

## **Pseudomaturación de cerveza tipo ale y tipo lager bajo efecto de percolación inducida a flujo continuo**

### **Pseudomaturación de cerveza tipo ale y tipo lager bajo efecto de percolación inducida a flujo continuo**

**Autores:**

Gómez-Andrade, Karla Melanie  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química  
Portoviejo – Ecuador



[kgomez0011@utm.edu.ec](mailto:kgomez0011@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-9725-8056>

Uresto-Vega, Jipson Raúl  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química  
Portoviejo – Ecuador



[juresto6922@utm.edu.ec](mailto:juresto6922@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-5205-421X>

Alcívar-Cedeño, Ulbio Eduardo  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Ing. Agroindustrial, Ph. D.  
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>

Fechas de recepción: 26-MAY-2025 aceptación: 26-JUN-2025 publicación: 30-JUN-2025



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

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

Este estudio evaluó la pseudomaduración de cervezas artesanales tipo Ale y tipo Lager mediante percolación inducida a flujo continuo con un sistema modificado tipo Soxhlet. El equipo se adaptó integrando un matraz balón con calefacción controlada a 70 °C, un sifón cargado con 20 g de virutas de roble tostado medio, y un circuito de recirculación cerrado, permitiendo cuatro ciclos completos de extracción sólido-líquido sobre 330 ml de cerveza en 4 horas. Las muestras que se procesaron, corresponden a 6 estilos de cerveza, de diferentes características. En relación a los parámetros físicos – químicos se determinaron al potencial de hidrógeno, la densidad volumétrica, el volumen del contenido de las muestras, la acidez total y el contenido de alcohol.

En los resultados obtenidos se destacan valoraciones de entre 4,28 y 5,20 en pH, valores de densidad que migraron hacia los incrementos de concentración, pero no evidenciaron significancia estadística. Al contrario de las valoraciones de volumen, contenido de alcohol y acidez total titulable, las cuales manifestaron significancia estadística  $p < 0,05$ .

La pseudomaduración por percolación continua permitiría acoplar esta metodología a las técnicas de elaboración de cerveza, en etapas en las cuales el mosto cervecero tendría esas mismas temperaturas de trabajo (después de la cocción), y de la misma forma podría acelerar la transferencia sensorial y funcional de compuestos desde las virutas de madera, hacia la cerveza, reduciendo tiempos sin comprometer su integridad. Esta técnica representa una alternativa viable para productores artesanales y constituye un aporte técnico hacia procesos más eficientes, replicables y potencialmente escalables dentro de la industria cervecera artesanal.

**Palabras clave:** lixiviación; extractos de cerveza; virutas de madera; eficiencia; cerveza; procesos semicontinuos



## Abstract

This study evaluated the pseudomaturación of craft ale and lager beers using continuous-flow induced percolation using a modified Soxhlet-type system. The equipment was adapted to include a ball flask with controlled heating at 70°C, a siphon filled with 20 g of medium-toasted oak chips, and a closed recirculation circuit, allowing four complete solid-liquid extraction cycles on 330 ml of beer in 4 hours. The samples processed corresponded to six beer styles with different characteristics. Regarding the physical and chemical parameters, the potential hydrogen content, volumetric density, sample content volume, total acidity, and alcohol content were determined.

The results obtained showed pH values between 4.28 and 5.20, density values that migrated with increasing concentration, but did not show statistical significance. Unlike the volume, alcohol content, and total titratable acidity assays, which showed statistical significance at  $p < 0.05$ , continuous percolation pseudomaturación would allow this methodology to be adapted to brewing techniques, in stages where the beer wort would be at the same working temperatures (after boiling). It could also accelerate the sensory and functional transfer of compounds from the wood chips to the beer, reducing processing times without compromising its integrity. This technique represents a viable alternative for craft producers and constitutes a technical contribution toward more efficient, replicable, and potentially scalable processes within the craft brewing industry.

**Keywords:** leaching; beer extracts; wood chips; efficiency; beer; semi-continuous processes



## Introducción

En procesos asociados a la maduración de la cerveza, el tiempo es un pilar fundamental para manejar el equilibrio de los perfiles de la cerveza artesanal, acotando que es un proceso en donde la temperatura juega un papel preponderante para los resultados deseados (Bamforth, 2003; Kunze, 2010).

Frente a la creciente demanda de sistemas productivos más eficientes y sostenibles, la industria cervecera artesanal ha buscado alternativas tecnológicas que permitan reducir los tiempos de maduración sin comprometer la calidad sensorial del producto final (Briggs et al., 2004; Vanderhaegen et al., 2006). En este contexto, se ha documentado que el uso de madera durante la maduración de bebidas fermentadas, como la cerveza y el vino, aporta compuestos bioactivos, los cuales enriquecen la complejidad aromática del producto (De Keukeleire, 2000; Shellhammer, 2009).

Particularmente en la cerveza artesanal, la incorporación de virutas de roble durante la maduración ha demostrado efectos positivos en la estabilidad del producto y en su perfil organoléptico, permitiendo alcanzar características sensoriales complejas sin requerir largos tiempos de reposo (Hornsey, 2003; Bamforth, 2014). La eficiencia de estos tratamientos depende, entre otros factores, de la temperatura, el tiempo de contacto y el tipo de madera utilizada (Mallett, 2014; Hieronymus, 2012).

En los últimos años, diversos estudios realizados por investigadores de la Universidad Técnica de Manabí han abordado la aplicación de extractos funcionales derivados de residuos cerveceros, así como procesos de enriquecimiento mediante percolación tanto en maduración como en segunda fermentación (Chun, Parrales, Alcívar-Cedeño, Briones, & Párraga, 2024; Colla-Villegas, Loor-Bravo, & Alcívar-Cedeño, 2024). Estos antecedentes han servido de base para el diseño del presente estudio, cuyo propósito es evaluar experimentalmente el efecto de la pseudomaduración a flujo continuo en cervezas tipo Ale y tipo Lager.

Como objetivo principal de este trabajo, se plantea la determinación de un proceso de pseudomaduración por el método de percolación inducida a flujo continuo, para lo cual se utilizan virutas de madera de roble como medio de transferencia del perfil descrito, así mismo la trascendencia del tratamiento en las variables físico – químicas del proceso y de la capacidad de absorción del material maderable.



El presente trabajo se justifica por la necesidad de optimizar los procesos de maduración en la industria cervecera artesanal, mejorando la calidad sensorial del producto sin incrementar significativamente los costos operativos. Además, contribuye a la implementación de tecnologías limpias y eficientes basadas en principios de extracción sólido-líquido, bajo condiciones controladas que aseguren la inocuidad y la estabilidad del producto final (Delgado-Domínguez, Rivas-Proaño, & Alcívar-Cedeño, 2024).

Este artículo representa una contribución técnica al estudio de procesos alternativos de maduración cervecera y abre nuevas líneas de investigación orientadas a la automatización del sistema, la evaluación sensorial estandarizada y la incorporación de nuevos materiales con potencial funcional.

## Materiales y Métodos

### Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo bajo un enfoque experimental, con diseño descriptivo y comparativo, orientado a evaluar el efecto de la pseudomaduración inducida por percolación a flujo continuo sobre propiedades fisicoquímicas de cervezas artesanales tipo Ale y tipo Lager (Kunze, 2010; Pires & Brányik, 2015).

### Muestras

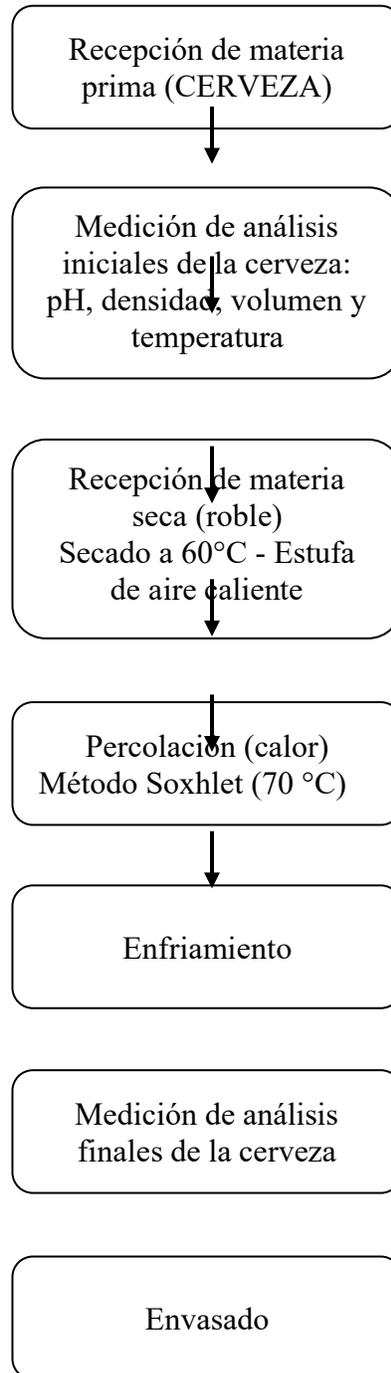
Se utilizaron seis cervezas artesanales envasadas en botellas de vidrio ámbar de 330 ml: tres tipo Ale (Cerveza Irlandesa Roja “Irish Red Ale”, Indian pale ale “IPA” y Porter Americana) y de la cerveza Lager (tres estilos reconocibles como lager rubia, lager negra y lager “IPA Especial Roja”), todas elaboradas bajo condiciones estandarizadas de producción artesanal, en la Cervecería Opus Bräu de la ciudad de Portoviejo, Manabí, siguiendo el proceso descrito por otros autores como López - Chun, Alcívar-Cedeño, Briones, Párraga en el año 2024.

### Descripción del proceso

Los ensayos se realizaron utilizando un equipo de extracción tipo Soxhlet adaptado para percolación térmica continua. En cada ensayo, se colocaron 20 g de virutas de roble (*Quercus alba*) de tostado medio en el sifón del sistema Soxhlet, y se agregaron 330 ml de cerveza en el matraz. El sistema operó a una temperatura constante de 70 °C durante 4 horas, permitiendo cuatro recirculaciones por muestra, como se muestra en la figura 1. El desarrollo



de este procedimiento tiene como base los principios de extracción sólido – líquido, que se pueden aplicar a sistemas térmicos cerrados como los descritos por Treybal (1980).



**Figura 1.** Metodología para la implementación de la pseudo maduración de la cerveza.

### **Percolación térmica**

La percolación se llevó a cabo mediante el paso forzado de la cerveza caliente a través de un lecho de virutas de roble, facilitando la absorción de características sensoriales como aroma y sabor (Chun, Parrales, Alcívar-Cedeño, Briones, & Párraga, 2024). Esta interacción replicó los efectos de una maduración acelerada sin comprometer la calidad del producto final, de acuerdo a los resultados obtenidos.

### **Análisis fisicoquímicos**

Se evaluaron cinco parámetros clave antes y después del tratamiento de pseudomaduración: pH, densidad, volumen, acidez total y contenido alcohólico. Estos análisis se realizaron en condiciones controladas de laboratorio, siguiendo protocolos establecidos en literatura técnica. La determinación del pH se realizó en un equipo digital marca Biotech, por lectura directa, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7,02 y 4,00. Las mediciones se efectuaron a temperatura ambiente, inmediatamente antes y después del tratamiento térmico de cada muestra (García & Pérez, 2018). La densidad fue determinada mediante un densímetro digital de precisión Brewmasters, con resolución de 0,001 g/cm<sup>3</sup> y escala de gravedad específica de 1,000 a 1,100 g/cm<sup>3</sup>, bajo condiciones isométricas (Mallett, 2014). El volumen residual se cuantificó con probetas aforadas de 500 ml, anotando la diferencia entre el volumen inicial y el volumen recuperado al final de cada tratamiento. La absorción por la madera fue estimada por diferencia de masa entre las virutas de roble secas y húmedas tras el proceso, utilizando una balanza analítica de precisión  $\pm 0,01$  g. La acidez total se determinó por valoración ácido-base con NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador, expresando el resultado en gramos de ácido acético por litro (g/L), según la metodología adaptada de Briggs et al. (2004) y verificada en estudios regionales sobre cerveza artesanal (Guardado, Janampa & Bravo, 2024). El contenido del valor alcohólico se estimó por el método gravimétrico de densimetría, en función de la densidad aparente del destilado como lo menciona Salazar-Leguía et al. (2021), dicho método ha sido utilizado en cervezas artesanales.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar) y análisis de varianza (ANOVA) para comparar los valores antes y después de cada



tratamiento. El análisis se realizó en el software IBM SPSS Statistics versión 25, con un nivel de significancia establecido en  $p < 0.05$  (Lewis & Young, 2002).

## Resultados

Se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación del sistema de pseudomaduración por percolación continua en seis estilos distintos de cerveza artesanal. Se exponen los valores iniciales y finales de los parámetros físicoquímicos y químicos evaluados, así como los efectos observados en función del tratamiento térmico con madera de roble.

**Tabla 1**  
**Resultados obtenidos de la cerveza Irish Red Ale.**

Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	4,00	5,30
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,010	1,020
Volumen	ml	330	275
Madera de roble	g	20 (seca)	33,23 (húmeda)
Residuo	ml	---	10
Acidez total	g/L	4,10	3,60
Contenido alcohólico	% v/v	5,40	5,20

El pH aumentó de 4,00 a 5,30, lo que indica una disminución de la acidez. Según Kunze (2010), valores de pH inferiores a 4,40 proporcionan un sabor más refinado y una mayor estabilidad microbiológica. La acidez total disminuyó de 4,10 a 3,60 g/L, posiblemente debido a la adsorción de ácidos orgánicos en las virutas de roble (De Keukeleire, 2000). El contenido alcohólico se redujo levemente, de 5,40 a 5,20 % v/v, lo cual puede atribuirse a la volatilización parcial del etanol por el tratamiento térmico (Pires & Brányik, 2015).

**Tabla 2**  
**Resultados obtenidos de la cerveza American Porter.**



Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	4,90	5,03
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,000	1,020
Volumen	ml	330	280
Madera de roble	g	20 (seca)	33,23 (húmeda)
Residuo	ml	---	8
Acidez total	g/L	4,30	3,90
Contenido alcohólico	% v/v	5,60	5,40

El pH se mantuvo dentro del rango aceptable según INEN 2262, con un leve incremento asociado a la transformación de compuestos ácidos durante el proceso (Briggs et al., 2004). La reducción en acidez total indica una posible neutralización de ácidos orgánicos (Bamforth, 2014), mientras que la densidad aumentó por incorporación de compuestos maderables. La leve pérdida de alcohol reafirma lo observado por Pires & Brányik (2015) en tratamientos térmicos.

**Tabla 3**  
**Resultados obtenidos de la cerveza IPA Ale**

Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	5,07	5,28
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,040	1,000
Volumen	ml	330	275
Madera de roble	g	20 (seca)	34,00 (húmeda)
Residuo	ml	---	7
Acidez total	g/L	3,80	3,45
Contenido alcohólico	% v/v	6,00	5,70

El comportamiento del pH se mantiene dentro de lo reportado en cervezas IPA por Lescano (2016). La acidez total se redujo ligeramente, mientras que la disminución de densidad sugiere una posible pérdida de alcohol por evaporación. La pérdida de volumen se atribuye



a evaporación y absorción, como es consistente con otros estudios en cervezas con tratamiento térmico (Delgado-Domínguez et al., 2024).

**Tabla 4**  
**Resultados obtenidos de la cerveza Lager Rubia**

Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	4,90	5,38
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,040	1,050
Volumen	ml	330	250
Madera de roble	g	20 (seca)	38,07 (húmeda)
Residuo	ml	---	10
Acidez total	g/L	3,90	3,50
Contenido alcohólico	% v/v	5,20	5,00

El pH final sobrepasa el límite establecido por INEN 2262. La densidad aumentó, lo cual puede explicarse por compuestos extraídos del roble (Shellhammer, 2009). La acidez total disminuyó, mientras que el contenido alcohólico se redujo levemente, comportamiento similar a lo reportado por Pires & Brányik (2015).

**Tabla 5**  
**Resultados obtenidos de la cerveza IPA Especial Roja**

Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	5,06	5,27
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,000	1,030
Volumen	ml	473	355
Madera de roble	g	20 (seca)	55,33 (húmeda)
Residuo	ml	---	7
Acidez total	g/L	3,75	3,30
Contenido alcohólico	% v/v	5,80	5,50



La ligera elevación de pH es similar a lo reportado por Fuentes (2017). Se observó una reducción en acidez total y contenido alcohólico, mientras que la densidad aumentó, posiblemente por extracción de compuestos fenólicos del roble (De Keukeleire, 2000).

**Tabla 6**  
**Resultados obtenidos de la cerveza Negra Lager**

Parámetro	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
pH	---	5,15	5,39
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,020	1,040
Volumen	ml	330	300
Madera de roble	g	20 (seca)	76,00 (húmeda)
Residuo	ml	---	7
Acidez total	g/L	4,20	3,70
Contenido alcohólico	% v/v	5,60	5,30

El pH final de 5,39 supera los rangos tradicionales reportados en cervezas oscuras (Castro, 2018). Se observó un aumento notable en densidad y un incremento sustancial en la absorción de líquido por parte de la madera. La acidez total se redujo ligeramente, al igual que el grado alcohólico, en línea con otros tratamientos térmicos descritos por Briggs et al. (2004).

#### **Análisis estadístico**

Se evaluaron estadísticamente las diferencias entre las condiciones inicial y final de los parámetros pH, densidad, volumen, acidez total y contenido alcohólico, aplicando la prueba t de Student para muestras relacionadas, de acuerdo con el diseño experimental propuesto. Este tipo de análisis es apropiado cuando se busca comparar el efecto de un tratamiento sobre las mismas unidades experimentales, en este caso, seis estilos distintos de cerveza artesanal antes y después de la pseudomaduración inducida por percolación térmica continua (Lewis & Young, 2002).

**Tabla 7**

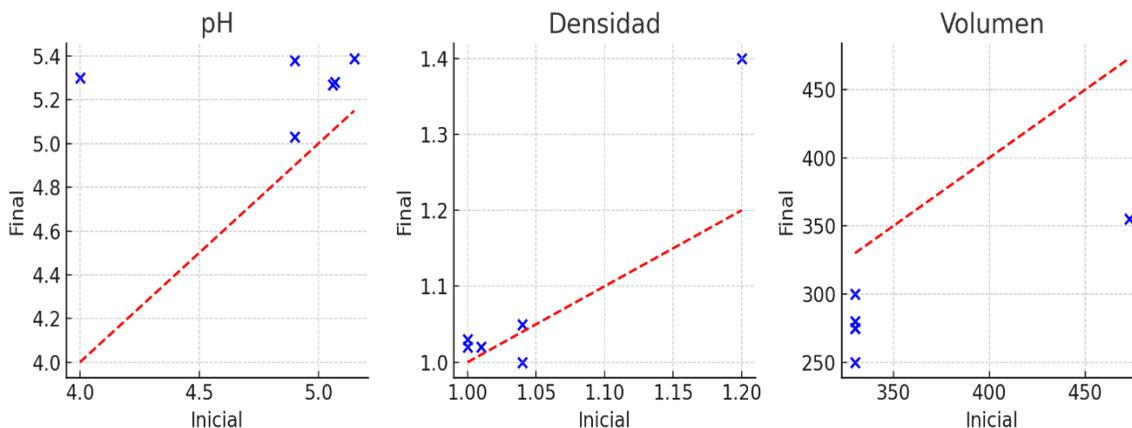


**Resultados del test t de Student para muestras relacionadas aplicadas a los parámetros evaluados antes y después del tratamiento de pseudomaduración**

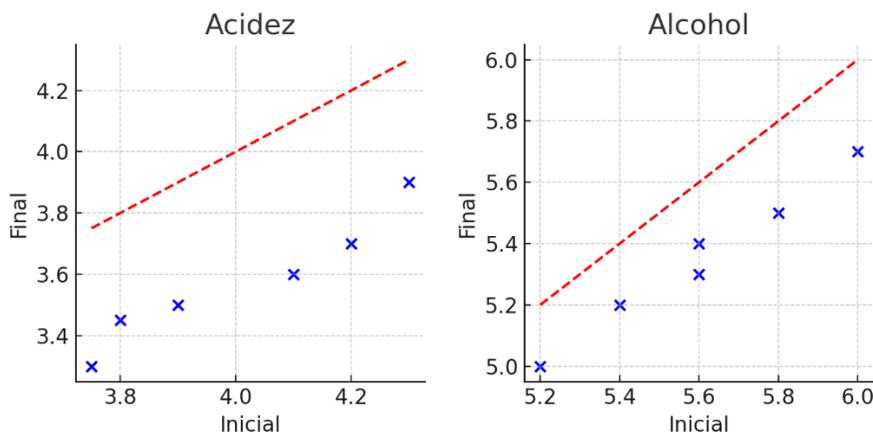
Parámetro	M.I. (media inicial)	M.F (media final)	D. M. (diferencia media)	Valor - t	Valor-p	Significancia (p < 0.05)
pH	4,8467	5,275	0,4283	2,3671	0,0642	False
Densidad	1,0483	1,0867	0,0383	1,134	0,3082	False
Volumen	353,8333	289,1667	-64,6667	-5,1756	0,0035	True
Acidez	4,0083	3,575	-0,4333	-17,5292	0,0	True
Alcohol	5,6	5,35	-0,25	-11,1803	0,0001	True

Los resultados revelaron que la disminución del volumen fue estadísticamente significativa ( $p = 0,0035$ ), lo cual se explica por la evaporación debida a la temperatura del sistema y la absorción por la madera, tal como ha sido documentado en procesos similares de tratamiento térmico en sistemas líquidos (Pires & Brányik, 2015). Asimismo, la acidez total se redujo de manera significativa ( $p = 0,00001$ ), confirmando el efecto neutralizante de las virutas de roble sobre los ácidos orgánicos presentes en la matriz líquida, lo que coincide con estudios previos sobre la capacidad bufferizante de la madera durante la maduración de bebidas fermentadas (De Keukeleire, 2000; Shellhammer, 2009).

El contenido alcohólico también presentó una disminución significativa ( $p = 0,0001$ ), efecto que puede atribuirse a la volatilización parcial del etanol durante la recirculación a 70 °C, en línea con lo reportado por Briggs et al. (2004) y Bamforth (2014) en sistemas sometidos a tratamientos térmicos prolongados. En contraste, las variaciones en pH y densidad, aunque evidentes en la mayoría de las muestras, no alcanzaron significancia estadística ( $p > 0,05$ ), lo cual podría estar influenciado por el tamaño reducido de muestra o la variabilidad natural entre estilos de cerveza, como se ha observado en investigaciones previas sobre cervezas Ale y Lager (Kunze, 2010; Colla-Villegas, Loo-Bravo, & Alcívar-Cedeño, 2024).



\*La línea roja discontinua representa la igualdad ( $y = x$ ); los puntos por encima indican aumentos, y por debajo, disminuciones tras el tratamiento.



**Figura 2.** Resultados valor p de significancia para la t de Student.

### Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que el sistema de pseudomaduración mediante percolación a flujo continuo genera efectos fisicoquímicos y químicos relevantes sobre la cerveza artesanal, confirmando su potencial como alternativa técnica frente a los procesos tradicionales de maduración prolongada. El incremento del pH observado en la mayoría de las muestras indica una reducción de la acidez del medio, consistente con la extracción de compuestos de naturaleza alcalina desde la madera de roble, como se ha documentado en trabajos sobre estabilidad y envejecimiento de cerveza (De Keukeleire, 2000; Vanderhaegen et al., 2006). No obstante, aunque este aumento fue evidente, no tuvo

la respectiva significancia estadística, lo cual podría estar vinculado a la variabilidad natural entre estilos y a la capacidad buffer de los ingredientes originales de cada cerveza (Kunze, 2010; Mallett, 2014).

El comportamiento de la densidad mostró un patrón mixto, con incrementos en algunos estilos (American Porter, Lager Rubia, Negra Lager) y disminuciones en otros (IPA Ale), lo cual sugiere que la interacción entre los compuestos extraídos del roble y la matriz cervecera depende del perfil químico del mosto base y del tipo de tostado de la madera (Olšovská et al., 2015). La transferencia de lactonas, taninos y otros compuestos solubles puede elevar la densidad, mientras que la pérdida parcial de etanol por evaporación en condiciones térmicas puede reducirla (Pires & Brányik, 2015; Bamforth, 2003).

La pérdida significativa de volumen es un hallazgo crítico desde el punto de vista productivo. Esta reducción, confirmada estadísticamente, evidencia una limitación inherente al proceso térmico de percolación continua: parte del producto final se pierde por evaporación o es retenido por la madera, la cual incrementó su peso en todos los casos. Este fenómeno ya ha sido descrito por Chun et al. (2024) al trabajar con extractos funcionales de cerveza y estructuras sólidas absorbentes, así como por Burgos Briones, Alcívar-Cedeño y Munizaga Párraga (2024) en sistemas que integran sólidos residuales cerveceros en nuevos procesos tecnológicos.

La reducción significativa de la acidez total respalda la hipótesis de que la madera de roble actúa como agente estabilizante, al absorber compuestos ácidos y modificar el equilibrio iónico del líquido. Este efecto puede ser favorable para la conservación y balance organoléptico del producto, siempre que no sobrepase los límites establecidos por la normativa técnica (Shellhammer, 2009; Colla-Villegas et al., 2024). En cambio, la ligera pero estadísticamente significativa pérdida de contenido alcohólico representa un aspecto que debe optimizarse en futuras aplicaciones, ya que una evaporación excesiva puede comprometer la declaración legal del grado alcohólico en el etiquetado (Lewis & Young, 2002; Salazar-Leguía et al., 2021).

## Conclusiones

Se demuestra que el desarrollo de la técnica de pseudomaduración puede ser una alternativa viable, para modificar el perfil de las características físico – químicas en las cervezas



valoradas en este estudio, manteniendo una temperatura de operación a 70°C., en un tiempo de 4 horas, con un constante contacto de la cerveza con las virtudes de madera de roble.

Se registraron disminuciones estadísticamente significativas en el volumen, acidez total y contenido alcohólico, validando el impacto del proceso sobre el rendimiento y la composición química del producto. Estas transformaciones están directamente asociadas a fenómenos de evaporación térmica, absorción por la madera y neutralización de compuestos ácidos, confirmando lo propuesto en estudios previos sobre maduración asistida con sustratos sólidos (De Keukeleire, 2000; Briggs et al., 2004; Chun et al., 2024).

Si bien las valoraciones obtenidas del potencial de hidrógeno (pH) y la densidad gravimétrica, no manifestaron una significancia en su variabilidad, la concepción de la aplicación de este método para los diferentes estilos de cerveza valorados, puede tener respuestas homogéneas en estos parámetros lo que podría sugerir una estabilidad funcional del método para su aplicación a gran escala.

Este estudio sienta las bases para futuras investigaciones centradas en la optimización del sistema (volumen, temperatura, tipo de madera), la integración de evaluación sensorial con paneles entrenados y la evaluación de compuestos específicos por cromatografía. Además, se recomienda evaluar la recuperación de los volúmenes perdidos mediante condensación o reutilización de fases absorbidas, para mejorar la eficiencia global del proceso.

### Referencias bibliográficas

1. Alcívar-Cedeño, U. E., Dueñas-Rivadeneira, A., Sacon-Vera, E., & Burgos-Briones, G. A. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. *Tecnología Química*, 36(2), 187–196. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v36n2/rtq09216.pdf>
2. Argemí, M. (2016). *Diseño de un biorreactor para la fabricación de la cerveza* [Trabajo de grado, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/102060/>
3. Bamforth, C. W. (2003). *Beer: A Quality Perspective*. Academic Press.
4. Bamforth, C. W. (2014). *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/beer-9780195305425>



5. Bazelais, M., Anchundia, G. A. A., Párraga, D. R. M., Briones, G. A. B., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal. *Centro Azúcar*, 51(2), e1061.
6. Boulton, C., & Quain, D. (2001). *Brewing Yeast and Fermentation*. Wiley-Blackwell.
7. Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing: Science and Practice*. Elsevier.  
<https://www.sciencedirect.com/book/9780849325470/brewing>
8. Burgos Briones, G. A., Alcívar-Cedeño, U. E., & Munizaga Párraga, D. R. (2024). Enriquecimiento de harina de maltas procesadas en cerveza artesanal mediante agregado de *Trüb* fermentable. *Centro Azúcar*, 51(1), e1057.  
[https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612024000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612024000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
9. Chun, C. A. L., Parrales, Y. M. P., Alcívar-Cedeño, U. E., Briones, G. A. B., & Párraga, D. R. M. (2024). Extracto funcional de cerveza artesanal como ingrediente innovador en la industria repostería. *Centro Azúcar*, 51(3), e1073.  
<https://www.researchgate.net/publication/380395300>
10. Colla-Villegas, R. X., Loor-Bravo, J. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Enriquecimiento de harina de bagazo de malta con extracto funcional de cerveza artesanal para la industria alimenticia. *MQR Investigar*, 8(4), 6893-6912.  
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6893-6912>
11. De Keukeleire, D. (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, 23(1), 108–112. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100020>
12. Delgado-Domínguez, P. A., Rivas-Proañó, J. Y., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Obtención de extracto funcional de bagazo de malta para su aplicación en la industria alimenticia y no alimenticia. *MQR Investigar*, 8(2), 4082–4100. Recuperado de <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/1446>
13. Ferreyra, L. (2013). *Elaboración de cerveza* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreyra-.pdf>

14. Fix, G. (1999). *Principles of Brewing Science: A Study of Serious Brewing Issues*. Brewers Publications.
15. García, J., & Pérez, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. *Revista de Química*, 32(1), 45–58.  
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/20105/20112/>
16. Guardado, Y., Janampa, N., & Bravo, L. (2024). Factores tecnológicos que afectan la vida útil de la cerveza artesanal de alta fermentación. *Centro Azúcar*, 51(2), e1063.  
<https://www.researchgate.net/publication/380395300>
17. Hardwick, W. A. (1994). *Handbook of Brewing*. CRC Press.
18. Hieronymus, S. (2012). *For the Love of Hops*. Brewers Publications.  
<https://www.brewerspublications.com/products/for-the-love-of-hops>
19. Hornsey, I. S. (2003). *A History of Beer and Brewing*. Royal Society of Chemistry.
20. Hough, J. S., Briggs, D. E., Stevens, R., & Young, T. W. (1982). *Malting and Brewing Science: Volume 2 Hopped Wort and Beer*. Springer Science & Business Media.
21. Kunze, W. (2010). *Technology Brewing & Malting* (4th ed.). VLB Berlin.  
<https://www.vlb-berlin.org/en/publications/technology-brewing-malting>
22. Lewis, M. J., & Young, T. W. (2002). *Brewing*. Springer Science & Business Media.
23. López-Pérez, S. F., Loor-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 Investigator*, 8(4), 6546–6562. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/387040561\\_Evaluacion\\_de\\_extractos\\_fermentables\\_para\\_el\\_enriquecimiento\\_de\\_mosto\\_cervecero\\_en\\_la\\_fabricacion\\_de\\_cerveza\\_artesanal](https://www.researchgate.net/publication/387040561_Evaluacion_de_extractos_fermentables_para_el_enriquecimiento_de_mosto_cervecero_en_la_fabricacion_de_cerveza_artesanal)
24. Mallett, J. (2014). *Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse*. Brewers Publications. <https://www.brewerspublications.com/products/malt-a-practical-guide-from-field-to-brewhouse>
25. Meilgaard, M. C., Dalglish, C. E., & Clapperton, J. F. (1979). Beer flavor terminology. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 37(2), 47–52.
26. Mosher, R. (2009). *Tasting Beer: An Insider's Guide to the World's Greatest Drink*. Storey Publishing. <https://www.storey.com/books/tasting-beer-2nd-edition/>

27. Olšovská, J., Štěřba, K., Pavlovič, M., & Čejka, P. (2015). The role of Maillard reaction products in beer flavor stability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 73(2), 102–109. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1094/ASBCJ-2015-0303-01>
28. Pires, E. J., & Brányik, T. (2015). *Biotechnology of Beer Fermentation*. CRC Press.
29. Priest, F. G., & Stewart, G. G. (2006). *Handbook of Brewing*. CRC Press.
30. Salazar-Leguía, D., Chumpitaz-Huanqui, G., Álvarez-Yanamango, E., & Huayta, F. (2021). Efecto de la utilización de cascarilla de cacao en el perfil sensorial de una cerveza artesanal tipo Ale estilo Stout. *LACCEI*, 19. [https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full\\_papers/FP400.pdf](https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP400.pdf)
31. Shellhammer, T. H. (2009). *Beer bitterness: Hop chemistry and brewing techniques*. Brewers Association.
32. Vanderhaegen, B., Neven, H., Verachtert, H., & Derdelinckx, G. (2006). The chemistry of beer aging – A critical review. *Food Chemistry*, 95(3), 357–371. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605004628>
33. Zambrano, G. A. Z., Macías, V. L. G., Palacios, C. A. C., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa. *Polo del Conocimiento*, 6(4), 415–437. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2639>

**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.

