

## Evaluación de la adición de centeno (*Secale cereale*) en la formulación de cerveza artesanal Belgian Pale Ale

### *Evaluation of the addition of rye (Secale cereale) in the formulation of belgian pale ale craft beer*

Sheyling A. Segobia Muñoz<sup>1</sup>

#### Resumen

Esta investigación se ha enfocado en la utilización del centeno malteado y sin maltear para elaborar una cerveza artesanal estilo Belgian Pale Ale. El objetivo es innovar y explorar los atributos que brinda este cereal, además de evaluar los parámetros fisicoquímicos (color, pH, acidez, grado alcohólico y turbidez), microbiológicos (mohos y levaduras) y sensoriales (sabor, olor, color y textura).

Se aplicó un diseño experimental con arreglo bifactorial A\*B, con 3 repeticiones por tratamiento y 1 testigo, empleando la prueba Dunnett. En lo que respecta al test sensorial, se aplicó la prueba de contrastes de Kruskal Wallis utilizando el software estadístico SPSS Statistics. De forma tal que se constató que añadir el centeno malteado y sin maltear influyó significativamente en las características evaluadas en la cerveza artesanal, lo que da origen a un perfil propio de una Belgian Pale Ale, con el distintivo toque que brinda el centeno. Los tratamientos más destacados en cuanto al atributo de sabor y textura fue T5 (80 % malta base + centeno malteado); respecto al olor, destacó T1 (90 % malta base + centeno malteado), y en color resaltó T4 (85 % malta base + centeno sin maltear).

#### Palabras clave

Centeno, cerveza artesanal, levadura, maceración, fermentación.

#### Abstract

*This research has focused on the use of malted and unmalted rye to brew a Belgian Pale Ale style craft beer. The objective is to innovate and explore the attributes provided by this cereal, in addition to evaluating the physicochemical (color, pH, acidity, alcohol content and turbidity), microbiological (molds and yeasts) and sensory (flavor, odor, color and texture) parameters.*

*An experimental design with a bifactorial A\*B arrangement was applied, with 3 replicates per treatment and 1 control, using the Dunnett test. Regarding the sensory test, the Kruskal Wallis test of contrasts was applied using SPSS Statistics software. Thus, it was found that the addition of malted and unmalted rye significantly influenced the characteristics evaluated in the craft beer, giving rise to a profile typical of a Belgian Pale Ale, with the distinctive touch provided by the rye. The most outstanding treatments in terms of flavor and texture were T5 (80% base malt + malted rye); in terms of odor, T1 (90% base malt + malted rye) stood out, and T4 (85% base malt + unmalted rye) stood out in terms of color.*

#### Keywords

*Rye; malt; yeast; mash; fermentation.*

## 1. Introducción

La cerveza está formada por varios compuestos: algunos provienen de la materia prima y otros se forman durante el proceso de elaboración. Las fuentes de materias primas de la cerveza son el agua, la malta, el lúpulo, la levadura y los aditivos (Buiatti, 2009). Las etapas de malteado, maceración y fermentación son procesos en donde la malta, que es la materia prima principal en la elaboración de la cerveza, contiene componentes extraíbles tales como almidón, proteínas, enzimas como las amilasas y proteasas, sustancias colorantes y aromatizantes (Stewart, 2016). Después de la maduración y el almacenamiento, la cerveza se filtra y se estabiliza para evitar defectos de calidad como la pérdida del sabor, la espuma o el enturbiamiento. Cada etapa de la elaboración repercute de forma decisiva en la cerveza (Wunderlich & Back, 2009).

La producción de la cerveza artesanal se clasifica como un proceso a pequeña escala, con subprocesos de producción que combinan la elaboración de recetas tradicionales con una búsqueda de diferenciación, por medio de nuevos ingredientes, para crear nuevos estilos (Jaramillo, 2016). En la investigación de Bogdan y Kordialik-Bogacka (2017) se señala que al incorporar adjuntos como complementos en la elaboración de una cerveza, se puede causar impactos negativos y positivos en el resultado final del producto, por lo cual se debe comprender mediante métodos analíticos la influencia de los adjuntos como reemplazo parcial en la cerveza, para otorgar un producto de calidad.

Con respecto al centeno (*Secale cereale*), este es un cereal que generalmente se usa en pequeñas cantidades mezclado con otros granos. Se cultiva en Europa desde la antigüedad, y es muy popular en Alemania, Polonia y Rusia. Este cereal es conocido por su papel en la elaboración y producción de la cerveza y la ginebra, así como en la del whisky y del vodka (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018). El centeno tiene una relación genética con el trigo y la cebada, aunque representa menos del 1 % en la producción mundial de cereales. Sus macronutrientes son similares a los de otros cereales porque contiene fibra, almidón y proteínas en diferentes concentraciones. En comparación con el trigo, tiene menos almidón y proteína bruta, pero más fibra dietética y azúcares libres (predominando la sacarosa) (Arendt & Zannini, 2013).

El centeno está conformado por compuestos fenólicos, vitaminas, fibra, micronutrientes y minerales. A su vez, se ha demostrado que aporta efectos beneficiosos en el organismo, principalmente en lo que concierne al metabolismo de la glucosa y la saciedad. En algunas investigaciones se sitúa al centeno como un grano que se está utilizando cada vez más como materia prima, lo cual permite innovar en el desarrollo de nuevos productos que contribuyan a una dieta saludable, además de que genera un valor agregado (Poutanen et al., 2014).

La malta de centeno, tal como se produce con los métodos habituales, se caracteriza por una viscosidad muy elevada que puede atribuirse al alto contenido de pentosano. Por lo tanto, hay que evitar estrictamente la oxigenación para garantizar una filtración sin problemas. El color profundo de las maltas de centeno se transmite al producto final y da lugar a una cerveza especial, agradable, oscura y de alta fermentación (Meussdoerffer & Zarnkow, 2009).

El objetivo de esta investigación consiste en elaborar un producto añadiendo en la formulación centeno malteado y sin maltear, para evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que contribuyen a obtener una cerveza artesanal. A su vez, se pretende incursionar en la innovación y utilización de este cereal poco aprovechado dentro de la industria alimentaria, especialmente en la producción de cerveza.

## 2. Metodología

### *Materia prima*

El centeno (*Secale cereale*) que se utilizó como materia prima para añadirlo en la formulación de cerveza artesanal fue obtenido del Mercado Central de Riobamba (provincia Chimborazo). Se empleó insumos de malta base Pale Ale + Cara 20 (Mouterij Dingemans), lúpulo Cascade, levadura SafAle S-04 (Fermentis), clarificante Irish Moss y dextrosa monohidratada.

### *Diseño de la investigación*

Se aplicó un diseño experimental con arreglo bifactorial AxB, factor A [malta Pale Ale] y factor B [procesamiento del centeno] con 3 repeticiones por tratamiento y 1 testigo (Tabla 1). Se utilizó la prueba de Dunnett para comparar las medias de los tratamientos con el testigo, y la prueba de contrastes de Kruskal Wallis para el test sensorial utilizando el *software* estadístico SPSS Statistics.

**Tabla 1.** Planteamiento del diseño experimental

Tratamientos	Códigos	Descripción
a0b0	T1	90 % malta base + centeno malteado
a0b1	T2	90 % malta base + centeno sin maltear
a1b0	T3	85 % malta base + centeno malteado
a1b1	T4	85 % malta base + centeno sin maltear
a2b0	T5	80 % malta base + centeno malteado
a2b1	T6	80 % malta base + centeno sin maltear
Testigo	TT	100 % malta base

### *Procedimiento de la elaboración artesanal de la cerveza*

Con respecto a la materia prima, se empleó malta base de cebada (Pale ale + Cara 20) y centeno (malteado y sin maltear). A continuación, se colocó en una molienda con el fin de romper la cáscara del grano para separarlo del endospermo, lograr una trituración del 50 % y que quede expuesto para el proceso de maceración. En esta etapa se estableció una relación 1:3 de agua a una temperatura constante entre 65 a 70 °C, en donde se agregó la mezcla de adjuntos con el agua por 90 minutos para producir una proporción normal de azúcares fermentables (Mosher & Trantham, 2017).

Después, se llevó a cabo un proceso de recirculado manual, el cual consistió en lavar, clarificar y filtrar el mosto separando la parte soluble de la insoluble (bagazo) y extrayendo los azúcares retenidos en el bagazo. Se recirculó 2-3 l de agua a 77°C hasta aclarar el mosto, y al finalizar, se midió la densidad inicial y grados brix. Después, se sometió el mosto a cocción a una temperatura ( $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ), hasta alcanzar la ebullición por 60 minutos, al cual se le añadió el lúpulo para contribuir amargor y aroma. Este proceso conlleva a la esterilización y estabilización microbiológica del mosto (Mosher & Trantham, 2017).

En la siguiente etapa, para el enfriado del mosto, se utilizó la técnica de baño maría hasta alcanzar la temperatura de 21 °C. El mosto frío fue transferido al fermentador y se agregó 2 g de levadura SafAle S-04. Esta etapa duró 7 días y, al finalizar, se calculó su densidad final. Luego, se filtró utilizando un cedazo de acero inoxidable y malla para retener y eliminar las micropartículas disueltas.

Para el embotellamiento, se agregó 5 g de dextrosa monohidratada disuelta en el fermentador para reactivar las levaduras que aún se encontraban presentes. Se envasó en botellas de vidrio de 330 ml y se mantuvo a temperatura ambiente durante 8 días, para la gasificación natural.

Posteriormente, se pasteurizó en baño maría a 65 °C por 20 minutos. Las botellas fueron enfriadas y almacenadas en refrigeración. Mientras más se prolongue el tiempo de maduración de la cerveza, mejores serán sus propiedades organolépticas (Mosher & Trantham, 2017).

## **Métodos de análisis**

### ***Análisis de color mediante espectrofotometría***

Se determinó el color en el espectrofotómetro UV-vis Jenway 6715, mediante la absorbancia de los tratamientos previamente desgasificada, con una longitud de onda de 430 nm al pasar por 1 cc de la cerveza, mediante el siguiente cálculo (De Lange, 2016):

$$\text{Absorbancia de la cerveza a 430 nm} \times 12.7 = \text{color en unidades de la SRM}$$

### ***Análisis de pH***

Se utilizó 100 cm<sup>3</sup> de las muestras desgasificadas a 20 °C y se introdujo los electrodos del medidor de pH Milwaukee Portable Martini Meter para la lectura (NTE INEN 2 235, 2002).

### ***Análisis de acidez***

Se empleó el método por titulación con fenolftaleína con base en la NTE INEN 2 323 (2002), y se expresó la acidez total como ácido láctico mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez total} = \frac{\text{ml NaOH corregidos} \times 0.9 \text{ (factor establecido)}}{\text{ml de muestra} \times \text{gravedad específica de la muestra}}$$

### **Análisis de contenido alcohólico (método de alcoholímetro de Gay Lussac)**

Para tomar la muestra, se siguió el procedimiento establecido en (NTE INEN 339,1994). Se llenó la probeta con la muestra hasta unos 5 cm por debajo del borde y se introdujo el alcoholímetro de vidrio volumétrico para tomar el valor (NTE INEN 340, 2016).

### ***Análisis de turbidez***

La turbidez de la cerveza fue evaluada utilizando el equipo 2100AN Turbidimeter. Se desgasificó y reguló a 20 °C en baño termostático. A continuación, se realizó la lectura y la conversión de NTU a EBC. En la tabla 2 se indica el grado de turbidez correspondiente a las escalas EBC y ASBC (Hach Company, 2017).

**Tabla 2.** Turbidez de la cerveza

GRADO	EBC	ASBC
Brillante	0.0 a 0.5	0.0 a 34.5
Casi brillante	0.5 a 1	34.5 a 69
Muy ligeramente turbia	1.0 a 2.0	69 a 138
Ligeramente turbia	2.0 a 4.0	138 a 276
Turbia	4.0 a 8.0	276 a 552
Muy turbia	>8.0	>552

Nota: Mosher & Trantham (2017).

### **Análisis microbiológicos de mohos y levaduras**

Para la siembra, se utilizó placas Compact Dry YM, dispersando homogéneamente 1 ml de la muestra sobre la lámina. Se almacenó en la incubadora a 30 °C por 5 días. Al finalizar la incubación, se contabilizó el número de colonias coloreadas en la parte posterior de la placa (HyServe, 2010).

### **Análisis sensorial**

Se convocó a 30 panelistas no entrenados para que evalúen el olor, el color, el sabor y la textura por medio de la escala hedónica de 5 puntos para cada tratamiento y el testigo. Los panelistas recibieron las muestras en un recipiente transparente codificado aleatoriamente (Recalde, 2017). Los criterios de la escala hedónica fueron los siguientes: 1=desagradable, 2=ligeramente desagradable, 3=ni agradable ni desagradable, 4=ligeramente agradable y 5=agradable.

## **3. Resultados y discusión**

### **Resultados del análisis de color**

**Tabla 3.** Resultados del test de Dunnett de la variable dependiente color

Comparaciones múltiples						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
					Límite inferior	Límite superior
T1	TT	0.0933*	0.01623	0.000	0.0461	0.1406
T2	TT	0.4367*	0.01623	0.000	0.3894	0.4839
T3	TT	0.5833*	0.01623	0.000	0.5361	0.6306
T4	TT	0.2967*	0.01623	0.000	0.2494	0.3439
T5	TT	0.4500*	0.01623	0.000	0.4027	0.4973
T6	TT	0.6900*	0.01623	0.000	0.6427	0.7373

Nota: \* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Sig. Significancia.

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos de color

Tratamientos	Media	Desv.	N.
T1	13.30	0.01528	3
T2	13.64	0.03000	3
T3	13.79	0.01528	3
T4	13.50	0.01000	3
T5	13.65	0.02517	3
T6	13.89	0.02517	3
TT	13.20	0.00577	3
Total	13.57	0.23849	21

Nota: Desv. Desviación estándar. N. Número de elementos.

De Lange (2016) explica que el color de la cerveza se mide de forma confiable y fácil por absorción espectral a 430 nm. Estas medidas SRM y EBC son adecuadas para el control de calidad y dan una indicación aproximada del color visible de las cervezas. Por consiguiente, en los resultados de color por espectrofotometría expresados por conversión en SRM, en la tabla 3 se determinó que hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo. En la tabla 4 se puede ver el valor más alto en T6 de 13.89 y un valor menor en T1 de 13.30 y el testigo en 13.20. En efecto, estos valores se encuentran dentro del rango 8-14 en la escala SRM para el color ámbar, que es particular del estilo Belgian Pale Ale (Mosher & Trantham, 2017).

Los resultados obtenidos en esta investigación se relacionan al estudio realizado por Guevara et al. (2019) en el desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale, con malta base de sorgo y cebada, que obtuvieron un valor de 1.28 en la escala SRM, dentro del rango (10-14) en un color entre ámbar profundo a cobre claro. Evidentemente, el uso del centeno malteado y sin maltear influye en el color de la cerveza en comparación con el testigo, la malta de centeno posee un color 5 SRM y con un 15 % máximo de la carga da a la cerveza un color rojizo, mientras que el centeno sin maltear tiene un color 2 SRM (Suárez Díaz, 2013).

### Resultados del análisis de pH

**Tabla 5.** Resultados del test de Dunnett de la variable dependiente pH

Comparaciones múltiples						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
					Límite inferior	Límite superior
T1	TT	-0.0650*	0.01035	0.000	-0.0951	-0.0349
T2	TT	-0.1750*	0.01035	0.000	-0.2051	-0.1449
T3	TT	0.0650*	0.01035	0.000	0.0349	0.0951
T4	TT	-0.1400*	0.01035	0.000	-0.1701	-0.1099
T5	TT	0.1650*	0.01035	0.000	0.1349	0.1951
T6	TT	0.0350*	0.01035	0.021	0.0049	0.0651

Nota: \* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Sig. Significancia.

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos de pH

Tratamientos	Media	Desv.	N.
T1	4.38	0.01500	3
T2	4.27	0.00500	3
T3	4.51	0.01500	3
T4	4.30	0.01000	3
T5	4.61	0.01500	3
T6	4.48	0.01500	3
TT	4.44	0.01000	3
Total	4.42	0.11357	21

Nota: Desv. Desviación estándar. N. Número de elementos.

El pH es un parámetro de suma importancia, debido al control que ejerce para inhibir el crecimiento y la contaminación bacteriana en las etapas de elaboración de la cerveza. En la tabla 5 constan diferencias significativas  $p(<0.05)$  entre los tratamientos y el testigo. En la tabla 6, las muestras que presentaron valores de pH más bajos al final de la fermentación fueron las que contienen menor proporción de centeno sin maltear, T2 (4.27) y T4 (4.30), mientras que T5 (4.61) con centeno malteado en la formulación obtuvo el rango mayor entre todos los tratamientos y el testigo. Todos los valores obtenidos de los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de pH (3.50-4.80) establecidos por la NTE INEN 2262 (2013).

Conviene enfatizar que los resultados concordaron con los obtenidos por García Bazantes (2015) en su estudio de la cerveza artesanal con tubérculos andinos, en el que obtuvo valores de pH con un máximo de 4.48 y un mínimo de 3.89. Del mismo modo, Sanlate et al. (2010) en la elaboración de una cerveza tipo Weissbier alemana con trigo obtuvieron valores de pH situados entre 4.50 y 4.77 dentro del rango aceptado.

### Resultados del análisis de acidez

**Tabla 7.** Resultados del test de Dunnett de la variable dependiente acidez

Comparaciones múltiples						
(I) Trata- mientos	(J) Trata- mientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
					Límite inferior	Límite superior
T1	TT	0.0010	0.01474	1.000	-0.0419	0.0439
T2	TT	-0.0193	0.01474	0.618	-0.0623	0.0236
T3	TT	-0.0100	0.01474	0.958	-0.0529	0.0329
T4	TT	0.0227	0.01474	0.473	-0.0203	0.0656
T5	TT	0.0603*	0.01474	0.005	0.0174	0.1033
T6	TT	-0.0217	0.01474	0.515	-0.0646	0.0213

Nota: \*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Sig. Significancia.

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos de acidez

Tratamientos	Media	Desv.	N.
T1	0.30	0.00058	3
T2	0.28	0.02750	3
T3	0.28	0.01250	3
T4	0.32	0.02450	3
T5	0.36	0.01900	3
T6	0.27	0.02000	3
TT	0.29	0.00252	3
Total	0.30	0.03114	21

Nota: Desv. Desviación estándar. N. Número de elementos.

El ácido láctico es uno de los más importantes ácidos carboxílicos porque contiene propiedades organolépticas que tienen sabor y olor agrio. Este se produce por el *Lactobacillus*, el *Pediococcus*, y el *Leuconostoc* que, además, producen el diacetilo, lo que origina las notas de mantequilla y sabor ácido (Mosher & Trantham, 2017).

En cuanto a la tabla 7, se observó diferencias significativas  $p(<0.05)$  en la acidez expresada como ácido láctico de T5 y el testigo. Respecto a la tabla 8, se apreció que el valor más alto está ubicado en T5 (0.36), el cual excede el límite máximo de 0.3 permitido por la NTE INEN 2262 (2013), y el valor más bajo se obtuvo en T6 (0.27). Sin embargo, este valor no implica un riesgo en la salud de los consumidores, pero en exceso se puede considerar un defecto en el aspecto de calidad para el estilo Belgian Pale Ale, puesto que esta cerveza no es de categoría ácida. Estos resultados son similares a los de León Pozo (2019) en su estudio de la cerveza artesanal con malta de quinua y amaranto con valores de acidez entre 0.27-0.30.

### Resultados del análisis de contenido alcohólico

**Tabla 9.** Resultados del test de Dunnett de la variable dependiente grado alcohólico

Comparaciones múltiples						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
					Límite inferior	Límite superior
T1	TT	-0.1333	0.14193	0.851	-0.5467	0.2800
T2	TT	1.2733*	0.14193	0.000	0.8600	1.6867
T3	TT	-1.0533*	0.14193	0.000	-1.4667	-0.6400
T4	TT	-0.3500	0.14193	0.112	-0.7634	0.0634
T5	TT	1.8800*	0.14193	0.000	1.4666	2.2934
T6	TT	-0.2200	0.14193	0.466	-0.6334	0.1934

Nota: \*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Sig. Significancia.



**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos de grado alcohólico

Tratamientos	Media	Desv.	N.
T1	6.52	0.07506	3
T2	7.92	0.07506	3
T3	5.60	0.07506	3
T4	6.30	0.13000	3
T5	8.53	0.26000	3
T6	6.43	0.00000	3
TT	6.65	0.33181	3
Total	6.85	0.97337	21

Nota: Desv. Desviación estándar. N. Número de elementos.

La fermentación es una de las fases más significativas en la elaboración de la cerveza, dado que en esta etapa la conversión de azúcar en alcohol tiene lugar por acción de la levadura, junto con el desarrollo de muchos compuestos de fermentación secundaria, que determinan el perfil de sabor del producto (Giovenzana et al., 2014). En los resultados de la tabla 9 se observó diferencias significativas  $p(<0.05)$  respecto a la variable de grado alcohólico en las medias de los tratamientos T2, T3, T5 frente al testigo.

En la tabla 10 se ubica el valor más alto en T5 (8.53), mientras que el valor más bajo corresponde a T3 (5.60). Con base en lo estipulado por la NTE INEN 2262 (2013), no se manifestó que estos valores excedan el rango máximo permitido (10.0 %). Sin embargo, para el estilo Belgian Pale Ale, la Beer Judge Certification Program ([BJCP] 2015) establece que estas cervezas deben alcanzar valores entre 4.8 %-5.5 %, pero esto solo indica que al utilizar el centeno influyó significativamente en el volumen de alcohol, dado que las Rye IPA poseen entre 5.5 %-8 %, mientras que la Roggenbier oscilan entre 4.5 %-6 %.

### Resultados del análisis de turbidez

**Tabla 11.** Test de Dunnett de la variable dependiente turbidez

Comparaciones múltiples						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
					Límite inferior	Límite superior
T1	TT	-0.0333	0.23367	1.000	-0.7139	0.6472
T2	TT	0.8333*	0.23367	0.015	0.1528	1.5139
T3	TT	-0.2667	0.23367	0.731	-0.9472	0.4139
T4	TT	-0.0333	0.23367	1.000	-0.7139	0.6472
T5	TT	-0.4667	0.23367	0.245	-1.1472	0.2139
T6	TT	0.9667*	0.23367	0.005	0.2861	1.6472

Nota: \*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Sig. Significancia.

**Tabla 12.** Estadísticos descriptivos de turbidez

Tratamientos	Media	Desv.	N
T1	1.30	0.34641	3
T2	2.17	0.46188	3
T3	1.07	0.25166	3
T4	1.30	0.10000	3
T5	0.87	0.05774	3
T6	2.30	0.40000	3
TT	1.33	0.05774	3
Total	1.48	0.56913	21

Nota: Desv. Desviación estándar. N. Número de elementos.

El aspecto visual de la cerveza depende tanto de su color como de su turbidez, esto no solo se debe a que la dispersión reduce la transparencia de la cerveza, sino también a que las propias partículas en suspensión pueden contribuir a la absorción de la luz. Ambos factores están fuertemente influenciados por el método de elaboración.

En la tabla 11 constan diferencias significativas  $p(<0.05)$  entre T2, T6 en relación con el testigo. En la tabla 12 se reflejan los valores más altos para T6 (2.30) y T2 (2.17), por lo que se categoriza como 'ligeramente turbia' con un rango entre 2.0-4.0 en la escala EBC, y como valor mínimo T5 (0.87) correspondiente a la categoría 'casi brillante' entre 0.5-1.0.

Mignani et al. (2013) señalan que los sedimentos suspendidos debido a los residuos de levadura se pueden encontrar en las cervezas de alta fermentación. Además, debido a que algunas de las proteínas y polifenoles permanecen suspendidas después de la ebullición, la adición de un agente clarificante como el Irish Moss permite coagular las proteínas y otras sustancias grandes del mosto (Mosher & Trantham, 2017).

### Resultados del análisis de mohos y levaduras

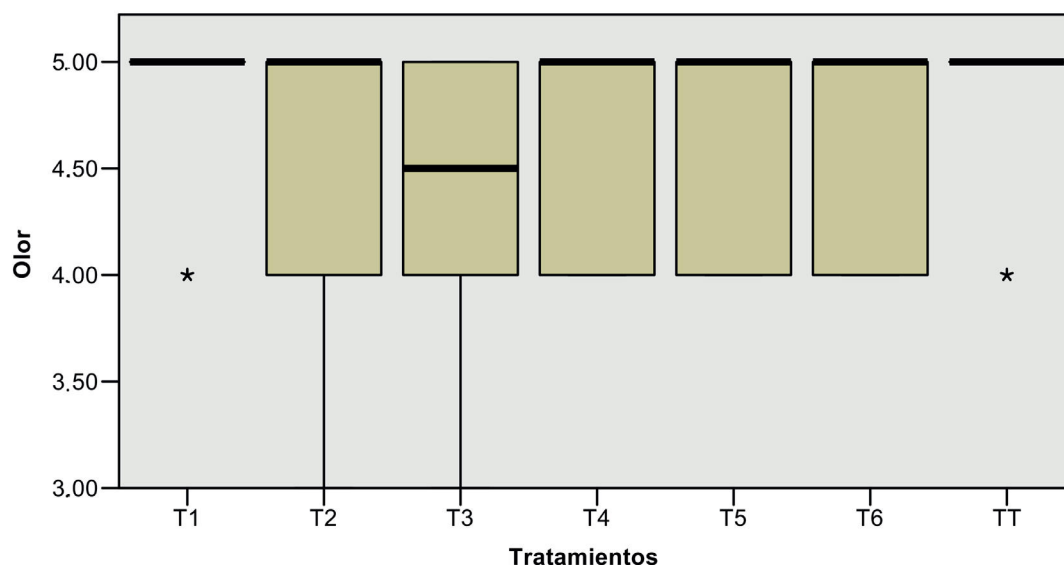
**Tabla 13.** Resultados de mohos y levaduras

Parámetro	Unidad	Tratamientos							NTE INEN 2262:2013	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	TT	Min	Max
Recuento de mohos y levaduras	UPC/cm <sup>3</sup> (Unidades propagadoras de colonia)								-	10
Resultados		Ausencia								

Para valorar la calidad sanitaria de la cerveza, es necesario hacer análisis microbiológicos porque permiten garantizar la inocuidad de la bebida, por lo que es primordial que durante todo el proceso de elaboración se mantenga el área limpia e higiénica. Asimismo, es fundamental aplicar estas medidas en la materia prima, equipos y manipulación del proceso. En la tabla 13,



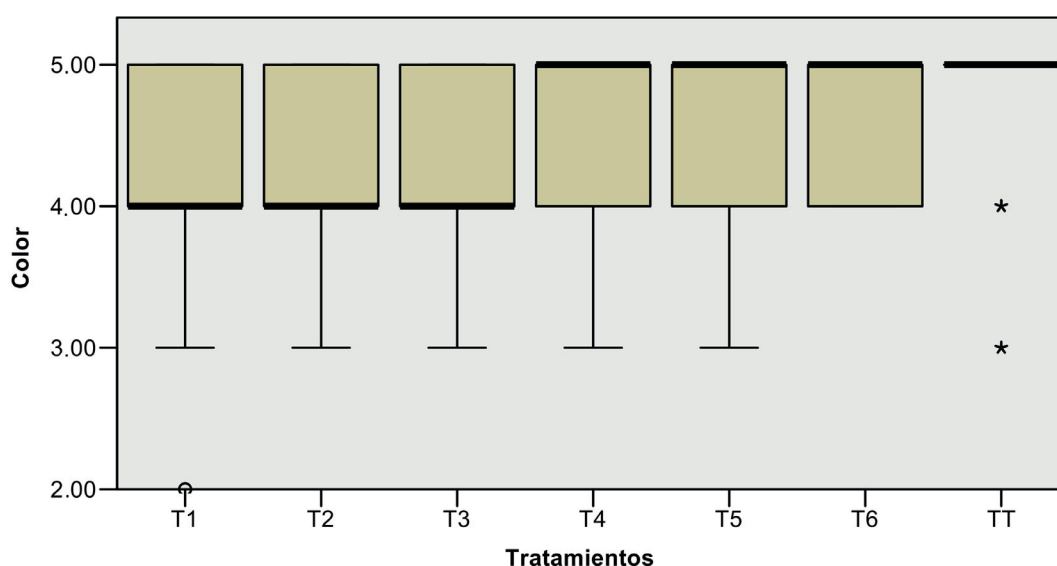
**Figura 2.** Resultados del atributo de olor



Respecto al atributo de olor demostrado en la figura 2, se posicionó como mejor tratamiento T1 (90 % malta base + centeno malteado) junto al Testigo (100 % malta base). Aquí se establece, para el estilo Belgian Pale Ale, un aroma moderado a malta que puede ser una combinación de tostado o galleta con toque de caramelo ligero o miel, además puede incluir un aroma frutado y lúpulo moderado (picante, herbáceo o floral), o poseer un ligero aroma a malta de centeno picante (BJCP, 2015).

Barrachina (2013) destaca que los aromas que se perciben en la cerveza tales como afrutados, herbáceos, clavo de olor e incluso de mantequilla proceden de las materias primas y de los adjuntos (lúpulo y levadura) utilizados en la elaboración.

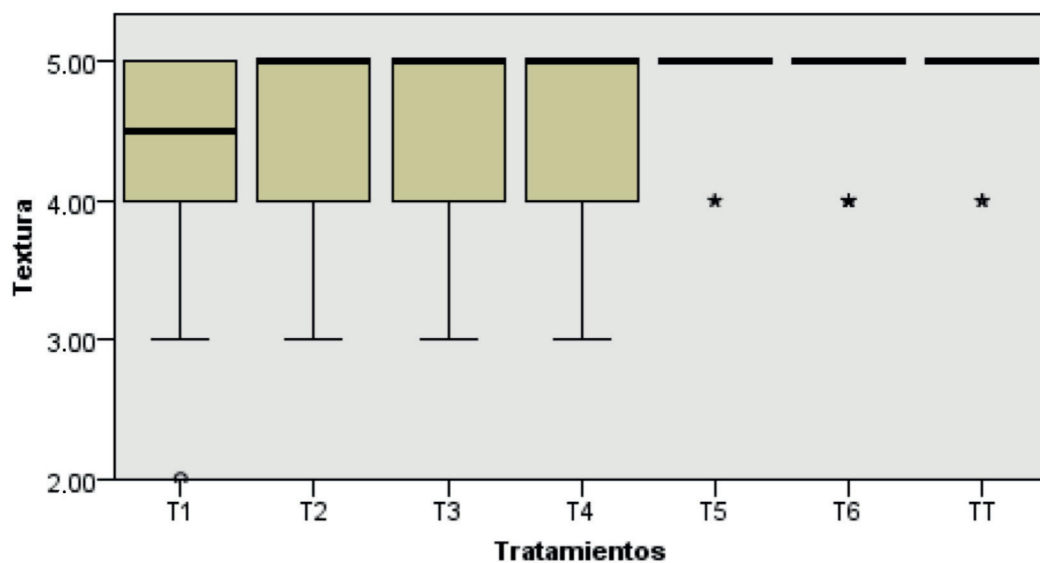
**Figura 3.** Resultados del atributo de color



En la figura 3 se reflejó que el tratamiento mas destacado fue T4 (85 % malta base + centeno sin maltear) y el Testigo (100 % malta base). El color de una Belgian Pale Ale es entre ámbar y cobre. La claridad debe ser muy buena, con una espuma blanca, cremosa y pedregosa que tiende a desvanecerse más rápido que otras cervezas belgas (BJCP, 2015). No obstante, Harrison y Albanese (2019) manifiestan que la malta contribuye de forma significativa al color final y al cuerpo de la cerveza terminada.

Valenzuela Heredia (2014) resalta que el almidón del mosto sufre otras transformaciones de pardeamiento no enzimáticas entre los azúcares reductores, las proteínas y los aminoácidos formando componentes conocidos como cuerpos colorantes, entre los que se encuentran diversos compuestos procedentes del grano que pasan al mosto y pueden aportar o afectar a la calidad.

**Figura 4.** Resultados del atributo de textura



Respecto al atributo de textura, en la figura 4 se constató que T5 (80 % malta base + centeno malteado) obtuvo mayor apreciación conjuntamente con el testigo (100 % malta base), seguido de T6 (80 % malta base + centeno sin maltear). Estas cervezas deben producir una sensación en la boca de cuerpo medio a medio ligero, suave al paladar, cualquier carácter cálido debe ser bajo si está presente y debe tener una carbonatación media a media-alta (BJCP, 2015). Por consiguiente, González (2017) enfatiza que la textura de la cerveza es una sensación algo imprecisa y desigual, y proviene de una combinación del cuerpo, las burbujas de CO<sub>2</sub> en el líquido y corona. La sensación puede ir desde lo agudo y áspero hasta lo sedoso y cremoso.

#### 4. Conclusiones y recomendaciones

El uso del centeno malteado y sin maltear influyó significativamente en la maceración, dado que acentuó un color rojizo en la cerveza, y se obtuvo en los tratamientos un rango entre 13.30 a 13.89 en unidades SRM pertenecientes a la categoría color ámbar. Este valor corresponde al color característico de las cervezas estilo Belgian Pale Ale.

En cuanto al parámetro de pH, se constató que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido por la NTE INEN 2262 (2013); no obstante, para la acidez, se encontró que T5 (0.36)

excede el límite máximo de 0.3 permitido por la NTE INEN 2262 (2013). Este valor no implica un riesgo en la salud de los consumidores, pero puede ser un defecto de calidad para el estilo Belgian Pale Ale.

Con respecto al grado alcohólico, se comprobó la influencia de las maltas y el centeno, además de la acción de la levadura SafAle S-04, dado que se obtuvo porcentajes entre 5.60 %-8.53 %. De forma tal que el poder de velocidad de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores permitió obtener tratamientos con mejor limpidez, en conjunto con la acción del clarificante Irish Moss, que ayudó a decantar las partículas sólidas, lo que favorece a la sedimentación de las proteínas y evita que pasen al fermentador. Cabe recalcar que la pasteurización influyó en la ausencia de los mohos y las levaduras, lo que garantiza la inocuidad en las cervezas artesanales.

Se estableció como mejor tratamiento en el atributo de sabor y textura al T5 (80 % malta base + centeno malteado); en cuanto a olor, T1 (90 % malta base + centeno malteado) se posicionó como agradable, y respecto al color, resaltó T4 (85 % malta base + centeno sin maltear). El testigo se destacó en cada uno de los atributos evaluados. En cada atributo sensorial se reflejó la adición del centeno conjuntamente relacionado con sus parámetros físicos, y se determinó que el perfil obtenido es propio de una Belgian Pale Ale con una fusión del estilo de las cervezas a base de centeno.

## Referencias

- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Rye. En *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.220>
- Barrachina, A. (2013). *Manual de degustación y evaluación de la cerveza: Una guía para circular eficazmente en el mundo de la cerveza*. <https://bit.ly/3LMMfjo>
- Beer Judge Certification Program. (2015). *Directrices de estilo*. <https://dev.bjcp.org/style/2015/24/24B/belgian-pale-ale/>
- Bogdan, P., & Kordialik-Bogacka, E. (2017). Alternatives to malt in brewing. En *Trends in Food Science & Technology*, 65, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.001>
- Buiatti, S. (2009). Beer composition: An overview. En V. Preedy (Ed.), *Beer in health and disease prevention* (pp. 213–225). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00020-1>
- De Lange, A. J. (2016). Color. En C. W. Bamfort (Ed.), *Brewing materials and processes: A practical approach to beer excellence* (pp. 199–249). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799954-8.00011-3>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018, diciembre 3–7). *Propuesta para un Año Internacional del Centeno*. (CL 160/11 REV.2) <http://www.fao.org/3/my363es/MY363ES.pdf>
- García Bazantes, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos andinos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dspace ESPOCH. <https://bit.ly/37nLxdN>
- Giovenzana, V., Beghi, R., & Guidetti, R. (2014). Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation process by vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 142, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.017>
- González, M. (2017). *Principios de elaboración de cervezas artesanales: Práctico libro de consulta para aficionados y expertos*. Lulu Enterprises.
- Guevara, R., Moncada, E., & Maldonado, L. (2019). *Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (Sorghum bicolor) con cebada (Hordeum vulgare) y endulzada con miel de abeja* [Tesis de grado, Zamorano]. <http://hdl.handle.net/11036/6566>
- Hach Company. (2017). *Determinación de la turbidez en la cerveza*. Recuperado el 17 de agosto de 2021 de <https://www.hach.com/>

- Harrison, M. A., & Albanese, J. B. (2019). Beer/Brewing. En T. M. Schmidt (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (4.ª ed., pp. 467–477). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.13014-6>
- HyServe. (2010). *Compact Dry YM para levadura y mohos*. Recuperado el 17 de agosto de 2021 de [https://hyserve.com/files/Compact Dry PI\\_YM-version-26-10-16-1400pcs.pdf](https://hyserve.com/files/Compact Dry PI_YM-version-26-10-16-1400pcs.pdf)
- Jaramillo, P. (2016). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. *Gestión*, 269, 50–55. [https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy\\_pdfs/269\\_005.pdf](https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/269_005.pdf)
- León Pozo, J. P. (2019). *Evaluación de la concentración de lúpulo y miel de abeja en la elaboración de cerveza artesanal a base de malta de quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus)* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio digital. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/879>
- Meussdoerffer, F., & Zarnkow, M. (2009). Starchy raw materials. En H. M. Eßlinger (Ed.), *Handbook of brewing: processes, technology, markets* (pp. 43–83). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9783527623488.CH2>
- Mignani, A. G., Ciaccheri, L., Mencaglia, A. A., Ottevaere, H., Baća, E. E. S., & Thienpont, H. (2013). Optical measurements and pattern-recognition techniques for identifying the characteristics of beer and distinguishing Belgian beers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 179, 140–149. <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2012.10.029>
- Mosher, M., & Trantham, K. (2017). Introduction to brewing science. En *Brewing science: A multidisciplinary approach* (pp. 1–34). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46394-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46394-0_1)
- NTE INEN 2 235: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH. (2002). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2325.pdf>
- NTE INEN 2262: Bebidas alcohólicas Cerveza. Requisitos. (2013). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2262-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2262-1.pdf)
- NTE INEN 2 323: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total. (2002). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2323.pdf>
- NTE INEN 339: Bebidas alcohólicas. Muestreo. (1994). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE\\_INEN\\_339.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_339.pdf)
- NTE INEN 340: Bebidas alcohólicas. Determinación del contenido de alcohol etílico. Método del alcoholímetro de vidrio. (2016). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_340-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_340-2.pdf)
- Poutanen, K., Katina, K., & Heiniö, R.-L. (2014). Rye. En Y. Weibiao Zhou, H. Hui, I. De Leyn, M. A. Pagani, C. M. Rosell, & J. D. Selman, N. Therdthai (Eds.), *Bakery products science and technology* (2.ª ed., pp. 75–87). John Wiley & Sons <https://doi.org/10.1002/9781118792001.CH4>
- Recalde, M. (2017). *Obtención de una bebida tipo cerveza a partir de maltas de maíz (Zea mays) y quinua (Chenopodium quinoa)* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio digital institucional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17533>
- Sanlate, J., Moncada, E., & Bueso, F. (2010). *Efecto de temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza tipo Weissbier alemana* [Tesis de grado, Zamorano]. <https://bit.ly/3vjuPEL>
- Stewart, G. G. (2016). Beer: Raw materials and wort production. En *Encyclopedia of food and health* (pp. 355–363). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00058-1>
- Suárez Díaz, M. (2013). *Cerveza: Componentes y propiedades* [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo]. <https://bit.ly/3Jb94LX>
- Valenzuela Heredia, D. P. (2014). *Utilización de diferentes almidones complementarios y su efecto sobre las características sensoriales de la cerveza* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/150917>
- Wunderlich, S., & Back, W. (2009). Overview of manufacturing beer: Ingredients, processes, and quality criteria. En V. Preedy (Ed.), *Beer in health and disease prevention* (pp. 3–16). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00001-8>