

Evaluación de condiciones de fabricación y calidad sensorial de cerveza artesanal tipo *lager*

Manufacturing conditions and sensory quality assessment of *lager* craft beer

Daniel Muñoz Quintero*^{ID} y Sebastián Arias Giraldo^{ID}
Grupo de Investigación Goras, Programa de Gastronomía
Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia

Resumen. La cerveza es considerada la bebida más importante a nivel mundial; se obtiene de la fermentación de granos de cebada y malta, con una graduación alcohólica relativamente baja. Entender el proceso de elaboración, y como cada uno de sus ingredientes influye en las características sensoriales de la bebida, permite al productor tener mayor control sobre los resultados. El presente trabajo de investigación da cuenta del proceso de elaboración de una cerveza artesanal tipo *lager*. La metodología utilizada tiene en cuenta las recomendaciones de diferentes autores; sin embargo, se adapta el proceso a las especificaciones del laboratorio de cocina donde se lleva a cabo la experimentación. Se evalúan dos factores diferenciadores, los cuales son la concentración del lúpulo y los rangos de temperatura en el proceso de fermentación en frío, para la levadura tipo *lager*. Son consumidores habituales los que evalúan el producto. Se analizan las pruebas sensoriales implementadas, y se concluye cuál es la influencia de las condiciones de fabricación sobre la calidad de la cerveza artesanal tipo *lager*.

Palabras Claves. Análisis sensorial, bebidas alcohólicas, cerveza artesanal, fermentación, lúpulo.

Abstract. Beer is considered the most important drink worldwide; it is obtained from the fermentation of barley and malt grains, with a relatively low alcohol content. Understanding the manufacturing process, and how each of its ingredients influences the sensory characteristics of the beverage, allows the producer to have better control over the results. This research gives an account of the process of making a *lager* craft beer. The methodology used takes into account the recommendations of different authors; however, the process is adapted to the specifications of the kitchen laboratory where the experimentation is carried out. Two differentiating factors are evaluated, which are hop concentration and temperature ranges in the cold fermentation process, for *lager* type yeast. Regular consumers are those who evaluate the product. The sensory tests implemented are analyzed, and the influence of the manufacturing conditions on the quality of *lager* craft beer is concluded.

Keywords. Sensory analysis, alcoholic beverages, craft beer, fermentation, hops.

Como Citar. D. Muñoz Quintero y S. Arias Giraldo, "Evaluación de condiciones de fabricación y calidad sensorial de cerveza artesanal tipo *lager*", *Jou. Cie. Ing.*, vol. 12, no 1, pp. 1-12, 2020. doi:10.46571/JCI.2020.1.1

Recibido: 09/12/2019 **Revisado:** 08/04/2020 **Aceptado:** 28/05/2020

* e-mail: daniel.munozqu@amigo.edu.co

1. Introducción

La cultura de la cerveza ha estado en diferentes pueblos alrededor mundo. La cerveza, es el producto de la fermentación de cereales germinados, con ayuda de levaduras y un importante aporte de aroma del lúpulo [1]. El consumo de cerveza se ha incrementado exponencialmente en las últimas décadas, gracias a un fenómeno llamado renacimiento de la cerveza artesanal [2].

La cerveza tiene cuatro ingredientes esenciales con la que se puede elaborar: la malta y otros granos, son los encargados de brindar el azúcar que se convertirá en alcohol, los cuales cumplen un papel importante en la coloración y aroma de la cerveza, resultado del horneado y caramelización. El agua constituye el mayor contenido de la cerveza. Muchas veces no se tiene en cuenta; sin embargo, se podría convertir en un problema, si se asume que todas las aguas tienen las mismas características [3]. La levadura, es un ingrediente que participa en la transformación del azúcar, importante en la generación de alcohol y carbonatación de manera natural. Algunas especies de este microorganismo son utilizadas en fermentados de alimentos y bebidas, lo que las constituye en un elemento importante en investigaciones de diversas áreas, sobre todo de la industria alimentaria [4].

Por último, el lúpulo es el encargado de balancear la dulzura de la malta con su característico amargor. Le aporta complejidad a la cerveza, con sus perfumados aromas [5]. Existe una gran variedad de estilos de cerveza. Cada estilo, puede variar en sus ingredientes y formas de elaboración. Sin embargo, es indispensable tener en cuenta una serie de criterios y rangos en los que se debe enmarcar la cerveza a elaborar, sin ser necesariamente estrictos y definitivos [6].

El sector cervecero que se considera artesanal, no produce gran cantidad de litros de cerveza anual. El maestro cervecero define la materia prima utilizada y la tecnología a implementar, lo que permite una diferencia en los procesos de elaboración y favorece al surgimiento de otros estilos de cerveza [7]. Por ejemplo, las condiciones de fermentación de la levadura tipo *lager* se presentan a bajas temperaturas, lo que genera que los tiempos requeridos sean más largos y requieran ser controlados. Los compuestos aromáticos que genera, se obtienen en rangos de refrigeración, suelen ser identificados con diferentes notas olfativas y aromas. Los off flavors, como se conocen técnicamente, son compuestos resultantes de las vías bioquímicas que efectúa la levadura [5].

La cerveza es una bebida alcohólica compleja, su sabor final depende del entendimiento del impacto que pueden tener los ingredientes y sus variables, en la amplia gama de concentraciones que determinan el sabor activo de la bebida. Conocer los posibles precursores que producen cambios en el sabor y aroma, son determinantes para la producción de cerveza [8].

El mercado de la cerveza artesanal en Colombia es nuevo y se encuentra en constante crecimiento. Bogotá y Medellín son las ciudades que representan el mayor porcentaje de producción. Sin embargo, dos grandes inconvenientes han surgido: la poca participación en el mercado de los micro cerveceros y la insuficiente cultura de los consumidores afines a la cerveza artesanal [9]. Este fenómeno ha sido un proceso evolutivo y de adaptación. Hoy en día, el mercado tiene mayor aceptación y afinidad por los diferentes estilos de cerveza, lo que ha permitido que los micro cerveceros participen con diferentes marcas y productos en el mercado. Sin embargo, aun existe una problemática recurrente entre los productores de cerveza: la adquisición de materia prima para la elaboración de la cerveza artesanal. La mayoría de insumos, indispensables para su elaboración, son importados [10].

Los fabricantes de cerveza artesanal conocen la dificultad para la adquisición de materia prima. Han tenido que recurrir a diferentes soluciones, no solo en la variación de ingredientes como la cebada [1], sino también en el análisis de la cantidad que se debe usar y la posibilidad de desarrollar mejoras tecnológicas, que puedan controlar y optimizar el sabor de los productos, para apoyar el crecimiento de la industria. Todo esto, depende en gran parte de la comprensión de la ciencia de la bebida [8].

Por ejemplo, en [11] realizaron pruebas a nivel piloto para determinar la temperatura óptima de fermentación. Como resultado, la mejor temperatura fue de 8°C, reduciendo el costo de producción

en esta etapa de elaboración de cerveza artesanal, hasta en un 23.2 % .

La presente investigación pretende evaluar la influencia de diferentes condiciones de fabricación (temperatura y concentración de lúpulo), sobre la calidad final de una cerveza artesanal tipo *lager*, todo lo anterior, ejecutado en una escala a nivel piloto.

2. Metodología

El proceso de elaboración de cerveza artesanal comienza con el arte de la receta; definir el estilo es crucial para el proceso de elaboración. Este, se podría resumir en cinco simples pasos: maceración, lupulado, ebullición, fermentación y envasado [5]. Sin embargo, para la elaboración de la cerveza del proyecto de investigación, se desglosan los pasos en otros términos y se explica con más detalle el proceso que se ejecutó, tal como lo muestra la Figura 1. Los análisis y pruebas se llevaron a cabo en los laboratorios de cocina de la Universidad Católica Luis Amigó, sede Medellín.

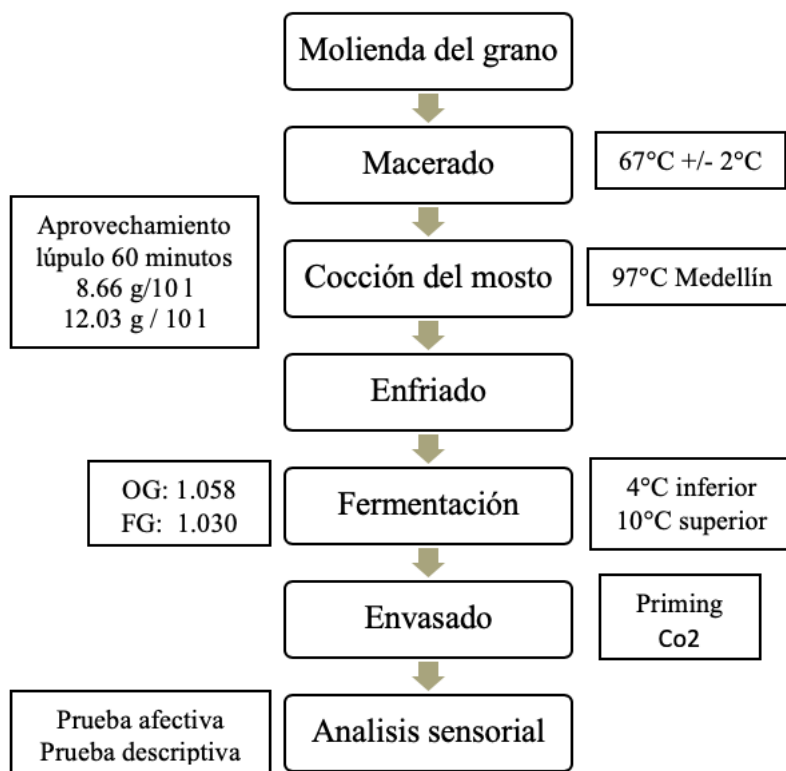


Figura 1: Diagrama de flujo para producción de cerveza artesanal tipo *lager*.
OG: gravedad original, FG: gravedad final.

2.1. Elección y molienda de la malta

La malta, o en realidad cebada malteada, es el ingrediente del cual depende la cerveza para definir algunos aspectos como su coloración, grado alcohólico y gran parte del sabor. Mosher [5], afirma que existen dos tipos de planta de cebada: las de dos y seis hileras. Para el estilo de cerveza tipo *lager*, la cebada de dos hileras es la apropiada por poseer una alta actividad enzimática; es por esto, que se seleccionó para este estudio. En el proceso de molienda se expuso el endospermo y se dejó el pericarpio íntegro para que luego sirva de cama filtrante. Posteriormente, se trilló la totalidad de la malta en un molino tradicional metálico, con recubrimiento electrolítico de estaño de la marca Corona. La

granulometría de la molienda se obtuvo al aflojar la tuerca ajustadora “pieza número 100-13”, apretando el tornillo ajustador “pieza número 100-64”. Finalmente, se dispuso toda la malta trillada en el contenedor de maceración.

2.2. Macerado y obtención del mosto

La preparación del mosto se realizó con 100 % de malta Pilsen de dos hileras, de la marca Bestmalz, considerada una malta base para cualquier tipo de cerveza. Su coloración es muy clara y tiene un bajo contenido proteico, lo que la hace ideal para la cerveza *lager*. En el experimento, se definió como estilo a tener en cuenta el de una “*lager* pálida internacional”, puesto que contiene, como insumo base, la malta sin ningún aditivo de otro grano o cereal.

El macerado del mosto se llevó a cabo en una tina de acero inoxidable con capacidad de 200 l, la cual tiene en la parte inferior quemadores a gas, tipo flauta, que se regulan manualmente para indicar la temperatura a la que se somete el contenido. En el proceso se optó por una maceración simple. Para González [12], esta debe tener un rango de temperatura entre 65°C y 68°C, conocido como ventana cervecera. Al no contar con un termostato, el autor aconseja verter el agua caliente a una temperatura de 75°C para que se establezca en contacto con el grano a una temperatura de 67°C. Con el fin de controlar la temperatura, se utilizó un termómetro de sonda integrada digital marca Neuftech, cuya escala oscila entre -50°C y 110°C. Seguidamente se agregaron 22 kg de malta trillada y 88 l de agua caliente. El mosto resultante se recirculó y lavó con 11 l más de agua caliente, para extraer la totalidad de almidón, proceso necesario para lograr la gravedad original elegida (1.058).

La densidad se determinó utilizando un hidrómetro de triple escala, para muestras de 100 ml a 20°C. Para calcular y contrastar la información, se tomó una parte de la muestra anterior y se usó como herramienta, un refractómetro digital de alimentos, marca Hanna, modelo HI96811. Luego, el mosto se filtró en una bolsa maceradora de poliéster.

2.3. Cocción del mosto con el lúpulo

El mosto resultante del macerado, se dividió en ocho ollas de acero inoxidable, con capacidad mínima de 12 l cada una. Posteriormente, se llevó a punto de ebullición de 97°C, específico para la ciudad de Medellín. La temperatura se controló con el termómetro de sonda integrada digital marca Neuftech.

En esta fase del proceso, se agregó el lúpulo según el factor de concentración seleccionado para los experimentos: 18 y 25 unidades de amargor (*International Bitter Units* - IBU). El lúpulo se adicionó envuelto y atado dentro de una gasa estéril marca Cureband. Para obtener la tasa de aprovechamiento que define Daniels [13], el lúpulo estuvo en contacto con el mosto en ebullición por 60 min. Mosher [5] expresa que la cocción del mosto debe ser vigorosa y se debe realizar sin cubrir la olla, puesto que a los 60°C se genera Sulfuro de Dimetilo (DMS), el cual se evapora durante la ebullición. Este compuesto se asocia como descriptor de aroma a maíz cocido o coliflor. A pesar de no ser deseable en la cerveza, esta sustancia es aceptable, en bajas cantidades, para el estilo *lager*. La concentración (masa en g) de lúpulo, se calculó con base a la fórmula propuesta por Daniels [13] Ecuación 1. Esta expresión, parte del nivel de amargor que se desea obtener en la cerveza. Para este estudio, se valoraron 18 y 25 IBU.

$$P_{gramos} = \frac{V_{litros} \cdot C_{densidad} \cdot IBU}{U \% \cdot A \% \cdot 1000} \quad (1)$$

Donde P_{gramos} es la cantidad de lúpulo a adicionar (g), V_{litros} corresponde al volumen del mosto (l), $C_{densidad}$ es el valor de corrección para la densidad (1.04), IBU simboliza las unidades de amargor deseadas, $U\%$ es el porcentaje de utilización del lúpulo según el tiempo de contacto en el hervido del mosto (0.3), $A\%$ denota el porcentaje de aporte de ácidos alfa del lúpulo (0.072).

Los valores considerados en la formula anterior, se determinaron para el contenido final de cada experimento: 10 l. Los IBU, inferior y superior, se seleccionaron teniendo en cuenta el estilo de cerveza “*lager* pálida internacional”, según la guía oficial de la BJCP [6]. La densidad original utilizada en el

presente estudio, necesitó factor de corrección, para lo cual se aplicó la fórmula de Daniels [13]. De la misma referencia, por método gráfico, se determinó el porcentaje de utilización del lúpulo. El tiempo de cocción, al que se sometió el ingrediente dentro del mosto, fue de 60 min. Basados en la tabla este valor equivale a 30 %, al aplicarlo en la fórmula se expresa como 0.3.

Por otra parte, el porcentaje de aporte de ácidos alfa, depende del tipo del lúpulo. Para este experimento, se utilizó cascade. Este contiene, según la etiqueta del producto, un 7.2 % de aporte de ácidos alfa.

2.4. Enfriado del mosto

Inicialmente, se llevó todo el contenido hervido a una temperatura de refrigeración. González aconseja que “el enfriamiento debe ser rápido para no dar tiempo al desarrollo de microorganismos contaminantes y permitir una mejor coagulación de las proteínas que puedan causar turbidez” [12]. Teniendo en cuenta lo anterior, el enfriamiento se realizó por medio de inmersión parcial de las ollas en 20 kg de hielo.

2.5. Fermentación en frío

La cerveza tipo *lager* tiene un estricto rango de fermentación en temperaturas frías, las cuales se sitúan entre los 4°C y 7°C [5]. Este límite inferior se tuvo en cuenta, como uno de los factores del experimento. Para el caso del valor superior, se siguió la recomendación que brinda el proveedor Fermentis, para la levadura *lager Saccharomyces pastorianus Saflager S23*. Este, establece como temperatura límite los 10°C.

La levadura se sembró directamente en cada uno de los fermentadores. Se usaron garrafas cuadradas altas de 10 l de contenido, en polietileno original natural, con boca de 60 mm.

Para cada fermentador, se adicionaron 5.5 g de levadura de *Saccharomyces pastorianus*, con ayuda de una balanza de exactitud marca TRUMAX clase 3. Seguidamente, la levadura se mezcló con agitación lenta para lograr una distribución homogénea y airear el mosto. Cada recipiente se cerró con tapa plástica hermética y un *airlock*, el cual permite la salida de gases del proceso de fermentación y evita la entrada de microorganismos [14].

Posteriormente, los fermentadores se situaron en neveras verticales marca Lassele LRB 1471, a las temperaturas antes descritas. El proceso de fermentación finalizó su primera etapa, cuando la medición con el refractómetro digital Hanna, modelo HI96811, indicó que la levadura había llegado a un estado de latencia. Se procedió a trasvasar a otro fermentador, con las mismas características, para finalizar allí la fermentación y que la levadura consumiera el azúcar restante en el mosto.

2.6. Envasado

El envasado de la cerveza se realizó en botellas de vidrio de color marrón, de 330 ml de capacidad, lo que ayuda a evitar la oxidación del producto. Este fenómeno, da lugar a olores no deseados, como el de mofeta o zorrillo [5].

El proceso de vertimiento se realizó desde el fondo hacia arriba, para evitar la oxigenación y, por ende, la oxidación de la cerveza. Se dejó un espacio de cabeza de 2 cm entre el líquido y el pico de la botella, para que se diera el proceso de carbonatación. La gasificación se logró agregando 3 g de azúcar por cada litro de cerveza (*Priming*).

2.7. Determinación del contenido de alcohol

La graduación alcohólica de la cerveza se obtuvo con el cálculo matemático que propone González [12], a partir de la disminución de la densidad del mosto:

$$\text{Alcohol} = (1000) \cdot \frac{Dl - DF}{7,4} \quad (2)$$

Donde DI es la densidad inicial, DF es la densidad final y 7.4 es una constante. La toma de muestras se hizo periódicamente, midiendo los °Brix en el mosto y la cerveza. Para ello, se empleó un refractómetro digital Hanna, modelo HI96811. Luego, la concentración de sólidos se comparó con la tabla de conversión “Apéndice 3. Equivalencia Densidad, Grado Brix y Alcohol”, propuesta por González [12]. De esta manera, se estimó la densidad para cada muestra.

2.8. Diseño experimental

Los factores en estudio, para la elaboración de la cerveza artesanal tipo *lager*, fueron temperatura y concentración de lúpulo, con dos niveles cada uno. Se siguió un diseño experimental factorial 2^2 , totalmente al azar, que analizó cuatro tratamientos, ejecutados por duplicado. Lo anterior, dio lugar a un total de 8 experimentos. La Tabla 1 resume el diseño experimental utilizado.

Tabla 1: Factores en estudio para elaboración de cerveza artesanal.

Tratamiento	C*	T**	Experimento
T1	C1	T1	C1,T1
T2	C1	T2	C1,T2
T3	C2	T1	C2,T1
T4	C2	T2	C2,T2

*C es la concentración de lúpulo: 8.66 g y 12.03 g.

**T hace referencia a la temperatura de fermentación: 4°C y 10°C.

Todos los ensayos de calidad de la cerveza, se analizaron estadísticamente por medio de una prueba ANOVA, con una significancia de 0.05. Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación de múltiples rangos de Tukey. Previamente, se validaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

2.9. Evaluación de la calidad de la cerveza: análisis sensorial

Inicialmente, se aplicó una prueba sensorial afectiva, con medición del grado de aceptación en escalas hedónicas verbales de cinco puntos. Se evaluó la apariencia, aroma, y sabor de cada uno de los experimentos, con un panel de 24 jueces afectivos, consumidores reales de cerveza.

Posteriormente, se implementó una prueba analítica descriptiva, con calificación por medio de escalas de intervalo de cinco niveles. El perfil de sabor de cada muestra se evaluó con la percepción de cinco *off-flavors*: maíz cocido o coliflor, manzana verde o acetona, manteca o mantequilla, moho o humedad y azufre o huevo. El panel de jueces semi-entrenado, estuvo conformado por diez estudiantes de los últimos semestres del programa de gastronomía de la Universidad Católica Luis Amigó, que hubieran cursado y aprobado las asignaturas de mixología, enología y barismo.

Los instrumentos diseñados tuvieron en cuenta las recomendaciones de Anzaldúa [15], mientras que los resultados obtenidos en los cuestionarios se digitaron y tabularon en Excel 2019

3. Resultados y discusión

3.1. Fermentación de las cervezas

La cerveza artesanal tipo *lager* presentó una reducción significativa en la concentración de sólidos solubles (°Brix); esto quiere decir, que la densidad en el mosto disminuyó. La levadura se alimenta del azúcar fermentable y se obtiene como residuo de este proceso: alcohol etílico, dióxido de carbono y otros compuestos que influyen sobre el sabor de la bebida [16].

En la figura 2, se muestra la cinética de fermentación de las cervezas. Dado que el mosto presentó algunas limitantes de aireación, la levadura tuvo menor capacidad para convertir el azúcar en los

subproductos de reacción. Así, se requirió de un mayor tiempo para culminar el proceso de fermentación, en todos los tratamientos. Es decir, se evidenciaron cinéticas pausadas para la producción de alcohol en las cervezas.

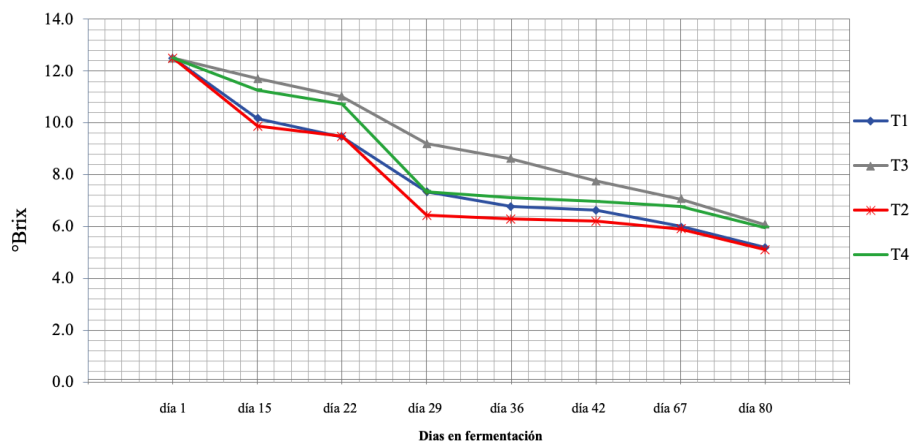


Figura 2: Cinética de fermentación de las cervezas.

Los tratamientos 3 y 4 fueron más lentos que los otros dos; a su vez, corresponden a la concentración de lúpulo en el rango más alto. Los ácidos alfa que contiene el lúpulo pueden afectar y contrarrestar el proceso de fermentación, ya que, como afirma Penkina *et al* [17]., las resinas blandas que contiene este insumo contribuyen a la retención de espuma y suprimen el crecimiento de microorganismos. De no garantizar la calidad e inocuidad del lúpulo, se podría desestabilizar la cerveza durante el almacenamiento.

Los resultados para la disminución de °Brix, relacionados con su conversión a densidad y el cálculo de la graduación alcohólica, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: ° Brix, densidad y porcentaje de alcohol, par cada experimento (tratamiento y réplica).

Experimentos	°Brix inicial	°Brix final	Densidad inicial	Densidad final	OH %
T1- replica 1	12,5	5,3	1,058	1,031	3,56
T1- replica 2	12,5	5,1	1,058	1,030	3,78
T2- replica 1	12,5	5,0	1,058	1,030	3,78
T2- replica 2	12,5	5,2	1,058	1,031	3,65
T3- replica 1	12,5	6,2	1,058	1,035	3,11
T3- replica 2	12,5	6,0	1,058	1,034	3,24
T4- replica 1	12,5	5,6	1,058	1,032	3,51
T4- replica 2	12,5	6,3	1,058	1,035	3,11

Como se evidencia en la Tabla 3, no se observó una diferencia estadística significativa entre los resultados de graduación alcohólica final. Este análisis, indica que las cervezas no difieren entre sí por su contenido alcohólico. Sin embargo, vale la pena recalcar que se encuentran entre los 3 y 7 grados alcohólicos, más habituales a nivel mundial [18].

Tabla 3: Graduación alcohólica final, para cada una de las cervezas elaboradas.

Tratamiento variable	T1	T2	T3	T4
Concentración de alcohol etílico (% v/v)	3.72 ± 0.09 a	3.72 ± 0.09 a	3.18 ± 0.09 a	3.31 ± 0.28 a

*Valores promedio (± desviación estándar), para la concentración de alcohol etílico en cada una de las cervezas.

Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por el test de Tukey.

3.2. Evaluación de la calidad sensorial de las cervezas

3.2.1. Apariencia general

Como se muestra en la Tabla 4, la prueba afectiva indica que no hay diferencia estadística significativa entre la percepción de apariencia, para cada una de las cervezas, por parte del consumidor. Los datos se concentran en las escalas de valor “me gusta mucho” y “me gusta ligeramente”, por lo que se define una aceptación y afinidad general de la coloración que adquieren las cervezas.

En una futura investigación, se sugiere analizar el color de la cerveza por medio del Standard Reference Method, el cual es un sistema que usan los cerveceros artesanales, basado en cartas y escalas de coloración estandarizadas. Otra alternativa, que ofrece mayor exactitud, es la utilización de técnicas de espectrofotometría, que se basan en medidas de absorbancia y tienen en cuenta las diferencias de paso de luz por la muestra [3, 19, 20].

Tabla 4: Resultados para la evaluación sensorial afectiva, relacionada con la apariencia general de las muestras de cerveza.

Tratamiento Valoración	T1	T2	T3	T4
Me gusta mucho *	6.00 ± 2.83 a	4.50 ± 2.12 a	2.00 ± 2.83 a	8.50 ± 0.71 a
Me gusta ligeramente *	9.50 ± 0.71 a	9.50 ± 2.12 a	9.50 ± 0.71 a	11.5 ± 0.71 a
Ni me gusta ni me disgusta *	7.50 ± 2.12 a	7.00 ± 7.07 a	11.50 ± 2.12 a	3.50 ± 0.71 a
Me disgusta ligeramente *	1.00 ± 0.00 a	3.00 ± 2.83 a	1.00 ± 0.00 a	0.50 ± 0.71 a
Me disgusta mucho *	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a

* Valores promedio (± desviación estándar), para el número de jueces que califican en cada nivel la apariencia de las cervezas (tratamientos).

Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por el test de Tukey.

3.2.2. Aroma

En la prueba afectiva de aroma, se obtuvieron respuestas con gran aceptación por parte de los evaluadores. Sin embargo, no se puede asegurar que se encuentren diferencias considerables entre el flavor de las cuatro cervezas desarrolladas. Desde la perspectiva estadística, los tratamientos tienen la misma calificación de este atributo [tabla 5].

Tabla 5: Resultados de la prueba sensorial afectiva, enfocada en el aroma de las cervezas.

Tratamiento Valoración	T1	T2	T3	T4
Me gusta mucho *	10.00 ± 1.41 a	5.50 ± 3.54 a	4.50 ± 0.71 a	13.50 ± 4.95 a
Me gusta ligeramente *	6.50 ± 3.54 a	8.50 ± 2.12 a	7.50 ± 0.71 a	6.50 ± 3.54 a
Ni me gusta ni me disgusta *	4.50 ± 3.55 a	8.00 ± 4.24 a	9.00 ± 0.00 a	4.00 ± 1.41 a
Me disgusta ligeramente *	2.50 ± 0.71 a	2.00 ± 1.41 a	3.00 ± 1.41 a	0.00 ± 0.00 a
Me disgusta mucho **	0.50 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a

* Valores promedio (\pm desviación estándar), para el número de jueces que califican en cada nivel el aroma de las cervezas (tratamientos). Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por el test de Tukey.

** Valores promedio (\pm desviación estándar), para el número de jueces que califican en cada nivel el aroma de las cervezas (tratamientos). Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por la prueba de Duncan.

El aroma es una de las características con mayor relevancia, resultante de cualquier proceso de fermentación. Las materias primas y las especies de levaduras que se utilizan, definen en gran parte el aroma final. Se pueden identificar, en productos fermentados, compuestos como ésteres, ácidos orgánicos, carbonilos, alcoholes y otros [18].

Por medio de la prueba descriptiva (Figura 3), se logra identificar qué compuestos aromáticos contiene la cerveza artesanal elaborada. Estas sustancias pueden asociarse con notas olfativas que se perciben en alimentos comunes. Por ejemplo, para Pires *et al* [21], el acetato de isoamilo representa notas a banano, el acetato de feniletilo se asocia con rosas y miel, el hexanoato de etilo asimila la manzana o las frutas, entre otros. Es así como los cerveceros logran identificar algunos de estos componentes en la bebida, dándole importancia al perfil de aromas que tiene el producto, ya que puede servir como guía para identificar y controlar variables importantes del proceso.

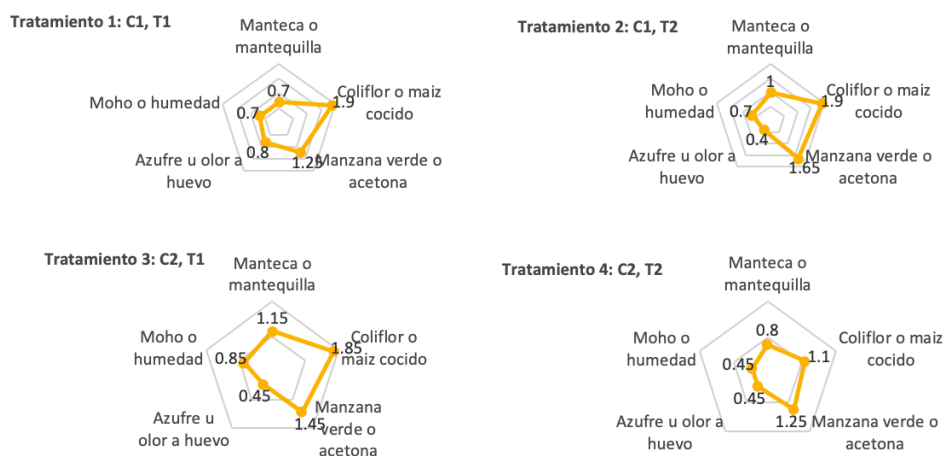


Figura 3: Resultado prueba descriptiva off-flavors de la cerveza.

Con respecto a la Figura 3, la cual muestra los resultados de perfil sensorial para cinco off-flavors comunes en las cervezas, se puede notar que algunos catadores detectaron el maíz cocido y la manzana verde en bajas proporciones. Para White y Zainasheff [16], el descriptor aromático de manzana verde está relacionado con el Acetaldehído, el cual se presenta por separar la cerveza de la levadura prematuramente. Esto, genera un proceso de fermentación incompleto, inmaduro.

En el presente estudio, se trasvasó el contenido de un fermentador a otro a los 80 días, para finalizar la fermentación con el azúcar y la levadura residual. Así, se pudo generar una interrupción considerable en la cinética de fermentación de la cerveza.

Para Mosher [5], el aroma a maíz cocido se asocia con el Sulfuro de Dimetilo. Se sustenta desde la cocción del mosto, en el cual se debe evaporar la mayor proporción de este compuesto volátil. Así, no se percibe este indicador en la cerveza. Sin embargo, el autor afirma que la formación del compuesto se puede presentar por otras causas: tipo de malta usada, alzas abruptas en la temperatura o persistencia de residuos de DMS en el líquido, que pueden acelerar su ruta de síntesis.

Es común que, en la cerveza tipo *lager* (como la evaluada en esta investigación), se tenga una nota leve de DMS, la cual puede aumentar si la bebida no se almacena en refrigeración. Lo anterior, con especial importancia hasta finalizar la etapa de fermentación. Como afirma Loviso y Libkind [22], cuando se modifican las temperaturas de las levaduras *lager*, aparecen concentraciones de ésteres por encima de los porcentajes aceptados y habituales. En [20], se recomienda reforzar la evaluación de descriptores de aroma con una capacitación previa del panel, con ayuda del kit de análisis sensorial que ofrece el Instituto de Tecnología SIEBEL.

3.2.3. Sabor

La prueba afectiva de sabor da como resultado una aceptación general y con agrado de las cervezas. Según la tabla 6, no se puede identificar una mayor afinidad estadística por alguno de los tratamientos; sin embargo, las valoraciones "me gusta mucho" y "me gusta ligeramente" son más prevalentes en los casos T3 y T4.

La concentración de lúpulo, para los tratamientos 3 y 4, se ubica en el rango más alto. Este hecho, puede generar una mejor sensación gustativa. Varios autores [3, 5, 11, 13], afirman que los ácidos alfa del lúpulo son percibidos en boca como amargos. Estos compuestos ayudan a balancear la percepción dulce que tiene la cerveza, por los residuos de azúcar persistentes al no convertirse un 100 % del sacárido durante la fermentación. En [19], se propone aplicar un método espectrofotométrico que permite calcular los iso- α -ácidos en la cerveza, y varios productos de oxidación de los β -ácidos (lupulonas). Estos compuestos influyen en el sabor de la bebida, ya que su degradación aumenta el amargor.

Tabla 6: Resultados de pruebas hedónicas, asociadas al sabor de las cervezas artesanales.

Tratamiento Valoración	T1	T2	T3	T4
Me gusta mucho *	10.00 \pm 1.41 a	6.00 \pm 4.24 a	5.00 \pm 1.41 a	11.50 \pm 0.71 a
Me gusta ligeramente *	5.00 \pm 1.41 a	8.50 \pm 0.71 a	9.50 \pm 3.54 a	9.50 \pm 0.71 a
Ni me gusta ni me disgusta *	5.50 \pm 2.12 a	7.00 \pm 4.24 a	4.50 \pm 3.55 a	2.50 \pm 0.71 a
Me disgusta ligeramente *	1.50 \pm 0.71 a	1.50 \pm 0.71 a	3.50 \pm 0.71 a	0.50 \pm 0.71 a
Me disgusta mucho **	2.00 \pm 1.41 a	1.00 \pm 1.41 a	1.50 \pm 2.12 a	0.00 \pm 0.00 a

* Valores promedio (\pm desviación estándar), para el número de jueces que califican en cada nivel el aroma de las cervezas (tratamientos). Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por el test de Tukey.

** Valores promedio (\pm desviación estándar), para el número de jueces que califican en cada nivel el aroma de las cervezas (tratamientos). Significancia $\alpha=0.05$ y $n=2$. Medias seguidas de una misma letra, para cada fila, no difieren entre sí por la prueba de Duncan.

3.2.4. Otros atributos recomendados para la evaluación sensorial de cerveza

Además de los atributos organolépticos evaluados en este estudio, [20] destaca la importancia de analizar el perfil de sensación en boca, con descriptores como: astringencia, metálico, picante, cuerpo y efervescencia. Es recomendable usar descriptores de la consistencia, para la formulación y caracterización de cualquier bebida. La interpretación del espesor y la ligereza, arroja datos de interés asociados al gusto [23]. La definición de estos dos atributos brinda la posibilidad de estimar

la palatabilidad de la cerveza, la cual, a su vez, presenta una asociación subconsciente con la turbidez del líquido.

4. Conclusiones

Se elaboró una cerveza artesanal tipo *lager*, con características organolépticas de agrado para el consumidor.

No se identifica una diferencia significativa en la afinidad de los catadores, por un tratamiento en específico. Sin embargo, se recomienda fabricar la cerveza artesanal con la mayor concentración de lúpulo, fermentando el mosto a una temperatura de 10°C (T4). Esto, gracias a que se favorece la obtención de un producto más balanceado (sabor y aroma), a través de un proceso más económico (menos gasto energético) y de mejor control.

Se puede concluir que cualquiera de los protocolos seguidos para la elaboración de la cerveza artesanal repercute en la apariencia, aroma y sabor de la misma.

Los factores de concentración de lúpulo y de temperatura de fermentación influyen directamente en las características organolépticas de la cerveza, que no son percibidas por el consumidor no entrenado.

Para futuros estudios, que permitan retroalimentar los resultados obtenidos en la presente investigación, se sugiere implementar nuevas pruebas sensoriales que permitan cuantificar y analizar otros atributos organolépticos de importancia en la cerveza: por ejemplo, sensación en boca y consistencia.

A la hora de evaluar los factores que influyen sobre estas características de calidad, como la temperatura y la concentración de lúpulo, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad con las variables de operación. De esta forma, se podrá optimizar cada proceso puntual de fabricación de cerveza.

Los fabricantes de cerveza artesanal se podrán beneficiar de los resultados de esta investigación, al comprender cómo dos variables de los ingredientes pueden repercutir en un costo menor de fabricación. Además, se describe la afectación de estos factores sobre la calidad sensorial del producto, para su futura comercialización.

Agradecimientos

A la Universidad Católica Luis Amigó, por favorecer y financiar la ejecución del presente proyecto de investigación.

Referencias

- [1] M.C. Calderón Caballero, G. Loreto Gómez, I. Sánchez Suárez, E. F. Hernández Valdés y P. A. García Saucedo, “Desarrollo de una cerveza artesanal a partir de amaranto empleando dos métodos de elaboración”, en Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya, Guanajuato, México, 2015.
- [2] G. Donadini, S. Porretta, “Uncovering patterns of consumers’ interest for beer: A case study with craft beers”, Food research international, vol. 91, pp. 183 – 198, 2017.
- [3] R. Moshier, *Mastering home brew: the complete guide to brewing delicious.*, California: Chronicle Books LLC, 2015.
- [4] M. M. Reynoso, C. E. Magnoli, G. G. Barros, y M. S. Demo, *Manual de microbiología general*. Argentina: UniRío editora, 2015.
- [5] R. Moshier, *Como catar cerveza*. España: Ediciones Omega, 2017.
- [6] “Beer Judge Certification Program”, BJCP, Estados Unidos, 2015 [En línea]. Disponible en https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf
- [7] G. Bignon, F. Benítez, K y J. Pellicer Copes, “Cervezas elaboradas artesanalmente: análisis de la normativa técnico-sanitaria vigente” *Analecta Vet*, vol. 37, no.2, pp. 54-59, 2016.
- [8] F. J. Arias-Vargas, “Cervecería 3 Cordilleras. Una idea que se convirtió en sueño; un sueño hecho realidad”, en Casos empresariales en agronegocios Perú – Colombia, Caldas: Editorial Lasallista, 2016, pp.93-114.
- [9] M. Gonzalez, *Proceso de elaboración de las cervezas artesanales*. North Carolina: Lulu enterprises, 2017.
- [10] R. Daniels, *Designin great beers*. Colorado: Brewers Publications, 1996.
- [11] A. Garduño, S. Martínez, I. López y A. Ruíz, “Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal”, *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 15, no.1, pp. 221-230, 2012.
- [12] A. Anzaldúa, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*, Ed. 4. Zaragoza, España: Acribia, 2005.
- [13] R. Daniels, *Designin great beers*. Colorado, CO, USA: Brewers Publications, 1996.

- [14] A. Garduño, S. Martínez, I. López y A. Ruíz, “Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal”, *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 15, no.1, pp. 221-230, 2012. Doi: 10.1016/S1405-7743(14)72212-7
- [15] A. Anzaldúa, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*, Ed. 4. Zaragoza, España: Acribia, 2005.
- [16] C. White y J. Zainasheff, *Yeast: the practical guide to beer fermentation*. Colorado, CO, USA: Brewers Publications, 2010.
- [17] N. Penkina, L. Tatar, A. Odarchenco y V. Demchenko, “Basic ingredients and their analysis during the formation of beer quality”, *Technology and food safety*, vol. 12, no. 1, pp. 80-86, 2018. Doi: 10.15673/ftst.v12i1.844
- [18] A. Casas Acevedo, C.N. Aguilar González, H. De la Garza Toledo, J. A. Morlett Chávez, D. Montet y R. Rodríguez Herrera, “Importancia de las levaduras no- *Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas”, *Investigación y Ciencia*, vol. 23, no. 65, pp. 73-79, 2015.
- [19] M. Suarez-Díaz, “Cerveza: componentes y propiedades” tesis de maestría, Univ. Oviedo, España, 2013 [En línea]. Disponible en: [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_\\$\\$20Maria\\$\\$20Suarez\\$\\$20Diaz.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_$$20Maria$$20Suarez$$20Diaz.pdf)
- [20] I. A. Celis-Castaño, “Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial, caso práctico: cerveza artesanal”, tesis de maestría, Univ. Nac. De Colomb., 2019 [En línea]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/74042/1/71730509-2019.pdf>
- [21] E. J. Pires, J. A. Teixeira, T. Brányik, y A. A. Vicente, “Yeast: the soul of beer’s aroma a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast”, *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 98, pp. 1937-1949, 2014. Doi: 10.1007/s00253-013-5470-0
- [22] C. L. Loviso y D. Libkind, “Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres”, *Rev. Arg.de Microbiol.*, vol. 50, no. 4, pp. 436-446, 2018. doi: 10.1016/j.ram.2017.11.006
- [23] R. M. Ávilade Hernández y C. C. González-Torrivilla, “La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: Una aproximación difusa”, *Univ. Cienc. Tecnol.*, vol. 15, no. 60, pp. 171-182, 2011 [En línea]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212011000300007&lng=es&tlng=es.