

## Stepwise Fermentation Technique Under Variable Temperature and Pressure in Craft Beers

### Técnica de fermentación escalonada bajo variabilidad de temperatura y presión en cervezas artesanales

**Autores:**

Intriago-Alvarez, Karla Liseth  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química  
Portoviejo – Ecuador

 [kintriago3475@utm.edu.ec](mailto:kintriago3475@utm.edu.ec)

 <https://orcid.org/0009-0002-0578-1224>

Santos-Ramon, Joselyn Lizbeth  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química  
Portoviejo – Ecuador

 [jsantos4521@utm.edu.ec](mailto:jsantos4521@utm.edu.ec)

 <https://orcid.org/0009-0001-8500-964X>

Alcívar-Cedeño, Ulbio Eduardo  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Ing. Agroindustrial, PhD  
Docente Tutor de la Carrera de Ingeniería Química  
Portoviejo – Ecuador

 [ulbio.alcivar@utm.edu.ec](mailto:ulbio.alcivar@utm.edu.ec)

 <https://orcid.org/0000-0001-7941-6401>

Munizaga-Párraga, Diego Roberto  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Ing. Agroindustrial, Mgs  
Cotutor Instituto de Investigación  
Portoviejo-Ecuador

 [diego.munizaga@utm.edu.ec](mailto:diego.munizaga@utm.edu.ec)

 <https://orcid.org/0000-0002-4168-3747>

Fechas de recepción: 25-ENE-2025 aceptación: 25-FEB-2025 publicación: 15-MAR-2025

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>  
<http://mqrinvestigador.com/>



## Resumen

La fermentación escalonada con variabilidad de temperatura y presión representa una técnica innovadora para la producción de cervezas artesanales, permitiendo optimizar el metabolismo de las levaduras y mejorar los perfiles sensoriales y físico-químicos del producto. Este estudio evaluó el impacto de la fermentación escalonada con variabilidad de temperatura y presión en cervezas tipo Ale y Lager, utilizando una serie de experimentos, que incluyó equipos como intercambiadores de calor, recirculadores y densímetros, y materiales como cebada malteada, lúpulo, lactosa y levaduras tipo Lager y Ale (Bamforth, 2019; Briggs, 2004). El proceso implicó la fermentación de mostos cerveceros con levaduras tipo Ale y Lager, además se dividió en dos sub-muestras cada una, sometidas a diferentes combinaciones de temperatura y presión acorde al tipo de levadura. Los parámetros físico-químicos analizados incluyeron pH, acidez, contenido alcohólico y hierro, siguiendo normativas nacionales (INEN, 2003). Los resultados mostraron que las cervezas Ale y Lager fermentadas con presión (A) presentaron perfiles más equilibrados: pH de 4,9 y 5,08, acidez de 0,31% y 0,25%, y contenido alcohólico del 5% en ambas, mientras que las sin presión (B) exhibieron mayor dulzor y hierro, con pH de 5,17 y 5,33, acidez de 0,47% y 0,35%, y niveles de hierro de 0.3 mg/cm<sup>3</sup> y 0.15 mg/cm<sup>3</sup> respectivamente (Rodman & Gerogiorgis, 2020). La evaluación sensorial basado en el método descrito por Bazelais (2024), destacó mayor aceptación de las muestras A, con puntuaciones promedio de 48,4 y 38,18 frente a 54,3 y 47,08 en las muestras B para Lager y Ale, respectivamente, lo que subraya un balance superior en los perfiles de sabor y aroma (Palmer & Zainasheff, 2018; Tonsmeire, 2018). Estos hallazgos refuerzan la importancia de controlar la presión durante la fermentación para garantizar la calidad sensorial y físico-química, proponiendo esta técnica como una prometedora solución para la competitividad en el mercado cervecero artesanal.

**Palabras clave:** Fermentación escalonada; cerveza artesanal; calidad sensorial; control de presión; parámetros físico-químicos; evaluación sensorial



## Abstract

Stepped fermentation with temperature and pressure variability represents an innovative technique for the production of craft beers, allowing for yeast metabolism optimization and improvement of the product's sensory and physicochemical profiles. This study evaluated the impact of stepped fermentation with temperature and pressure variability on Ale and Lager beers, utilizing a series of experiments that included equipment such as heat exchangers, recirculators, and densimeters, as well as materials such as malted barley, hops, lactose, and Lager and Ale yeast strains (Bamforth, 2019; Briggs, 2004). The process involved fermenting wort with Ale and Lager yeast strains, with each being divided into two sub-samples subjected to different temperature and pressure combinations according to the yeast type. The physicochemical parameters analyzed included pH, acidity, alcohol content, and iron, following national regulations (INEN, 2003).

The results showed that Ale and Lager beers fermented under pressure (A) exhibited more balanced profiles: pH values of 4,9 and 5,08, acidity levels of 0,31% and 0,25%, and an alcohol content of 5% in both. Meanwhile, the non-pressurized samples (B) displayed higher sweetness and iron content, with pH values of 5,17 and 5,33, acidity levels of 0,47% and 0,35%, and iron concentrations of 300 mg/dm<sup>3</sup> and 150 mg/dm<sup>3</sup>, respectively (Rodman & Gerogiorgis, 2020). The sensory evaluation, based on the method described by Bazelais (2024), highlighted greater acceptance of samples A, with average scores of 48,4 and 38,18, compared to 54,3 and 47,08 for samples B in Lager and Ale, respectively. This underscores a superior balance in flavor and aroma profiles (Palmer & Zainasheff, 2018; Tonsmeire, 2018).

These findings reinforce the importance of pressure control during fermentation to ensure superior sensory and physicochemical quality, proposing this technique as a promising solution for competitiveness in the craft beer market

**Keywords:** Stepped fermentation; craft beer; sensory quality; pressure control; physicochemical parameters; sensory evaluation



## Introducción

La cerveza artesanal ha experimentado un notable crecimiento en popularidad en los últimos años, lo que ha llevado a una mayor exploración de técnicas innovadoras en su elaboración. Una de estas técnicas, es la fermentación escalonada con variabilidad de temperatura y presión que ha revolucionado el proceso de fermentación en la producción de cerveza artesanal, por ello esta investigación busca proporcionar una mayor comprensión de los efectos de la fermentación escalonada en la producción de cerveza artesanal donde se espera que los resultados obtenidos permitan mejorar la calidad y consistencia de sus productos, al tener un mayor control sobre las variables de fermentación (Bamforth, 2019).

La fermentación escalonada es un proceso que se basa en la utilización de diferentes temperaturas de fermentación a lo largo del tiempo de fermentación total. A diferencia de la fermentación convencional, donde se mantiene una temperatura constante durante todo el proceso, la fermentación escalonada se divide en varias etapas, cada una con una temperatura específica. Esta técnica permite controlar y guiar el metabolismo de la levadura, lo que a su vez influye en la producción de compuestos aromáticos y sabores característicos de la cerveza (Bamforth, 2019).

Al utilizar diferentes temperaturas de fermentación en etapas específicas, se pueden modular las actividades metabólicas de la levadura, logrando una producción óptima de estos compuestos y, por lo tanto, una mayor complejidad y equilibrio en los perfiles de sabor y aroma de la cerveza (Briggs, 2004).

La fermentación escalonada también permite controlar la atenuación y la formación de subproductos indeseables, como los compuestos sulfurados y los alcoholes superiores. Al ajustar las temperaturas y los tiempos de fermentación, es posible minimizar la presencia de estos compuestos no deseados, mejorando la calidad general de la cerveza (De La Rosa, 2019).

Además, se ha encontrado evidencia de la fermentación escalonada en antiguas culturas cerveceras. Por ejemplo, en Bélgica, se ha practicado el uso de diferentes cepas de levadura en diferentes etapas de fermentación para lograr perfiles de sabor específicos en las cervezas belgas. También se ha documentado el uso de temperaturas variables durante la fermentación



en otras tradiciones cerveceras, como en la elaboración de cervezas ale en Alemania y el Reino Unido (Trappist, 2019).

El objetivo principal es establecer una técnica de fermentación escalonada bajo variabilidad de temperatura y presión para así optimizar la actividad de la levadura y crear perfiles de sabor único y complejo en la cerveza resultante. Por otro lado, caracterizar los efectos de temperatura y presión en momentos específicos durante la fermentación permite a los cerveceros artesanales controlar la actividad metabólica de la levadura y, por lo tanto, fomentará la experimentación con ingredientes y técnicas para crear cervezas únicas y de calidad.

La implementación de la técnica de fermentación escalonada con variabilidad de temperatura y presión en la cerveza artesanal se justifica desde un enfoque técnico y científico debido a diversos aspectos interrelacionados. En primer lugar, esta técnica permite influir en los perfiles de sabor de la cerveza mediante el control de la actividad de la levadura y su metabolismo (De La Rosa, 2019).

Esta técnica permite controlar la actividad metabólica de la levadura, lo que influye en el ritmo y la eficiencia de la fermentación. Al manipular estos parámetros, los cerveceros pueden modular la tasa de crecimiento y reproducción de la levadura, así como la producción de subproductos no deseados, como diacetilo y acetaldehído. La presencia de estos compuestos en niveles indeseables puede afectar negativamente la calidad y estabilidad de la cerveza generando sabores poco favorables y perjudicando la experiencia sensorial del consumidor.

## **Materiales y Métodos**

En esta investigación se emplearon equipos y materiales esenciales para el proceso de elaboración de cerveza artesanal bajo un diseño experimental que permitió estudiar la operación unitaria de fermentación. El equipo utilizado incluyó una olla de acero inoxidable con capacidad de 120 litros para la preparación del mosto, un recirculador para garantizar la homogeneidad del medio, un intercambiador de calor para controlar la temperatura del mosto antes de la fermentación, hornillas para el calentamiento del líquido, un densímetro para



medir la densidad del mosto y determinar el contenido de alcohol durante el proceso, una balanza para pesar los ingredientes con precisión, un termómetro para monitorear la temperatura en las diferentes etapas del proceso, y un molino de rodillo para triturar la cebada malteada (Alcívar-Cedeño, 2024; Bazelais, 2024; Bamforth, 2019; Briggs, 2004).

Los materiales empleados incluyeron cebada malteada como fuente principal de azúcares fermentables, lúpulo para aportar amargor y aroma, levaduras Lager y Ale como agentes de fermentación, lactosa como aditivo para modular el dulzor y cuerpo de la cerveza, y agua como base del proceso. Estos insumos se seleccionaron para garantizar consistencia y calidad en la elaboración de las muestras, siguiendo parámetros establecidos por normas internacionales (INEN, 2003).

### **Proceso de elaboración de cerveza artesanal**

El proceso inició con la molienda de 10 kg de cebada malteada utilizando un molino de rodillos, asegurando un tamaño de partícula adecuado para la extracción de azúcares. Para obtener 50 litros finales de cerveza. Posteriormente, se mezclaron 82 litros de agua con la cebada molida en la olla de acero inoxidable, donde se realizó la maceración a una temperatura controlada de 65 °C por 60 minutos, permitiendo la conversión de almidones en azúcares fermentables. Luego, el mosto obtenido se llevó a ebullición, añadiendo 39,5 gramos de lúpulo en intervalos para extraer sus compuestos aromáticos y amargos (De La Rosa, 2019).

El mosto caliente se enfrió utilizando un intercambiador de calor hasta alcanzar la temperatura adecuada para la inoculación de las levaduras. Se prepararon dos lotes con iguales cantidades de mosto: uno con levadura Lager (25 litros) y otro con levadura Ale (25 litros).

Cada lote se dividió en dos sub muestras sometidas a variaciones de temperatura, teniendo 3 escalones (12°C, 16°C, 18°C) para las cervezas ALE y presión a 2,5 Bar y 0 Bar (sin presión) para el mismo tipo de levadura utilizada durante la fermentación. Para cervezas con levadura Lager se utilizaron 3 escalones (8°C, 10°C, 12°C), así como valores de presión a 2,5 Bar y 0 Bar de igual forma que las otras muestras elaboradas. Este proceso se monitoreó mediante mediciones regulares de pH, densidad y morfología de la levadura, según lo recomendado



por la norma INEN 2262, debido a que es la norma de referencia para la validación de cervezas que se consumen en nuestro país (INEN, 2003).

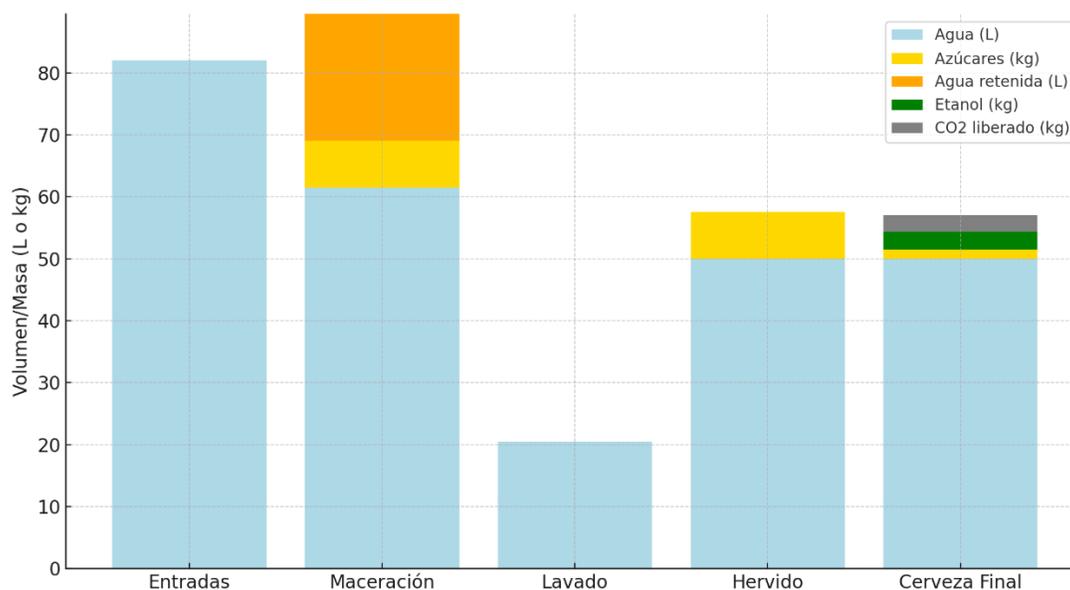
### Balance de materiales

En el balance de materiales para la producción de cerveza artesanal, se emplearon 82 litros de agua distribuidos en dos etapas: 75% (61,5 L) para el macerado y 25% (20,5 L) para el lavado del grano. Durante el proceso, se produjo una retención de agua del 25% en el grano, equivalente a 20,5 L, dejando 61,5 L disponibles para el hervido. En esta etapa, se evaporaron 11,5 L para ajustar el volumen final a los 50 L deseados.

A esto se sumaron 10 kg de malta que aportaron 7.5 kg de rendimiento de azúcares fermentables, de los cuales el 80% fue metabolizado por las levaduras, generando 2,88 kg de etanol y 2,64 kg de CO<sub>2</sub> liberado. Los azúcares residuales en la cerveza final fueron 1,5 kg, contribuyendo al cuerpo y sabor del producto. Este balance refleja las dinámicas de masa en cada etapa del proceso, optimizando los recursos para obtener una cerveza consistente y de calidad.

Figura 1.

Balance de materiales ajustado en la producción de cerveza



### **Parámetros evaluados: Análisis Físico-Químico, Microbiológico y Evaluación Sensorial**

El procedimiento experimental se centró en la fermentación escalonada bajo variaciones controladas de temperatura y presión para evaluar su impacto en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la cerveza artesanal. Durante la fermentación, se llevaron a cabo mediciones regulares de pH, densidad y actividad fermentativa de la levadura, siguiendo protocolos estándar que garantizan la reproducibilidad de los resultados (De La Rosa, 2019; INEN, 2003). Las muestras fueron recolectadas en tres intervalos específicos del proceso para cada lote experimental, teniendo una diferencia entre 3 a 5 días entre cada muestra tomada, las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 2°C, permitiendo evaluar la interacción de las variables a lo largo del tiempo.

En los análisis fisicoquímicos, se determinó el contenido de alcohol utilizando un densímetro calibrado a 20°C marca KegLand®, conforme a las recomendaciones de la norma INEN 2262. La acidez total se evaluó mediante titulación con hidróxido de sodio 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador, y se expresó en términos de pH para garantizar la estabilidad del producto y detectar posibles contaminaciones (Calderón, 2019; INEN, 2013). La carbonatación se midió siguiendo el principio de equilibrio gaseoso descrito por las leyes de Henry y Dalton, ajustando las lecturas de presión y temperatura para determinar el dióxido de carbono disuelto (INEN, 2002). Además, se analizaron elementos metálicos como hierro, cobre, zinc y plomo mediante espectrofotometría de absorción atómica, utilizando reactivos específicos para cada metal, dado su impacto potencial en la estabilidad y sabor del producto, siguiendo las normativas estandarizadas NTE INEN en sus números 2326, 2327, 2328 y 2330, las cuales determinan en su contenido los valores máximos permisibles (INEN, 2002). El análisis microbiológico incluyó el recuento de microorganismos aerobios mesófilos y la cuantificación de mohos y levaduras, con incubaciones a 30 °C y 22-25 °C respectivamente, siguiendo metodologías de dilución seriada y recuento en placa (INEN, 1998; INEN, 2006). Estos análisis permitieron evaluar la calidad microbiológica de las muestras, asegurando el cumplimiento de estándares de inocuidad y estabilidad.

La evaluación sensorial se llevó a cabo con el objetivo de comparar las características organolépticas de dos tipos de cerveza (Ale y Lager) fermentadas bajo condiciones de presión (A) y sin presión (B), utilizando un panel de participantes (30 en total, de acuerdo a la



metodología consultada) no entrenados, aunque fueron instruidos previamente sobre las variables a valorar de acuerdo a la guía de valoración emitida por la BJCP en su versión 2021, de esta manera se pretendió capturar una perspectiva representativa del público consumidor (Bazelais et al., 2024). Se evaluaron atributos como dulzor, amargor, cuerpo, contenido alcohólico, acidez, DMS, color y presencia de lúpulo, cada uno calificado en una escala hedónica de 1 a 7 puntos, donde 1 indicaba una baja percepción y 7 una percepción muy alta, teniendo una puntuación total de 70 puntos máximos para cada muestra de cerveza valorada, como lo realizado por Bazelais et al. (2024). La degustación se realizó en un ambiente controlado para evitar sesgos externos, con las muestras codificadas para garantizar una evaluación imparcial, siguiendo la misma metodología de Bazelais et al. (2024), para las variables de la percepción sensorial y de la misma manera la estandarización y preparación de las muestras. Para el análisis estadístico solo se determinó la descripción de las variables evaluadas conforme los lineamientos de valoración de la BJCP (2021), la cual determina el conteo simple para su aproximación a los resultados, debido a que al ser variables no paramétricas pueden evaluarse conforme lo establece su metodología de origen. Esta metodología permitió identificar cómo las condiciones de presión afectan la calidad sensorial percibida de la cerveza, destacando la importancia del control de parámetros de fermentación para satisfacer las preferencias del consumidor (Zainasheff & White, 2018; Segovia, 2019; Ñañez Mouchard, 2020) (Bamforth, 2019).

## Resultados

### **Análisis físico-químico de las muestras de cerveza inoculadas con levadura Ale**

Los análisis físico-químicos realizados en las cervezas tipo Ale, correspondientes a las muestras A (con presión) y B (sin presión), como se describe en la tabla 1, permitieron evaluar parámetros clave como pH, contenido alcohólico, acidez, hierro y cobre, según los estándares establecidos en la normativa INEN 2262 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2003). Los resultados obtenidos mostraron que la muestra A presentó un pH de 4,9, un contenido alcohólico del 5%, una acidez del 0,31%, y niveles de hierro de 0,17 mg/cm<sup>3</sup>, mientras que el cobre no fue detectable. Estos valores se encuentran dentro de los rangos



permitidos, asegurando la conformidad con los estándares establecidos para cervezas artesanales. Por otro lado, la muestra B exhibió un pH de 5,17, un contenido alcohólico del 5%, una acidez del 0,47%, y niveles de hierro de 0,3 mg/cm<sup>3</sup>, con ausencia de cobre. Aunque cumple con los límites en contenido alcohólico y cobre (máximo 1,0 mg/dm<sup>3</sup>, acorde al método estandarizado NTE INEN 2327), los valores de pH, acidez e hierro exceden los márgenes establecidos, lo que sugiere que la falta de presión durante la fermentación pudo influir negativamente en la estabilidad y calidad del producto, aunque no directamente sobre la formación de compuestos de hierro o la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación (De La Rosa & Vásquez, 2019). Estos resultados preliminares destacan la importancia del control de la presión como variable crítica en la fermentación de cervezas tipo Ale.

**Tabla 1**

**Parámetros físico – químicos para muestras de cervezas inoculadas con levadura ALE**

Parámetros	Muestra A (con presión)	Muestra B (sin presión)
pH	4,9	5,17
Contenido Alcohólico	5 %	5%
Acidez	0,31%	0,47%
Hierro	0,17mg/cm <sup>3</sup>	0,3mg/cm <sup>3</sup>
Cobre	0 mg/cm <sup>3</sup>	0 mg/cm <sup>3</sup>
Mohos y Levadura	1,7x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>3</sup>

**Análisis físico-químico de las muestras de cerveza inoculadas con levadura Lager**

Los análisis físico-químicos realizados en las cervezas tipo Lager, correspondientes a las muestras A (con presión) y B (sin presión), como se describe en la tabla 2, se centraron en los parámetros de pH, acidez, contenido alcohólico, hierro y cobre, siguiendo los lineamientos de la normativa INEN 2262 (INEN, 2003). La muestra A mostró un pH de 5.08, acidez de 0,25%, un contenido alcohólico del 5%, niveles de hierro de 0.013 mg/cm<sup>3</sup>, y ausencia de cobre, valores que cumplen con los rangos establecidos para este tipo de producto. En contraste, la muestra B presentó un pH de 5.33, acidez de 0,35%, un contenido



alcohólico del 5%, niveles de hierro de 0.15 mg/cm<sup>3</sup>, y tampoco detectó presencia de cobre. Es importante acotar que no se encontraron referencias que indique que los niveles elevados de estos metales fuera del rango permisible por las legislaciones de nuestro país, genere modificaciones en el sabor y la estabilidad química, así como en la percepción del consumidor. Aunque ambas muestras comparten un contenido alcohólico dentro de los estándares permitidos, los valores de pH e hierro en la muestra B exceden los límites recomendados, sugiriendo que la falta de presión durante la fermentación podría haber influido en la composición mineral y equilibrio ácido-base del producto (Bamforth, 2019). Estos hallazgos resaltan cómo el control de la presión puede ser una herramienta clave para asegurar la calidad y estabilidad de cervezas Lager durante su proceso de fermentación. Como en el estudio presentado por Alcívar-Cedeño en el 2024, que determinó que el efecto de la atenuación, se encuentra ligado a la fermentación bajo presión para ciertos estilos de cerveza artesanal.

**Tabla 2**  
**Parámetros físico – químicos para muestras de cervezas inoculadas con levadura**  
**LAGER**

Parámetros	Muestra A (con presión)	Muestra B (sin presión)
pH	5,08	5,33
Contenido Alcohólico	5 %	5%
Acidez	0,25%	0,35%
Hierro	0,013mg/cm <sup>3</sup>	0,15mg/cm <sup>3</sup>
Cobre	0 mg/cm <sup>3</sup>	0 mg/cm <sup>3</sup>
Mohos y Levadura	2,4x10 <sup>6</sup>	2,4x10 <sup>6</sup>

### Análisis sensorial

La evaluación sensorial de las cervezas Lager y Ale, bajo condiciones de presión (A) y sin presión (B), se presenta en la tabla 3, la cual muestra diferencias notables en atributos clave como dulzor, amargor, contenido de alcohol, cuerpo, y otros descriptores sensoriales. En las



cervezas Lager, las muestras B (sin presión) obtuvieron puntuaciones más altas en dulzor (5,0 frente a 3,3), cuerpo (5,4 frente a 4,5) y frutado-esteroso (5,6 frente a 5,0), lo que indica una mayor percepción de estos atributos, posiblemente derivada de una menor eficiencia en la fermentación y una mayor acumulación de compuestos residuales (Alcívar-Cedeño et al., 2024). Sin embargo, las muestras A destacaron en amargor (6,3 frente a 4,6) y balance ácido (6,0 frente a 6,3), reflejando un control más eficiente de la extracción de lúpulo y los compuestos ácidos (Segovia, 2019).

Por otro lado, en las cervezas Ale, las muestras B también mostraron puntuaciones más altas en dulzor (2,83 frente a 2,63), cuerpo (5,2 frente a 4,42), y color (6,96 frente a 4,5), sugiriendo una mayor intensidad en estas características. Las muestras A, sin embargo, presentaron un perfil más equilibrado en atributos como acidez (4,29 frente a 3,75) y percepción de DMS (2,5 frente a 3,17), lo cual es consistente con un proceso fermentativo más controlado que reduce la acumulación de compuestos no deseados (López-Pérez et al., 2024). Este balance se refleja en el puntaje total, donde las muestras A obtuvieron valores más bajos pero equilibrados (38,18 en Ale y 48,4 en Lager), en comparación con las muestras B (47,08 en Ale y 54,3 en Lager), que exhibieron una mayor intensidad en atributos individuales, pero menos consistencia global. Los estudios previos realizados por Nañez en 2020, se pueden utilizar para comparar los resultados obtenidos, ya que estos resultados resaltan cómo el control de la presión en la fermentación no solo afecta los parámetros físico-químicos, sino que también moldea el perfil sensorial percibido por los consumidores, optimizando la experiencia organoléptica y la aceptación en el mercado (Ñañez Mouchard, 2020; Barranco García & Villarreal Córdoba, 2021). Si bien la amplitud de aplicación de la metodología utilizada y los resultados obtenidos está limitada a la valoración de manera general de cervezas lager y ale, el abanico de aplicación de dicha metodología puede extrapolarse a cervezas de diferentes tipos, mientras se conserven las características de fermentación de ambos tipos de levaduras, es así, que su aplicación bien podría referirse para estilos de cervezas rubias, cervezas ambar y cervezas oscuras (Alcívar-Cedeño, 2024).

**Tabla 3**  
**Evaluación sensorial - Cerveza lager – Cerveza ale**

Tipo de levadura	Cerveza lager		Cerveza ale	
	Descriptor	Con presión (A)	Sin presión (B)	Con presión (A)
Dulce	3,30	5,00	2,63	2,83
Amargo	6,30	4,60	4,50	5,54
Alcohol	4,90	5,40	4,21	5,67
Cuerpo	4,50	5,40	4,42	5,20
Frutado - esteroso	5,00	5,60	3,70	4,13
Diacetilo	4,10	5,80	3,33	4,13
Sour-ácido	6,00	6,30	4,29	3,75
Dms	3,80	4,50	2,50	3,17
Color	5,20	5,90	4,50	6,96
Lúpulo	5,30	5,80	4,10	5,70
<b>Total</b>	<b>48,40</b>	<b>54,30</b>	<b>38,18</b>	<b>47,08</b>

### Discusión

Los resultados obtenidos para las cervezas Ale y Lager revelan diferencias significativas en los parámetros físico-químicos entre las muestras fermentadas con presión (A) y sin presión (B), destacando el impacto de esta variable en la calidad final del producto. Estudios previos han señalado que el control de la presión durante la fermentación es crucial para regular el metabolismo de la levadura y prevenir la acumulación de subproductos no deseados (Bamforth, 2019; Palmer & Zainasheff, 2018). En este caso, las muestras A de ambas variedades presentaron valores de pH, acidez y hierro que se alinean con los estándares establecidos por la normativa INEN 2262 (INEN, 2003), reflejando una fermentación más controlada y predecible.

En las muestras B, la ausencia de presión condujo a un aumento del pH y de la acidez, junto con mayores concentraciones de hierro. Este comportamiento puede explicarse por la alteración en la actividad metabólica de la levadura, que, bajo condiciones subóptimas,



genera un exceso de compuestos ácidos y favorece la liberación de minerales desde los ingredientes sólidos al mosto (Rodman & Gerogiorgis, 2020; Tonsmeire, 2018). Además, estudios como el de Martínez – García (2017) han demostrado que las variaciones en la presión pueden influir directamente en la cinética de fermentación, afectando la tasa de atenuación y la formación de compuestos organolépticos claves.

La comparación entre cervezas Ale y Lager resalta la sensibilidad de cada tipo a las condiciones de fermentación, la estabilidad microbiológica y la vida útil de las cervezas, no se ve afectada mientras se mantengan las condiciones adecuadas de operación para cada tipo de levadura y cerveza como lo menciona Barranco – García en el 2021. Las Lager, con temperaturas de fermentación más bajas, tienden a ser más susceptibles a fluctuaciones en la presión, como lo demuestra la mayor diferencia relativa en los niveles de hierro entre las muestras A y B de Lager (Narziss & Back, 2017; De La Rosa & Vásquez, 2019). Por otro lado, las Ale, que fermentan a temperaturas más altas, mostraron diferencias más marcadas en pH y acidez, lo que sugiere que estas variables están más influenciadas por las condiciones térmicas y la intensidad metabólica de la levadura (Bamforth, 2019; Agulló García, 2015).

Para las cervezas Lager, los participantes calificaron la muestra A (con presión) con un nivel de dulzor de 3,3, significativamente menor que el de la muestra B (5,0). Este incremento en la muestra B podría estar relacionado con un menor nivel de atenuación durante la fermentación, que deja más azúcares residuales (Rodman & Gerogiorgis, 2020). Por otro lado, el amargor fue mayor en la muestra A (6,3 frente a 4,6 en B), posiblemente debido a una mejor extracción y conservación de los compuestos del lúpulo bajo condiciones de presión controlada (Palmer & Zainasheff, 2018). En términos de cuerpo y contenido de alcohol, la muestra B mostró valores más altos (5,4 en ambos atributos) que la muestra A (4,5 y 4,9 respectivamente), lo que puede estar relacionado con una fermentación menos eficiente que deja más compuestos no fermentables en la cerveza (Narziss & Back, 2017).

En las cervezas Ale, las diferencias fueron más pronunciadas en el amargor y el contenido alcohólico. La muestra A obtuvo un amargor de 4,5, mientras que la muestra B alcanzó 5,54, lo que podría reflejar diferencias en la extracción y metabolismo de los compuestos del lúpulo debido a las condiciones de presión (Bamforth, 2019). El contenido de alcohol también fue mayor en la muestra B (5,67 frente a 4,21 en A), lo que podría explicarse por una mayor



concentración de azúcares iniciales que quedaron sin atenuar en la muestra B (Tonsmeire, 2018). El dulzor fue similar entre ambas muestras (2,63 y 2,83 para A y B respectivamente), lo que indica que este atributo fue menos sensible a las condiciones de presión.

Estos resultados resaltan cómo el control de la presión durante la fermentación no solo afecta los parámetros físico-químicos, sino que también moldea los atributos sensoriales que determinan la aceptación del consumidor. La muestra A, en ambos tipos de cerveza, se destacó por su balance entre dulzor, amargor y cuerpo, mientras que la muestra B mostró características más pronunciadas pero potencialmente menos equilibradas, lo que podría limitar su aceptación en el mercado (De La Rosa & Vásquez, 2019). Esto subraya la importancia de optimizar las condiciones de fermentación para lograr perfiles sensoriales consistentes y atractivos, que ayuden a personalizar y mejorar la aceptación del consumidor para estilos de cerveza que se pueden dar en diferentes regiones de nuestro país (Alcívar-Cedeño, 2024).

## Conclusiones

Las condiciones de fermentación, particularmente la presión, debe considerarse como un punto fuerte en la valoración de los parámetros de calidad, para garantizar la estabilidad físico-química y la consistencia sensorial en la producción de cervezas artesanales. La integración de técnicas avanzadas de monitoreo, como el análisis de compuestos volátiles y perfiles metabólicos, podría complementar estos resultados y proporcionar una comprensión más profunda de los mecanismos involucrados en la fermentación escalonada bajo variabilidad de presión y temperatura (Rodman & Gerogiorgis, 2020; Narziss & Back, 2017). Por el contrario, la falta de presión durante la fermentación afecta negativamente la calidad sensorial y físico-química de las cervezas artesanales. Las muestras sin presión (B) exhibieron perfiles sensoriales intensos, pero menos homogéneos, junto con niveles más altos de pH, acidez y hierro, lo que indica una fermentación menos eficiente y predecible. Estas características pueden comprometer la estabilidad y aceptación del producto en el mercado. El control de presión se propone como una solución clave para optimizar la calidad del producto, permitiendo a los cerveceros artesanales mejorar tanto la consistencia como la



percepción sensorial de sus cervezas. Implementar sistemas accesibles de monitoreo y regulación de presión en la fermentación podría representar una ventaja competitiva significativa en un mercado donde la calidad y la diferenciación son fundamentales para atraer y retener consumidores.

### Referencias bibliográficas

1. Alcívar-Cedeño, U. E., Tubay-Sánchez, P. A., & Munizaga-Párraga, D. (2024). Aplicación de técnicas de control fermentativo para determinar la eficiencia de atenuación en la elaboración de cerveza artesanal. *MQR Investigar*, 8(4), 46–66. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.46-66>
2. Agulló García, V. (2015). *Efecto de la maceración escalonada y de la temperatura de fermentación en las propiedades funcionales de la cerveza*. Universidad Miguel Hernández de Elche. Recuperado de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3439/1/Agulló%20García%2C%20Vicente%20TF%20Gbiotec%202014-15.pdf>
3. Bamforth, C. (2019). *New technologies*. Elsevier Brewing.
4. Barranco García, S. A., & Villarreal Córdoba, G. N. (2021). *Evaluación del efecto de la temperatura en el proceso fermentativo en la producción de cerveza artesanal tipo blonde ale*. Fundación Universidad de América. Recuperado de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8650/1/6152634-2021-2-IQ.pdf>
5. Bazelais, M., Anchundia, G. A. A., Párraga, D. R. M., Briones, G. A. B., & Cedeño, U. E. A. (2024). *Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal*. *Revista Centro Azúcar*, 51(2), e1061-04.
6. Briggs, D. B. (2004). *Ciencia y práctica cervecera*. Prensa CRC.
7. Calderón, G. (2019). Phmetro. Recuperado de <https://www.euston96.com/phmetro/>
8. De La Rosa, A., & Vásquez, J. (2019). Fermentation process in craft beer production. En *Fermentation processes* (pp. 227–252). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81082>

9. Guerrini, L., Bastianini, M., Granchi, L., & Vincenzini, M. (2020). *Impact of CO<sub>2</sub> overpressure on yeast metabolism and aroma compound production during alcoholic fermentation of wine*. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 627-635.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04111-3>
10. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1998). *NTE INEN 1529-10: Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*.
11. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2002a). *NTE INEN 2324: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de zinc*.
12. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2002b). *NTE INEN 2330: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de plomo*.
13. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2003). *NTE INEN 2262: Bebidas*.
14. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2006). *NTE INEN 1529-5: Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos*.
15. López-Pérez, S. F., Lóor-Zambrano, J. L., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Evaluación de extractos fermentables para el enriquecimiento de mosto cervecero en la fabricación de cerveza artesanal. *MQR Investigar*, 8(4), 6546-6562.  
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6546-6562>
16. Martínez-García, R., Moreno-Arribas, M. V., & Polo, M. C. (2017). *Influence of CO<sub>2</sub> overpressure on yeast metabolism during the second fermentation of sparkling wines: Effects on aroma composition*. *Food Chemistry*, 232, 505-513.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.082>
17. Martínez-Romero, E., & Martínez-Romero, O. (2014). Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 15(2), 189-198.  
[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72212-7](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72212-7)
18. Narziss, L., & Back, W. (2017). *Brewing science: A multidisciplinary approach*. Wiley-VCH.
19. Ñañez Mouchard, I. G. M. (2020). *El proceso de producción de cerveza artesanal y su mejoramiento mediante técnicas de recirculación de levaduras en la etapa de*



- fermentación* [Trabajo de Investigación de Bachiller, Universidad de Ingeniería y Tecnología]. Repositorio Institucional UTEC. Recuperado de [https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12815/139/%C3%91a%C3%B1ez%20Mouchard TI.pdf?sequence=1](https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12815/139/%C3%91a%C3%B1ez%20Mouchard%20TI.pdf?sequence=1)
20. Palmer, J., & Zainasheff, C. (2018). *Brewing classic styles: 80 winning recipes anyone can brew*. Brewers Publications.
  21. Patiño, M. A., & Rodríguez, J. (2001). Estudio del efecto de la presión dinámica de CO<sub>2</sub> sobre la pasteurización de la cerveza. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 2(3), 161-170. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739426006.pdf>
  22. Rodman, A. D., & Gerogiorgis, D. I. (2020). Parameter estimation and sensitivity analysis for dynamic modelling and simulation of beer fermentation. *Food and Bioprocess Processing*, 124, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.003>
  23. Sánchez-Palacios, K. J., Alcívar-Cedeño, U., & Munizaga-Párraga, D. (2024). Uso y aplicación de levadura Kveik en fermentación de cerveza artesanal Manabí-Ecuador. *MQR Investigar*, 8(1), 863-876. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.863-876>
  24. Segovia, S. (2019). *Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (Sorghum vulgare) como materia prima*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado de [http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2924/1/UTEQ\\_Segovia\\_2019.pdf](http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2924/1/UTEQ_Segovia_2019.pdf)
  25. Tonsmeire, M. (2018). *American sour beers*. Brewers Publications.
  26. Trappist, A. (2019). *Strong Belgian ales and how to brew them*. Brew Like a Monk.
  27. Zainasheff, C., & White, C. (2018). *Yeast: The practical guide to beer fermentation*. Brewers Publications.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.