

Artículo Original

***EFECTO DE LA MACERACIÓN ESCALONADA PARA MEJORAR EL
PERFIL SENSORIAL DE LA CERVEZA ARTESANAL***

***EFFECT OF STEP-BY-STEP MASHING TO IMPROVE THE SENSORY
PROFILE OF CRAFT BEER***

Ulbio Eduardo Alcívar Cedeño^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7941-6401>
Kevin Jasson Alay Anchundia² <https://orcid.org/0009-0004-1155-8170>
Cristina Jessenia Delgado Chila² <https://orcid.org/0009-0005-1666-4260>
Gabriel Alfonso Burgos Briones¹ <https://orcid.org/0000-0002-1291-4083>
Diego Roberto Munizaga Párraga³ <https://orcid.org/0000-0002-4168-3747>

¹ Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

³ Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Recibido: Enero 15, 2026, año; Revisado: Febrero 2, 2026; Aceptado: Febrero 10, 2026

RESUMEN

Introducción:

La investigación analiza la maceración escalonada aplicada a diferentes temperaturas sucesivas, como una estrategia para optimizar la extracción de compuestos que influyen en la calidad fisicoquímica y sensorial de la cerveza artesanal. Este método permite modular la actividad enzimática durante el proceso de elaboración, lo que podría impactar en la composición del mosto y en las características finales del producto.

Objetivo:

Evaluar el efecto de la maceración escalonada sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal, mediante el uso de tres temperaturas de maceración (65 °C, 70 °C y 75 °C), con variación en los tiempos de exposición, analizando su influencia en la densidad final y en los atributos sensoriales.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Ulbio E. Alcivar, Email: ulbio.alcivar@utm.edu.ec



Materiales y Métodos:

Se elaboró mosto sometido a tres regímenes térmicos (65 °C, 70 °C y 75 °C) con tiempos variables. Se determinaron pH, densidad, acidez titulable, °Brix y turbidez, además de realizar controles microbiológicos. La evaluación sensorial se efectuó mediante pruebas comparativas con un panel entrenado. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey.

Resultados y Discusión:

La cerveza comercial obtuvo una puntuación global superior (2,55) frente a la experimental (2,18). Esta discrepancia se atribuye a la presencia de notas astringentes y una acidez marcada en la muestra escalonada, sugiriendo que la eficiencia extractiva no garantiza por sí sola la calidad sensorial.

Conclusiones:

La maceración escalonada mejora parámetros fisicoquímicos, pero requiere ajustes posteriores para lograr un equilibrio sensorial adecuado.

Palabras clave: actividad enzimática; análisis organoléptico; densidad; eficiencia de extracción; temperatura.

ABSTRACT

Introduction:

The research analyzes stepped maceration applied at different successive temperatures as a strategy to optimize the extraction of compounds that influence the physicochemical and sensory quality of craft beer. This method allows for modulation of enzymatic activity during the brewing process, which could impact the composition of the wort and the final characteristics of the product.

Objective:

To evaluate the effect of stepped maceration on the physicochemical and sensory properties of craft beer by applying three mashing temperatures (65 °C, 70 °C, and 75 °C) with variations in exposure times, analyzing their influence on the final density and sensory attributes.

Materials and Methods:

Wort was produced under three thermal regimes (65 °C, 70 °C, and 75 °C) with variable residence times. Physicochemical analyses included pH, density, titratable acidity, °Brix, and turbidity, along with microbiological controls to ensure product safety. Sensory evaluation was conducted through comparative tests using a trained panel. The data were analyzed using ANOVA and Turkey's test.

Results and Discussion:

The commercial beer achieved a higher overall score (2.55) than the experimental sample (2.18). This discrepancy was attributed to the presence of astringent notes and pronounced acidity in the stepped sample, suggesting that extraction efficiency alone does not necessarily ensure sensory quality.

Conclusions:

Stepped maceration improves physicochemical parameters; however, further adjustments are necessary to achieve an appropriate sensory balance.

Keywords: enzymatic activity; organoleptic analysis; density; extraction efficiency; temperature.

1. INTRODUCCIÓN

La cerveza constituye un sistema coloidal complejo cuya calidad final depende de la interacción entre materias primas, procesos bioquímicos y condiciones de fermentación, determinando su perfil organoléptico (Díaz et al., 2022). La producción cervecera artesanal combina técnicas tradicionales e innovaciones orientadas a la diferenciación sensorial, impulsando el crecimiento y la diversificación del mercado global (Faganel & Rižnar, 2023; Gobbi et al., 2024). Otro aspecto relevante es que las cervezas artesanales suelen presentar una mayor diversidad de compuestos con potencial bioactivo, lo que ha despertado un creciente interés científico en la evaluación de sus posibles propiedades funcionales y beneficios para la salud (López et al., 2024). Esto, desde la etapa de extracción, es clave para la obtención de un extracto funcional (Pinargote et al., 2024). Este dinamismo exige un control riguroso de las etapas de producción para asegurar calidad y consistencia del producto (Grand View Research, 2024), todo ello combinando tradición e innovación para mejorar su aspecto sensorial (Alcívar et al., 2025) y aplicando principios de seguridad alimentaria orientados a garantizar la inocuidad y el control de los procesos en la industria agroalimentaria (Burgos et al., 2024).

La etapa de hidrólisis enzimática del macerado representa una etapa clave del proceso, donde la conversión enzimática del almidón condiciona la fermentabilidad del mosto. El esquema escalonado de temperaturas, basada en rampas térmicas controladas, ha sido propuesto para optimizar el rendimiento fermentativo y el control del pH (Peterson et al., 2022), debido a que la temperatura aplicada en esta fase afecta las actividades enzimáticas y la composición del mosto (Laus et al., 2022). Además, estudios recientes han demostrado que las condiciones físicas y térmicas durante esta etapa del proceso modifican la composición del mosto y están estrechamente vinculadas con atributos del proceso y calidad final de la cerveza, lo que sugiere un impacto potencial sobre las propiedades sensoriales del producto (Wasmuht, 2023). No obstante, persiste un vacío en la literatura respecto al impacto de estas variaciones térmicas sobre la percepción sensorial, lo que fundamenta el objetivo de evaluar el efecto de la maceración escalonada sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza artesanal, mediante el uso de tres temperaturas de maceración (65 °C, 70 °C y 75 °C), con variación en los tiempos de exposición, analizando su influencia en la densidad final y en los atributos sensoriales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección de muestra

Se utilizó una receta base compuesta por 1 kg de malta (mezcla 1:1 de Weyermann tipo Special B y Pilsner), 0,005 kg de lúpulo y 0,005 kg de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Para la etapa de maceración se emplearon 3 L de agua, conforme a una relación malta/agua de 1:3 (p/p), posteriormente se aplicaron 3 L adicionales para el lavado del bagazo, totalizando 6 L de agua en el proceso. La molienda se realizó con un molino eléctrico ajustado para preservar la integridad de la cascarilla. La maceración se llevó a cabo en un sistema controlado, monitoreando las variables con termómetro digital,

potenciómetro y densímetro calibrado a 20 °C. La determinación de la acidez titulable, los °Brix y el análisis microbiológico se realizó conforme a los métodos oficiales estandarizados de la AOAC Internacional (2012), garantizando la validez, reproducibilidad y comparabilidad de los resultados.

2.2. Diseño experimental y fisicoquímico

El procedimiento experimental seguido en este estudio se resume esquemáticamente en la figura 1, donde se detallan las principales etapas del proceso cervecero y los análisis realizados. Esta representación facilita la comprensión del diseño experimental y asegura la reproducibilidad del estudio.

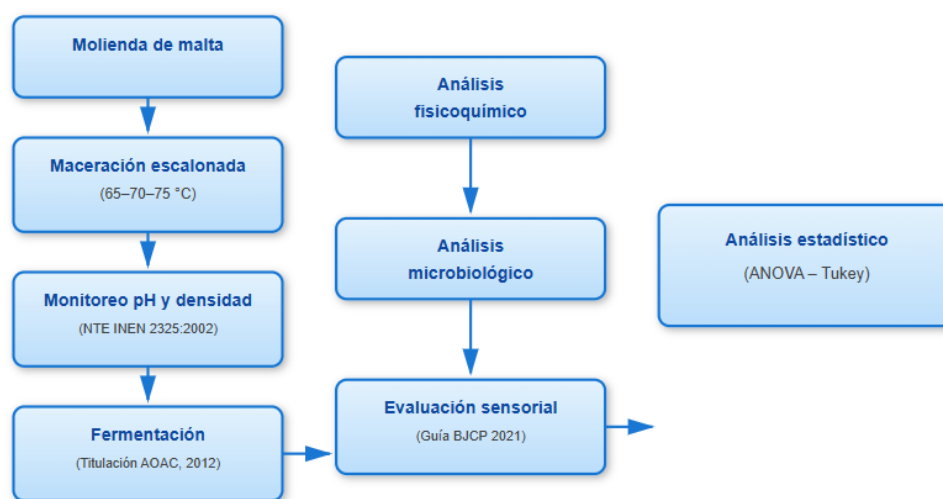


Figura 1. Procedimiento experimental

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la malta

Se realizó la maceración de dos tipos de malta, Special B y Pilsen, empleando una relación malta/agua de 1:3 (p/p), a 65 °C, durante cuatro horas. El proceso se fraccionó en cuatro tiempos de muestreo para cada tratamiento, con el fin de evaluar la evolución de los parámetros analizados. Las muestras obtenidas en cada intervalo fueron caracterizadas fisicoquímicamente. La caracterización de las maltas Special B y Pilsen a 65 °C durante cuatro horas mostró diferencias significativas en turbidez ($p < 0,05$). La malta Special B presentó una turbidez significativamente mayor (23138,6 NTU) en comparación con la malta Pilsen (825 NTU). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en pH y tiempo de maceración entre las maltas evaluadas ($p > 0,05$). Los resultados se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Caracterización de malta, Special B

Muestra	Tiempo (min)	pH	Densidad (g/mL)	Turbidez (NTU)
M1	60	4,6	1,040	20569,106
M2	90	4,7	1,048	22560,976
M3	120	4,0	1,053	22560,976
M4	240	4,5	1,075	25195,122

Nota: Special B proceso con temperatura de 65 °C.

Tabla 2. Caracterización de malta Pilsen

<i>Muestra</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>pH</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>
M1	60	6,59	1,020	2227,42
M2	90	6,32	1,052	2227,44
M3	120	6,30	1,063	314,922
M4	240	6,34	1,070	198,183

Nota: Pilsen proceso con temperatura de 65 °C

Tabla 3. Análisis de varianza de la caracterización de la malta

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
pH	1	553337	553337	0,10	0,786
Tiempo	3	3179961	1059987	0,18	0,899
Malta	1	283355720	283355720	49,25	0,020
Error	2	11506209	5753105		
Total	7	937436772			

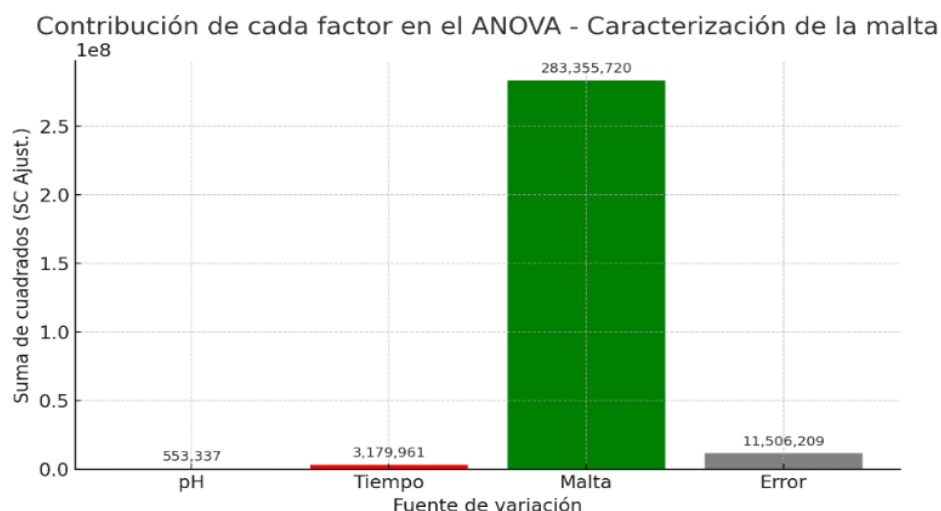


Figura 2. Análisis de varianza de la caracterización de la malta

El aumento de la turbidez observado con el uso de malta Special B sugiere una mayor extracción de compuestos fenólicos y proteicos durante la maceración. De acuerdo con Kunze (2014), las maltas especiales incrementan la carga coloidal del mosto cuando no se controlan adecuadamente las condiciones del proceso. Estos compuestos pueden formar complejos proteína – polifenol, afectando la estabilidad coloidal y la claridad de la cerveza. Asimismo, una extracción excesiva de polifenoles se asocia con percepciones sensoriales negativas como astringencia y amargor no deseado (Habschied et al., 2021). El análisis estadístico evidenció una influencia significativa con un 95% de confianza del tipo de malta sobre la turbidez ($p = 0,020$). En conjunto, los resultados resaltan la importancia de un control riguroso del proceso para equilibrar eficiencia extractiva y calidad sensorial. Los resultados del análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey se presentan en la tabla 4, con el propósito de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para cada tipo de malta.

Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey

<i>Malta</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>
A	4	23138,6	A
B	4	825,0	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

3.2. Determinación de la influencia de la temperatura en la maceración escalonada

Las pruebas de maceración escalonada evidenciaron que el tratamiento iniciado a 65 °C favoreció una extracción eficiente de azúcares fermentables, alcanzando una densidad máxima de 1,062 g/mL entre los 40 y 60 minutos. Se seleccionó esta temperatura inicial por situarse dentro del intervalo óptimo de actividad de la β -amilasa y compatible con la α -amilasa, promoviendo la formación de maltosa y mejorando la fermentabilidad del mosto. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Kunze (2014) y Briggs et al. (2004), quienes señalan que el intervalo de 62 – 67 °C optimiza la acción conjunta de ambas enzimas.

La disminución progresiva de la temperatura y del pH (de 5,60 a 5,46) se encuentra dentro de los valores esperados durante el proceso y no compromete la actividad enzimática. Estudios previos indican que un pH cercano a 5,4 – 5,6 favorece la hidrólisis del almidón y la solubilización de azúcares fermentables. En conjunto, estos resultados son consistentes con el comportamiento enzimático descrito en la literatura cervecera clásica, donde la hidrólisis del almidón, durante la maceración, depende principalmente de la actividad de las enzimas α -amilasa y β -amilasa, las cuales presentan intervalos óptimos de temperatura y pH que favorecen la formación de azúcares fermentables (Bamforth, 2023). La tabla 5 presenta la evolución de la densidad, temperatura y pH durante 60 minutos de macerado escalonado a 65 °C, con el objetivo de identificar el tiempo en el que se alcanza la densidad óptima del mosto.

Tabla 5. Resultados obtenidos por el proceso de macerado escalonado a una temperatura de 65 °C, en un tiempo de 60 minutos

<i>Tiempo (min)</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>pH</i>
10	1,051	60	5,60
20	1,051	59	5,59
30	1,052	57	5,57
40	1,062	54	5,46
50	1,061	52	5,47
60	1,062	45	5,46

En la figura 3 se observa que la densidad aumenta progresivamente hasta alcanzar su valor máximo (1,062 g/mL) a los 40 minutos, manteniéndose estable hasta el minuto 60. Paralelamente, la disminución gradual de la temperatura y del pH se mantiene dentro de intervalos tecnológicos adecuados para la actividad enzimática. Estos resultados permiten establecer que el intervalo entre 40 y 60 minutos constituye el tiempo óptimo para maximizar la concentración de azúcares fermentables bajo las condiciones evaluadas.

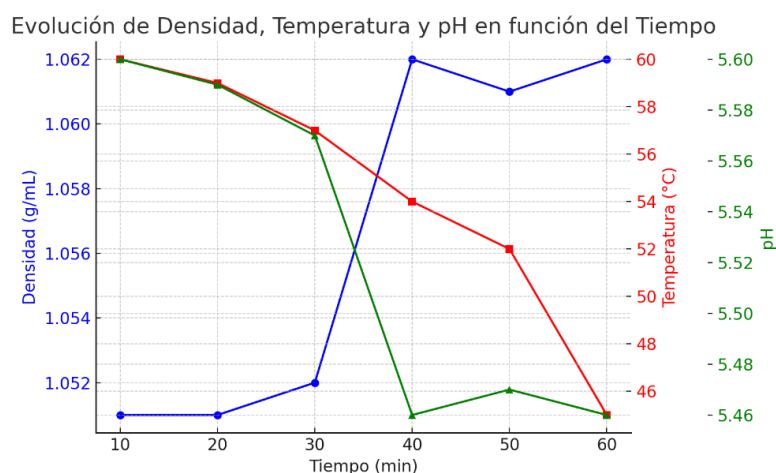


Figura 3. Evolución de la densidad, temperatura y pH

Según la tabla 6, la maceración a 70 °C mostró un incremento progresivo de la densidad hasta 1,061 g/mL a los 60 minutos, valor ligeramente inferior al obtenido a 65 °C. Según Kunze (2014) y Briggs et al. (2004), temperaturas cercanas a 70 °C favorecen la actividad de la α -amilasa, pero provocan una inactivación parcial de la β -amilasa, reduciendo la formación de maltosa. Las variaciones de pH observadas (5,44 – 5,61) se mantuvieron dentro de intervalos aceptables para la actividad enzimática. Estos resultados concuerdan con lo reportado en la literatura sobre la menor eficiencia extractiva a temperaturas elevadas de maceración.

Tabla 6. Resultados obtenidos por el proceso de macerado escalonado a una temperatura de 70 °C

<i>Tiempo (min)</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>pH</i>
10	1,033	59	5,44
20	1,034	51	5,47
30	1,053	50	5,45
40	1,054	49	5,54
50	1,060	46	5,61
60	1,061	44	5,50

Para la maceración a 75 °C, se reportó únicamente el valor correspondiente a los 60 minutos (densidad 1,054 g/mL; pH 5,52), debido a que evaluaciones preliminares evidenciaron una estabilización temprana de la densidad y una menor variabilidad en los parámetros monitoreados bajo esta condición térmica. Dado que el objetivo fue comparar el rendimiento final de cada tratamiento, se consideró metodológicamente pertinente registrar el valor al tiempo estándar de 60 minutos, equivalente al empleado en los demás ensayos. La densidad obtenida fue notablemente inferior respecto a las otras condiciones, sugiriendo una extracción menos eficiente de azúcares fermentables. Este comportamiento puede asociarse con la inactivación progresiva de la β -amilasa a temperaturas elevadas, reduciendo la formación de maltosa y, por tanto, la fermentabilidad del mosto.

La maceración a 65 °C produjo la mayor densidad final del mosto (1,062 g/mL), seguida por 70 °C (1,061 g/mL) y 75 °C (1,054 g/mL), lo que sugiere una mayor eficiencia en la

extracción de azúcares fermentables. Este comportamiento puede atribuirse al equilibrio entre la actividad de las enzimas amilolíticas y su estabilidad térmica, aunque temperaturas no convencionales también pueden generar perfiles sensoriales diferenciados sin comprometer la fermentabilidad (Garshol, 2021). De acuerdo con el análisis de varianza presentado en la tabla 7, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para un 95 % de confianza entre las temperaturas ni el tiempo de maceración ($p > 0,05$). No obstante, la comparación múltiple por grupos (tabla 8) permitió identificar tendencias tecnológicas relevantes. En particular, la temperatura de 65 °C presentó la mayor densidad media (1,062 g/mL), indicando una mayor extracción de azúcares fermentables frente a los demás tratamientos.

Tabla 7. Análisis de varianza entre temperatura y tiempo en el proceso de maceración escalonada

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
Temperatura	2	198,80	99,42	2,78	0,154
Tiempo (min)	5	769,70	153,93	4,31	0,067
Error	5	178,70	35,73		
Total	12	1110,9			

La tabla 8 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a la densidad del mosto en función de la temperatura de maceración escalonada. Aunque el análisis de varianza no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos térmicos ($p > 0,05$), la comparación por medias permite identificar tendencias relevantes desde el punto de vista tecnológico.

Tabla 8. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey

<i>Temperatura °C</i>	<i>N</i>	<i>Media (g/mL)</i>	<i>Agrupación</i>
65	6	1,062	A
70	6	1,049	A
75	1	1,04533	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En particular, la maceración a 65 °C mostró la mayor densidad promedio, lo que sugiere una mayor eficiencia en la extracción de azúcares fermentables en comparación con las temperaturas de 70 °C y 75 °C. Este comportamiento puede atribuirse a un equilibrio óptimo entre la actividad de las enzimas amilolíticas y su estabilidad térmica, lo que favorece la conversión del almidón durante el proceso de maceración.

3.3 Caracterización fisicoquímica de las cervezas sometidas a maceración escalonada

En la tabla 9 se puede evidenciar como la muestra A exhibió mayor densidad (1,010 g/mL vs 1,004 g/mL) y menor pH (4,30 vs 4,76) que la muestra B, indicando mayor contenido de sólidos disueltos y fermentación menos avanzada, lo que contribuye a un cuerpo más robusto y acentuada percepción ácida. La acidez titulable fue ligeramente inferior en la muestra A (0,427 % vs 0,463 %), sugiriendo menor concentración de ácidos orgánicos.

Tabla 9. Caracterización fisicoquímica de las muestras A y B

<i>Muestras</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>pH</i>	<i>Acidez (% ácido láctico)</i>	<i>• Brix</i>
Muestra A	1,010	4,30	0,427 %	3
Muestra B	1,004	4,76	0,463 %	4

El pH más bajo de la muestra A puede intensificar la percepción de notas ácidas, amargas y astringentes mientras que el pH elevado de la muestra B favorece características organolépticas más suaves y mayor estabilidad microbiológica, concordando con lo reportado por Guyot et al. (2005) quienes demostraron que valores de pH por debajo de 4,0 incrementan rápidamente la intensidad de efectos ácidos y amargas. Todas las determinaciones fisicoquímicas se realizaron por triplicado, con el fin de asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos. Estas diferencias fisicoquímicas sugieren perfiles sensoriales distintivos entre ambas muestras, con implicaciones en el equilibrio dulzor - acidez y la estabilidad del producto final.

3.4 Análisis microbiológico

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 10, el análisis microbiológico evidenció un recuento de 1,640 millones de levaduras por mL, indicativo de una fermentación activa. El muestreo se realizó en la etapa final del proceso, una vez concluida la fermentación y durante el envasado de la cerveza, tomando como unidad de análisis una botella representativa de cada lote producido. No se detectó la presencia de enterobacterias ni de *Salmonella*, lo que confirma la inocuidad microbiológica del producto. La adecuada actividad fermentativa refleja un control efectivo del proceso y el predominio de cepas deseadas, minimizando el riesgo de contaminación por microorganismos indeseables (Roselli et al., 2024).

La ausencia de enterobacterias constituye un resultado crítico, asociado a las condiciones inhibitorias del proceso cervecero, como pH bajo, presencia de etanol y compuestos antimicrobianos del lúpulo (Sakamoto & Konings, 2003). Asimismo, la no detección de *Salmonella* evidencia el cumplimiento de los estándares de seguridad alimentaria. En conjunto, estos resultados confirman que la cerveza elaborada bajo buenas prácticas de manufactura es microbiológicamente segura. La maceración escalonada evidenció una concentración de $1,64 \times 10^6$ levaduras/mL, correspondiente principalmente a la levadura empleada en la fermentación.

Tabla 10. Análisis microbiológico de la cerveza elaborada con maceración escalonada

<i>Tratamiento</i>	<i>Mohos y levaduras (levaduras/mL)</i>	<i>Enterobacterias (log UFC/g)</i>	<i>Salmonella</i>
Cerveza	1,640 millones	ND	Ausencia

3.5 Análisis sensorial

La evaluación sensorial permitió determinar si las mejoras tecnológicas asociadas a la maceración se reflejaron en la aceptación del producto final. Se empleó la guía BJCP para evaluar 14 atributos sensoriales en dos muestras de cerveza mediante un panel de ocho evaluadores no entrenados. De acuerdo con los resultados del análisis de varianza presentados en la tabla 11, no se evidenciaron diferencias significativas entre panelistas

($p = 0,653$), lo que indica consistencia en las evaluaciones. En contraste, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los atributos sensoriales evaluados ($p < 0,05$). Asimismo, el factor muestra presentó significancia estadística ($p < 0,05$), evidenciando diferencias sensoriales entre las cervezas analizadas. Las principales discrepancias se asociaron con la astringencia y la presencia de notas fenólicas y vegetales.

Tabla 11. Análisis de varianza del análisis sensorial

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
Panelista	1	0,276	0,2755	0,20	0,653
Atributo	13	39,357	3,0275	2,23	0,010
Muestra	1	7,875	7,8750	5,80	0,017
Error	208	282,474	1,3581		
Total	223	329,982			

Se realizó la comparación múltiple por el método de Tukey (tabla 12) y se observa que el atributo Astringente, Azufre, Fenólico y Vegetal muestran diferencias significativas ($p < 0,05$). Se observa que Astringente tiene la media más alta (3,3125), lo que indica que es un atributo muy notado en la evaluación. Los atributos de menor intensidad como Azufre, Fenólico y Vegetal tienen medias más bajas (alrededor de 1,75 - 1,81), lo que puede indicar no fueron percibidos de manera significativa.

Tabla 12. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los atributos

Atributo	N	Media	Agrupación	
Astringente	16	3,3125	A	
Alcohólico	16	2,8125	A	B
Agrio/ácido	16	2,6875	A	B
Oxidado	16	2,6250	A	B
Diacetilo	16	2,4375	A	B
Éster	16	2,4375	A	B
Metálico	16	2,4375	A	B
Acetaldehído	16	2,3750	A	B
Levadura	16	2,3750	A	B
Herbáceo	16	2,3125	A	B
Solvente	16	1,9375	A	B
Azufre	16	1,8125		B
Fenólico	16	1,8125		B
Vegetal	16	1,7500		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La figura 4 presenta el perfil sensorial de la cerveza obtenida mediante maceración escalonada, representando gráficamente los principales atributos evaluados por el panel sensorial. Esta representación permite visualizar de manera comparativa la intensidad relativa de cada atributo organoléptico analizado.

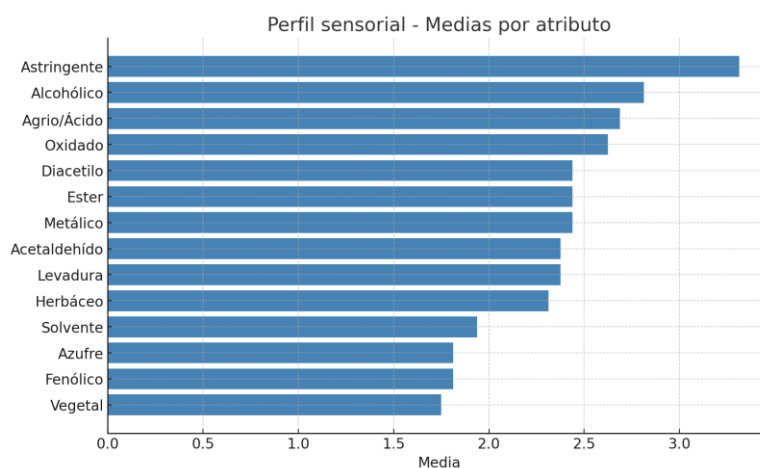


Figura 4. Perfil Sensorial-Atributos

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 13, la muestra B alcanzó la mayor valoración global (2,55), indicando una mayor preferencia por parte de los panelistas. Este resultado sugiere que la cerveza comercial presentó un perfil sensorial más atractivo en términos de sabor, aroma y apariencia. La mejor aceptación podría atribuirse a un mayor equilibrio entre los atributos sensoriales evaluados, en comparación con la muestra A. Estas características influyeron positivamente en la percepción global de la muestra B durante la evaluación sensorial. No obstante, el análisis se limita exclusivamente a variables sensoriales. En consecuencia, se recomienda complementar estos resultados con estudios que integren aspectos nutricionales, económicos y de disponibilidad para una interpretación más integral de la preferencia del consumidor.

Tabla 13. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de las muestras

<i>Muestra</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>
B	112	2,55357	A
A	112	2,17857	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Sin embargo, un análisis complementario por categorías sensoriales, ilustrado en la figura 5, reveló que la muestra A obtuvo medias más altas en aspectos específicos como sensación en boca, aroma, apariencia y sabor. Esta aparente contradicción indica que, aunque la muestra A destacó en ciertas dimensiones sensoriales, la valoración global favoreció a la muestra B, probablemente por una percepción más uniforme o familiar de sus atributos en conjunto. Debe considerarse además que la muestra B corresponde a una cerveza comercial elaborada mediante un proceso convencional de maceración no escalonada, lo que podría influir en la preferencia de los jueces debido a la familiaridad con perfiles sensoriales ampliamente presentes en productos del mercado. Este aspecto constituye un factor a tener en cuenta en la interpretación de los resultados sensoriales.

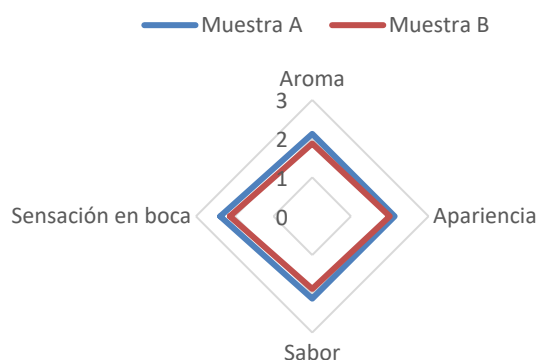


Figura 5. Resultados del análisis sensorial de las cervezas A (cerveza maceración escalonada) y B (cerveza comercial)

3.6 Influencia de la temperatura en la maceración escalonada

Al comparar las tres temperaturas de maceración, se observó que a 65 °C se produjo la mayor densidad final (1,062 g/mL), seguida por 70 °C (1,061 g/mL) y 75 °C (1,054 g/mL). Sin embargo, el análisis de varianza indicó que ni la temperatura ($p = 0,154$) ni el tiempo de extracción ($p = 0,067$) presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad para un nivel de confianza del 95 %. En consecuencia, bajo las condiciones experimentales evaluadas, estos factores no influyeron significativamente en la densidad del mosto durante la maceración escalonada, resultado que responde directamente al objetivo planteado en el estudio.

4. CONCLUSIONES

1. La maceración escalonada a 65 °C se asoció con una mayor extracción de azúcares fermentables, reflejada en una densidad inicial más elevada del mosto, lo que evidencia una mayor eficiencia en la conversión de almidones bajo las condiciones evaluadas.
2. La muestra A presentó una mayor densidad final y un menor pH en comparación con la Muestra B, lo que indica una mayor presencia de azúcares residuales y una acidez más pronunciada, factores que influyen directamente en el cuerpo y el perfil sensorial de la cerveza.
3. A pesar de las mejoras tecnológicas observadas en la etapa de maceración, la evaluación sensorial mostró una mayor aceptación de la cerveza comercial, lo que sugiere que el incremento en la eficiencia de extracción puede estar asociado a atributos sensoriales menos favorables para el consumidor bajo las condiciones evaluadas.
4. Desde el punto de vista microbiológico, el proceso cervecero demostró ser seguro, ya que no se detectó la presencia de microorganismos patógenos, confirmando la inocuidad del producto final bajo las condiciones evaluadas.
5. En conjunto, los resultados demuestran que la optimización tecnológica del proceso de maceración no garantiza por sí sola una mejora sensorial, lo que resalta la necesidad de un enfoque integral que equilibre eficiencia extractiva y calidad organoléptica en la producción de cerveza artesanal.

REFERENCIAS

- AOAC International. (2012). *Official methods of analysis*. 19th ed., AOAC. https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/?utm_source
- Alcívar, U. E., Aguirre, E.P., Munizaga, D. R., Cedeño, C.A., & Burgos, G. A. (2025). Valuación de técnicas de clarificación en la estabilidad coloidal y apariencia de cervezas artesanales ale y lager. *Centro Azúcar*, 52(1), e1114. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/847
- Bamforth, C. W. (2023). *Beer: Tap into the art and science of brewing* (4th ed.). New York, NY: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199996742.001.0001>
- Briggs, D. E., Boulton, C.A., Brookes, P.A., & Stevens, R. (2004). *Brewing: Science and practice.*, Woodhead Publishing. <https://www.sciencedirect.com/book/9781855734906/brewing>
- Burgos, G., Montes, J., Pinargote, E., & Cedeño, C. (2024). Plan de seguridad alimentaria en una empresa productora y comercializadora de dulces artesanales. *Guacamaya*, 8(2), 36-48. <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v8n2.a5011>
- Díaz, A., Durán, E., Lasanta, C., & Castro, R. (2022). From the raw materials to the bottled product: Influence of the entire production process on the organoleptic profile of industrial beers. *Foods*, 11(20), 3215. <https://doi.org/10.3390/foods11203215>
- Faganel, A., & Rižnar, I. (2023). The growth in demand for craft beer and the proliferation of microbreweries in Slovenia. *Beverages*, 9(4), 86. <https://doi.org/10.3390/beverages9040086>
- Garshol, L.M. (2021). Temperatures of farmhouse brewing. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 79(2), 181–186. <https://scispace.com/pdf/pitch-temperatures-in-traditional-farmhouse-brewing-4g2ki0hldi.pdf>
- Gobbi, L., Stanković, M., Ruggeri, M., & Savastano, M. (2024). Craft Beer in Food Science: A Review and Conceptual Framework. *Beverages*, 10(3), 91. <https://doi.org/10.3390/beverages10030091>
- Grand View Research, Inc. (2024). *Craft beer market size, share & trends analysis report*. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/craft-beer-market>
- Guyot, C., François, N., Ritter, C., Govaerts, B., & Collin, S. (2005). Influence of pH and aging on beer organoleptic properties. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 63(2), 56–61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329304000552>
- Habschied, K., Košir, I. J., Krstanović, V., Kumrić, G., & Mastanjević, K. (2021). Beer polyphenols—Bitterness, astringency, and off-flavors. *Beverages*, 7(2), 38. <https://doi.org/10.3390/beverages7020038>
- Kunze, W. (2014). *Technology brewing and malting*. 5th ed., VLB Berlin. https://books.google.com/books/about/The_Craft_Brewing_Handbook.html?id=ue9DwAAQBAJ
- Laus, A., Endres, F., Hutzler, M., B., & Hutzler, M. (2022). Isothermal mashing of barley malt: New insights into wort composition and enzyme temperature ranges. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 2294–2312. <https://doi.org/10.1007/s11947-022->
-

[02885-2](#)

- López, C. A., Palma, Y. M., Alcívar, U. E., Burgos, G. A., & Munizaga, D. R. (2024). Extracto funcional de cerveza artesanal como ingrediente innovador en la industria repostera. *Centro Azúcar*, 51(3), e1073. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/806
- Peterson, S. D., Amón, R., Wong, T., Spang, E. S., & Simmons, C. W. (2022). Material and energy flow analysis of craft brewing: A case study at a California microbrewery. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1028520. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1028520>
- Pinargote, D.J., Alcívar, U. E., Burgos, G. A., Cedeño, C.A., & Munizaga, D. R. (2024). Obtención de derivados alimenticios dulces (confitería) a partir de extracto funcional de cerveza artesanal. *Centro Azúcar*, 51(3), e1082. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/815
- Roselli, G. E., Kerruish, D., Crow, M., Smart, K A., & Powell C. D. (2024). The two faces of microorganisms in traditional brewing and modern beer production. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1346724. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1346724>
- Sakamoto, K., & Konings, W.N. (2003). Beer spoilage bacteria and hop resistance. *International Journal of Food Microbiology*, 89(2), 105–124. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00153-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00153-5)
- Wasmuht, I. (2023). Relevant process steps influencing wort and beer composition and its quality: A review. *Brewing Science*, 76(9/10), 113–129. <https://doi.org/10.23763/BrSc23-15wasmuht>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Dr.C. Ulbio Eduardo Alcívar Cedeño. Gestión de proyectos, conceptualización, metodología.
 - Ing. Kevin Jasson Alay Anchundia. Investigación, redacción – primera redacción.
 - Ing. Cristina Jessenia Delgado Chila. Investigación, redacción – primera redacción.
 - M.Sc. Gabriel Alfonso Burgos Briones. Validación, redacción - revisión y edición.
 - M.Sc. Diego Roberto Munizaga Párraga. Conceptualización, recursos, redacción - revisión y edición.
-