

Evaluation of Carbonated in Craft Beer Using Aggregates Versus CO₂
Evaluación de gasificado de cerveza artesanal mediante aplicación de agregados versus CO₂

Autores:

Pinto-Demera, Marco Antonio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresado
Portoviejo – Ecuador



mpinto2711@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-1429-8744>

Meza-López, Cecilia Nathali
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresado
Portoviejo – Ecuador



cmeza1391@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-3194-0575>

Alcívar-Cedeño, Ulbio Eduardo
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ing. Industrial , PhD
Tutor
Portoviejo – Ecuador



ulbio.alcivar@utm.edu.ec



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

Fechas de recepción: 23-AGO-2025 aceptación: 23-SEP-2025 publicación: 30-SEP-2025



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

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El presente estudio, busca evaluar el gasificado de la cerveza artesanal, al utilizar distintos agregados como métodos diferenciales de gasificación en comparación con la inyección directa de CO₂. Las muestras analizadas corresponden a tres estilos de cerveza artesanal, que se describen como cerveza lager americana, cerveza irlandesa roja y cerveza belga (Belgian tripel). Se procesaron mediante análisis físico – químico, análisis sensorial y comparación estadística. A nivel de pruebas físico – químicas, los resultados destacan el agregado de dextrosa como mayor generador de CO₂, en comparación con la azúcar blanca como agregado para el mismo efecto. En el caso de la cerveza belga, la dextrosa aportó un incremento del contenido de alcohol. Las pruebas sensoriales no describieron significancia estadística bajo el análisis de la prueba de Kruskal-Wallis, y la prueba posterior de Dunn. Esto sugiere que, si bien la elección del método de gasificación afecta ciertos parámetros fisicoquímicos, no impacta de manera relevante la experiencia sensorial del consumidor. En conclusión, los cerveceros artesanales pueden optar por dextrosa o azúcar blanca en función de criterios operacionales y económicos sin comprometer la calidad percibida del producto final.

Palabras clave: Gasificado; cerveza artesanal; CO₂; alcohol; Ale; Lager

Abstract

This study seeks to evaluate the carbonation of craft beer, using different additives as differential gasification methods compared to direct CO₂ injection. The samples analyzed correspond to three styles of craft beer, described as American lager, Irish red ale, and Belgian beer (Belgian tripel). They were processed through physical-chemical analysis, sensory analysis, and statistical comparison. At the level of physical-chemical tests, the results highlight the addition of dextrose as a major generator of CO₂, compared to white sugar, as an additive with the same effect. In the case of Belgian beer, dextrose contributed an increase in alcohol content. Sensory tests did not describe statistical significance under the Kruskal-Wallis test or Dunn's post-test. This suggests that, although the choice of gasification method affects certain physicochemical parameters, it does not significantly impact the consumer's sensory experience. In conclusion, craft brewers can opt for dextrose or white sugar based on operational and economic criteria without compromising the perceived quality of the final product.

Keywords: Carbonated; craft beer; CO₂; alcohol; Ale; Lager

Introducción

A lo largo del tiempo, la producción cervecera ha ido evolucionando de la mano con el crecimiento de las civilizaciones, desde las más antiguas, como las mesopotámicas o la egipcia a las épocas modernas que se conocen; los avances que se han logrado en el proceso de elaboración de la cerveza, no son más que la suma de los aportes generados a través de las innovaciones que cada civilización le fue incorporando en esa mezcla de producción, calidad, tecnología e infraestructura para obtener el producto que se elabora en estos tiempos (Bamforth, 2003; Priest & Stewart, 2006). Actualmente, la cerveza se define como una bebida alcohólica obtenida mediante la fermentación del mosto elaborado con cereales malteados, principalmente cebada, junto con agua, lúpulo y levadura (Albanese et al., 2018; Humia et al., 2019). Las mezclas de estos ingredientes en las cantidades adecuadas y equilibradas, hace posible obtener un producto estandarizado y consecuente con la tecnología actual (Hornsey, 2003).

Como parte del trabajo de la industria y de los maestros cerveceros, el control de los procesos se vuelve un hecho fundamental, bajo el paradigma de encontrar cuales son los factores de mayor impacto, que puedan afectar el desenvolvimiento correcto de las producciones (Hough, 2002). Siendo en este sentido la incorporación de gas a la cerveza (gasificado) uno de los factores que describe un papel fundamental para la percepción sensorial del producto, para la textura perceptible y la estabilidad del mismo (Briggs et al., 2004). A diferencia de las grandes cerveceras industriales, que cuentan con tecnologías para capturar y reutilizar el dióxido de carbono (CO₂) generado en la fermentación, muchas cervecerías artesanales dependen de métodos tradicionales como la re-fermentación en botella o barril y la inyección forzada de CO₂ (Hawchar et al., 2022). Estas estrategias pueden generar variaciones en la concentración del gas, la formación de espuma y la retención de burbujas, afectando directamente la aceptación del consumidor (Munizaga-Párraga et al., 2023).

El gasificado de la cerveza artesanal puede realizarse mediante tres métodos principales, cada uno con características y efectos particulares en la calidad del producto final, que integra posibles mejoras en cada proceso. La fermentación secundaria en botella o barril consiste en la adición de azúcares fermentables, como dextrosa o azúcar blanca, antes del envasado, permitiendo que las levaduras remanentes continúen su actividad metabólica y produzcan



CO₂ de manera natural, es considerado uno de los métodos con mayor antigüedad. Este método no solo contribuye a la carbonatación, sino que también puede influir en la evolución del perfil sensorial de la cerveza con el tiempo, de la misma manera ayuda en la precipitación de los sólidos suspendidos (Munizaga-Párraga et al., 2023). Por otro lado, la adición de levaduras activas implica la incorporación de cepas seleccionadas para optimizar la conversión de azúcares en gas, garantizando una mayor estabilidad y homogeneidad en la gasificación, como método de refermentación, lo que resulta en un producto final más predecible y uniforme. Al final, se podría describir a la inyección forzada de CO₂, la cual consiste en la carbonatación artificial mediante la disolución controlada de dióxido de carbono en la cerveza, proporcionando un nivel preciso de gasificación sin depender de la actividad biológica de las levaduras (Kunze, 2014). La elección del método adecuado depende de múltiples factores, incluyendo el estilo de la cerveza, las condiciones de almacenamiento y las preferencias del consumidor, lo que hace crucial el estudio comparativo de estos procedimientos en cervezas artesanales.

Como objetivo principal se establece el impacto de los agregados como métodos de gasificación a la cerveza artesanal, en comparación con las valoraciones obtenidas del uso de CO₂ de tipo industrial. Para que el desarrollo de la investigación se usaran cervezas tipo Ale y Tipo lager, basándose en los principios de control de calidad y su aceptación (Segobia - Muñoz, 2020).

Material y métodos

Para la presente investigación, se empleó un diseño experimental basado en la comparación de tres métodos de gasificación en cerveza artesanal: **fermentación secundaria con dextrosa**, **fermentación secundaria con azúcar blanca**. Estos métodos fueron seleccionados con base en estudios previos que han demostrado su impacto en la calidad sensorial y estabilidad del producto final (Humia et al., 2019; Kunze, 2014). Se utilizaron dos estilos de cerveza: **Ale** y **Lager**, los cuales fueron sometidos a cada uno de los tratamientos mencionados, en línea con la literatura que destaca diferencias significativas en la respuesta de estos estilos a la carbonatación (Albanese et al., 2018; Hawchar et al., 2022). La variabilidad en los niveles de carbonatación, parámetros fisicoquímicos como pH, densidad y contenido de CO₂ disuelto, así como la percepción sensorial de los consumidores



fueron evaluados mediante análisis estadístico, siguiendo metodologías establecidas en estudios de evaluación de bebidas fermentadas (Martínez Gómez, 2015; Rodríguez Saavedra, 2021).

Las materias primas y reactivos empleados en la elaboración de las muestras de cerveza fueron seleccionados con base en estudios previos sobre la optimización de la producción artesanal (Albanese et al., 2018; Humia et al., 2019). Se utilizaron maltas Pilsen y Malta Caramelo, seleccionadas por su perfil sensorial y contenido enzimático (Kunze, 2014). Los lúpulos fueron elegidos considerando su contribución al amargor y al perfil aromático (Bamforth, 2003).

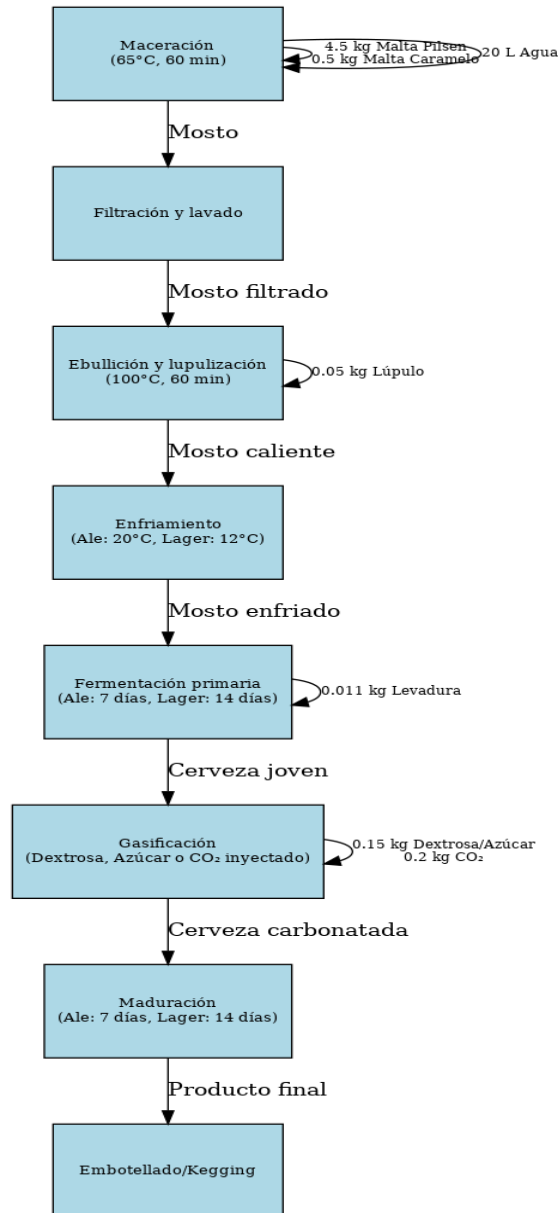
Para la fermentación de la cerveza tipo Ale, se empleó *Saccharomyces cerevisiae*, marca Fermentis S04, por su alta tolerancia a temperaturas moderadas (Priest & Stewart, 2006). En el caso de la cerveza Lager, se utilizó de la marca Fermentis 34/70, en capacidad de fermentación a temperaturas más bajas (Hough, 2002).

El agua utilizada fue tratada mediante filtración y ajustes de composición mineral, siguiendo los estándares recomendados por la norma INEN 2262, para la producción cervecera (Lewis & Young, 2001). Los azúcares fermentables empleados en la fermentación secundaria incluyeron dextrosa monohidratada y azúcar blanca refinada, ambos seleccionados por su rápida metabolización por la levadura y su impacto en la formación de CO₂ durante la maduración (Alcívar-Cedeño et al., 2024). Para el caso comparativo, se utilizó CO₂ alimentario de grado cervecero para la carbonatación forzada, asegurando una disolución homogénea del gas y controlando el nivel de carbonatación en el producto final (Hawchar et al., 2022).

Para iniciar se comenzó con la maceración por 60 minutos a una temperatura de 65°C. Esta etapa determina el perfil de azúcares disponibles para la fermentación y su eficiencia ha sido documentada en múltiples estudios sobre la optimización del proceso cervecero (Kunze, 2014; Bamforth, 2008). Luego de eso, el mosto obtenido se sometió a un proceso de filtración y lavado del grano, donde se extrajeron los residuos sólidos para garantizar una mayor claridad en el producto final y minimizar la presencia de compuestos no fermentables que puedan afectar la calidad sensorial de la cerveza (Lewis & Young, 2001).

Figura 1

Proceso de elaboración de las cervezas para las muestras evaluadas en laboratorio



Fuente: Pinto Demera, Meza López y Alcívar Cedeño, 2024

Después de la filtración, el mosto se llevó a ebullición a 100°C durante 60 minutos, tiempo en el que se realizaron adiciones programadas de lúpulo, esenciales para la contribución de amargor, estabilidad de espuma y perfil aromático. La selección del tipo de lúpulo estuvo basada en la literatura sobre su impacto en la composición química y sensorial de la cerveza (Hough, 2002; Priest & Stewart, 2006). Una vez concluida la ebullición, se realizó el

enfriamiento del mosto, hasta alcanzar la temperatura de fermentación para cada estilo: 20°C para las cervezas tipo Ale y 12°C para las cervezas tipo Lager. Este proceso es clave para evitar la contaminación microbiológica y mejorar la actividad de la levadura en la fermentación primaria (Briggs et al., 2004; Bamforth, 2003).

Una primera etapa de fermentación, describió que la levadura inoculada metabolizó los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono, generando compuestos secundarios que influyen en las características organolépticas de la cerveza (Humia et al., 2019). Para la fase de gasificación, se aplicaron diferentes métodos: en el caso de la fermentación secundaria con dextrosa y azúcar blanca, se adicionó el azúcar correspondiente antes del embotellado, permitiendo una maduración de 21 días en condiciones controladas para el desarrollo de carbonatación natural (Hawchar et al., 2022). La elección del método de gasificación impactó directamente en la textura, estabilidad de la espuma y retención de burbujas, factores evaluados en estudios previos sobre la calidad de la cerveza artesanal (Albanese et al., 2018; Rodríguez Saavedra, 2021).

Metodología para la caracterización de las muestras

La caracterización de las muestras comenzó con la medición de parámetros fisicoquímicos y sensoriales clave para determinar la calidad y estabilidad de la carbonatación en la cerveza artesanal. Se utilizó un pH-metro marca Biotech, asegurando que los valores obtenidos se encuentren dentro de los rangos óptimos para la estabilidad microbiológica y la percepción sensorial del producto. La densidad inicial y final fue medida con un hidrómetro de alta precisión para calcular la atenuación aparente y correlacionarla con la eficiencia de la fermentación y la producción de CO₂ en cada método de gasificación. Para cuantificar el volumen de CO₂ disuelto, se empleó un medidor de carbonatación por flujo marca KegLand®, permitiendo contrastar la efectividad de la gasificación natural en términos de estabilidad del gas en el producto final. Adicionalmente, se realizó un análisis sensorial mediante una prueba hedónica con un panel de 20 participantes entrenados, quienes evaluaron atributos clave como la intensidad de la carbonatación, la retención de espuma y la percepción global de la textura en boca. Este análisis fue fundamental para identificar diferencias significativas en la experiencia sensorial de los consumidores entre los distintos métodos de gasificación, alineando los resultados con estudios previos sobre la optimización

de la calidad sensorial en cervezas artesanales (Alcívar-Cedeño et al., 2024; Hawchar et al., 2022).

Metodología del análisis estadístico

Para evaluar el impacto de los métodos de gasificación (fermentación secundaria con dextrosa y azúcar blanca) sobre los parámetros fisicoquímicos de las cervezas analizadas (Lager Americana, Belgian Tripel e Irish Red Ale), se aplicó un enfoque estadístico no paramétrico debido a que los datos no cumplieron con la suposición de normalidad. Inicialmente, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) para cada parámetro evaluado (pH, densidad, % de alcohol y volumen de CO₂). Los resultados mostraron que todos los valores presentaban $p < 0.05$, indicando que los datos no seguían una distribución normal.

Debido a esta condición, en lugar de utilizar un ANOVA factorial paramétrico, se optó por aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, que es una alternativa no paramétrica que permite comparar distribuciones entre grupos sin asumir normalidad. Esta prueba se utilizó para evaluar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de gasificación para cada uno de los parámetros medidos.

Resultados y Discusión

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos tras la aplicación de los métodos de gasificación con dextrosa y azúcar blanca reveló diferencias clave en la estabilidad y composición final de los distintos estilos de cerveza artesanal analizados (Lager Americana, Belgian Tripel y Irish Red Ale). Se midieron cuatro variables fundamentales: pH, densidad, contenido alcohólico y volumen de CO₂ disuelto, lo que permitió caracterizar el impacto de cada método sobre la calidad del producto final, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Parámetros Físicos – Químicos analizados a las muestras de cerveza

TIPO DE CERVEZA	LAGER AMERICANA				BELGIAN TRIPEL (ALE)				IRISH RED ALE (CERVEZA ROJA ALE)			
PARÁMETROS EVALUADOS	pH	Densidad	% ABV	V.CO2 %	pH	Densidad	% ABV	V.CO2 %	pH	Densidad	% ABV	V.CO2 %

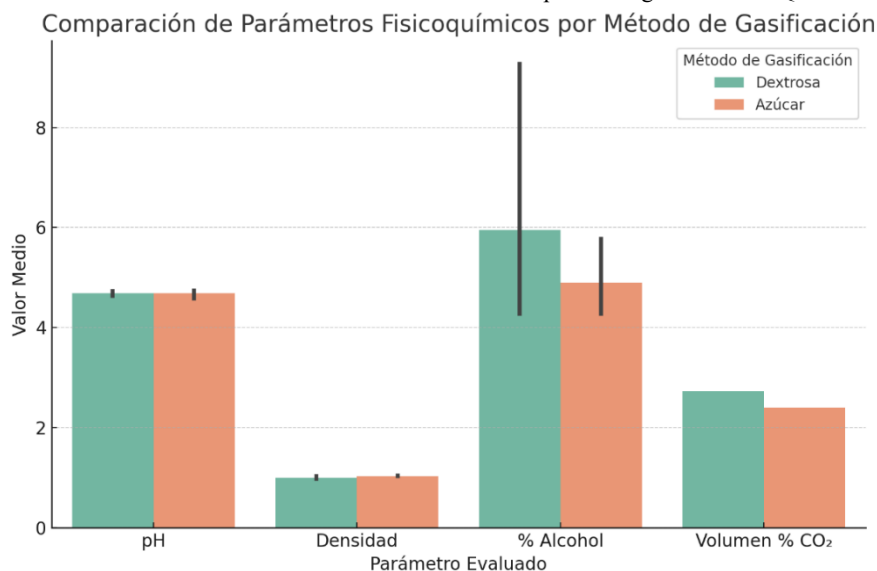


DEXTROSA	M	4,68	0,98	9,27	2,73	4,64	0,98	4,32	2,73	4,73	1,03	4,28	2,73
	DS	0,06	0,05	6,60	0,68	0,08	0,03	3,58	0,68	0,03	0,02	2,06	0,68
	MD	4,70	0,96	12,36	2,50	4,61	0,99	2,97	2,50	4,73	1,03	4,73	2,50
	MA												
	X	4,73	1,04	13,74	3,50	4,73	1,00	8,38	3,50	4,76	1,05	6,08	3,50
AZÚCAR	M	4,73	1,03	4,28	2,40	4,58	1,04	5,77	2,40	4,74	1,03	4,64	2,40
	DS	0,03	0,02	2,06	0,20	0,15	0,03	3,42	0,20	0,04	0,02	2,20	0,20
	MD	4,73	1,03	4,73	2,40	4,63	1,04	5,14	2,40	4,73	1,03	4,06	2,40
	MA												
	X	4,76	1,05	6,08	2,60	4,70	1,06	9,46	2,60	4,78	1,04	7,08	2,60

Los resultados indican que la fermentación secundaria con dextrosa produjo un mayor contenido alcohólico en todos los estilos de cerveza, con valores máximos de 13.74% en Lager Americana, 8.38% en Belgian Tripel y 6.08% en Irish Red Ale, lo que sugiere una mayor conversión de azúcares residuales en etanol. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que indican que el tipo de azúcar añadido en la fermentación secundaria tiene un impacto directo en la eficiencia del metabolismo de las levaduras y en la generación de etanol (Humia et al., 2019; Kunze, 2014). En contraste, la gasificación con azúcar blanca mostró valores más bajos y menos variables, con una media de 4.28% en Lager Americana, 5.77% en Belgian Tripel y 4.64% en Irish Red Ale, lo que indica una fermentación más controlada y menor atenuación. Estos resultados concuerdan con los reportados en investigaciones sobre la optimización del proceso cervecero, donde la adición de azúcares simples como la sacarosa genera menor variabilidad en la producción de etanol en comparación con la dextrosa (Priest & Stewart, 2006; Hawchar et al., 2022).

Figura 2

Parámetros Físicos – Químicos analizados a las muestras de cerveza



En cuanto a la densidad, las muestras gasificadas con dextrosa presentaron valores más bajos, con una mediana de 0.96 g/cm³ en Lager Americana y 0.99 g/cm³ en Belgian Tripel, lo que sugiere una fermentación más extensa y una mayor conversión de los azúcares iniciales. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en la literatura sobre fermentación secundaria, donde se ha observado que la dextrosa, al ser un monosacárido, es más fácilmente metabolizable por las levaduras en comparación con la sacarosa, lo que reduce la densidad final del producto (Albanese et al., 2018; Bamforth, 2003). Por otro lado, las cervezas gasificadas con azúcar blanca mantuvieron una densidad más estable, con valores medios de 1.03 g/cm³ en Lager Americana y 1.04 g/cm³ en Belgian Tripel, lo que se asocia con una menor degradación de azúcares fermentables y una textura más consistente (Rodríguez Saavedra, 2021).

El análisis del pH mostró que ambos métodos de gasificación se mantuvieron dentro del rango óptimo para cervezas artesanales, aunque con ligeras diferencias. En Lager Americana, el pH medio fue 4.68 con dextrosa y 4.73 con azúcar blanca, mientras que en Belgian Tripel se observó una reducción del pH con dextrosa (4.64) en comparación con azúcar blanca (4.58), sugiriendo un mayor metabolismo de los compuestos ácidos en la fermentación con dextrosa. Estos resultados son consistentes con los reportados por Hough (2002) y Goldammer (2008), quienes explican que la degradación de azúcares en presencia de dextrosa tiende a reducir el pH de la cerveza debido a la formación de ácidos orgánicos durante la fermentación.

El volumen de CO₂ disuelto mostró diferencias significativas, con valores ligeramente superiores en la gasificación con dextrosa, alcanzando un máximo de 3.50% en Lager Americana, 3.50% en Belgian Tripel y 3.50% en Irish Red Ale, en comparación con la gasificación con azúcar blanca, donde los valores máximos fueron 2.60% en todos los estilos, lo que indica una menor retención de gas. Esto sugiere que la fermentación secundaria con dextrosa favorece una mayor producción de CO₂, aunque su estabilidad en la cerveza podría depender de otros factores como la composición de la levadura y las condiciones de maduración (Lewis & Young, 2001; Hawchar et al., 2022).

Estos resultados permiten concluir que la gasificación con dextrosa generó cervezas con mayor contenido alcohólico, menor densidad y mayor producción de CO₂, mientras que la gasificación con azúcar blanca ofreció una fermentación más controlada, con valores más homogéneos de pH y densidad. La literatura respalda que la elección del tipo de azúcar en la fermentación secundaria puede influir en la calidad final del producto, particularmente en la percepción sensorial y la estabilidad del gas disuelto (Humia et al., 2019; Alcívar-Cedeño et al., 2024). Estos hallazgos servirán como base para evaluar su impacto en la percepción sensorial y la calidad organoléptica de las cervezas analizadas, aspectos que serán discutidos en la siguiente sección.

ANÁLISIS INFERENCIAL

El análisis estadístico inferencial aplicado permitió evaluar el impacto del método de gasificación sobre los parámetros fisicoquímicos de la cerveza artesanal. Dado que la prueba de Shapiro-Wilk indicó que los datos no seguían una distribución normal ($p < 0.05$ en todos los casos), se optó por utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual reveló que solo el Volumen % CO₂ presentó diferencias significativas entre los métodos de gasificación ($p = 0.035$). Para identificar con precisión qué método presentaba diferencias significativas, se realizó la prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni.

Los resultados mostraron que la diferencia en el volumen de CO₂ disuelto entre la gasificación con dextrosa y con azúcar blanca fue significativa ($p = 0.0377$), lo que indica que el tipo de azúcar utilizado influye en la retención de gas en la cerveza. Este hallazgo coincide con estudios previos que han demostrado que la fermentación secundaria con

diferentes fuentes de azúcar puede modificar la carbonatación y la retención de CO₂ en el producto final (Albanese et al., 2018; Humia et al., 2019).

Tabla 2

Descripción del análisis inferencial realizado a las muestras de dextrosa vs azúcar

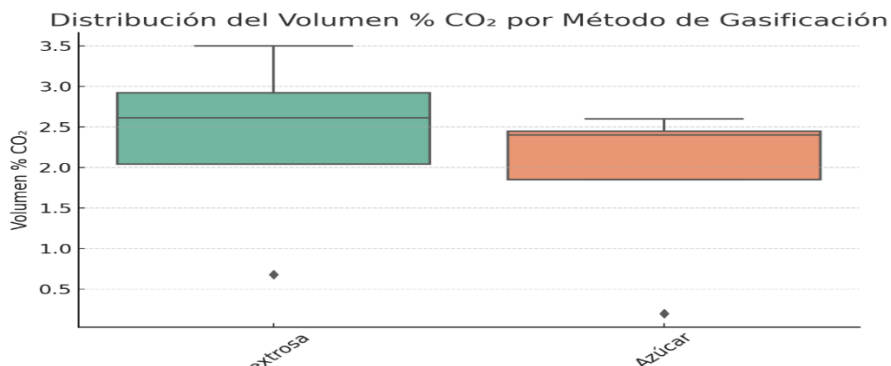
Parámetro Evaluado	Método Estadístico Aplicado	Fuente de los Datos	Estadístico de Prueba	p-valor (Kruskal-Wallis)	p-valor (Dunn + Bonferroni)	Interpretación
pH	Kruskal-Wallis	Valores medidos en muestras de cerveza con Dextrosa y Azúcar	0,192436412	0,660896502	N/A	No significativo
Densidad	Kruskal-Wallis	Valores medidos en muestras de cerveza con Dextrosa y Azúcar	1,576475386	0,209269117	N/A	No significativo
% Alcohol	Kruskal-Wallis	Valores medidos en muestras de cerveza con Dextrosa y Azúcar	0,75130662	0,386062862	N/A	No significativo
Volumen % CO ₂	Kruskal-Wallis + Dunn (Bonferroni)	Valores medidos en muestras de cerveza con Dextrosa y Azúcar	4,43373494	0,035235323	0,037666922	Significativo

Los resultados mostraron que la diferencia en el volumen de CO₂ disuelto entre la gasificación con dextrosa y con azúcar blanca fue significativa ($p = 0.0377$), lo que indica que el tipo de azúcar utilizado influye en la retención de gas en la cerveza. Estudios previos han demostrado que la fermentación secundaria con diferentes fuentes de azúcar puede modificar la carbonatación y la retención de CO₂ en el producto final (Albanese et al., 2018; Humia et al., 2019).

Desde un punto de vista técnico, la mayor producción de CO₂ en la fermentación con dextrosa podría deberse a su rápida metabolización por la levadura, lo que genera una mayor actividad fermentativa y, por ende, una mayor producción de gas (Priest & Stewart, 2006). En comparación, la fermentación con azúcar blanca parece generar una carbonatación más estable y controlada, con una menor variabilidad en el volumen de CO₂. Esto es consistente con reportes previos sobre la influencia de los azúcares fermentables en la estabilidad de la carbonatación en cervezas artesanales (Hawchar et al., 2022).

Figura 3

Distribución de los volúmenes de CO₂ por método de gasificación



ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó una prueba hedónica basada en una escala de 1 a 10, en la que los panelistas calificaron atributos clave como dulzura, amargor, cuerpo, acidez y compuestos aromáticos asociados a la fermentación. Las muestras analizadas incluyeron tres estilos de cerveza: Lager Americana, cerveza belga estilo Belgian Tripel y cerveza irlandesa roja (Irish Red Ale), cada una elaborada y gasificada bajo dos métodos diferentes: fermentación secundaria con dextrosa y fermentación secundaria con azúcar blanca.

Tabla 3

Descripción del análisis sensorial - Dextrosa

AGREGADO	DEXTROSA								
Aspectos	M1L	M2L	M3L	M1BT	M2BT	M3BT	M1IRA	M2IRA	M3IRA
Dulce	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Amargo	5	5	7	1	10	5	5	5	5
Alcohol	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cuerpo	3	2	4	1	3	2	4	4	2
Frutado-Esteroso	1	1	1	4	1	3	2	4	2
Diacetilo	1	1	1	1	3	1	1	1	2
Sour-Acido	4	3	1	3	2	3	4	1	4
DMS	4	1	1	1	1	3	1	1	1
Color	7	8	9	10	10	7	5	5	9

El análisis sensorial es una herramienta fundamental en la caracterización de productos fermentados como la cerveza, ya que permite evaluar de manera objetiva la percepción del consumidor sobre atributos clave como dulzor, amargor, cuerpo, acidez y equilibrio de

sabores (Humia et al., 2019; Rodríguez Saavedra, 2021). La percepción de estos aspectos sensoriales está influenciada por múltiples factores, incluyendo la formulación de la cerveza, el perfil de fermentación y el método de gasificación empleado. En el caso de la cerveza artesanal, la gasificación natural mediante fermentación secundaria con diferentes fuentes de azúcar (dextrosa o azúcar blanca) puede generar variaciones en la carbonatación y, por ende, en la experiencia sensorial del consumidor (Albanese et al., 2018; Hawchar et al., 2022).

Tabla 4
Descripción del análisis sensorial - Azúcar

AGREGADO	AZÚCAR								
Aspectos	M1LA	M2LA	M3LA	M1BTA	M2BTA	M3BTA	M1IRAA	M2IRAA	M3IRAA
Dulce	1	1	1	4	2	2	5	2	2
Amargo	5	5	4	6	4	6	6	3	5
Alcohol	4	5	5	5	5	5	7	4	4
Cuerpo	3	5	5	5	7	5	9	8	4
Frutado-Esteroso	5	4	5	1	6	2	1	5	4
Diacetilo	2	6	5	1	1	3	1	1	3
Sour-Acido	7	5	7	3	3	7	1	4	2
DMS	5	5	5	1	3	4	1	2	4
Color	6	5	7	7	7	7	8	8	8

Si bien el análisis fisicoquímico evidenció diferencias significativas en el volumen de CO₂ disuelto en función del método de gasificación, los resultados del análisis sensorial indicaron que estas diferencias no fueron perceptibles de manera significativa por los panelistas.

Figura 4
Comparación de análisis sensorial - Azúcar

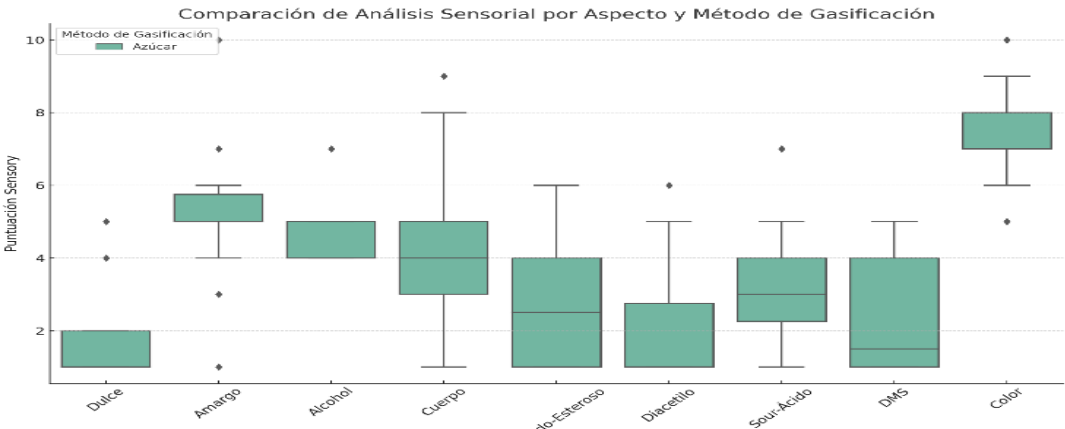
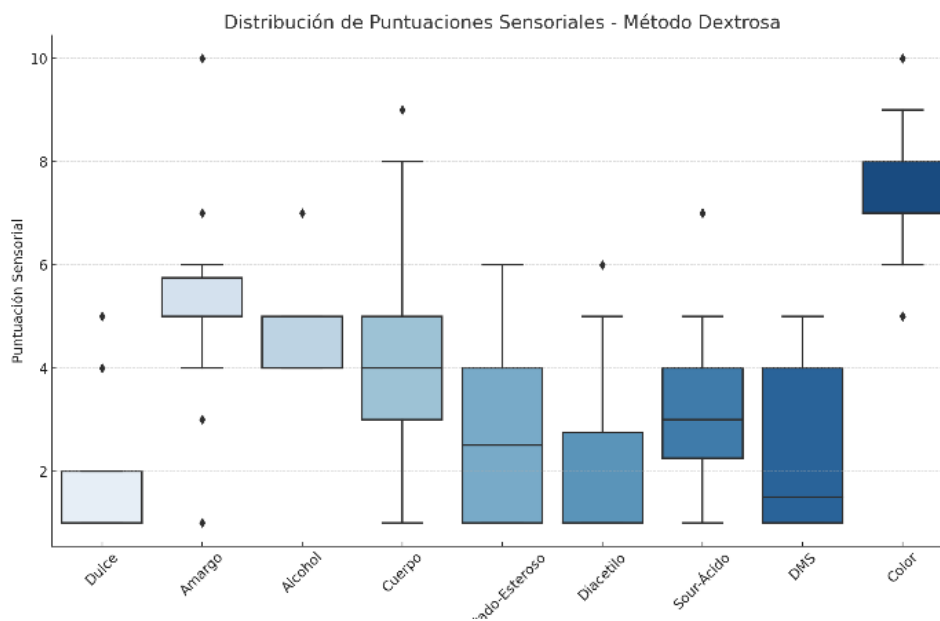


Figura 5

Comparación de análisis sensorial - Dextrosa



El análisis sensorial realizado sobre las muestras de cerveza artesanal gasificadas mediante dextrosa y azúcar blanca evidenció que, aunque existen variaciones en los valores medios de los atributos evaluados, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los casos.

La percepción del amargor fue mayor en las cervezas gasificadas con dextrosa, especialmente en el estilo Belgian Tripel, donde la puntuación media alcanzó valores cercanos a 10 en algunos casos.

La evaluación del cuerpo y alcohol fue parecido en ambos métodos de gasificación, indicando que la percepción de la estructura de la cerveza no se ve afectada de manera relevante por el tipo de azúcar utilizado en la refermentación. Sin embargo, en estilos como la cerveza irlandesa roja, las muestras gasificadas con azúcar blanca presentaron una mayor percepción de cuerpo en comparación con las gasificadas con dextrosa.

En cuanto a los atributos aromáticos, como frutado-estroso y diacetilo, los valores se mantuvieron en niveles bajos en todas las muestras, lo que sugiere que el método de gasificación no afecta de manera significativa el perfil aromático de la cerveza artesanal. Las valoraciones sobre el color no generaron un impacto significativo en el resultado del análisis,

lo cual viabiliza los métodos de gasificación para su uso (Humia et al., 2019; Rodríguez Saavedra, 2021).

Los resultados son concluyentes al destacar que serán otros factores, como el costo y el control del proceso, o la disponibilidad los que determinaran la selección del método de gasificado, así como el acceso a las tecnologías, ya que el uso de los agregados no generó diferencias sensoriales impactantes en las valoraciones realizadas.

Conclusiones

Se concluye que el método de gasificación tiene un impacto significativo en las características de la cerveza y en el perfil sensorial de la misma. Las muestras gasificadas con dextrosa presentaron un mayor grado de carbonatación, lo que sugiere que este método favorece una fermentación secundaria más activa, liberando una mayor cantidad de CO₂ en el producto final. Por otro lado, el contenido de alcohol mostró una variabilidad dependiente del estilo de cerveza, siendo Belgian Tripel el estilo con mayor concentración alcohólica tras la refermentación.

No se evidenciaron significancias estadísticas para las valoraciones realizadas en la gasificación por dextrosa y con azúcar blanca. Si se registraron ligeras variaciones en la percepción del amargor y el cuerpo en ciertos estilos, estas diferencias no fueron lo suficientemente marcadas como para alterar la experiencia sensorial.

Referencias bibliográficas

Albanese, L., Ciriminna, R., Meneguzzo, F., & Pagliaro, M. (2018). Elaboración innovadora de cerveza típica, antigua y variedades de trigo sanas para potenciar su propagación. *Journal of Cleaner Production*, 171, 297-311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.027>

Alcívar-Cedeño, U. E., Cedeño Palacios, C. A., & Burgos Briones, G. A. (2024). Aplicación de base cereal local (*Zea mays* L. y *Oryza sativa*) en la elaboración de cerveza artesanal. *Centro Azúcar*, 51(1), e1054. Recuperado de https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612024000100002&script=sci_arttext

Alcívar-Cedeño, U. E., Munizaga-Párraga, D. R., Bazelaïs, M., & Aguaiza Anchundia, G. A. (2024). Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal. *Centro Azúcar*, 51(2), e1061. Recuperado de



https://www.researchgate.net/publication/383948155_AGREGADO_E_INSUMOS_EN_SEGUNDA_FERMENTACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL

Aragón, L. F. (2022). Evaluación de un proceso biológico para la obtención de una bebida fermentada a partir de subproductos de la industria cervecera. Universidad Nacional de Colombia.

Aranda Gatón, F. (2019). Elaboración y estudio analítico de cerveza artesanal a partir de distintos tipos de pan. Universidad de Valladolid.

Avellán Gómez, R. A. (2023). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cerveza artesanal en Guayaquil (Trabajo de conclusión de carrera). Universidad del Pacífico. Recuperado de

https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/929/1/NE_UPACIFICO_17749.pdf

Bamforth, C. W. (2003). Beer: Tap into the art and science of brewing. Oxford University Press.

Bamforth, C. W. (2008). Beer: Tap into the art and science of brewing. Oxford University Press.

Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). Brewing: Science and practice. Woodhead Publishing.

Ferreya, L. (2013). Elaboración de cerveza. Universidad Nacional de La Plata.

Goldammer, T. (2008). The brewer's handbook: The complete book to brewing beer. KVP Publishers.

Gorostiaga, J. S. (2008). Tesis de elaboración de cerveza artesanal. Universidad Técnica del Norte.

Hawchar, A., Ould, S., & Bennet, N. S. (2022). Monitoreo de dióxido de carbono dentro de una cervecería australiana utilizando una red de sensores de Internet de las cosas. Journal of Cleaner Production, 22. <https://doi.org/10.3390/s22249752>

Hawchar, A., Ould, S., & Bennett, N. S. (2022). Carbon dioxide monitoring inside an Australian brewery using an Internet-of-Things sensor network. Sensors, 22(24), 9752. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/24/9752>

Hornsey, I. S. (2003). A history of beer and brewing. Royal Society of Chemistry.



- Hough, J. S. (2002). The biotechnology of malting and brewing. Cambridge University Press.
- Humia, B. H., Santos, K. S., Barbosa, A. M., Sawata, M., Mendoza, M. C., & Padilha, F. F. (2019). Beer molecules and its sensory and biological properties: A review. *Molecules*, 24(8), 1568. <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/8/1568>
- Humia, B. V., Santos, K. S., Barbosa, A. M., Sawata, M., Mendonça, M. D., & Padilha, F. F. (2019). Moléculas de cerveza y sus propiedades sensoriales y biológicas: Una revisión. *Molecules*, 24(8), 1568-1587. <https://doi.org/10.3390/molecules24081568>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2002). Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2262.pdf>
- Kunze, W. (2014). Technology brewing and malting. VLB Berlin.
- Lewis, M. J., & Young, T. W. (2001). Brewing. Springer Science & Business Media.
- Martínez Gómez, C. A. (2015). Análisis prospectivo al 2020 de la industria de la cerveza artesanal en el Ecuador como generadora de crecimiento económico (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5024>
- Martínez, A. (2013). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cervezas artesanales e industriales. Universidad de Lleida.
- Moscoso Buitrón, E. F. (2019). Efectos de la miel de abeja en la carbonatación natural de una cerveza artesanal elaborada a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*). Universidad de las Américas.
- Munizaga-Párraga, D. R., Burgos Briones, G. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2023). Uso y aplicación de levadura Kveik en fermentación de cerveza artesanal. *Mundo FESC*, 18(34), 1-10. Recuperado de <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/919>
- Munizaga-Párraga, D. R., Burgos Briones, G. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Aplicación de técnicas de control fermentativo para determinar la eficiencia en la producción de cerveza artesanal. *Mundo FESC*, 19(36), 1-12. Recuperado de <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/1791>
- Palmer, J. J. (2006). How to brew: Everything you need to know to brew beer right the first time. Brewers Publications.
- Papazian, C. (2003). The complete joy of homebrewing. HarperResource.

- Priest, F. G., & Stewart, G. G. (2006). Handbook of brewing. CRC Press.
- Quintana Lombeida, M. D., & Aguilar Herrera, J. (2018). Evaluación de las cervezas artesanales de producción nacional y su maridaje con la cocina ecuatoriana. *Innova Research Journal*, 3(8.1), 332-346. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3781/26/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20cervezas%20artesanales%20de%20producci%C3%B3n%20nacional%20y%20su%20maridaje%20con%20la%20cocina%20ecuatoriana.pdf>
- Rodríguez Saavedra, M. (2021). Cerveza artesanal: Innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Rosales, M., et al. (2021). Análisis de vida útil en diversos estilos de cervezas artesanales. Universidad de Valladolid.
- Segobia Muñoz, S. A. (2020). Evaluación de la adición de centeno (*Secale cereale*) en la formulación de cerveza artesanal Belgian Pale Ale. *Enfoque UTE*, 11(2), 30-45.

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:

Agradecemos en primer lugar a Dios, por brindarnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar este trabajo; a nuestros padres y familiares, por su amor incondicional, ejemplo y apoyo constante durante la carrera universitaria; a nuestros docentes, amigos y compañeros quienes fueron parte de este proceso educativo con sus enseñanzas y colaboración. A todos nuestros seres queridos que conocimos durante estos años, les agradecemos de todo corazón.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.