconómica de las bebidas fermentadas [internet]. Madrid (España): Asociación de Cerveceros de España. [consultado el 8

- de jun. de 2018]. https://cerveceros.org/uploads/5b30d4612433a__Informe_Cerveceros_2017.pdf
- Cerveceros de México. 2017. ¿Por qué ponerle atención al nivel de ABV en una cerveza? [internet]; [actualizado el 21 de nov. de 2017; consultado el 23 de jun. de 2019]. <https://cervecerosdemexico.com/2017/11/21/por-que->
- Cerveza Artesana. 2014. La guía definitiva de la malta. Barcelona (España); [actualizado el 19 de oct. de 2014; consultado el 25 de jun. de 2019]. <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>.
- Dewar J, Taylor JRN, Berjak P. 1997. Determination of Improved Steeping Conditions for Sorghum Malting. *Journal of Cereal Science*. 26(1):129–136. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521096901010>. doi:10.1006/jcrs.1996.0101.
- Díaz Forestier J, Gómez M, Montenegro G. 2009. Secreción de néctar de quillay: una herramienta para una apicultura sustentable. *Agronomía y Forestal* 35: 27-29.
- FAO. 1995. Sorghum and millets in human nutrition. FAO Food Nutrition Series 27. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy.
- FAO. 2002. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural - Los granos y su calidad. [actualizado el 15 de abr. de 2002; consultado el 18 de abr. de 2019]. <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027s03.htm>.
- Fauconnier ML, Jardin PD, Jamar C. 2011. Cell wall polysaccharides hydrolysis of malting barley (*Hordeum vulgare* L.): a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(2): 301-313.
- Fernández, C. & Garro, O. 2004. Alcohol a partir de sorgo dulce. Sacarificación y fermentación. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Recuperado Febrero 21, 2012, Universidad nacional del Nordeste. Argentina. [Consultado el 22 de jul. de 2019). Sitio web: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-074.pdf>.
- Gaiziunas A. 2016. Innovation to add value for the modern brewpub internet. Estados Unidos: Brewers Association; [accessed 2016 oct 05]. <https://www.brewersassociation.org/articles/innovation-to-add-value-for-the-modern-brewpub/>
- Gallardo I, Boffill Y, Ozuna Y, Gómez O, Pérez M, Saucedo O. 2013. Producción de bebidas usando sorgo malteado como materia prima para enfermos celíacos. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 1(4):61-74.
- Gigliarelli P. 2013. Miel en la elaboración de cerveza. Buenos Aires (Argentina); [consultado 2018 mar 29]. <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=401>
- González Chávez JF. 2015. Obtención de maltina a partir de sorgo malteado como materia prima fundamental. Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas. [Consultado 6 de jul. de 2019]. <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/11112>
- Granado S, Gomez H. 2005. Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge. Recuperado, Febrero 21, 2012. Proceedings of the International Workshop on Food Barley Improvement, 14-17 January 2002, Hammamet, Tunisia. ICARDA, Aleppo, Syria, x+156 pp. En. ISBN: 92-9127-173-0, Sitio Web: http://www.icarda.org/publications/price_list/book3/food%20barley.pdf.
- Honduras. 2013. Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura. Tegucigalpa, Honduras. http://www.fao.org/pgafa-gpa-archive/hnd/files/Honduras_RFAA_2013.pdf.

- HunterLab. 2016. Medición de color utilizando Hunter L, a, b versus CIE 1976 L* a* b* - AN-1005b [internet]. Estados Unidos: Hunter Associates Laboratory: [actualizado 2016 mar 07; consultado 2019 Abr 21]. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b>
- HunterLab. 2017. Using Hitch Standardization on a Series of Color Measuring Instruments - AN-1018b. [sin lugar]: HUNter Associates Laboratory, Inc; [actualizado 01 de febrero de 2017]. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204138175-Using-Hitch-Standardization-on-a-Series-of-Color-Measuring-Instruments-AN-1018b>
- Huxley S. 2011. La cerveza... poesía líquida: Un manual para cervesiáfilos. 2da ed. Somonte-Cenero, Gijón: Trea. 429 p. (La comida de la vida). ISBN: 8497045920.
- ICIDCA. 2017. Aspectos generales sobre la determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas. La Habana, Cuba: ICIDCA. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223158039009.pdf>.
- INAP. 2016. Norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta. España. <http://laadministracionaldia.inap.es/noticia.asp?id=1160630>.
- Jackson M. 1999. Cerveza. Libro de ed. Argentina. Buenos Aires: El Ateneo. 192 p. ISBN: 950-02-8499-5.
- Kunze W. 2006. Tecnología para cerveceros y malteros. 1a. ed. en español. Berlin: VLB Berlin. 1075 p. ISBN: 978-3-921690-54-3.
- Lavery A. 2012. Como elaborar cerveza sin gluten. [Internet]. España. <http://www.fabricarcerveza.es/cerveza-sin-gluten/item/104-elaborar-cerveza-sin-gluten>
- Llorca M. 2003. Modelización de la operación de secado de malta, por aire caliente, en lecho fijo y capa profunda. Tesis Doctoral. Recuperado Abril 2, 2012, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Salamanca. ISBN: 84-89727-64-3. <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8369/mllorca.pdf?sequence=463>. Pág. 1-137.
- Lyumugabe F, Gros J, Nzungize J, Bajyana E, Thonart P. 2012. Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 4(16):509-530.
- McGovern PE. 2009. *Uncorking the past: The quest for wine, beer, and other alcoholic beverages*. 1. pbk. print. Berkeley, Calif.: University of California Press. XV, 330 Seiten. ISBN: 9780520267985.
- Mencia Sánchez GA, Pérez Gallegos RD. Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonatada con azúcar y miel de abeja [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 26 p.
- Monge Flores AE. 2016. Cambios en las condiciones de proceso de una cerveza artesanal de la empresa treinta y cinco fábricas de cervezas para obtener un producto con una mejor coloración y la densidad relativa requerida [Tesis]. Universidad de Costa Rica. 1 p.
- Morales M. 2018. Reacciones químicas en la cerveza [internet]. *Revista de Química*; [actualizado el 24 de abr. de 2018]. <file:///D:/OneDrive%20-%20Zamorano/Downloads/20105-80002-3-PB.pdf>.
- Mosher M, Trantham K. 2017. *Brewing science: A multidisciplinary approach*. Cham: Springer. xiii, 408. ISBN: 978-3-319-46393-3.

- Nielsen SS. 2010. Food Analysis. Boston, MA: Springer US. ISBN: 978-1-4419-1477-4.
- NMX. 2012. Industria azucarera y alcoholera - determinación de grados brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados - método del refractómetro. México: Secretaría de economía. [consultado el 21 de abr. de 2019]; <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114839/NMX-f-275-1992.pdf>.
- Ortega Díaz M. 2016. Producción de cerveza empleando integralmente el grano de sorgo [Tesis]. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara, Cuba. 43 p.
- Owuama CI. 1997. Owuama CI. 1997. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 13(3):253–260. doi:10.1023/A:1018566503879.
- Owuama CI, Asheno I. 1994. Studies on malting conditions for sorghum. Food Chemistry. 49(3):257–260. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814694901694>. doi:10.1016/0308-8146(94)90169-4.
- Proceedings of the International Workshop on Food Barley Improvement, 14-17 January 2002, Hammamet, Tunisia. ICARDA, Aleppo, Syria, x+156 pp. En. ISBN: 92-9127-173-0, Sitio Web: http://www.icarda.org/publications/price_list/book3/food%20barley.pdf.
- Serna S, Urias D, Pozo D, Hernández C. 2005. Efecto de la adición de amiloglucosidasa en las propiedades de cervezas lager producidas a partir de sorgo. 35° Congreso de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Recuperado, Abril 2, 2012, Revista Transferencia ITESM: Año 18 (70). Sitio web: http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/70/Investigacion_70/Investigacion1_70.htm.
- Smith B. 2008. Beer Color: Understanding SRM, Lovibond and EBC [internet]. [Consultado 2019, Abr 21]. <http://beersmith.com/blog/2008/04/29/beer-color-understanding-srm-lovibond-and-ebc/>
- Velázquez M, Ordorica V. 2009. Ácidos, bases, pH y soluciones reguladoras. [Internet]; [actualizado el 23 de jul. de 2009; consultado el 24 de jun. de 2019]. <http://www.bioquimica.dogsleep.net/Teoria/archivos/Unidad24.pdf>
- Zacarías H, Vera G, Olivares C, Satunirno de Pablo V, Reyes M, Rodríguez L, Uauy R, Araya M. 2011. Estudio "propuesta de criterios y recomendación de límites máximos de nutrientes críticos para la implementación de la ley de composición de alimentos y su publicidad. Santiago, Chile: Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile. <https://www.minsal.cl/portal/url/item/d68cf20e14279b92e0400101650119e3.pdf>.
- Zanatta K, Ferreira A. 2012. Sommelier de cerveza [internet]. Sao Paulo (Brasil): Instituto de la cerveza; [consultado 2016 Nov 12]. <https://www.institutodacerveja.com.br/turma/t168/sommelier-decervejas-intensivo-sp>

7. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica, prueba hedónica y de preferencia utilizada en la evaluación sensorial.

Ficha Técnica

Nombre panelista: _____ Edad: _____

Nacionalidad: _____ ¿Usted fuma? Sí No

¿Edad a la que inició a consumir cerveza? _____

¿Lo consume frecuentemente?

¿Cantidad que ingiere de acuerdo a su frecuencia de consumo?

Diariamente Semanalmente Mensualmente

¿En qué momentos prefiere consumir esta bebida?

—

¿Qué tipo de cervezas le gustan más? ¿Claras u oscuras? ¿Por qué?

—

¿Usted antes había participado de actividades de degustación de cervezas? Sí su respuesta es "Sí" explicar dónde y por qué motivo.

Sí No

Continuación Anexo 1.

Evaluación sensorial de cerveza artesanal American Pale Ale con malta de sorgo (*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) endulzada con miel de abeja

**Departamento de Agroindustria Alimentaria
Prueba hedónica de aceptación y preferencia**

Nombre participante: _____ **Fecha:** ___/___/___
Firma: _____ **No. Panelista:** _____

Instrucciones: Durante la evaluación sensorial se le entregará un vaso de vidrio para poder degustar cada muestra. Usted se servirá la cantidad que sea necesaria para poder llevar a cabo el análisis sensorial. Evalúe los atributos de formación de espuma, color, aroma, transparencia/turbidez antes de probar cada muestra. Marque con una “X” el cuadro indicando su grado de aceptación. Al finalizar la evaluación sensorial de la primera muestra, tocar la compuerta frente a usted para proceder con la segunda muestra y así sucesivamente hasta llegar a evaluar la cuarta muestra.

Tomar nota: Antes de comenzar la evaluación sensorial de sabor, tomar un sorbo de agua 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									
Efervescencia									
Color									
Transparencia/Turbidez									
Aroma									
Sabor									
Cuerpo									
Amargor									
Aceptación General									

Observaciones: _____

Continuación Anexo 1.

Prueba hedónica de preferencia

Instrucciones: Una vez haya concluido la degustación, ordene de mayor a menor preferencia las muestras, siendo el numeral 1 la muestra más preferida y el 4 la muestra menos preferida.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Observaciones:

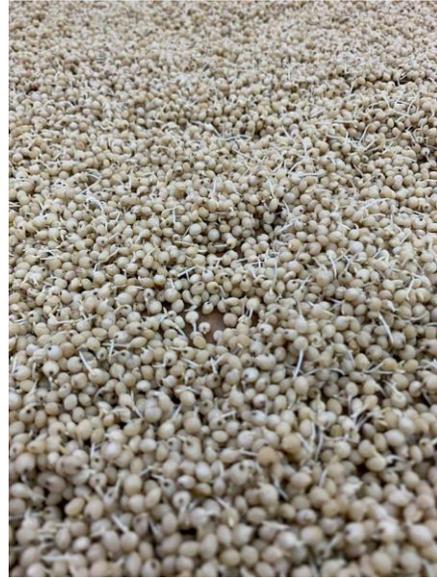
Anexo 2. Clasificación manual de sorgo variedad sureño.



Anexo 3. Remojo de granos de sorgo variedad sureño en bandejas de plástico.



Anexo 4. Cámara de germinación controlada de la Planta de Granos y Semillas de Zamorano y germinación del grano de sorgo.



Anexo 5. Medición de gravedad específica antes y después de fermentación en mosto de cerveza.



Anexo 6. Filtrado de muestras de cerveza utilizando papel filtro de microfibra para análisis de absorbancia.

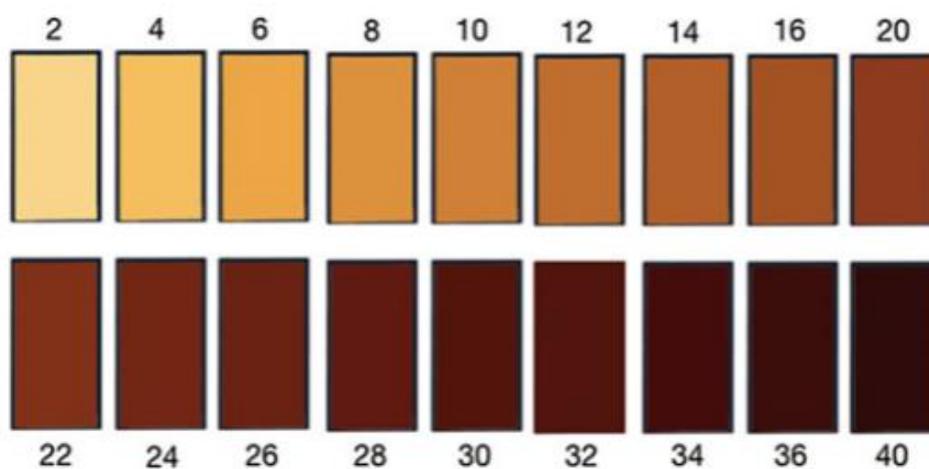


Anexo 7. Conversión de absorbancia a valores EBC y SRM.

	Conversión de absorbancia	
	EBC	SRM
Absorbancia (430 nm)	$EBC = Absorbancia \times 25$	$SRM = EBC \times 12.7$
País	Unión Europea	Estados Unidos

Fuente: Mosher & Trantham 2017.

Anexo 8. Colores SRM para análisis de cerveza y mosto.



Fuente: Mosher & Trantham 2017.

Anexo 9. Descriptores de color de cerveza utilizando la escala SRM.

Descriptor de color	Valor SRM
Paja	2 - 3
Amarillo	3 - 4
Oro	5 - 6
Ámbar	6 - 9
Ámbar profundo / cobre claro	10 - 14
Cobre	14-17
Cobre profundo / marrón claro	17 - 18
marrón	19 - 22
Marron oscuro	22-30
Marrón muy oscuro	30 - 35
Negro	30 +
Negro opaco	40 +

Fuente: BJCP 2008

Anexo 10. Parámetros de una cerveza American Pale Ale.

American Pale Ale				
OG	FG	IBU's	SRM	ABV
1.045 – 1.060	1.010 – 1.015	30 – 45+	5 - 14	4.5 – 6%

Fuente: BJCP 2015

OG = Gravedad Original o inicial.

OF = Gravedad Final.

IBU's = Escala Internacional de Amargor.

SRM = Standard Method Reference.

ABV = Porcentaje de Alcohol por Volumen.

Anexo 11. Características propias de una cerveza American Pale Ale.

American Pale Ale	
Historia	Una adaptación estadounidense de la pale ale inglesa, que refleja los ingredientes indígenas (lúpulo, malta, levadura y agua). A menudo de color más claro, más limpio en los subproductos de la fermentación y con menos sabor a caramelo que los homólogos ingleses.
Ingredientes	Malta pálida a la cerveza, típicamente estadounidense de dos filas. Lúpulos americanos, a menudo, pero no siempre, con un carácter cítrico. Ale American levadura. El agua puede variar en el contenido de sulfato, pero el contenido de carbonato debe ser relativamente bajo. Los granos especiales pueden agregar carácter y complejidad, pero en general constituyen una porción relativamente pequeña del grano. Los granos que agregan sabor y riqueza a la malta, un ligero dulzor y notas tostadas o de pan se usan a menudo (junto con los lúpulos tardíos) para diferenciar las marcas.
Aroma	Generalmente es un aroma de lúpulo moderado a fuerte de lúpulo seco o adiciones tardías en la caldera de las variedades de lúpulo estadounidenses. Un carácter de lúpulo cítrico es muy común, pero no es obligatorio. La malta de baja a moderada es compatible con la presentación de lúpulo y, opcionalmente, puede mostrar pequeñas cantidades de caracteres especiales de malta (bready, toasty, biscuity). Los ésteres afrutados varían de moderados a ninguno. No hay diacetilo. El salto seco (si se usa) puede agregar notas de hierba, aunque este carácter no debe ser excesivo.
Aspecto	Pálido dorado a ámbar profundo. Cabeza moderadamente grande, de color blanco a blanquecino, con buena retención. Generalmente bastante claro, aunque las versiones de lúpulo seco pueden ser ligeramente nebulosas.

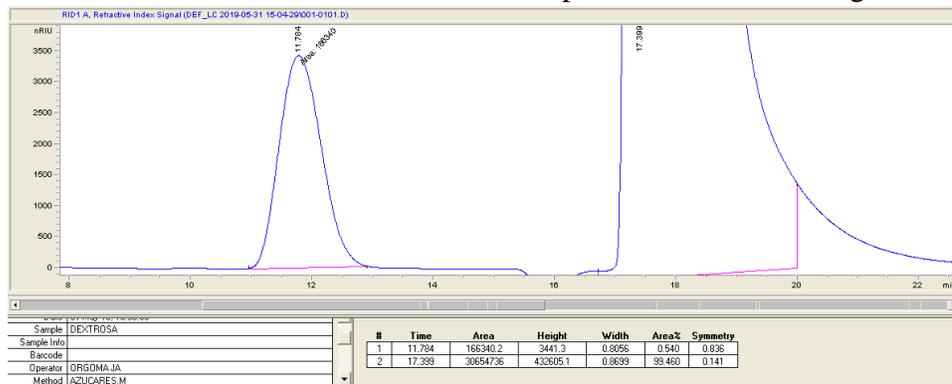
Continuación Anexo 11. Características propias de una cerveza American Pale Ale.

American Pale Ale	
Sabor	Por lo general, un sabor de lúpulo moderado a alto, que a menudo muestra un carácter cítrico del lúpulo estadounidense (aunque se pueden usar otras variedades de lúpulo). El carácter de malta limpio de bajo a moderadamente alto es compatible con la presentación del lúpulo y, opcionalmente, puede mostrar pequeñas cantidades de carácter de malta especial (bready, toasty, biscuity). El balance es típicamente hacia los saltos tardíos y la amargura, pero la presencia de malta puede ser sustancial. Los sabores de caramelo son generalmente restringidos o ausentes. Los ésteres afrutados pueden ser moderados a ninguno. De amargor moderado a alto con un acabado de medio a seco. El sabor a lúpulo y la amargura a menudo perdura en el acabado. No hay diacetilo. El salto seco (si se usa) puede agregar notas de hierba, aunque este carácter no debe ser excesivo.
Sensación en boca	Cuerpo medio-ligero a medio. Carbonatación moderada a alta. En general, un acabado suave sin astringencia a menudo se asocia con altas tasas de salto.
Impresión general	Refrescante y de lúpulo, pero con suficiente malta de soporte.
Comentarios	Hay una cierta superposición en el color entre la pale ale americana y la ale ámbar americana. La American pale ale generalmente será más limpia, tendrá un perfil de malta menos caramelo, menos cuerpo y, a menudo, más lúpulos de acabado.

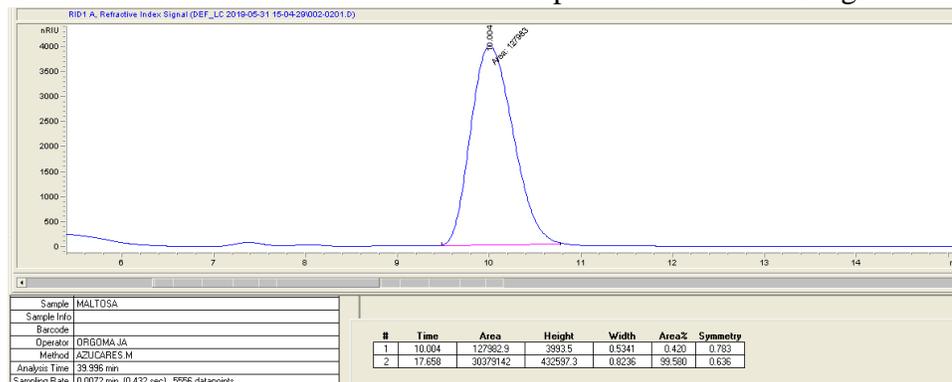
Fuente: BJCP 2004

Anexo 12. Cromatogramas de azúcares estándares para cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale Ale.

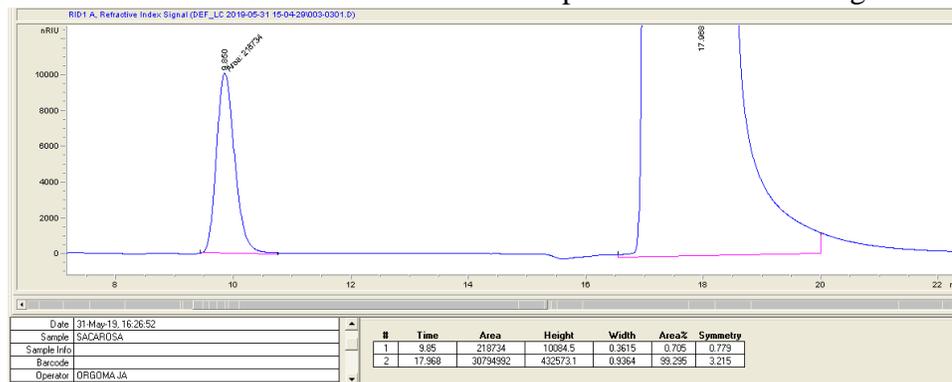
Cuantificación de azúcar estándar dextrosa por medio de HPLC Agilent 1100.



Cuantificación de azúcar estándar maltosa por medio de HPLC Agilent 1100.

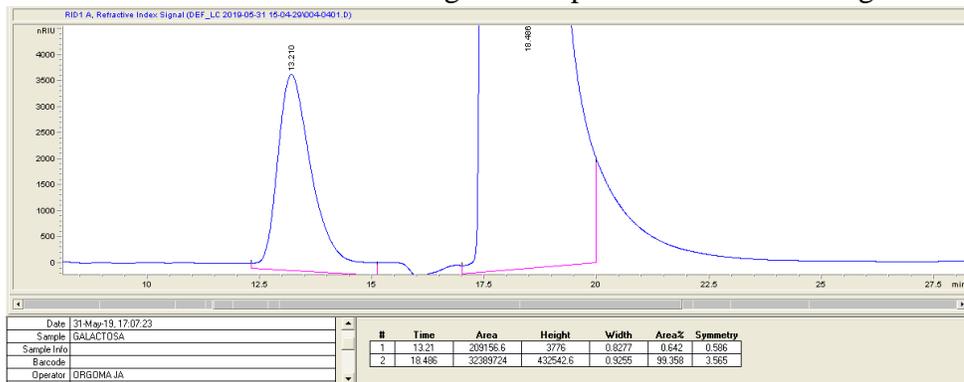


Cuantificación de azúcar estándar sacarosa por medio de HPLC Agilent 1100.

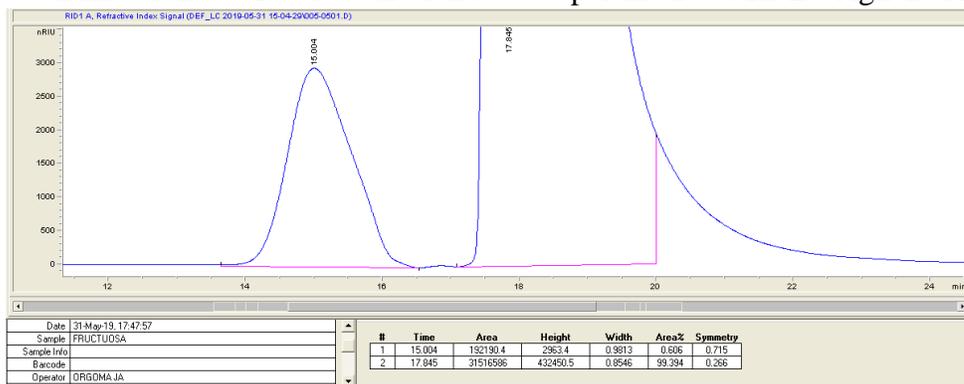


Continuación Anexo 12.

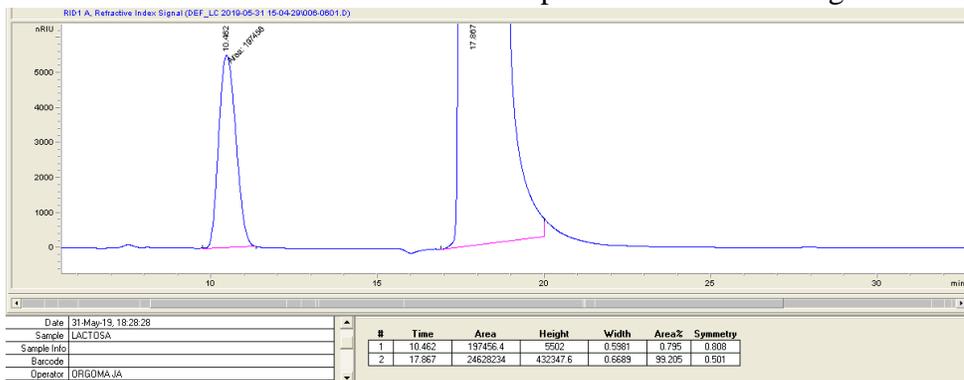
Cuantificación de azúcar estándar galactosa por medio de HPLC Agilent 1100.



Cuantificación de azúcar estándar fructuosa por medio de HPLC Agilent 1100.

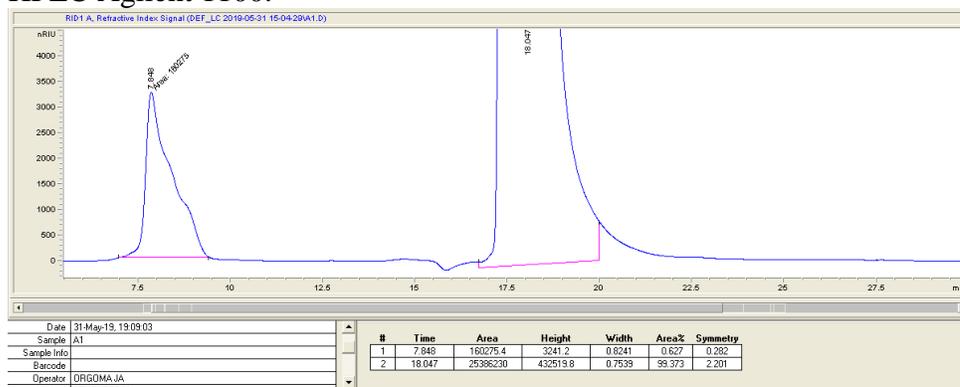


Cuantificación de azúcar estándar lactosa por medio de HPLC Agilent 1100.

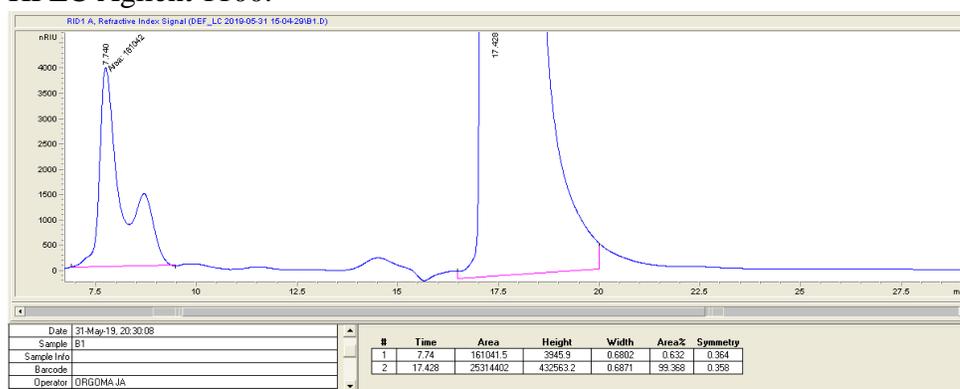


Anexo 13. Cuantificación de azúcares totales en cerveza artesanal American Pale Ale.

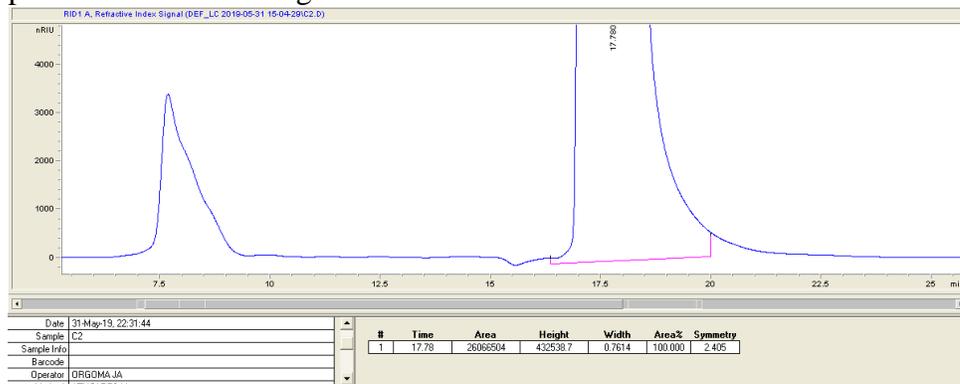
Cuantificación de azúcares totales en tratamiento 100% cebada más azúcar por medio de HPLC Agilent 1100.



Cuantificación de azúcares totales en tratamiento 100% cebada más miel por medio de HPLC Agilent 1100.



Cuantificación de azúcares totales en tratamiento 90% sorgo con 10% cebada más miel por medio de HPLC Agilent 1100.



Continuación Anexo 13.

Cuantificación de azúcares totales en tratamiento 40% sorgo con 60% cebada más miel por medio de HPLC Agilent 1100.

