



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniera Agroindustrial.

Proyecto de Investigación:

**“EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO POR TEMPERATURA EN 3
TIPOS DIFERENTES DE CERVEZAS ALE (RUBIA DE TRIGO, ROJA Y
NEGRA)”**

AUTORA:

SANDY MIKAELA DUEÑAS INTRIAGO

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. JERONIMO ABELARDO ALDERETE RENDON, MSC.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **SANDY MIKAELA DUEÑAS INTRIAGO**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

SANDY MIKAELA DUEÑAS INTRIAGO

C.I. 0931157796



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


El suscrito, **Abelardo Jerónimo Alderete Rendón**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Sandy Mikaela Dueñas Intriago**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto del envejecimiento acelerado por temperatura en 3 tipos diferentes de cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra)**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Abelardo Jerónimo Alderete Rendón**, mediante el presente cumulo en presentar a usted el informe del proyecto de Investigación titulado “Efecto del envejecimiento acelerado por temperatura en 3 tipos diferentes de cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra)”, presentado por la estudiante **Sandy Mikaela Dueñas Intriago**, egresada de la Carrera de Agroindustria que fue revisado bajo mi dirección según la resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96 % y similitud en 4 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister	TESIS SANDY DUEÑAS	4% Textos sospechosos	2% Similitudes 0% similitudes entre comillas 0% entre las fuentes mencionadas 2% Idiomas no reconocidos
Nombre del documento: TESIS SANDY DUEÑAS.pdf ID del documento: 13f0b7c5a5336b3f3ebc3786581f82d76fb655d0 Tamaño del documento original: 1 MB Autores: []	Depositante: ABELARDO JERONIMO ALDERETE RENDON Fecha de depósito: 24/3/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 24/3/2025	Número de palabras: 24.201 Número de caracteres: 148.337	

Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO POR TEMPERATURA EN 3 TIPOS
DIFERENTES DE CERVEZAS ALE (RUBIA DE TRIGO, ROJA Y NEGRA)”**

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción
como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Wiston Javier Morales Rodriguez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Azucena Elizabeth Bernal Gutierrez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente infinita de sabiduría y bondad, le expreso mi más profundo agradecimiento por haberme guiado y fortalecido durante el proceso de elaboración de esta tesis. Su gracia ha sido mi faro en los momentos de incertidumbre y su amor incondicional, mi mayor motivación.

A mi familia, pilar fundamental de mi vida, les dedico este logro. A mis padres, Robinson y Carolina, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y por inculcar en mí el amor por el conocimiento. A mi esposo, por su paciencia, comprensión y por ser mi compañero en este camino. Su apoyo constante ha sido invaluable.

A mis docentes, les agradezco sinceramente por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo. Sus enseñanzas han enriquecido mi formación académica y me han inspirado a seguir creciendo profesionalmente.

Sandy Mikaela Dueñas Intriago

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico esta tesis a mi familia. A mis padres, mi primer y más grande amor, por su ejemplo de vida y por enseñarme a perseguir mis sueños. A mi esposo, mi cómplice y mi mejor amigo, por su apoyo incondicional y por creer en mí siempre. A mi hijo, mi pequeño tesoro, por llenar mis días de alegría y por recordarme lo importante que es disfrutar cada momento. A mis abuelos, mis raíces, por sus historias y por el legado que me han dejado.

Sandy Mikaela Dueñas Intriago

RESUMEN

La investigación analizó el envejecimiento acelerado en cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra) mediante un diseño trifactorial $A \times B \times C$, considerando el tipo de cerveza, el tiempo de envejecimiento (4, 7 y 9 días) y la temperatura de almacenamiento (23 °C, 26 °C y 30 °C), además de estudiar su comportamiento microbiológico y sensorial. Se determinó que el mejor tratamiento fisicoquímico para las cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra) se obtuvo a 23 °C, mientras que la mejor respuesta sensorial se registró a 26 °C. En contraste, el envejecimiento a 30 °C presentó efectos negativos en la estabilidad y calidad del producto. A 23 °C, las cervezas mostraron mayor estabilidad fisicoquímica, con niveles más bajos de acidez y pH más controlado. A 26 °C, se alcanzó un buen equilibrio entre la producción de etanol y la percepción sensorial, destacando una mejor carbonatación y una sensación de frescura y cuerpo adecuada. Sin embargo, a 30 °C, la acidez aumentó y el pH disminuyó de manera significativa, comprometiendo la estabilidad del producto. Además, se observó una mayor retención de sólidos en las cervezas negras y una turbidez elevada en las cervezas rubias. En cuanto al análisis microbiológico, las cervezas rojas y negras superaron los límites normativos de la NTE INEN 1529-10, con una mayor proliferación de mohos y levaduras a temperaturas elevadas.

Palabras claves: Cerveza artesanal, envejecimiento acelerado, análisis fisicoquímico, calidad microbiológica

ABSTRACT

The research analyzed accelerated aging in Ale beers (wheat blonde, red, and dark) through a three-factor AxBxC design, considering the type of beer, aging time (4, 7, and 9 days), and storage temperature (23 °C, 26 °C, and 30 °C), in addition to studying their microbiological and sensory behavior. It was determined that the best physicochemical treatment for Ale beers (wheat blonde, red, and dark) was achieved at 23 °C, while the best sensory response was recorded at 26 °C. In contrast, aging at 30 °C had negative effects on the product's stability and quality. At 23 °C, the beers showed greater physicochemical stability, with lower acidity levels and more controlled pH. At 26 °C, a good balance was achieved between ethanol production and sensory perception, highlighting better carbonation and a suitable freshness and body. However, at 30 °C, acidity increased and pH significantly decreased, compromising the product's stability. Additionally, greater solids retention was observed in dark beers and higher turbidity in blonde beers. Regarding microbiological analysis, red and dark beers exceeded the regulatory limits of NTE INEN 1529-10, with a higher proliferation of molds and yeasts at elevated temperatures.

Keywords: Craft beer, accelerated aging, physicochemical analysis, microbiological quality.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
CÓDIGO DUBLÍN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	6

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. Ceverza.....	7
2.1.2. Historia y evolución de la cerveza Ale.....	9
2.1.3. Características de la cerveza Ale	9
2.1.4. Tipos de cerveza Ale.	10
2.1.5. Certificaciones en la clasificación y evaluación de la cerveza.....	12
2.1.6. Producción de cerveza en el Ecuador.....	13
2.1.7. Envejecimiento de la cerveza	14
2.1.8. Características fisicoquímicas	15
2.1.9. Microbiología	16
2.1.10. Análisis sensorial.....	16
2.2. Marco referencial	17
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. Localización	20
3.2. Tipo de investigación.....	20
3.2.1. Investigación analítica.....	20
3.2.2. Investigación experimental.....	21
3.2.3. Investigación descriptiva	21
3.3. Métodos de investigación	21
3.3.1. Método inductivo - deductivo.....	21
3.3.2. Método estadístico.....	21
3.4. Fuente de recopilación de la información	22
3.4.1. Fuentes primarias	22
3.4.2. Fuentes secundarias.....	22
3.5. Diseño de la investigación.....	22

3.5.1. Factores de estudio	22
3.5.2. Variables estudiadas	24
3.6. Instrumentos de investigación.....	24
3.6.1. Descripción del proceso de elaboración de la cerveza Ale	24
3.6.2. Descripción de los análisis físico – químicos , microbiológicos y sensoriales	30
3.7. Tratamiento de datos.....	32
3.8. Recursos humanos y materiales	33
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Resultados.....	35
4.1.2. Resultados del análisis sensorial de los diferentes tipos de cervezas.....	59
CAPÍTULO V	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. Conclusiones	78
5.2. Recomendaciones.....	78
CAPÍTULO VI.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	79
CAPÍTULO VII.....	84
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materias primas para elaboración de cerveza	8
Tabla 2. Descripción de los factores de estudio.....	22
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (Anova) para las variables en estudio	23
Tabla 4. Combinaciones de los tratamientos	23
Tabla 5. Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación	33
Tabla 6. Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III.....	35
Tabla 7. Análisis de Varianza para Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III	39
Tabla 8. Análisis de Varianza para Sólidos solubles - Suma de Cuadrados Tipo III.....	42
Tabla 9. Análisis de Varianza para contenido de alcohol - Suma de Cuadrados Tipo III ...	46
Tabla 10. Análisis de Varianza para turbidez - Suma de Cuadrados Tipo III	49
Tabla 11. Análisis de Varianza para densidad - Suma de Cuadrados Tipo III	52
Tabla 12. Análisis de Varianza para mohos y levaduras - Suma de Cuadrados Tipo III.....	55
Tabla 13. Variables de pH, acidez y sólidos totales	89
Tabla 14. Variables de pH, acidez y sólidos totales.....	90
Tabla 15. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras.....	91
Tabla 16. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras.....	92
Tabla 17. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus "La María"	20
Figura 2. Diagrama de flujo de la cerveza.....	28
Figura 3. Interacciones variables (pH).....	36
Figura 4. Interacciones variables (Acidez).....	39
Figura 5. Interacciones variables (sólidos solubles).....	43
Figura 6. Interacciones variables (contenido de alcohol).....	46
Figura 7. Interacciones variables (turbidez).....	49
Figura 8. Interacciones variables (densidad).....	52
Figura 9. Interacciones variables (Mohos y levaduras).....	56
Figura 10. Atributo de Aroma (cerveza rubia de trigo)	59
Figura 11. Atributo de Turbidez (cerveza rubia de trigo)	60
Figura 12. Atributo de Sabor (cerveza rubia de trigo)	61
Figura 13. Atributo de Espuma (cerveza rubia de trigo)	62
Figura 14. Atributo de Carbonatación (cerveza rubia de trigo).....	63
Figura 15. Atributo de Aroma (cerveza roja)	64
Figura 16. Atributo de Turbidez (cerveza roja).....	65
Figura 17. Atributo de Sabor (cerveza roja)	66
Figura 18. Atributo de Espuma (cerveza roja)	67
Figura 19. Atributo de Carbonatación (cerveza roja)	68
Figura 20. Atributo de Aroma (cerveza negra).....	69

Figura 21. Atributo de Turbidez (cerveza negra)	70
Figura 22. Atributo de Sabor (cerveza negra)	71
Figura 23. Atributo de Espuma (cerveza negra).....	72
Figura 24. Atributo de Carbonatación (cerveza negra).....	73
Figura 25. Dilución de muestras	85
Figura 26. Determinación de turbidez	85
Figura 27. Determinación de densidad por picnómetro.....	85
Figura 28. Peso del filtro seco	86
Figura 29. Filtración de cervezas negras	86
Figura 30. Determinación de pH de muestras	86
Figura 31. Determinación de peso del filtro húmedo con los sólidos de las cervezas negras.	86
Figura 32. Esterilización de materiales y Agar PDA	87
Figura 33. Conteo de Mohos y Levaduras.....	87
Figura 34. Recepción de la leche	87
Figura 35. Estirado del queso de hoja.....	87
Figura 36. Hoja de cata.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento para la preparación de las muestras y análisis detallado de la turbidez	85
Anexo 2. Determinación de la densidad de muestras mediante el uso de picnómetro	85
Anexo 3. Proceso de filtración como método de separación y purificación en análisis de muestra.....	86
Anexo 4. Evaluación y caracterización de propiedades a través de análisis fisicoquímicos en muestras de estudio	86
Anexo 5. Detección y cuantificación de microorganismos mediante análisis microbiológico	87
Anexo 6. Acondicionamiento y envejecimiento de la cerveza	87
Anexo 7. Evaluación de atributos organolépticos mediante análisis sensorial para la caracterización de productos	88
Anexo 8. Resultados obtenidos de las variables de pH, acidez y sólidos totales.....	89
Anexo 9. Resultados obtenidos de las variables de pH, acidez y sólidos totales.....	90
Anexo 10. Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras	91
Anexo 11. Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras	92
Anexo 12. Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras	93

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Efecto del envejecimiento acelerado por temperatura en 3 tipos diferentes de cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra)			
Autor:	Sandy Mikaela Dueñas Intriago			
Palabras clave:	Cerveza artesanal	Envejecimiento acelerado	Análisis fisicoquímico	Calidad microbiológica
Fecha de publicación:	Mayo, 2025			
Editorial:	Quevedo - UTEQ "Campus La María", 2025			
Resumen:	<p>La investigación analizó el envejecimiento acelerado en cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra) mediante un diseño trifactorial AxBxC, considerando el tipo de cerveza, el tiempo de envejecimiento (4, 7 y 9 días) y la temperatura de almacenamiento (23 °C, 26 °C y 30 °C), además de estudiar su comportamiento microbiológico y sensorial. Se determinó que el mejor tratamiento fisicoquímico para las cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra) se obtuvo a 23 °C, mientras que la mejor respuesta sensorial se registró a 26 °C. En contraste, el envejecimiento a 30 °C presentó efectos negativos en la estabilidad y calidad del producto. A 23 °C, las cervezas mostraron mayor estabilidad fisicoquímica, con niveles más bajos de acidez y pH más controlado. A 26 °C, se alcanzó un buen equilibrio entre la producción de etanol y la percepción sensorial, destacando una mejor carbonatación y una sensación de frescura y cuerpo adecuada. Sin embargo, a 30 °C, la acidez aumentó y el pH disminuyó de manera significativa, comprometiendo la estabilidad del producto. Además, se observó una mayor retención de sólidos en las cervezas negras y una turbidez elevada en las cervezas rubias. En cuanto al análisis microbiológico, las cervezas rojas y negras superaron los límites normativos de la NTE INEN 1529-10, con una mayor proliferación de mohos y levaduras a temperaturas elevadas.</p>			
Abstract:	<p>The research analyzed accelerated aging in Ale beers (wheat blonde, red, and dark) through a three-factor AxBxC design, considering the type of beer, aging time (4, 7, and 9 days), and storage temperature (23 °C, 26 °C, and 30 °C), in addition to studying their microbiological and sensory behavior. It was determined that the best physicochemical treatment for Ale beers (wheat blonde, red, and dark) was achieved at 23 °C, while the best sensory response was recorded at 26 °C. In contrast, aging at 30 °C had negative effects on the product's stability and quality. At 23 °C, the beers showed greater physicochemical stability, with lower acidity levels and more controlled pH. At 26 °C, a good balance was achieved between ethanol production and sensory perception, highlighting better carbonation and a suitable freshness and body. However, at 30 °C, acidity increased and pH significantly decreased, compromising the product's stability. Additionally, greater solids retention was observed in dark beers and higher turbidity in blonde beers. Regarding microbiological analysis, red and dark beers exceeded the regulatory limits of NTE INEN 1529-10, with a higher proliferation of molds and yeasts at elevated temperatures.</p>			
Descripción	112 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares en América Latina, donde su consumo continúa en expansión gracias al creciente interés por las cervezas artesanales y las innovaciones en su elaboración. Es caracterizada por su sabor amargo y su amplia variedad de tonalidades que van desde el amarillo hasta el negro, se elabora mediante la fermentación de agua, levadura y cereales como la cebada malteada, con un contenido alcohólico moderado (NTE INEN 2262, 2003). Entre las variedades de cerveza, las de fermentación alta, conocidas como Ale, destacan por su complejidad aromática y su rico perfil de sabores. Estas cervezas serán el objeto de análisis en este estudio.

En Ecuador, con un consumo promedio de 36.2 litros por persona al año (Primicias, 2023), este mercado representa una oportunidad para la investigación y optimización de procesos productivos que permitan mejorar la calidad y características de las cervezas locales, especialmente aquellas de fermentación alta, conocidas como Ale. El estudio de las cervezas Ale resulta particularmente relevante debido a su complejidad organoléptica y su creciente aceptación entre los consumidores.

En este contexto, se implementará la técnica de envejecimiento acelerado, un método diseñado para simular los efectos del almacenamiento prolongado en un periodo corto de tiempo. Este proceso, que implica someter el producto a temperaturas controladas, permite evaluar cómo las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las cervezas Ale se ven afectadas por las condiciones de envejecimiento. La temperatura, como factor determinante, puede acelerar significativamente los cambios en las propiedades organolépticas y químicas de la cerveza.

El presente estudio busca contribuir al conocimiento sobre los efectos del envejecimiento acelerado por temperatura, proporcionando herramientas para optimizar la producción de cervezas artesanales con características sobresalientes y costos de producción más competitivos. Estos hallazgos podrían ser clave para mejorar la calidad y aceptación de las cervezas Ale en mercados emergentes como el ecuatoriano.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La producción de cerveza artesanal, aunque innovadora y respaldada por avances en biotecnología, enfrenta múltiples desafíos, especialmente en términos de costos y eficiencia. A pesar de los intentos por crear productos diferenciados con sabores únicos, mejor cuerpo y grados de alcohol variados, el proceso de elaboración sigue siendo costoso y demandante en tiempo. Esto se debe, en gran parte, a las exigencias de los procesos agroindustriales, que requieren operaciones prolongadas tanto en la producción como en el almacenamiento (Rodríguez, 2021).

En particular, las cervezas tipo Ale, reconocidas por su complejidad de sabores y métodos distintivos de fermentación, enfrentan retos significativos en el envejecimiento, una etapa crucial para desarrollar sus características organolépticas. Este proceso tradicionalmente requiere largos periodos de almacenamiento a temperaturas controladas, lo cual incrementa considerablemente los costos de producción y limita la capacidad de los productores para responder a la creciente demanda. Además, estas restricciones logísticas y financieras afectan negativamente la competitividad de los pequeños productores, quienes enfrentan dificultades para mantener la calidad sin elevar excesivamente el precio final del producto. La búsqueda de métodos alternativos, como el envejecimiento acelerado, se vuelve esencial. Esta técnica promete reducir los tiempos de almacenamiento y optimizar los recursos, aunque su implementación requiere una evaluación rigurosa para garantizar que los cambios en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza no comprometan su calidad ni aceptación en el mercado.

Diagnóstico

Actualmente el proceso tradicional de envejecimiento de las cervezas tipo Ale requiere aproximadamente 90 días, lo que implica elevados costos de almacenamiento y la necesidad de mantener condiciones estrictamente controladas para garantizar la calidad del producto final. Estas demandas generan importantes limitaciones económicas y operativas, especialmente para pequeños y medianos productores que buscan competir en un mercado en expansión.

Pronóstico

La falta de un control adecuado en la temperatura durante el envejecimiento acelerado de cervezas Ale podría generar inconsistencias en su calidad, afectando tanto sus propiedades fisicoquímicas como su estabilidad microbiológica y sensorial. Esto podría traducirse en tiempos de maduración más prolongados, mayores costos de producción y almacenamiento, y una menor eficiencia en el proceso productivo. Además, sin una estrategia bien definida, los productores artesanales enfrentarían dificultades para garantizar un producto uniforme y competitivo en el mercado, limitando su capacidad de satisfacer las expectativas de los consumidores y adaptarse a las exigencias del sector cervecero.

1.1.2. Formulación del problema

¿Será posible reducir el tiempo de maduración de las cervezas Ale (rubia de trigo, negra y roja) a través del envejecimiento acelerado por temperatura?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cómo afectará el envejecimiento acelerado por temperaturas, en las características físicas y químicas en este tipo de cervezas Ale?

¿Incrementará la carga microbiológica en el producto final?

¿De qué manera influirán las temperaturas de envejecimiento acelerado en las características sensoriales de las cervezas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del envejecimiento acelerado por temperaturas en diferentes cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas (pH, acidez, brix, turbidez, alcohol y densidad) en las cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra).
- Analizar el comportamiento microbiológico de las cervezas mediante Agar Patata Dextrosa, para la cuantificación de mohos y levaduras.

- Evaluar las características sensoriales de las cervezas Ale envejecidas aceleradamente mediante paneles de catación no entrenado.

1.3. Justificación

En la industria cervecera, optimizar el proceso de envejecimiento puede generar beneficios significativos al incrementar la eficiencia de producción y reducir los costos operativos (Quevedo, 2020). La cerveza, como producto perecedero, experimenta cambios notables en sus características sensoriales y químicas a lo largo del tiempo, lo que hace del envejecimiento un proceso crucial que puede mejorar o deteriorar su calidad, dependiendo de factores como la temperatura (Ferreira, Carvalho, & Guido, 2022).

La temperatura desempeña un papel determinante en la aceleración del envejecimiento de la cerveza. Investigaciones han demostrado que el control de este factor influye significativamente en la evolución de las propiedades físicas, químicas y sensoriales durante el almacenamiento (Ojeda, 2010). En este contexto, la implementación de un método de envejecimiento acelerado podría permitir a los productores de cervezas tipo Ale reducir considerablemente los tiempos de maduración, sin comprometer la calidad del producto final. Esto resulta esencial para mejorar la competitividad en un mercado altamente exigente.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cerveza

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada elaborada principalmente con malta de cebada, agua, lúpulo y levadura. Estos cuatro ingredientes básicos son fundamentales para su producción: la cebada aporta el carácter distintivo, el lúpulo proporciona el amargor y el aroma, mientras que la levadura y el agua completan el proceso de fermentación. Aunque la receta base es sencilla, los fabricantes han incorporado otros ingredientes para diversificar su sabor, color y graduación alcohólica, creando una amplia variedad de estilos de cerveza (Sánchez, y otros, 2010).

Su versatilidad la convierte en una excelente opción para acompañar diversas preparaciones gastronómicas que no armonizan fácilmente con el vino. Si bien la mayoría de las cervezas se elaboran con cebada malteada, en distintas regiones del mundo se utilizan otros cereales. En Asia, por ejemplo, se emplea arroz, conocido como *sake* en Japón, *samshu* en China y *suk* en Corea. En África, se elaboran cervezas a base de mijo, sorgo y semillas locales, mientras que en Rusia el *kvas* se produce fermentando pan de centeno. Esta diversidad refleja la capacidad de la cerveza para adaptarse a las tradiciones culturales de cada región (Sánchez, y otros, 2010).

La elaboración de la cerveza requiere agua, malta, levadura y lúpulo como ingredientes principales. El agua constituye entre el 88 % y el 95 % de su composición, lo que la convierte en un componente fundamental que influye directamente en las características sensoriales del producto final. Su pureza y nivel de dureza son determinantes para garantizar una cerveza de alta calidad (Álvarez & Araque, 2020). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* desempeña un papel crucial en el proceso de fermentación de diversos productos tradicionales ampliamente reconocidos, como el pan, el vino y la cerveza. Su actividad óptima se desarrolla en condiciones de pH que varían entre 4.5 y 6.5 (Suárez, Garrido, & Guevara, 2016).

La fermentación se realiza a temperaturas de entre 7 y 13 °C en las cervezas tipo *Lager*, y de 16 a 23 °C en las cervezas tipo *Ale*. Durante este proceso, la levadura se mezcla con el mosto previamente enfriado a menos de 30 °C y se coloca en un fermentador. En condiciones anaeróbicas, la levadura metaboliza los azúcares y aminoácidos presentes en el mosto, produciendo dióxido de carbono y etanol como productos principales. Además, los

aminoácidos son utilizados por la levadura para su crecimiento, incrementando su biomasa aproximadamente 10 veces al final del proceso. Durante esta etapa, las células de levadura pueden formar agregados conocidos como floculaciones, que pueden sedimentarse o flotar en la superficie del líquido (Flores, Luna, Escalona, & Verde, 2017)

Tabla 1.

Materias primas para elaboración de cerveza

Material	Descripción
Agua	El agua, que representa el 95 % del peso de la cerveza, es su componente principal y clave en sus propiedades organolépticas. Para garantizar la calidad del producto, debe ser pura, estéril y potable. Minerales como el calcio, los cloruros y los sulfatos influyen significativamente, aportando color, textura y amargor, respectivamente (Lujan & Vásquez, 2010)
Malta	La malta, obtenida de cebada malteada, es un ingrediente esencial en la elaboración de cerveza, ya que aporta los carbohidratos y azúcares necesarios para la fermentación, además de contribuir al desarrollo de sabores y colores distintivos propios de esta bebida (Martínez, Valls, & Villarino, 2007).
Lúpulo	El lúpulo es responsable del amargor característico de la cerveza, además de aportar propiedades antibacterianas, estabilidad a la espuma y un aroma distintivo. Sus principales componentes son las resinas, aceites esenciales y taninos presentes en la lupulina, un polvo resinoso dentro del cono de la planta (Martínez, Valls, & Villarino, 2007).
Levadura (<i>Sacharomyces cerevisinas</i>)	La levadura, un organismo eucariota, se añade al mosto para iniciar la fermentación, transformando los azúcares de la malta en alcohol y dióxido de carbono, lo que provoca los cambios organolépticos característicos del proceso (Zeas, 2021).

Elaborado: Autora

2.1.2. Historia y evolución de la cerveza Ale

La historia de la cerveza se remonta a los inicios de la civilización, siendo una de las bebidas alcohólicas más antiguas elaboradas a partir de la fermentación de cereales. En el siglo XIX, con la invención de la refrigeración artificial, las cervezas lager alcanzaron gran popularidad, aunque en ese entonces la mayoría de las cervezas producidas pertenecían al tipo de alta fermentación, conocidas como ales. En la actualidad, el término *ale* se asocia a cervezas fermentadas con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a temperaturas que oscilan entre 16 y 27 °C. Con el reciente auge de la cerveza artesanal, las ales han recobrado protagonismo, destacándose por sus sabores complejos y procesos tradicionales (Galicia, 2020).

El término *Ale* se refiere a una "bebida alcohólica elaborada a partir de la fermentación de malta" y probablemente deriva de palabras como *ealu* del inglés antiguo y *aluth* del protogermánico. Estas raíces lingüísticas también dieron origen a términos como *alo* en el sajón antiguo y *öl* en el noruego antiguo. Además, algunos lingüistas han sugerido una posible conexión entre la palabra *ale* y el concepto de "amargor", estableciendo un vínculo con el vocablo latino *alumen* (alumbre) (Deng, Lim, & Kim, 2020).

2.1.3. Características de la cerveza Ale

Las cervezas Ale son cervezas con carácter y destacan por su cuerpo. Suelen ser amargas y no se sirven tan frías como las Lager. Además, suelen poseer más graduación de alcohol, pero es motivo de caracterización. Presentan la característica de fermentación alta, más aromáticas que las Lager, y permiten una mayor combinación de ingredientes en su elaboración, dando lugar a una mayor variedad de cervezas (García, 2010). Estas fermentan favorablemente a temperaturas más altas (16 - 29 °C) este tipo de cerveza también se denomina de fermentación alta por la posición superficial de las levaduras en el fermentador. Sus levaduras suben a la superficie junto con el CO₂ que producen, se alimentan y reproducen mientras ascienden y generan sabores especiales en el líquido que las rodea (Castañeda, 2018).

2.1.4. Tipos de cerveza Ale.

Según (Strong & England, 2022), las cervezas *Ale* se caracterizan por su versatilidad, lo que las convierte en el estilo más popular, especialmente entre las cervecerías artesanales. Su elaboración es más sencilla, ya que pueden prepararse a temperatura ambiente y abarcan una amplia variedad de estilos, con características que van desde pálidas a oscuras, de cuerpo ligero a denso y con grados de alcohol tanto bajos como altos. Estas cervezas, de origen antiguo, se clasifican según el tipo de malta y lúpulo utilizado. Entre los estilos británicos destacan:

- **Mild:** De cuerpo ligero, sabor suave y poco amargor, con un contenido alcohólico moderado entre 3 y 4 %.
- **Bitter:** Más amargas debido al lúpulo, de color pálido, secas y con un contenido alcohólico de 3.5 a 4 %.
- **Pale Ale:** Cervezas de color ámbar o bronce, menos amargas y de baja densidad, con un contenido alcohólico entre 4 y 5 %.
- **Brown Ale (Cerveza Negra):** De sabor fuerte a malta, color tostado que varía de ámbar a castaño oscuro, con un perfil afrutado y seco.
- **Old Ale:** Cervezas oscuras, con mucho cuerpo y poco dulces, con un contenido alcohólico que oscila entre 5.5 y 8.5 %. Algunas se envejecen en barricas o botellas antes de su comercialización.
- **Barley Wine:** De alto contenido alcohólico (6 a 12 %), son cervezas oscuras, densas y envejecidas en barriles durante varios meses, envasadas en botellas pequeñas de 18 cl.
- **Scotch Ale:** Elaboradas con maltas escocesas, estas cervezas presentan un color tostado o marrón oscuro, menor amargor que las inglesas, mayor cuerpo y un sabor más dulce.
- **Ale irlandesa (Cerveza Roja):** Con un característico color rojizo, estas cervezas destacan por su marcado sabor a malta y un perfil afrutado.

De estilo belga:

- **Belgian Ale:** Cervezas de fermentación alta, color ámbar rojizo o cobre, densidad media y un contenido alcohólico cercano al 5 %. Son suaves, afrutadas y destacan por su marcado sabor a malta.
- **Dubbel:** Cervezas oscuras y maltosas, con notas a caramelo y frutas pasas, contenido alcohólico entre 6 y 8 %.
- **Tripel:** De color dorado, con cuerpo ligero, alta carbonatación y notas especiadas, con un contenido alcohólico entre 7 y 10 %.
- **Quadrupel:** Más fuertes que las Tripel, con notas dulces, afrutadas y alcohólicas, con un ABV de 9 % o más.
- **Saison:** Cervezas rústicas y secas con alto nivel de carbonatación, notas especiadas y frutales, con un contenido alcohólico de 5 a 7 %.
- **Ale belga:** Estas cervezas de fermentación alta presentan un color ámbar rojizo o cobre, una densidad media y un contenido alcohólico cercano al 5 %. Son suaves, afrutadas y destacan por su marcado sabor a malta.
- **Ale tostada:** Se elaboran combinando cervezas jóvenes y envejecidas. Su color es tostado y su sabor es intenso, con un perfil agridulce. Tienen un contenido alcohólico que oscila entre 5 y 6 %.
- **Ale roja:** Su distintivo color rojizo proviene de las maltas utilizadas en su elaboración. Son cervezas ligeras de cuerpo, muy ácidas y refrescantes. Se producen mezclando cervezas jóvenes y viejas, pero se diferencian por su maduración en cubas de madera durante aproximadamente un año.
- **Ale dorada fuerte:** Estas cervezas de fermentación alta tienen un contenido alcohólico elevado, alrededor del 8 %, y se caracterizan por su color dorado, textura seca, aroma afrutado y abundante espuma.

De estilo alemán:

- **Altbier:** Son cervezas fermentadas en caliente y luego maduradas en frío durante varias semanas. Se elaboran con trigo malteado, presentan un color ámbar y tienen un contenido alcohólico entre 4.5 y 5 %.
- **Kölsch:** Estas cervezas, fabricadas con maltas más pálidas, tienen un color dorado claro y un contenido alcohólico del 5 %. Son delicadas, suaves y presentan un perfil afrutado, lo que las hace muy apreciadas por su ligereza.

- **Weizenbock (Cerveza rubia de trigo):** Caracterizada por su contenido de trigo maltado, perfil afrutado y notas especiadas. Presenta una turbidez natural, espuma abundante y una estructura sensorial compleja pero equilibrada, atributos coincidentes con los observados en las muestras, especialmente en términos de aroma cítrico, alta turbidez y buena retención de espuma.

Estilos americanos:

- **American Pale Ale (APA):** Similar a la Pale Ale británica, pero con más presencia de lúpulo cítrico y resinoso, con un contenido alcohólico de 4.5 a 6 %.
- **American IPA:** Más intensa en lúpulo que la English IPA, con aromas cítricos y tropicales, y un ABV de 5.5 a 7.5 %.
- **Double IPA:** Más alcohólica y amarga que la American IPA, con un contenido alcohólico de 7.5 a 10 %.
- **New England IPA (Hazy IPA):** Cerveza turbia con un perfil afrutado intenso y amargor suave.
- **American Brown Ale:** Similar a la Brown Ale británica, pero con mayor presencia de lúpulo y notas a caramelo y chocolate.

2.1.5. Certificaciones en la clasificación y evaluación de la cerveza

En el ámbito cervecero, existen certificaciones reconocidas internacionalmente que establecen estándares para la evaluación y clasificación de los diferentes estilos de cerveza. Entre las más destacadas se encuentran el Beer Judge Certification Program (BJCP) y la Cicerone Certification Program, cada una con enfoques específicos que contribuyen al desarrollo de la cultura cervecera y la profesionalización del sector.

2.1.5.1. Beer Judge Certification Program (BJCP)

El BJCP es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1985 en Estados Unidos, con el objetivo de certificar y clasificar a jueces de cerveza a través de un riguroso proceso de exámenes y monitoreo. Su propósito principal es promover la alfabetización cervecera y la apreciación de la verdadera cerveza, reconociendo las habilidades de degustación y evaluación de la cerveza (Cerveza Tulum, 2022).

Esta certificación es ampliamente utilizada en competencias cerveceras a nivel mundial, donde jueces certificados evalúan muestras de acuerdo con criterios establecidos. Los estilos de cerveza se agrupan en categorías detalladas, definiendo características como color, aroma, sabor, cuerpo y contenido alcohólico, basándose en guías revisadas periódicamente (Martín, 2018).

2.1.5.2. Cicerone Certification Program

La Cicerone Certification Program fue creada en 2007 por Ray Daniels con el propósito de formar profesionales especializados en el servicio, almacenamiento y maridaje de la cerveza. A diferencia del BJCP, que se enfoca en la evaluación técnica y la clasificación de estilos, el programa Cicerone está diseñado para capacitar a quienes trabajan en la industria cerveceras, como sommeliers de cerveza, bartenders y distribuidores, garantizando un conocimiento integral sobre la bebida (SABEER, 2023). Esta certificación cuenta con diferentes niveles de especialización, desde el básico (Certified Beer Server) hasta el más avanzado (Master Cicerone), cubriendo aspectos como el análisis sensorial, la correcta conservación de la cerveza, la selección de cristalería y el maridaje con alimentos (BeersAndTrips, 2018).

Ambos programas han contribuido significativamente a la profesionalización del sector cervecero, proporcionando herramientas para garantizar la calidad y autenticidad de los distintos estilos de cerveza. Sin embargo, es importante destacar que existen más tipos de cervezas que no se pueden contemplar dentro de una única clasificación, ya que la innovación constante y el desarrollo de nuevas técnicas de producción han llevado a la creación de estilos híbridos y experimentales que amplían continuamente el panorama cervecero global.

2.1.6. Producción de cerveza en el Ecuador

Actualmente, la industria cervecera artesanal en Ecuador ha experimentado un crecimiento del 21 % durante el primer semestre del año 2022 en comparación con el mismo período de 2021, según datos de la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador (Asociación de Cervecerías del Ecuador, 2023). En el país, se registraron 284 marcas de cerveza artesanal, lo que equivale a una producción anual de 35.000 hectolitros (1 hectolitro equivale a 100 litros). En contraste, en 2021 existían 250 marcas registradas y, antes de la pandemia, 232, de acuerdo con Nelson Calle, vicepresidente de Asocerv.

A nivel nacional, la cerveza artesanal representa solo el 0.67 % del mercado, mientras que las cervezas importadas alcanzan el 1.33 % y las industriales dominan con un 98 % de participación. A pesar de su pequeña cuota de mercado, el sector cervecero artesanal es un importante generador de empleo. Quito lidera con el mayor porcentaje de cervecerías registradas, concentrando el 32.24 %, seguida de la provincia del Guayas, que aporta el 13.88 % (Asociación de Cervecerías del Ecuador, 2023).

La cerveza artesanal en Ecuador representa solo el 0.67 % del mercado, mientras que las cervezas importadas alcanzan el 1.33 % y las cervezas industriales dominan con el 98 % de participación (El Comercio, 2022). A pesar de su limitada cuota de mercado, el sector cervecero artesanal está experimentando un crecimiento notable en el país, impulsado por varios factores clave.

En primer lugar, se han realizado importantes inversiones tanto a nivel nacional como internacional, lo que ha fortalecido la infraestructura y el desarrollo de esta industria. Además, el aumento en el número de cervecerías artesanales, junto con la apertura de pubs especializados y la realización de eventos de degustación, ha fomentado la formación de una cultura cervecera entre los consumidores. Estas iniciativas han sido complementadas por el apoyo de gobiernos locales, que han promovido ferias y eventos relacionados con la cerveza artesanal, atrayendo a un público cada vez más interesado. Asimismo, el mercado cuenta con una amplia oferta de empresas dedicadas a la producción y comercialización de cervezas artesanales, lo que garantiza diversidad en los productos disponibles (Jaramillo & Suntaxi, 2024).

2.1.7. Envejecimiento de la cerveza

El envejecimiento se refiere a la fase en el proceso de elaboración de ciertas bebidas en la que sus características organolépticas evolucionan mientras el producto se mantiene almacenado. Generalmente, estos cambios mejoran la apreciación del producto por parte de los consumidores, lo que aumenta su valor. El envejecimiento acelerado, por otro lado, se refiere a cualquier técnica que busca replicar las características organolépticas de un producto añejado, pero utilizando métodos fisicoquímicos que reducen significativamente el tiempo de producción. La principal ventaja de este proceso es la disminución de los costos asociados, ya que se requiere almacenar un volumen menor de producto (Gonzalez, y otros, 2016).

2.1.7.1. Fundamentos del envejecimiento en la producción de cerveza

Las bebidas alcohólicas más valoradas suelen pasar por un proceso de envejecimiento. Ejemplos de ello incluyen el whisky, el scotch de 15 años, el bourbon, el tequila, entre otros. De manera similar, tanto la cerveza como el vino son envejecidos antes de su consumo. Este proceso aumenta el costo de estos productos debido al tiempo y los recursos invertidos, pero también les otorga sabores y aromas más refinados en comparación con las bebidas no envejecidas. Durante el envejecimiento, se atenúa la "quemazón" del etanol, suavizando los sabores y añadiendo notas más agradables. Además, muchos compuestos no deseados, e incluso tóxicos, se transforman en ésteres que aportan aromas y sabores más deseables y menos desagradables (España Patente nº 2 899 784, 2021).

2.1.7.2. Factores que afectan el envejecimiento

Las demandas de los consumidores y el desarrollo local han impulsado un incremento en la producción de cervezas artesanales de alta fermentación tipo Ale. Este proceso está influenciado por factores esenciales como la temperatura, el tiempo, la exposición a la luz y el tipo de levadura empleado. En el caso de bebidas alcohólicas como el whisky, el vino y la cerveza, el envejecimiento es un proceso clave para desarrollar sus perfiles de sabor y aroma, ya que durante esta etapa se producen reacciones químicas que transforman los compuestos de la bebida, mejorando su calidad sensorial. En esta investigación, se consideran variables como la temperatura y el tiempo para aplicar un método que busca simular los efectos del envejecimiento tradicional en un período más corto (Paredes, 2013).

2.1.8. Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas en bebidas alcohólicas hacen referencia a los atributos medibles que definen su composición, estabilidad, calidad y aceptación sensorial. Estas propiedades son el resultado de los ingredientes utilizados, los procesos de fermentación y/o destilación, así como las condiciones de almacenamiento y envejecimiento. Su análisis es fundamental para garantizar la calidad del producto, cumplir con normativas y ofrecer una experiencia sensorial adecuada al consumidor (Reyes, 2020).

En el contexto de las bebidas alcohólicas, estas incluyen parámetros como el pH, que indica el nivel de acidez o alcalinidad y afecta tanto la estabilidad microbiológica como el perfil de sabor; el grado alcohólico, que mide la concentración de etanol presente y define la

intensidad de la bebida; y la acidez total, que influye en el balance de sabores, aportando fresca o notas más intensas (Castorena, Juárez, Cano, Santiago, & López, 2022).

2.1.9. Microbiología

Los análisis microbiológicos en bebidas alcohólicas se centran en la detección, cuantificación y control de microorganismos presentes en el producto, con el objetivo de garantizar su inocuidad, calidad y estabilidad durante su vida útil. Estos análisis son esenciales, ya que la presencia de microorganismos indeseados puede afectar negativamente las características organolépticas, provocar deterioro del producto o incluso representar un riesgo para la salud del consumidor. En el caso de las bebidas alcohólicas, los análisis microbiológicos suelen enfocarse en la identificación de levaduras y mohos. Las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, son esenciales en la fermentación para la conversión de azúcares en alcohol y dióxido de carbono, pero un descontrol en su actividad puede generar compuestos indeseados (Baggin, 2024).

2.1.10. Análisis sensorial

Es crucial en la industria de bebidas alcohólicas, ya que permite evaluar las características organolépticas de un producto, tales como su sabor, aroma, color, textura y apariencia, desde la perspectiva del consumidor. Este tipo de análisis proporciona información valiosa para mejorar la calidad, la aceptación y la experiencia del producto, además de ser esencial para el desarrollo y ajuste de nuevas recetas o formulaciones. En la elaboración de bebidas alcohólicas como cervezas, vinos y licores, el análisis sensorial ayuda a identificar defectos, validar las expectativas del consumidor y garantizar la consistencia en la producción (Picallo, 2009).

La metodología ISO 6658 (2019) establece los lineamientos internacionales para realizar un análisis sensorial de forma estandarizada y objetiva. Esta norma describe cómo llevar a cabo pruebas sensoriales en productos alimenticios y bebidas, incluyendo las bebidas alcohólicas. La norma proporciona pautas para la formación de paneles de catadores (preferiblemente no entrenados, para obtener una evaluación más generalizada), el diseño de las pruebas, y la recolección de datos. El enfoque principal de la ISO 6658 (2019) es establecer una escala hedónica, donde los evaluadores asignan puntajes a distintos atributos sensoriales del producto, como el color, el sabor, el aroma, la textura y la apariencia general. La escala va desde "me disgusta mucho" hasta "me gusta mucho", lo que facilita una evaluación clara de

las preferencias y las percepciones del consumidor. Además, la norma contempla la importancia de las condiciones de la prueba (como la temperatura y la presentación de las muestras) y el análisis estadístico de los resultados para asegurar la objetividad y fiabilidad de las conclusiones.

2.2. Marco referencial

Según (Estela, 2024), la temperatura es el factor más determinante tanto en el proceso de fermentación como en el almacenamiento de la cerveza. En su estudio, se recomiendan rangos de 18 °C a 25 °C para la fermentación y de 0 °C a 8 °C para el almacenamiento, con el fin de preservar el perfil de sabor y garantizar la estabilidad microbiológica del producto. Además, la temperatura es clave para prolongar la vida útil de la cerveza en todas las etapas del proceso. Asimismo, se sugiere almacenar la cerveza en recipientes opacos o en espacios oscuros para evitar la degradación causada por la exposición a la luz, que podría generar cambios indeseables en sus características.

Un estudio realizado por (Valentoni, y otros, 2022), se concluyó que el oxígeno y la temperatura de almacenamiento influyen significativamente en las cervezas artesanales fermentadas en botella, tapadas con tapas estándar y captadores de oxígeno. A una temperatura de almacenamiento elevada de 45 °C, se observó una disminución en las Unidades Internacionales de Amargor, junto con un aumento en el color y los compuestos de oxidación, como furanos y aldehídos, lo que demuestra que las altas temperaturas reducen considerablemente la vida útil de estas cervezas. En contraste, las temperaturas de almacenamiento más bajas, de 22 °C y 6 °C, no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los atributos estándar de calidad ni en el análisis de volátiles durante el tiempo experimental.

(Ferreira et al., 2022), afirman que la temperatura juega un papel crucial en la cinética de fermentación y maduración de la cerveza, así como en la producción de ésteres durante la fermentación. Además, influye en el desarrollo de sabores rancios y en la formación de compuestos como el metional y el fenilacetaldehído durante el envejecimiento de la cerveza. Estos efectos, que pueden ser negativos para la calidad del producto final, resaltan la importancia de controlar cuidadosamente la temperatura en todas las etapas de elaboración de esta bebida alcohólica.

Las investigaciones de (Castañeda, 2018) indican que las cervezas Ale fermentan de manera óptima a temperaturas más elevadas, entre 16 y 29 °C. Estas cervezas se caracterizan por sus sabores y aromas complejos, que pueden incluir notas florales, frutales y especiadas con una amplia variedad de matices. Además, ofrecen un perfil más sofisticado al paladar. Su proceso de fermentación es relativamente corto, con una duración aproximada de dos semanas, lo que permite que estén listas para el consumo pocos días después de completarse la fermentación.

(Viteri, Párraga, García, Barre, & Romero, 2022), evaluaron el efecto de la infusión de flor deshidratada de jamaica (IFDJ) en la cerveza artesanal *blonde ale*, utilizando concentraciones de 5 %, 10 % y 15 %. Los resultados fisicoquímicos mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en acidez (0.40 %–0.55 %), grado alcohólico (6.17 %–6.66 % v/v), pH (3.27–3.71) y carbonatación (2.7–3.5 L CO₂/L). Sensorialmente, se identificaron variaciones en color, persistencia de espuma, transparencia y vivacidad, siendo el tratamiento con 5 % de IFDJ (T1) el de mejor aceptación por su color dorado, espuma persistente, apariencia transparente y vivacidad equilibrada. Aunque todos los tratamientos cumplieron con estándares microbiológicos, solo T1 alcanzó valores aceptables de pH, mientras que la acidez superó lo establecido por la norma INEN 2262.

En el estudio de (Díaz, 2018), que tuvo como objetivo analizar, elaborar e introducir la malta de amaranto en recetas de cervezas tipo Ale, desarrollando el proceso completo desde la germinación hasta el secado y tostado. Se obtuvieron dos tipos de malta: color ámbar y chocolate, adaptadas a los estilos deseados de cerveza. Las pruebas realizadas combinaron estas maltas con los ingredientes principales: malta de cebada tipo Pale Ale, lúpulo Cascade, levadura Safale S-04 de alta fermentación y agua purificada. Los resultados demostraron que es viable incorporar la malta de amaranto e incluso sustituir otras maltas especiales en la producción de cervezas artesanales, ya que aporta aromas y sabores únicos sin comprometer las características esenciales del producto.

CAPÍTULO III

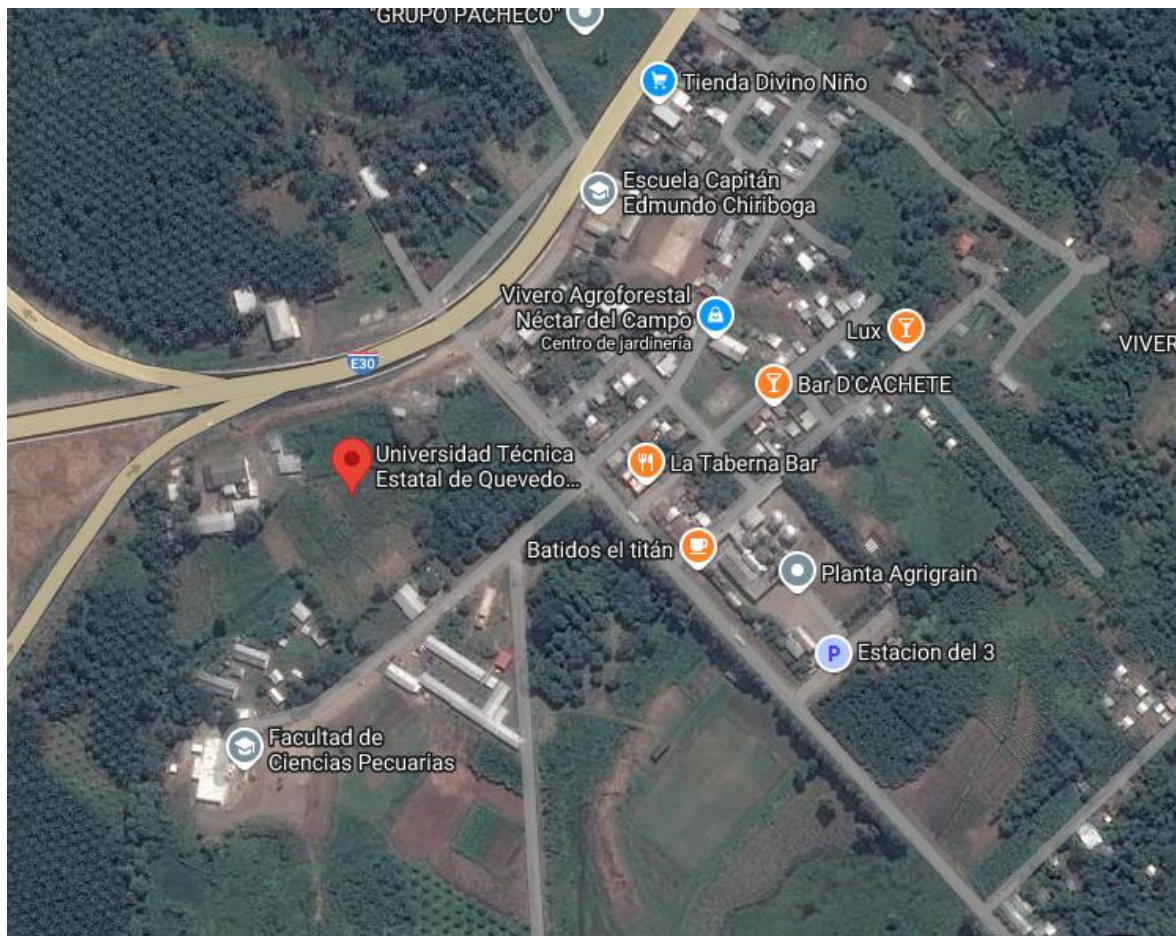
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios de bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus "La María", se encuentra situada en el kilómetro 7 vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.

Figura 1.

Localización Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus "La María"



Obtenido por: Google maps

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación analítica

La investigación analítica permitió examinar y comprender los cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales que se presentaron en las cervezas Ale (rubia de trigo, roja y negra) durante el proceso de envejecimiento acelerado. Este enfoque permitió identificar las

relaciones entre las variables estudiadas, como la temperatura y el tiempo de almacenamiento, y su impacto en la calidad final del producto.

3.2.2. Investigación experimental

Consistió en la aplicación de un método de envejecimiento acelerado a las cervezas Ale bajo condiciones controladas de temperatura. Este diseño experimental permitió manipular variables específicas, como el tiempo y la temperatura, para medir los efectos directos en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las cervezas. Los resultados obtenidos validaron la viabilidad de esta técnica como alternativa al proceso tradicional.

3.2.3. Investigación descriptiva

Se utilizó para caracterizar las propiedades iniciales y finales de las cervezas Ale sometidas al envejecimiento acelerado. Se documentaron parámetros como el pH, acidez, brix, turbidez, contenido alcohólico, densidad y características sensoriales, proporcionando un panorama detallado del impacto de la metodología empleada en cada tipo de cerveza.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método inductivo - deductivo

Se empleó el método inductivo-deductivo, comenzando con la identificación del problema principal: la necesidad de reducir el tiempo de maduración de las cervezas Ale. A partir de esta problemática, se analizaron posibles soluciones, como la implementación de técnicas de envejecimiento acelerado. Este enfoque permitió plantear hipótesis sobre la reducción de costos de almacenamiento y la mejora en la eficiencia de producción, las cuales fueron validadas mediante la experimentación y el análisis de los resultados.

3.3.2. Método estadístico

Se utilizó el método estadístico para procesar, organizar y analizar los datos obtenidos durante la investigación. Con el apoyo del software estadístico InfoStat, los datos fueron cuantificados y tabulados, lo que permitió interpretar los resultados de manera precisa y determinar diferencias significativas entre los tratamientos térmicos aplicados. Este análisis fue fundamental para validar la efectividad del envejecimiento acelerado en las cervezas Ale.

3.4. Fuente de recopilación de la información

3.4.1. Fuentes primarias

- Investigación de laboratorio

3.4.2. Fuentes secundarias

- Tesis
- Artículos científicos
- Libros
- Informes
- Revistas
- Página web

3.5. Diseño de la investigación

En la presente investigación se planteó un diseño Trifactorial AxBxC, evaluando el tipo de cerveza como Factor A, los días de envejecimiento como Factor B y la temperatura aplicada como Factor C, con 3 repeticiones, obteniendo 81 unidades experimentales. Para evidenciar la diferencia estadística de los tratamientos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de significación por el método de Tukey ($p > 0.05$), mediante el uso del software INFOSTAD.

3.5.1. Factores de estudio

Tabla 2.

Descripción de los factores de estudio

Factores en estudio	Simbología	Descripción
Factor A: Tipos de cerveza	a ₀	Cerveza rubia de trigo
	a ₁	Cerveza roja
	a ₂	Cerveza negra
Factor B: Días de envejecimiento	b ₀	4 días
	b ₁	7 días
	b ₂	9 días
Factor C: Temperatura	c ₀	23 °C
	c ₁	26 °C
	c ₂	30 °C

Elaborado: Autora

Tabla 3.*Esquema del análisis de varianza (Anova) para las variables en estudio*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad		Cuadrados medios	Razón de varianza	
Factor A	SC _A	a-1	(3-1)	2	CM _A	CM _A /CM _E
Factor B	SC _B	b-1	(3-1)	2	CM _B	CM _B /CM _E
Factor C	SC _C	c-1	(3-1)	2	CM _C	CM _C /CM _E
Efecto AB	SC _{AB}	(a-1)(b-1)	(3-1)(3-1)	4	CM _{AB}	CM _{AB} /CM _E
Efecto AC	SC _{AC}	(a-c)(c-1)	(3-1)(3-1)	4	CM _{AC}	CM _{AC} /CM _E
Efecto BC	SC _{BC}	(b-1)(c-1)	(3-1)(3-1)	4	CM _{BC}	CM _{BC} /CM _E
Efecto ABC	SC _{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	(3-1)(3-1)(3-1)	8	CM _{ABC}	CM _{ABC} /CM _E
Réplicas	SC _R	(r-1)	(3-1)	2	CM _R	CM _R /CM _E
Error	SC _E	abc (n-1)	(3*3*3) (3-1)	5 4	CM _E	
Total	SC _T	abcn -(1)	(3*3*3*3) - (1)	8 0	CM _T	

Elaborado: Autora**Tabla 4.***Combinaciones de los tratamientos*

N.º	SIMB.	DESCRIPCION
		Tipo de cerveza+ Tiempo de envejecimiento + Temperatura
1	a0b0c0	CRT+ 4 días + 23 °C
2	a0b0c1	CRT+ 4 días + 26 °C
3	a0b0c2	CRT+ 4 días + 30 °C
4	a0b1c0	CRT+ 7 días + 23 °C
5	a0b1c1	CRT+ 7 días + 26 °C
6	a0b1c2	CRT+ 7 días + 30 °C
7	a0b2c0	CRT+ 9 días + 23 °C
8	a0b2c1	CRT+ 9 días + 26 °C

N.º SIMB.**DESCRIPCIÓN**

10	a1b0c0	CR+ 4 días + 23 °C
11	a1b0c1	CR+ 4 días + 26 °C
12	a1b0c2	CR+ 4 días + 30 °C
13	a1b1c0	CR+ 7 días + 23 °C
14	a1b1c1	CR+ 7 días + 26 °C
15	a1b1c2	CR+ 7 días + 30 °C
16	a1b2c0	CR+ 9 días + 23 °C
17	a1b2c1	CR+ 9 días + 26 °C
18	a1b2c2	CR+ 9 días + 30 °C
19	a0b0c0	CN+ 4 días + 23 °C
20	a0b0c1	CN+ 4 días + 26 °C
21	a0b0c2	CN+ 4 días + 30 °C
22	a0b1c0	CN+ 7 días + 23 °C
23	a0b1c1	CN+ 7 días + 26 °C
24	a0b1c2	CN+ 7 días + 30 °C
25	a0b2c0	CN+ 9 días + 23 °C
26	a0b2c1	CN+ 9 días + 26 °C
27	a0b2c2	CN+ 9 días + 30 °C

Elaborado: Autora

3.5.2. *Variables estudiadas*

- pH
- Acidez
- Sólidos totales
- Contenido del alcohol
- Turbidez
- Densidad
- Mohos
- Levadura
- Análisis sensorial

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. *Descripción del proceso de elaboración de la cerveza Ale*

- **Recepción:** Se recibieron las materias primas necesarias para la elaboración de las cervezas Ale, incluyendo malta, agua potable, lúpulo y levadura. Estas materias primas fueron cuidadosamente inspeccionadas para verificar su calidad. La malta fue revisada en busca de granos uniformes y libres de humedad excesiva o contaminación. El agua potable fue analizada para garantizar niveles adecuados de pH y minerales esenciales para la producción. El lúpulo se evaluó por su frescura y características aromáticas, mientras que la levadura fue revisada para confirmar su viabilidad y pureza. Posteriormente, cada materia prima se almacenó bajo condiciones controladas hasta el momento de su uso.
- **Molienda:** Las maltas fueron sometidas a un proceso de molienda utilizando un molino de rodillos, calibrado para romper la cáscara y exponer el endospermo interno sin pulverizar los granos en exceso. El tiempo y la velocidad del molino fueron monitoreados para evitar sobrecalentamientos que pudieran afectar la calidad del grano.
- **Empastado:** La malta molida fue mezclada con agua a una temperatura inicial templada para formar una papilla espesa, facilitando la hidratación de los granos antes de ser llevados al macerador. Esta etapa preparó la mezcla para la extracción eficiente de azúcares en el siguiente paso.
- **Macerado:** Las maltas molidas se mezclaron con agua caliente en una proporción estándar de 2.5 a 3 litros por kilogramo de malta. El macerado se llevó a cabo en un macerador equipado con agitadores para asegurar una mezcla homogénea. Se mantuvo una temperatura constante de 55 °C a 57 °C durante 60 minutos, lo que permitió la activación de enzimas como las amilasas, responsables de convertir los almidones en azúcares fermentables (maltosa). Al final del macerado, el mosto fue separado del atrecho, los residuos sólidos, que se retiraron y destinaron para uso secundario.
- **Hervor:** El mosto fue transferido a una marmita donde se llevó a ebullición a 100 °C durante 60 minutos. Durante el hervor, se añadieron lúpulos en diferentes etapas para proporcionar amargor, sabor y aroma característicos. El tiempo de adición del lúpulo fue programado en tres fases: al inicio para el amargor, a mitad de la cocción para el sabor y al final para el aroma. Además, este proceso permitió eliminar compuestos volátiles no deseados y asegurar la esterilización completa del mosto.

- **Enfriamiento:** El mosto caliente se enfrió rápidamente utilizando un intercambiador de calor de placas. Este equipo permitió reducir la temperatura del mosto desde 100 °C hasta aproximadamente 14-20 °C en pocos minutos, minimizando el riesgo de contaminación microbiana. Durante el proceso, el mosto fue transferido en circuito cerrado para evitar el contacto con el aire, garantizando que llegara en óptimas condiciones al tanque de fermentación.
- **Inoculación:** Una vez enfriado, el mosto fue inoculado con levadura *Saccharomyces cerevisiae*, adecuada para cervezas Ale, en una dosis calculada para garantizar una fermentación eficiente.
- **Fermentación 1:** El mosto enfriado fue transferido a un tanque de fermentación previamente esterilizado. Se inoculó con levadura *Saccharomyces cerevisiae*, específica para cervezas Ale, en una proporción calculada para asegurar una fermentación efectiva. Durante este proceso, que duró 8 días, se mantuvo una temperatura constante de 21 °C. La levadura transformó los azúcares fermentables en alcohol y dióxido de carbono, generando los compuestos aromáticos y sabores característicos de la cerveza.
- **Fermentación 2:** Al concluir la fermentación primaria, la cerveza fue transferida a un tanque de maduración a una temperatura de 18 °C durante 8 días. Durante este período, la cerveza experimentó una reducción de compuestos no deseados, como diacetilos, y mejoró su perfil aromático. Además, las partículas suspendidas comenzaron a sedimentarse, mejorando la claridad del producto. Este paso fue esencial para redondear el sabor y estabilizar las propiedades organolépticas de la cerveza.
- **Embarrilado:** La cerveza madura fue transferida a barriles previamente limpiados y desinfectados. Este paso se realizó en un ambiente controlado para evitar la introducción de contaminantes. Los barriles se llenaron cuidadosamente para minimizar la formación de espuma y se sellaron herméticamente para evitar la oxidación. Este almacenamiento temporal permitió la conservación de la calidad mientras se preparaba para el envasado final.
- **Enfriado:** La cerveza embarrilada se sometió a un enfriamiento adicional en cámaras refrigeradas a 4 °C durante 10 días. Este proceso permitió estabilizar aún más el producto, promoviendo la sedimentación de cualquier partícula residual y

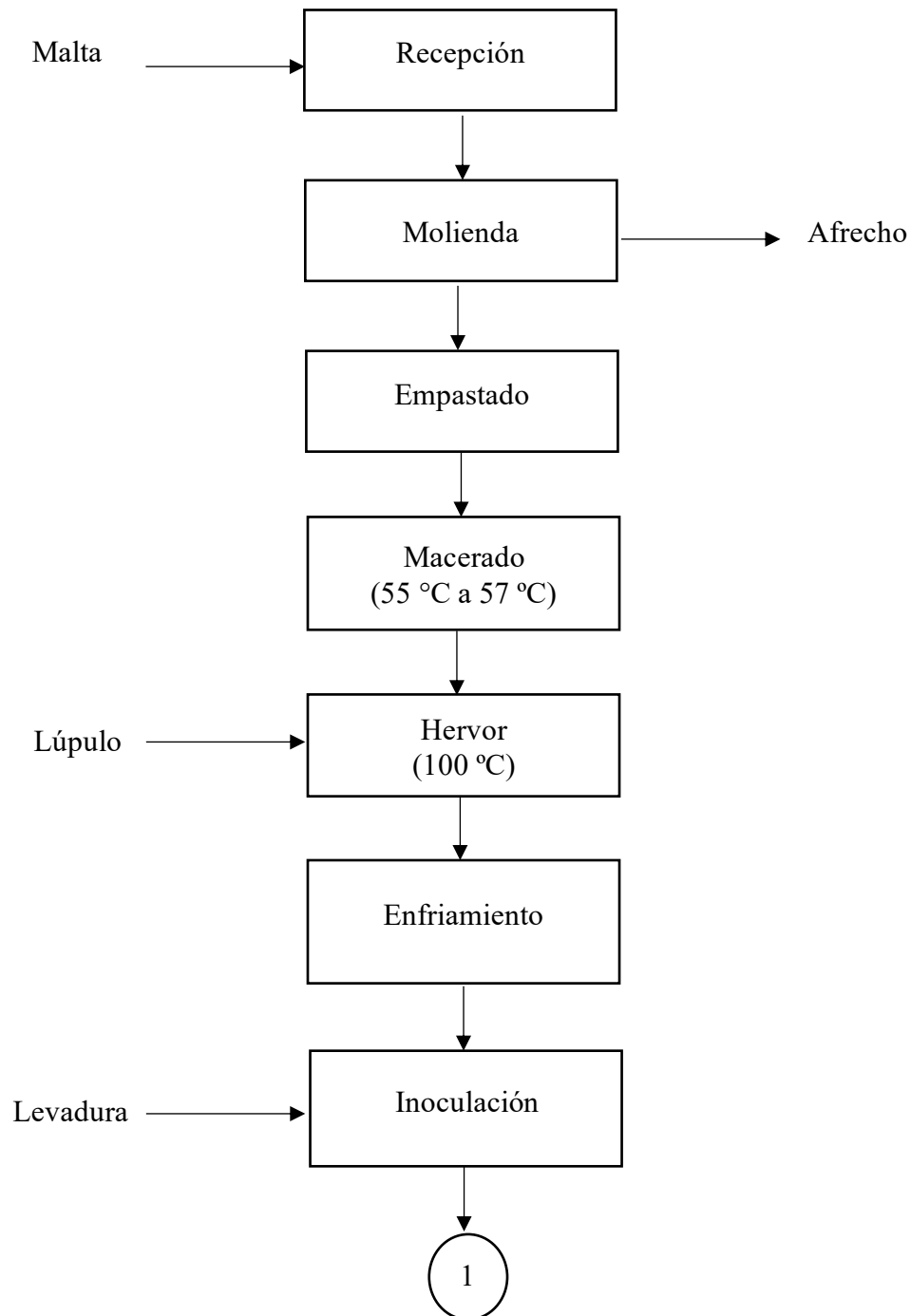
mejorando la transparencia. Asimismo, el enfriamiento ayudó a conservar los compuestos aromáticos y mantener el balance de sabores.

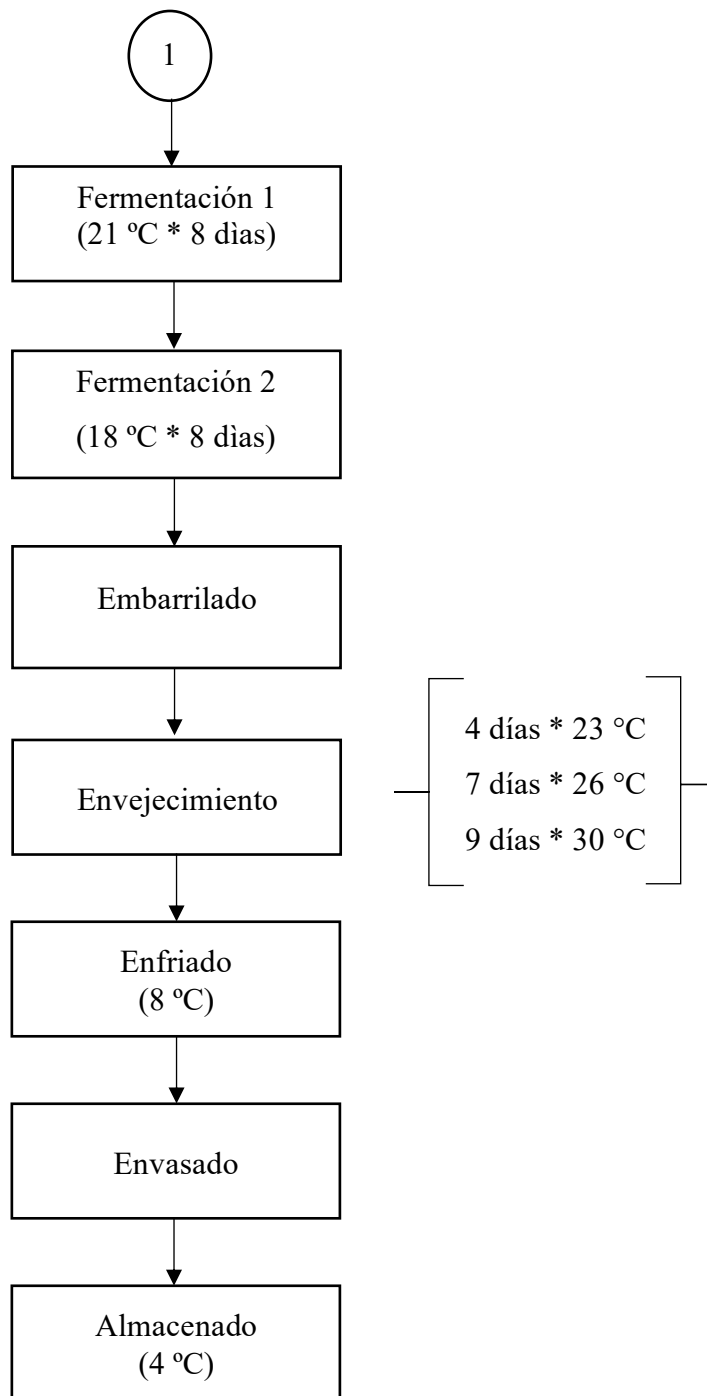
- **Envejecimiento acelerado:** Las cervezas fueron sometidas a un proceso de envejecimiento acelerado bajo condiciones controladas, aplicando tres tratamientos diferenciados: 4 días a 23 °C, 7 días a 26 °C y 9 días a 30 °C. Esta etapa tuvo como objetivo evaluar el impacto de distintas combinaciones de tiempo y temperatura sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las muestras, simulando un envejecimiento forzado.
- **Envasado:** La cerveza estabilizada fue transferida a líneas de envasado, donde se llenaron botellas, previamente esterilizadas. Durante este paso, se utilizó un sistema de contraflujo de dióxido de carbono para evitar la oxidación del producto. Los envases fueron cerrados herméticamente con tapas o sellos de alta resistencia y etiquetados con información sobre el producto, incluyendo el lote, la fecha de producción y las especificaciones técnicas.
- **Almacenado:** Finalmente, los envases se almacenaron en cámaras frigoríficas a una temperatura constante de 10 °C. Este almacenamiento permitió conservar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la cerveza. El monitoreo constante de la temperatura y las condiciones de humedad garantizó que el producto mantuviera su calidad durante todo el periodo de almacenamiento.

3.6.1.1. Diagramas de flujo del proceso de elaboración de la cerveza Ale

Figura 2.

Diagrama de flujo de la cerveza





Elaborado: Autora

3.6.2. Descripción de los análisis físico – químicos , microbiológicos y sensoriales

3.6.2.1. pH

El pH de las muestras de cerveza se determinó siguiendo la metodología establecida en la norma INEN 2262 (2003). Se utilizó un potenciómetro calibrado con soluciones estándar de pH 4.01 y 7.00. Las mediciones se realizaron sumergiendo el electrodo en una muestra de 100 mL de cerveza a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). Los valores obtenidos se registraron directamente del equipo y se verificaron para asegurar precisión en los resultados.

3.6.2.2. Acidez

La acidez total se determinó mediante titulación, de acuerdo con la norma INEN 2323 (2002). Se tomaron 25 mL de cerveza y se diluyeron con 25 mL de agua destilada. La muestra se tituló con una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. El punto de equivalencia se identificó por el cambio de color a rosa tenue. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido láctico (%), según el volumen consumido de NaOH.

3.6.2.3. Sólidos totales

El contenido de sólidos solubles totales, expresado en grados Brix (°Brix), se determinó mediante el método de refractometría según lo establecido en la (NTE INEN 0380, 1986). Se empleó un refractómetro digital calibrado con agua destilada (0 °Brix). Se colocaron 2-3 gotas de cerveza directamente sobre el prisma del equipo, asegurando que no hubiera burbujas ni partículas suspendidas. Los valores obtenidos se registraron automáticamente y reflejaron el contenido de azúcares presentes en la muestra

3.6.2.4. Turbidez

- **Metodología para cervezas rubia y roja**

La turbidez se evaluó según la norma INEN 971 (1984), utilizando un turbidímetro calibrado con soluciones estándar de formazina (20, 100 y 800 NTU). Las muestras de cerveza se homogenizaron cuidadosamente para evitar burbujas antes de la medición. Se vertieron 10 mL de muestra en una cubeta de vidrio, y el equipo registró los valores de turbidez en

unidades nefelométricas (NTU). Este análisis permitió evaluar la claridad y estabilidad visual de las cervezas.

- **Metodología para cerveza negra**

Para determinar la turbidez en la cerveza negra mediante el método de diferencia de peso por filtrado según (Gómez & Gómez, 1984), se procedió a pesar un filtro seco previamente estabilizado en una estufa a 75 °C durante 2 horas, asegurando la eliminación de cualquier humedad residual. Posteriormente, se filtró 100 ml determinada de muestra de cerveza negra a través del filtro seco y se dejó escurrir la muestra en el filtro seco. Una vez completado el proceso, se pesó el filtro con los residuos retenidos, obteniendo así la diferencia de peso entre el filtro seco inicial de 0.81 g y el filtro con los sólidos retenidos, lo que permitió cuantificar la turbidez en gramos. Además, considerando que la turbidez se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) y que 3 NTU equivale a 1 ppm (1 mg/L), los valores obtenidos en el análisis fueron interpretados en función de esta equivalencia para comparar la claridad de la cerveza con otros estándares de calidad.

3.6.2.5. Densidad

La densidad de la bebida alcohólica se determinó utilizando el método del picnómetro, el cual fue calibrado previamente con agua destilada a 20 °C. Se llenó el picnómetro con la muestra de la bebida, eliminando cualquier burbuja de aire, y se pesó en una balanza de precisión. La densidad se calculó dividiendo el peso de la muestra por el volumen del picnómetro, obteniendo los resultados en g/mL (AOAC, Método 925.10 , 2000) .

3.6.2.6. Contenido de alcohol

El grado alcohólico se calculó a partir de la densidad inicial del mosto y la densidad final después de la fermentación, utilizando una fórmula estándar. La diferencia entre ambas densidades fue dividida por un factor de ajuste, lo que permitió estimar el contenido de alcohol en porcentaje por volumen (% v/v). Este procedimiento reflejó el nivel de etanol producido durante el proceso de fermentación y fue clave para garantizar el cumplimiento de las especificaciones del producto (European Brewery Convention , 2010).

3.6.2.7. Cuantificación de Mohos y Levaduras en Agar PDA (Agar de Papa Dextrosa)

Para la cuantificación de mohos y levaduras se empleó la metodología de la (NTE INEN 1 529-10:98, 1998), se utilizó el medio Agar Papa Dextrosa (PDA) suplementado con ácido tartárico al 10 % para inhibir el crecimiento bacteriano. Se sembraron alícuotas de 1 mL de muestra previamente diluida en serie (10^{-1} a 10^{-3}) en placas de Petri, utilizando la técnica de vertido en placa. Las placas se incubaron a 25 °C durante 2 días. Posteriormente, se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) visibles, diferenciando las morfologías correspondientes a mohos y levaduras. Los resultados se expresaron en UFC/mL.

3.6.2.8. Análisis sensorial

La evaluación sensorial de las cervezas se realizó siguiendo la norma ISO 6658 (2019). Se seleccionó un panel no entrenado compuesto por 30 personas, representativas del grupo objetivo de consumidores. Cada evaluador recibió muestras codificadas por números al azar de las cervezas y las evaluó en una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 correspondía a "me disgusta mucho" y 9 a "me gusta mucho". Los atributos evaluados incluyeron sabor, aroma, color, textura y aceptabilidad general. Los resultados se analizaron estadísticamente para identificar preferencias y diferencias significativas entre los tratamientos.

3.7. Tratamiento de datos

Tras obtener los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple de medias utilizando el método de Tukey, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Esta prueba permitió identificar y comparar de manera precisa las diferencias entre los tratamientos, evaluando si estas eran estadísticamente significativas. Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante el programa estadístico INFOSTAT, una herramienta especializada que facilitó el manejo de los datos y la interpretación de los resultados. Este software permitió organizar los valores en tablas y representarlos gráficamente, asegurando una presentación clara y comprensible de las diferencias detectadas entre los tratamientos.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 5.

Recursos humanos y materiales para la realización del proyecto de investigación

Recursos humanos

Tesista: Sandy Mikaela Dueñas Intriago

Director: Ing. Abelardo Alderete Rendon, MSc.

Colaboradores

Laboratorio Microbiológico UTEQ- c: Ing. Ángel Cedeño, MSc.

Materia prima

- Cervezas Artesanales Alderete Ecotipos

Soluciones

- Fenolftaleína

Equipos

- Incubadora
- Agitación magnética
- Cuarto frío
- Aire acondicionado
- Balanza analítica
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Estufa
- Refractómetro
- Termómetro
- pH metro
- Densímetro
- Centrifuga

Materiales (varios)

- Tubos de centrifuga
- Embudos
- Vasos precipitados
- Pipetas
- Matraces aforados
- Balanza
- Mandil
- Guantes
- Insumos de aseo para laboratorio
- Cofia
- Mascarilla
- Fundas de basura
- Probeta

Elaborado: Autora

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de varianza y pruebas de significación (Tukey) de resultados de análisis físico-químicos (pH, acidez, sólidos totales, contenido de alcohol, turbidez, densidad) y microbiológicos (Mohos y levaduras)

Los resultados completos de las variables físicoquímicas, y microbiológicas obtenidas en este estudio han sido derivados a la sección de anexos, con el fin de facilitar la organización y lectura del presente trabajo. Las tablas específicas se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- Tabla 62. Variables de pH, acidez y sólidos totales, correspondiente al Anexo 8.
- Tabla 63. Variables de pH, acidez y sólidos totales, correspondiente al Anexo 9.
- Tabla 64. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras, correspondiente al Anexo 10.
- Tabla 65. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras, correspondiente al Anexo 11.
- Tabla 66. Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras, correspondiente al Anexo 12.

Tabla 6.

Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

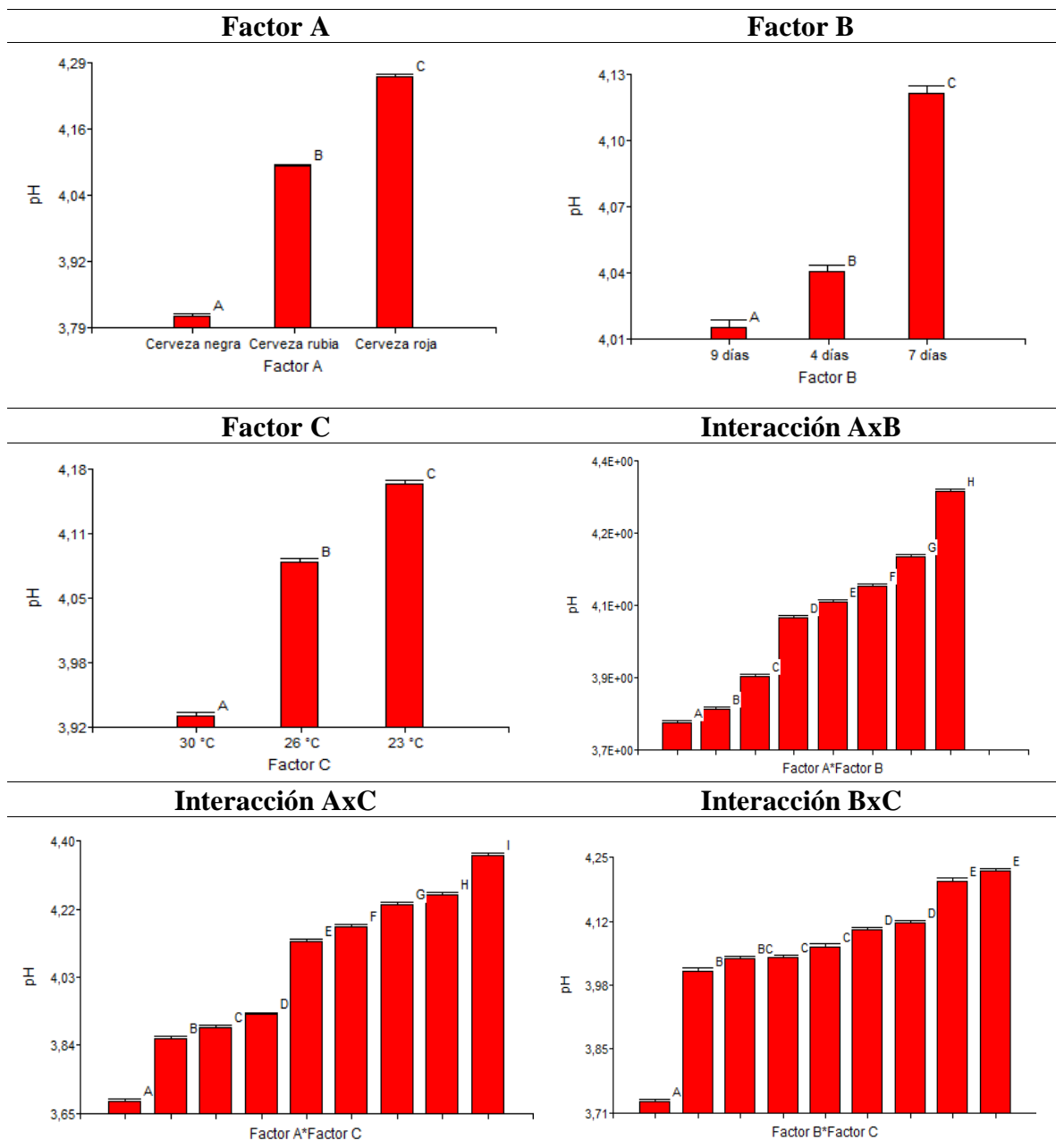
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	4.99	28	0.18	622.47	<0.0001
Factor A	2.78	2	1.39	4853.15	<0.0001
Factor B	0.19	2	0.09	325.05	<0.0001
Factor C	0.76	2	0.38	1333.77	<0.0001
Réplicas	1.2 E-04	2	6.0 E-05	0.21	0.8101
Factor A*Factor B	0.57	4	0.14	496.22	<0.0001
Factor A*Factor C	0.05	4	0.01	46.59	<0.0001
Factor B*Factor C	0.48	4	0.12	417.13	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	0.16	8	0.02	70.66	<0.0001
Error	0.01	54	2.9E-04		
Total	5.00	80			

Elaborado: Autora

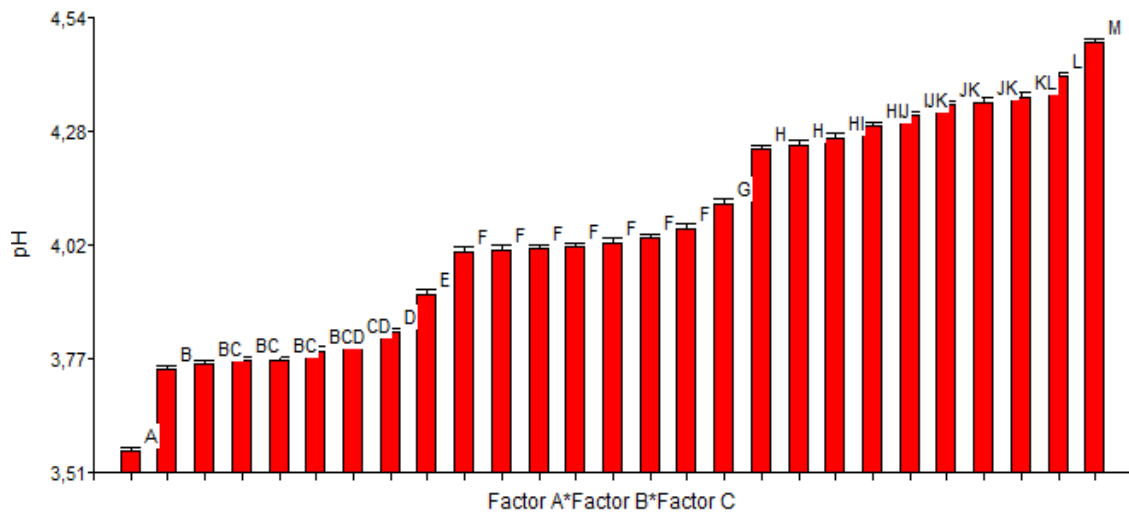
Descripción: La tabla 6, presenta el análisis de varianza para el pH, donde los factores A, B, C y sus interacciones muestran una influencia significativa en los resultados ($p < 0.0001$). La suma de cuadrados del modelo (4.99) es prácticamente igual a la total (5.00), lo que indica que los factores considerados explican casi por completo los cambios en el pH. Aunque se encontraron diferencias entre réplicas ($p = 0.8101$), su efecto es muy pequeño en comparación con los factores principales.

Figura 3.

Interacciones variables (pH)



Interacción AxBxC



Elaborado: Autora

Descripción: Las gráficas de interacción muestran que el pH de la cerveza se ve afectado de forma significativa por las combinaciones entre los factores evaluados. En la interacción AB, la combinación de cerveza roja con 7 días presentó el mayor pH, mientras que la cerveza negra a 9 días mostró el menor. En AC, el pH fue más alto en la cerveza roja fermentada a 23 °C. Para BC, el mayor pH se obtuvo a 7 días y 23 °C, confirmando que temperaturas más bajas y tiempos intermedios favorecen una mayor acidez. Finalmente, en la triple interacción AB*C, se observa una amplia dispersión de valores, siendo la combinación de cerveza roja, 7 días y 23 °C la que alcanzó el pH más alto, evidenciando un efecto combinado significativo sobre esta variable.

Discusión: Los resultados muestran que la temperatura de envejecimiento tiene un impacto determinante en el pH de las cervezas Ale, afectando directamente su estabilidad microbiológica y su perfil sensorial (Estela, 2024). En este estudio, las cervezas negras presentaron los pH más bajos (3.76 - 3.79) a lo largo de todas las temperaturas analizadas, comportamiento que podría estar relacionado con la utilización de maltas tostadas, las cuales, según Díaz (2018), contribuyen a incrementar la acidez en cervezas oscuras. En cuanto a las cervezas rubias y rojas, se observó un comportamiento más dependiente de la temperatura. Particularmente, las muestras fermentadas a 23 °C lograron mantener un pH más alto y dentro de rangos óptimos para cervezas Ale, lo que sugiere que esta temperatura favorece un mejor balance entre acidez y estabilidad fisicoquímica. En cambio, al fermentar a 30 °C, tanto las cervezas rubias como las rojas mostraron una caída pronunciada del pH y

un incremento significativo de la acidez, situación poco favorable ya que genera un perfil sensorial más ácido y una menor estabilidad microbiológica. Aunque autores como Castañeda (2018) mencionan que las cervezas Ale fermentan bien dentro del rango de 16 °C a 29 °C, los resultados obtenidos indican que superar los 26 °C no es recomendable, ya que a partir de 30 °C los parámetros fisicoquímicos comienzan a desviarse negativamente, afectando la calidad general del producto. Estos hallazgos coinciden con los reportes de Valentoni et al. (2022), quienes advierten que temperaturas elevadas aceleran la degradación de compuestos clave para el perfil de la cerveza, además de favorecer la formación de sabores y aromas no deseados.

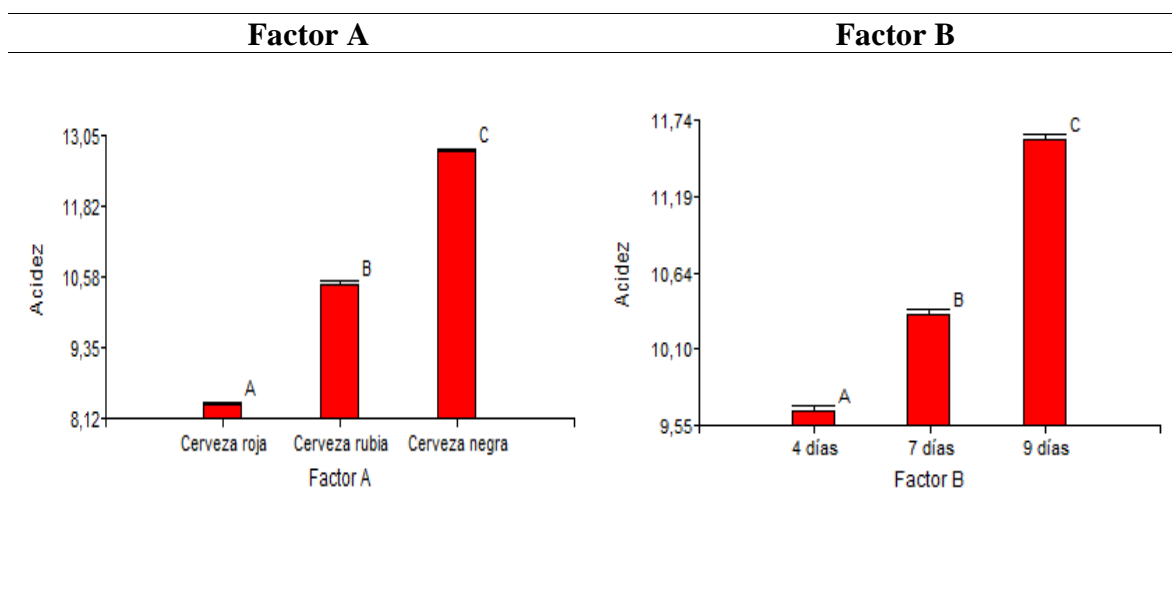
Por otro lado, las cervezas rojas presentaron los valores de pH más altos, especialmente cuando fueron envejecidas a 23 °C y durante 7 días, evidenciando una mejor estabilidad en estas condiciones. Esto podría estar relacionado con la composición de la malta y la producción de ésteres durante el envejecimiento, un fenómeno descrito por Ferreira et al. (2022). Además, algunos ingredientes adicionales pueden modificar estos parámetros. Un ejemplo de esto es lo encontrado por Viteri et al. (2022), quienes observaron que la adición de flor de jamaica en cervezas Blonde Ale redujo significativamente el pH, lo que a su vez alteró su percepción sensorial. Estos resultados dejan claro que controlar la temperatura durante la producción de cervezas Ale es clave, ya que no solo afecta el pH, sino también la estabilidad y calidad del producto final. De acuerdo con Estela (2024), mantener la cerveza almacenada en un rango de 0 °C a 8 °C es fundamental para minimizar la oxidación y preservar sus características organolépticas.

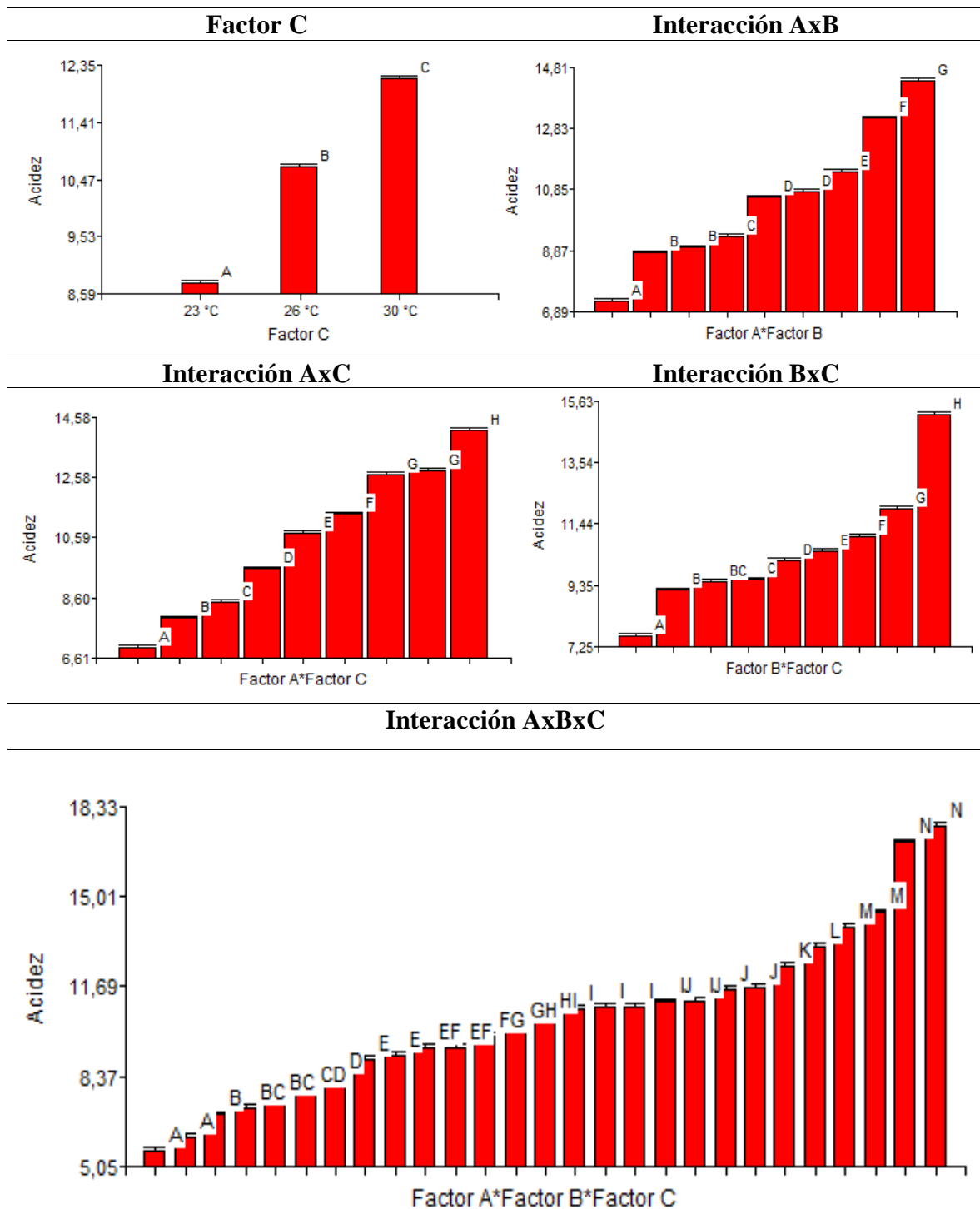
Tabla 7.*Análisis de Varianza para Acidez - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	683.25	28	24.40	620.51	<0.0001
Factor A	266.51	2	133.25	3388.49	<0.0001
Factor B	53.04	2	26.52	674.38	<0.0001
Factor C	154.67	2	77.34	1966.57	<0.0001
Réplicas	0.17	2	0.08	2.12	0.1303
Factor A*Factor B	43.14	4	10.79	274.27	<0.0001
Factor A*Factor C	13.24	4	3.31	84.20	<0.0001
Factor B*Factor C	120.10	4	30.02	763.48	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	32.38	8	4.05	102.93	<0.0001
Error	2.04	54	0.04		
Total	685.29	80			

Elaborado: Autora

En el análisis de varianza realizado para la acidez, se identificó influencia de los factores A, B y C, así como de sus interacciones dobles y triple, todas con valores de p inferiores a 0.0001. La magnitud de las interacciones confirma que los efectos combinados entre tipo de cerveza, tiempo y temperatura de envejecimiento son determinantes en esta variable.

Figura 4.*Interacciones variables (Acidez)*



Elaborado: Autora

Descripción: Se observa un efecto combinado significativo entre los factores analizados. En la interacción AB, la acidez más alta se alcanzó en la combinación de cerveza negra con 9 días de envejecimiento, mientras que la más baja se observó en cerveza roja a 4 días. En AC, la acidez aumentó notablemente en la cerveza negra fermentada a 30 °C. Para BC, la acidez fue mayor al combinar 9 días y 30 °C, confirmando que tanto el tiempo prolongado

como la temperatura elevada intensifican la acidez. Finalmente, en la interacción triple AB*C, se evidencia una amplia dispersión de valores, con picos máximos en condiciones extremas (cerveza negra, 9 días, 30 °C), lo que destaca la importancia del control simultáneo de estos tres factores para evitar niveles excesivos de acidez.

Discusión: La acidez es un aspecto clave en la caracterización de la cerveza, ya que no solo afecta su estabilidad, sino también la percepción sensorial del consumidor. En este estudio, se observó que tanto el tiempo de fermentación como la temperatura influyen de manera significativa en los niveles de acidez de las cervezas Ale. De acuerdo con Ferreira, Carvalho y Guido (2022), controlar la temperatura en la fermentación es esencial para evitar la producción excesiva de ácidos orgánicos, los cuales pueden alterar el equilibrio de sabores y acelerar el deterioro del producto.

Las cervezas negras fueron las que presentaron los valores más altos de acidez, con un aumento progresivo conforme se incrementaban la temperatura y el tiempo de envejecimiento. A los 4 días de fermentación, los valores oscilaron entre 10.10 y 11.20, pero al llegar a los 9 días y a una temperatura de 30 °C, se registraron niveles de hasta 18.33, la acidez más elevada entre todas las muestras analizadas. Este comportamiento es similar a lo reportado por Valentoni et al. (2022), quienes evidenciaron que temperaturas altas favorecen la formación de compuestos ácidos y aceleran la oxidación en cervezas que no se almacenan bajo condiciones adecuadas.

Por otro lado, las cervezas rojas mostraron valores de acidez más moderados en comparación con las negras, pero mantuvieron una tendencia similar: cuanto mayor fue la temperatura y el tiempo de envejecimiento, mayor fue el nivel de acidez. Esto puede estar relacionado con el tipo de maltas utilizadas en su formulación. Investigaciones previas, como la de Castañeda (2018), han señalado que las cervezas Ale tienden a desarrollar perfiles ácidos más marcados cuando se fermentan a temperaturas superiores a 25 °C, lo que sugiere que ciertos ingredientes pueden potenciar este efecto. En cuanto a las cervezas rubias, se observó una mayor estabilidad en la acidez, con valores que variaron entre 9.35 y 13.05, sin cambios tan pronunciados como en las negras. Este comportamiento sugiere que la formulación y el perfil de envejecimiento de este tipo de cerveza permiten un mejor control sobre la acidez, evitando aumentos bruscos. Además, esta estabilidad coincide con los hallazgos de Díaz (2018), quien destacó que la combinación de maltas adecuadas puede modular la acidez final de la cerveza sin comprometer su calidad sensorial.

Estos resultados resaltan la importancia de mantener un control preciso sobre la temperatura y el tiempo de envejecimiento en la producción de cervezas Ale. Un exceso en cualquiera de estos factores puede derivar en niveles de acidez que alteren el perfil del producto, afectando tanto su estabilidad como su percepción sensorial. Según Estela (2024), para garantizar una mejor conservación y evitar deterioros en la calidad de la cerveza, se recomienda almacenarla en un rango de temperatura entre 0 °C y 8 °C, lo que ayuda a minimizar la oxidación y preservar sus características organolépticas.

Tabla 8.

Análisis de Varianza para Sólidos solubles - Suma de Cuadrados Tipo III

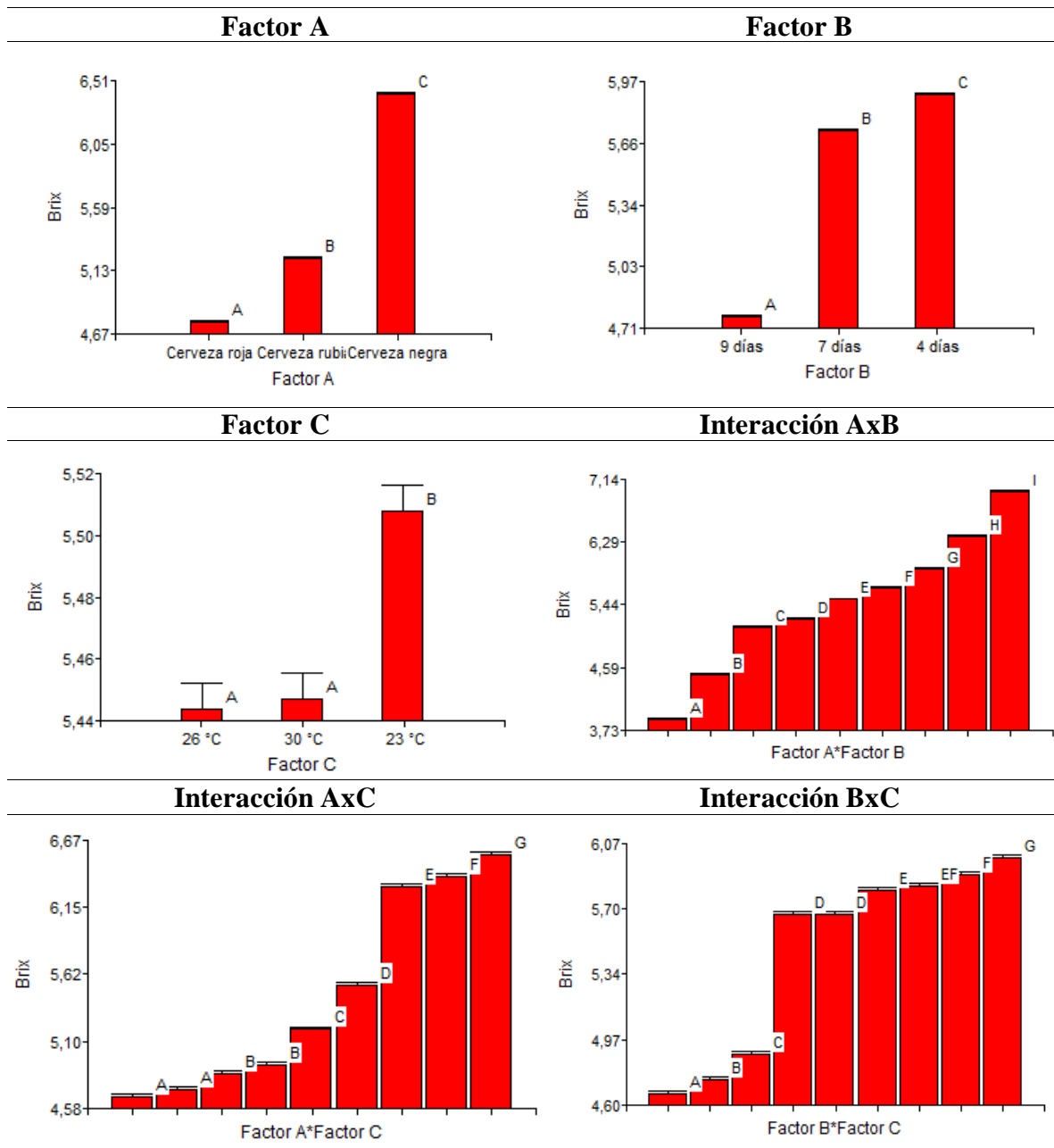
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	66.64	28	2.38	1002.45	<0.0001
Factor A	39.73	2	19.86	8366.96	<0.0001
Factor B	20.24	2	10.12	4262.13	<0.0001
Factor C	0.08	2	0.04	17.84	<0.0001
Réplicas	3.2 E-03	2	1.6E-03	0.68	0.5131
Factor A*Factor B	2.27	4	0.57	239.20	<0.0001
Factor A*Factor C	2.09	4	0.52	220.48	<0.0001
Factor B*Factor C	0.36	4	0.09	37.96	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	1.86	8	0.23	97.86	<0.0001
Error	0.12	54	2.4E-03		
Total	66.76	80			

Elaborado: Autora

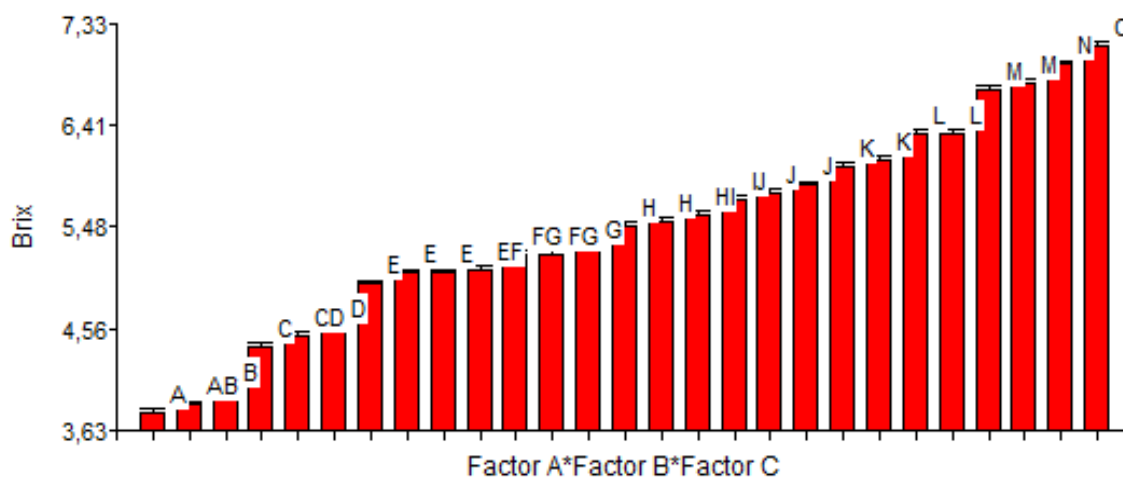
Descripción: El análisis estadístico evidenció que los factores A, B y C, así como todas sus interacciones, tienen un efecto altamente significativo sobre los sólidos solubles ($p < 0.0001$). Las réplicas no mostraron diferencias significativas ($p = 0.5131$), confirmando que la variabilidad entre repeticiones fue mínima. Se destaca la fuerte influencia de los factores A y B, con valores F de gran magnitud, lo que sugiere que el tipo de cerveza y el tiempo de envejecimiento son determinantes en esta variable.

Figura 5.

Interacciones variables (sólidos solubles)



Interacción AxBxC



Elaborado: Autora

Descripción: Las gráficas de interacción para los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) revelan efectos combinados importantes entre los factores analizados. En la interacción AB, las cervezas negras fermentadas por 4 días mostraron los valores más altos de sólidos solubles, mientras que las cervezas rojas a 9 días registraron los más bajos. En AC, el mayor contenido se observó en la cerveza negra fermentada a 23 $^{\circ}$ C, mientras que los valores más bajos se presentaron en la roja a 26 $^{\circ}$ C y 30 $^{\circ}$ C. Para la interacción BC, los $^{\circ}$ Brix fueron más altos con menor tiempo y menor temperatura de fermentación. Finalmente, la triple interacción AB*C mostró un amplio rango de variación, con picos máximos en combinaciones de cerveza negra, 4 días y 23 $^{\circ}$ C, lo que indica que esta combinación favorece una mayor retención de sólidos solubles.

Discusión: La cantidad de sólidos totales en la cerveza es un indicador fundamental de su composición y calidad, ya que influye en su cuerpo, textura y estabilidad general. En este estudio, se evidenció que la temperatura y el tiempo de fermentación afectan significativamente este parámetro, mostrando tendencias distintas según el tipo de cerveza. De acuerdo con Ferreira et al. (2022), la solubilización de compuestos orgánicos, como proteínas y azúcares fermentables, depende en gran medida de la temperatura, lo que explicaría las variaciones observadas entre los diferentes estilos de cerveza Ale. Las cervezas negras fueron las que registraron los valores más altos de sólidos totales, con un rango que osciló entre 6.05 y 7.14 durante los primeros 4 días de fermentación. Sin embargo, al alcanzar los 9 días, estos valores disminuyeron ligeramente, lo que sugiere que, con el tiempo, se produce una mayor conversión de compuestos a medida que avanza la

envejecimiento. Esto concuerda con lo señalado por Castañeda (2018), quien menciona que las cervezas Ale elaboradas con maltas más tostadas pueden iniciar el proceso con una alta concentración de sólidos, pero a medida que transcurre el envejecimiento, estos disminuyen debido a la actividad enzimática y la precipitación de partículas en suspensión. Por otro lado, las cervezas rojas y rubias presentaron valores menores de sólidos totales, con una clara tendencia decreciente conforme aumentaba la temperatura y el tiempo de fermentación.

A temperaturas de 30 °C, se observó que los sólidos totales en estos estilos disminuyeron hasta valores cercanos a 4.6 – 5.2, lo que indica una mayor eficiencia en el envejecimiento y clarificación del producto. Este resultado está en línea con los hallazgos de Valentoni et al. (2022), quienes identificaron que temperaturas elevadas aceleran la descomposición de proteínas y polisacáridos, lo que reduce la turbidez de la cerveza y modifica su textura final. Otro aspecto clave que se evidenció en este estudio es que las cervezas almacenadas a temperaturas más elevadas mostraron una disminución aún más pronunciada en los sólidos totales. Esto puede estar asociado a la precipitación de compuestos coloidales y la formación de sedimentos, lo que impacta directamente en la claridad y estabilidad del producto. Según Estela (2024), almacenar la cerveza entre 0 °C y 8 °C contribuye a mantener su estabilidad, evitando la degradación de los componentes estructurales y prolongando la calidad sensorial del producto.

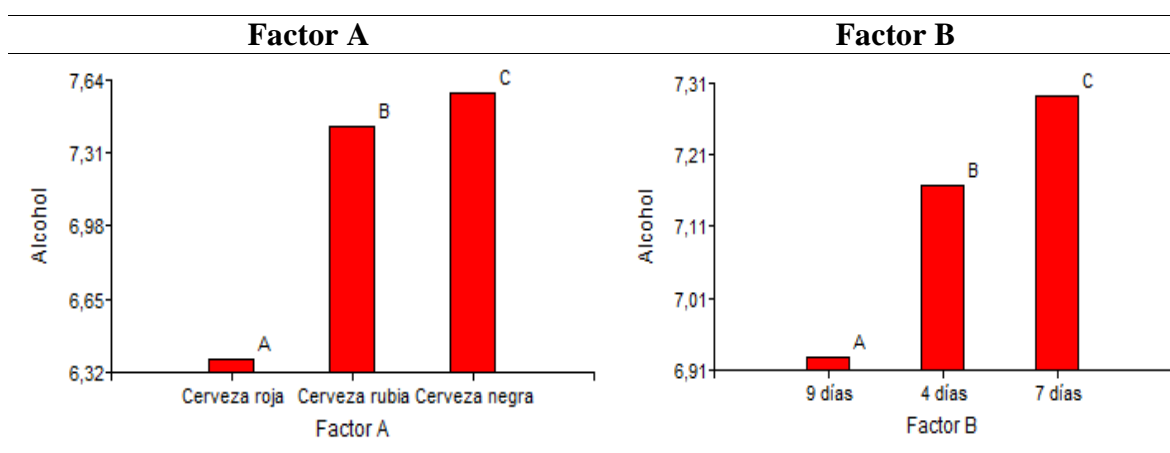
Estos resultados subrayan la importancia del control preciso de la temperatura no solo en el envejecimiento, sino también en la etapa de almacenamiento. La regulación de los sólidos totales es clave para mantener la textura, cuerpo y claridad de la cerveza, elementos que afectan tanto la percepción sensorial del consumidor como la vida útil del producto. Optimizar estos parámetros permitirá obtener cervezas con mejores características organolépticas y mayor estabilidad en el tiempo.

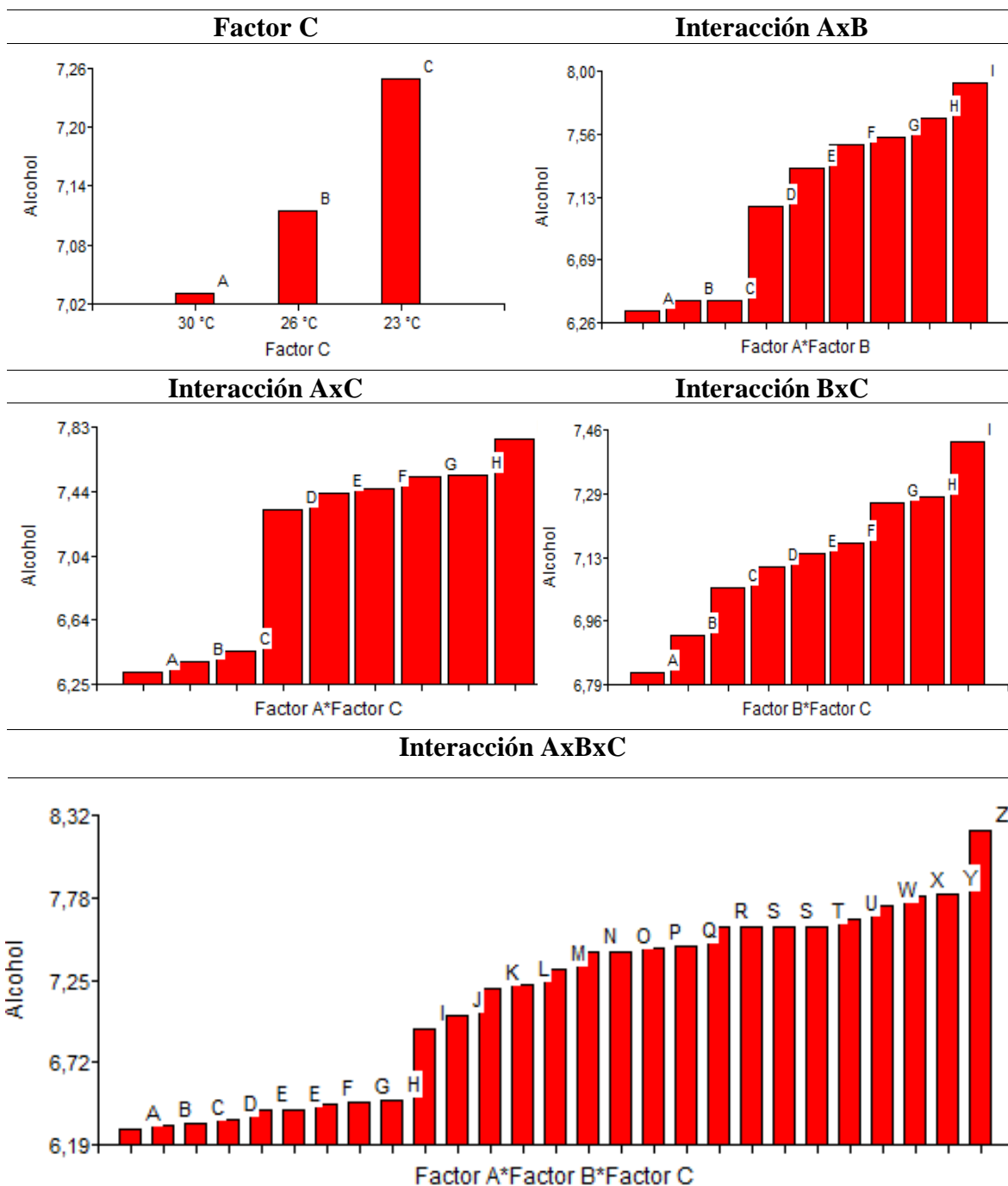
Tabla 9.*Análisis de Varianza para contenido de alcohol - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	27.42	28	0.98	94572.82	<0.0001
Factor A	22.88	2	11.44	11047.19	<0.0001
Factor B	1.83	2	0.91	88169.22	<0.0001
Factor C	0.66	2	0.33	31937.20	<0.0001
Réplicas	0.00	2	0.00	6.2E-04	0.9994
Factor A*Factor B	1.80	4	0.45	43537.18	<0.0001
Factor A*Factor C	0.10	4	0.03	24507.72	<0.0001
Factor B*Factor C	0.03	4	0.01	64620.01	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	0.12	8	0.02	14755.26	<0.0001
Error	5.4E-09	54	1.0E-10		
Total	27.42	80			

Elaborado: Autora

Descripción: El alcohol mostró efectos altamente significativos ($p < 0.0001$) para todos los factores principales (tipo de cerveza, tiempo y temperatura), así como para sus interacciones. El modelo explicó la totalidad de la variación observada ($SC = 27.42$). Destacan los factores A y B, con valores F extremadamente altos, lo que evidencia que el tipo de cerveza y el tiempo de envejecimiento influyen de manera determinante en la producción de alcohol.

Figura 6.*Interacciones variables (contenido de alcohol)*



Elaborado: Autora

Descripción: El contenido de alcohol mostró efectos combinados marcados entre los factores evaluados. En AB, la mayor concentración se obtuvo en la cerveza negra envejecida durante 7 días, mientras que la roja a 9 días presentó los valores más bajos. En AC, los valores más altos se observaron en la cerveza negra envejecida a 23 °C. En BC, el alcohol aumentó al reducir la temperatura y al extender el tiempo a 7 días. La interacción triple AB*C evidenció una variación progresiva del alcohol, alcanzando el valor más alto en la combinación de cerveza negra, 7 días y 23 °C.

Discusión: El equilibrio entre la producción de alcohol y el perfil sensorial de la cerveza depende de varios factores, siendo la temperatura de envejecimiento uno de los más determinantes. En este estudio, se encontró que las cervezas negras alcanzaron las mayores concentraciones de alcohol, llegando hasta un 8.28 % a los 7 días de fermentación a 23 °C. En contraste, las cervezas rubias y rojas presentaron valores más bajos, con un promedio que varió entre 6.19 % y 7.35 %. Las diferencias en la cantidad de alcohol entre los diferentes tipos de cerveza pueden explicarse por la composición de azúcares fermentables y el metabolismo de las levaduras. Según Castañeda (2018), las cervezas Ale fermentan mejor en un rango de 16 °C a 29 °C, pero la cantidad de maltas utilizadas influye en la disponibilidad de azúcares para la fermentación. Esto explicaría por qué las cervezas negras, que suelen contener mayor proporción de maltas tostadas, logran niveles de alcohol más elevados en comparación con las rubias y rojas.

Otro aspecto interesante es la tendencia a la reducción del contenido alcohólico cuando la temperatura y el tiempo de envejecimiento aumentan. A los 9 días y a 30 °C, se observó una disminución en la concentración de alcohol en todas las cervezas, con un impacto más marcado en las rubias y rojas. Este fenómeno se debe a la volatilización del etanol y a la formación de compuestos secundarios a temperaturas más elevadas, lo que afecta la estabilidad y calidad del producto final, tal como lo reportan Valentoni et al. (2022). Sin embargo, en temperaturas intermedias, como 26 °C, se observó un mejor desempeño en la producción de alcohol, marcando un punto óptimo antes de que el rendimiento del envejecimiento comience a decaer al subir a 30 °C. Esta ligera “cima” en la producción de etanol refuerza la importancia de mantener el envejecimiento dentro de rangos controlados para evitar pérdidas y asegurar una buena calidad del producto final.

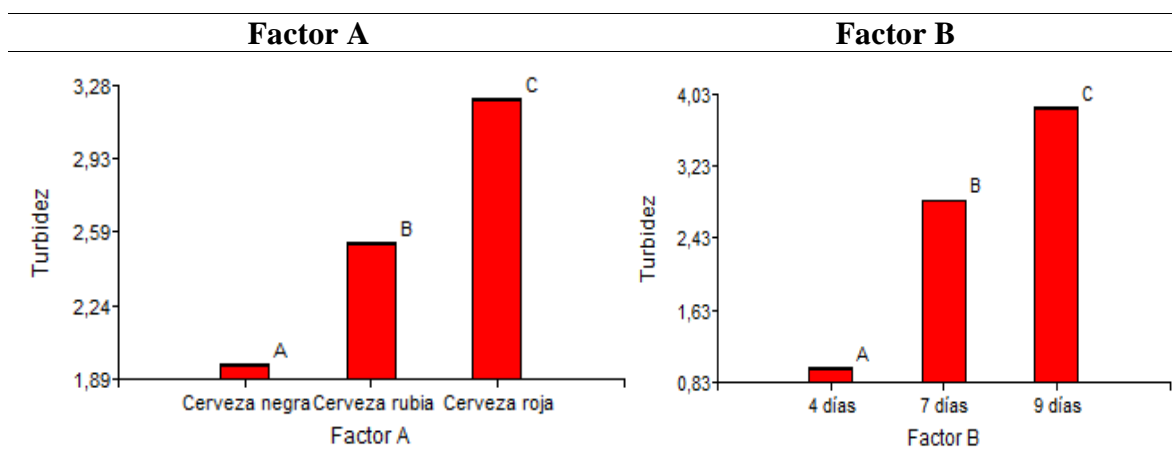
Además, la temperatura tiene un efecto directo sobre la velocidad de envejecimiento. En este estudio, se evidenció que temperaturas moderadas dentro del rango óptimo (23 °C – 26 °C) favorecieron una producción de alcohol más eficiente y estable. Sin embargo, al alcanzar los 30 °C, la concentración alcohólica final disminuyó, lo que sugiere que temperaturas más altas pueden provocar pérdidas de etanol por evaporación y afectar la composición química de la cerveza. Esto coincide con lo señalado por Estela (2024), quien destaca que un control adecuado del envejecimiento es clave para evitar estas pérdidas y garantizar un balance adecuado en el producto. Dado que el contenido alcohólico influye en la percepción del cuerpo, la intensidad y el perfil sensorial de la cerveza, es fundamental mantener una temperatura controlada durante el envejecimiento.

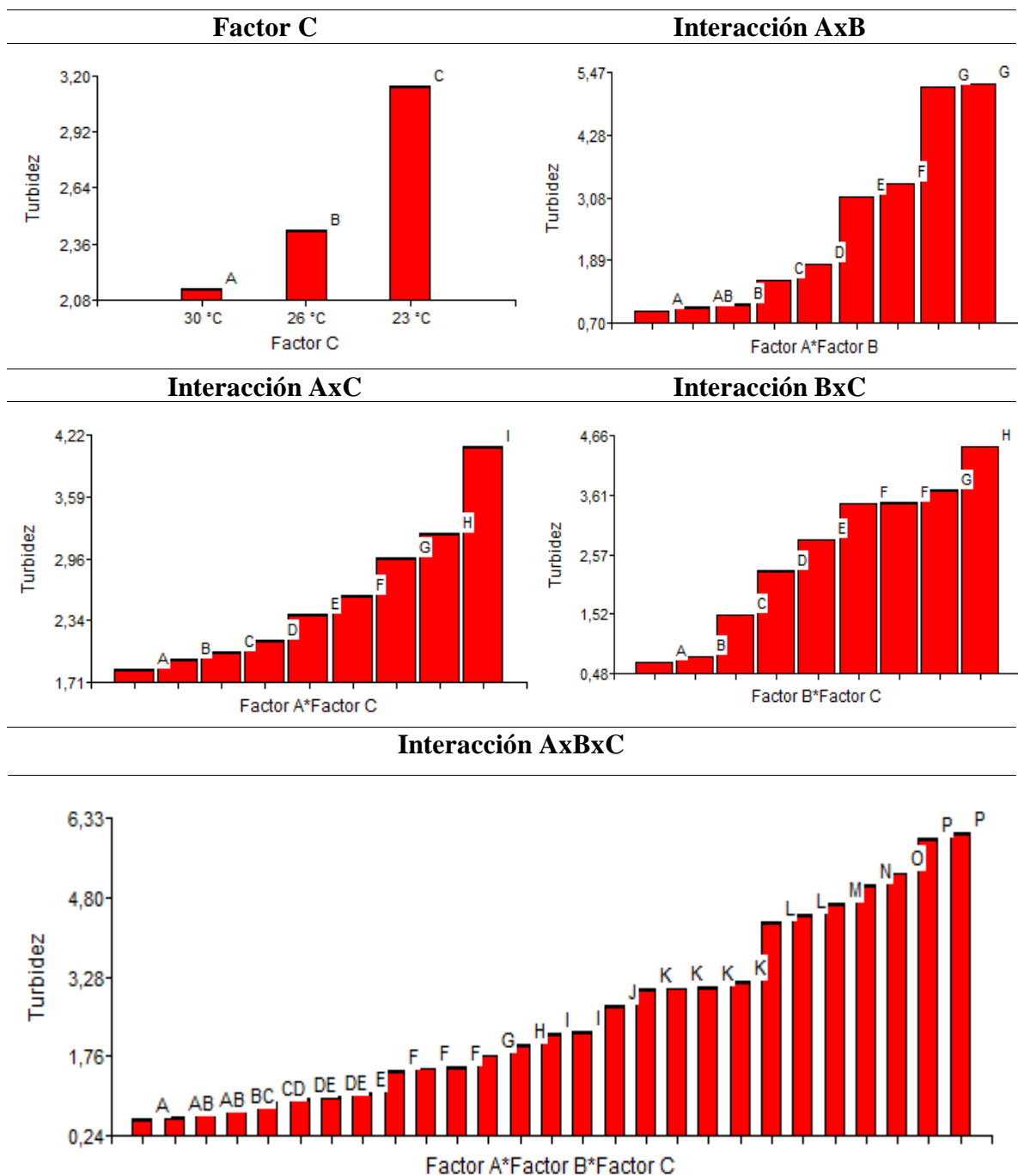
Tabla 10.*Análisis de Varianza para turbidez - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	237.17	28	8.47	3546.31	<0.0001
Factor A	21.25	2	10.62	4447.82	<0.0001
Factor B	116.23	2	58.11	2433.74	<0.0001
Factor C	14.33	2	7.16	2999.25	<0.0001
Réplicas	0.01	2	3.4E-03	1.42	0.2502
Factor A*Factor B	80.47	4	20.12	8423.17	<0.0001
Factor A*Factor C	3.95	4	0.99	413.27	<0.0001
Factor B*Factor C	0.55	4	0.14	57.22	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	0.39	8	0.05	20.46	<0.0001
Error	0.12	54	2.4E-03		
Total	237.29	80			

Elaborado: Autora

Descripción: El análisis de varianza mostró que la turbidez fue claramente afectada por todos los factores evaluados, con diferencias significativas tanto en los efectos principales como en las interacciones ($p < 0.0001$). Entre los efectos evaluados, la interacción entre tipo de cerveza y tiempo de envejecimiento (A*B) tuvo el mayor impacto sobre la turbidez, resaltando la importancia de ajustar ambos factores para lograr un producto más claro o con el grado de turbidez deseado.

Figura 7.*Interacciones variables (turbidez)*



Elaborado: Autora

Descripción: Las interacciones entre los factores evaluados evidencian un efecto combinado sobre la turbidez de las cervezas. En la interacción AB, las cervezas rojas envejecidas durante 9 días mostraron los valores más altos, mientras que las negras a 4 días fueron las más claras. En AC, la mayor turbidez se observó en la cerveza roja a 23 °C. Para BC, el aumento del tiempo junto con temperaturas más bajas elevó significativamente la turbidez, siendo más notable a 9 días y 23 °C. La triple interacción AB*C confirmó este patrón, destacando que la combinación de cerveza roja, 9 días y 23 °C generó la mayor acumulación de compuestos.

Discusión: La turbidez es un factor clave en la apariencia y calidad de la cerveza, ya que influye en su claridad y estabilidad. En este estudio, se observó que este parámetro varía significativamente entre los distintos tipos de cerveza. Las cervezas rubias y rojas presentaron los valores más altos de turbidez, mientras que las cervezas negras mostraron una menor concentración de partículas en suspensión, con valores más estables a lo largo del proceso de envejecimiento. Según Gan (2001), la temperatura de envejecimiento y almacenamiento tiene un impacto directo en la clarificación de la cerveza. En el caso de las cervezas rubias, se registró un pico de turbidez de 4.03 NTU a los 9 días de envejecimiento a 23 °C, lo que sugiere una acumulación considerable de partículas en suspensión. Sin embargo, a temperaturas más elevadas (30 °C), la turbidez disminuyó notablemente, indicando que la precipitación de proteínas y levaduras fue más eficiente en este rango térmico. Este fenómeno ya ha sido descrito en estudios previos, como el de Estela (2024), donde se evidenció que temperaturas más altas pueden acelerar la sedimentación de compuestos en la cerveza.

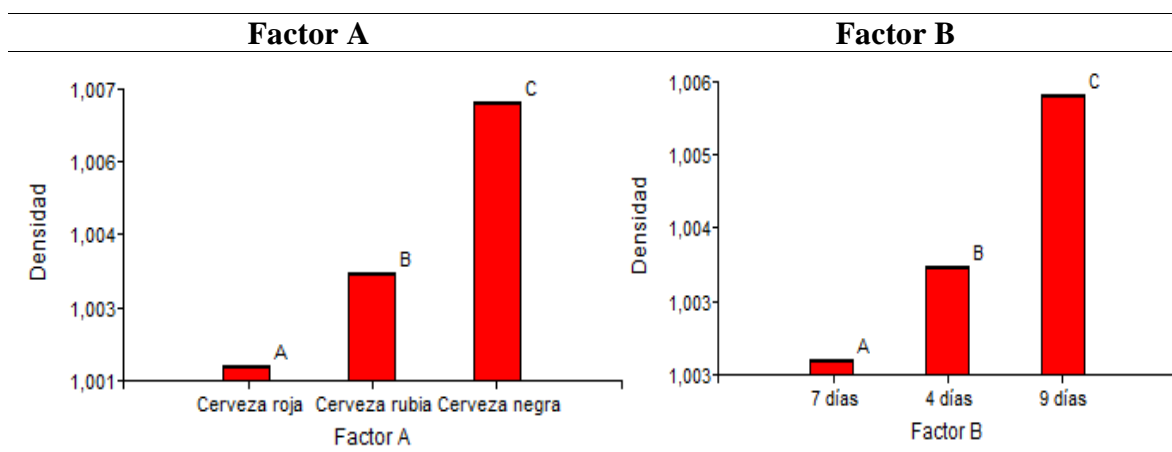
Las cervezas rojas mostraron un comportamiento similar. Su máxima turbidez alcanzó los 3.20 NTU a los 7 días de envejecimiento a 23 °C, pero se redujo progresivamente hasta 2.08 NTU a los 9 días cuando la temperatura se elevó a 30 °C. Esto refuerza la idea de que las temperaturas más altas pueden favorecer la coagulación de proteínas y la decantación de partículas en suspensión, mejorando la claridad final del producto, tal como lo menciona Estela (2024). En contraste, las cervezas negras presentaron niveles de turbidez significativamente más bajos desde el inicio del proceso de envejecimiento. A los 4 días, los valores oscilaron entre 0.70 y 1.03 NTU, manteniéndose prácticamente constantes con el paso del tiempo. Eizaguirre et al. (2024) atribuyen esta estabilidad a la presencia de pigmentos provenientes de las maltas tostadas, los cuales pueden facilitar la absorción de partículas y mejorar la estabilidad coloidal de la cerveza negra, reduciendo su turbidez de forma natural. Con estos resultados y según Castorena, Juárez, Cano, Santiago y López (2022), se sugiere que la turbidez no solo está determinada por el tipo de cerveza, sino que también es influenciada por la temperatura de envejecimiento y almacenamiento. La reducción de turbidez observada a 30 °C indica que temperaturas más altas pueden favorecer la sedimentación de partículas, lo que podría ser aprovechado estratégicamente para mejorar la estabilidad del producto sin necesidad de aplicar procesos adicionales de filtrado o clarificación. Esto refuerza la importancia de ajustar las condiciones de envejecimiento según el estilo de cerveza y el resultado final deseado.

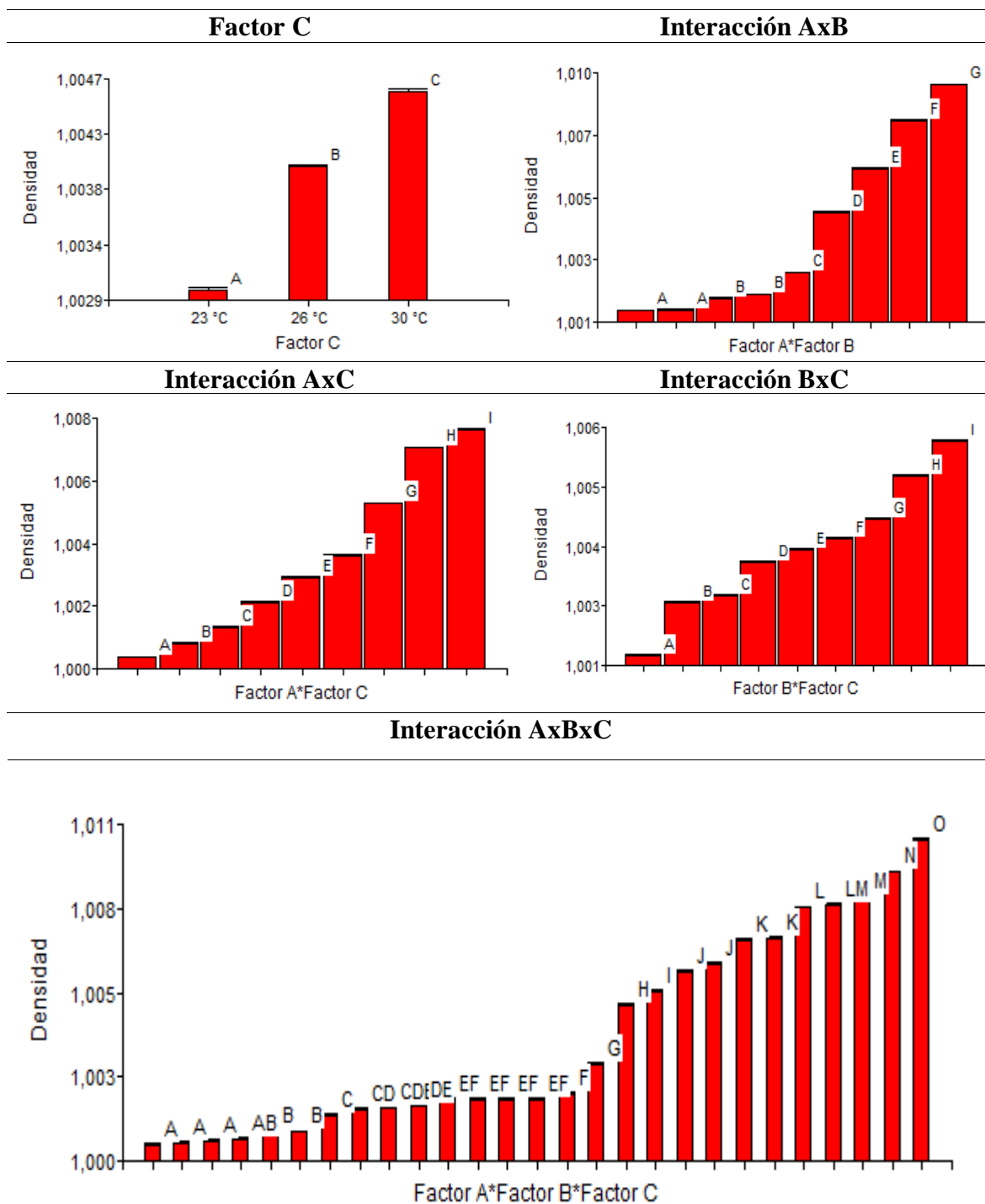
Tabla 11.*Análisis de Varianza para densidad - Suma de Cuadrados Tipo III*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	7.4E-04	28	2.7E-05	3312.69	<0.0001
Factor A	4.8E-04	2	2.4E-04	3019.48	<0.0001
Factor B	1.1E-04	2	5.3E-05	6582.42	<0.0001
Factor C	3.7E-04	2	1.8E-05	2281.93	<0.0001
Réplicas	3.5E-04	2	1.8E-09	0.22	0.8041
Factor A*Factor B	1.0E-04	4	2.6E-05	3189.20	<0.0001
Factor A*Factor C	6.2E-04	4	1.5E-06	193.41	<0.0001
Factor B*Factor C	1.8E-04	4	4.4E-07	55.33	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	7.1E-04	8	8.9E-07	11.42	<0.0001
Error	4.2E-04	54	8.0E-09		
Total	7.4E-04	80			

Elaborado: Autora

Descripción: Se evidenció que la densidad fue afectada significativamente por todos los factores principales (tipo de cerveza, tiempo y temperatura) y sus interacciones ($p < 0.0001$). El modelo explicó el total de la variación registrada ($SC = 7.4E-04$), con un error muy bajo ($SC = 4.2E-04$), lo que indica un ajuste preciso de los datos. Entre los efectos evaluados, el tiempo de envejecimiento (Factor B) tuvo un efecto notable sobre la densidad, seguido del tipo de cerveza, lo cual es coherente con el proceso de conversión de azúcares y generación de alcohol durante el envejecimiento.

Figura 8.*Interacciones variables (densidad)*



Elaborado: Autora

Descripción: Las gráficas muestran que la densidad de las cervezas varió notablemente según las combinaciones de tipo, tiempo y temperatura de envejecimiento. En la interacción AB, la mayor densidad se registró en la cerveza negra a 9 días, mientras que la roja a 7 días presentó los valores más bajos. En AC, los valores más altos se dieron en la cerveza negra envejecida a 30 °C. La interacción BC también reflejó un aumento progresivo con mayor tiempo y temperatura. Finalmente, en la triple interacción AB*C, la densidad más alta se

alcanzó en la combinación de cerveza negra, 9 días y 30 °C, lo que evidencia un efecto acumulativo de los tres factores sobre este parámetro.

Discusión: En este parámetro se observó que la densidad varió dependiendo del tipo de cerveza, la temperatura y el tiempo de envejecimiento. Esto indica que estos factores pueden influir en la transformación de los azúcares en alcohol y, por lo tanto, en la composición final de la cerveza. Las cervezas rubias mostraron valores iniciales de densidad entre 1.0030 y 1.0042 durante los primeros 4 días de envejecimiento. A medida que el proceso avanzó y la temperatura aumentó, se observó un incremento en la densidad, llegando a 1.0064 a los 9 días cuando la temperatura alcanzó los 30 °C. Esto sugiere que las levaduras no lograron fermentar completamente los azúcares disponibles en condiciones de mayor temperatura, lo que resultó en una mayor retención de azúcares no envejecidos. Gan (2001) reportó un comportamiento similar, indicando que temperaturas elevadas pueden afectar la actividad enzimática y reducir la eficiencia en la conversión de azúcares fermentables, lo que explicaría el aumento de la densidad en las cervezas rubias de este estudio.

Las cervezas rojas presentaron un patrón intermedio. Durante los primeros 4 días de envejecimiento, la densidad se mantuvo estable entre 1.0010 y 1.0016, con un leve aumento conforme pasaron los días. A diferencia de las rubias, la variación en la densidad fue menos pronunciada, lo que sugiere un envejecimiento más estable. Según Estela (2024), este comportamiento podría deberse a la composición de la malta y la interacción con las levaduras, ya que algunos compuestos pueden ralentizar la conversión de los azúcares sin alterar demasiado la estabilidad de la cerveza.

Las cervezas negras, en cambio, mostraron los valores de densidad más altos, sobre todo en las primeras fases de envejecimiento. A los 4 días, la densidad se encontraba entre 1.0067 y 1.0080, disminuyendo levemente con el tiempo. Eizaguirre et al. (2024) explican que este comportamiento se debe a la presencia de una mayor cantidad de compuestos no fermentables en las maltas tostadas, los cuales aportan cuerpo y viscosidad a la cerveza sin convertirse completamente en alcohol. Esto coincide con la percepción sensorial de las cervezas negras, que suelen tener un cuerpo más denso y una textura más robusta en comparación con otros estilos. Otro punto relevante fue el efecto de la temperatura en la densidad final. A 30 °C, la densidad disminuyó menos en comparación con temperaturas más bajas, lo que sugiere que el envejecimiento no se completó de manera eficiente. Esto podría estar relacionado con el límite de tolerancia térmica de las levaduras, ya que a temperaturas elevadas su capacidad para consumir azúcares se ve afectada. Deng, Lim y Kim (2020) advierten que temperaturas demasiado altas pueden reducir la viabilidad de las

levaduras, disminuyendo su eficiencia en la fermentación y alterando la composición final de la cerveza. Estos resultados resaltan la importancia de mantener la temperatura dentro de un rango óptimo para garantizar un envejecimiento adecuado. Un control preciso de la densidad no solo asegura una mejor calidad y estabilidad en la cerveza, sino que también permite optimizar su perfil sensorial, logrando un equilibrio adecuado entre el contenido de alcohol y la percepción en boca.

Tabla 12.

Análisis de Varianza para mohos y levaduras - Suma de Cuadrados Tipo III

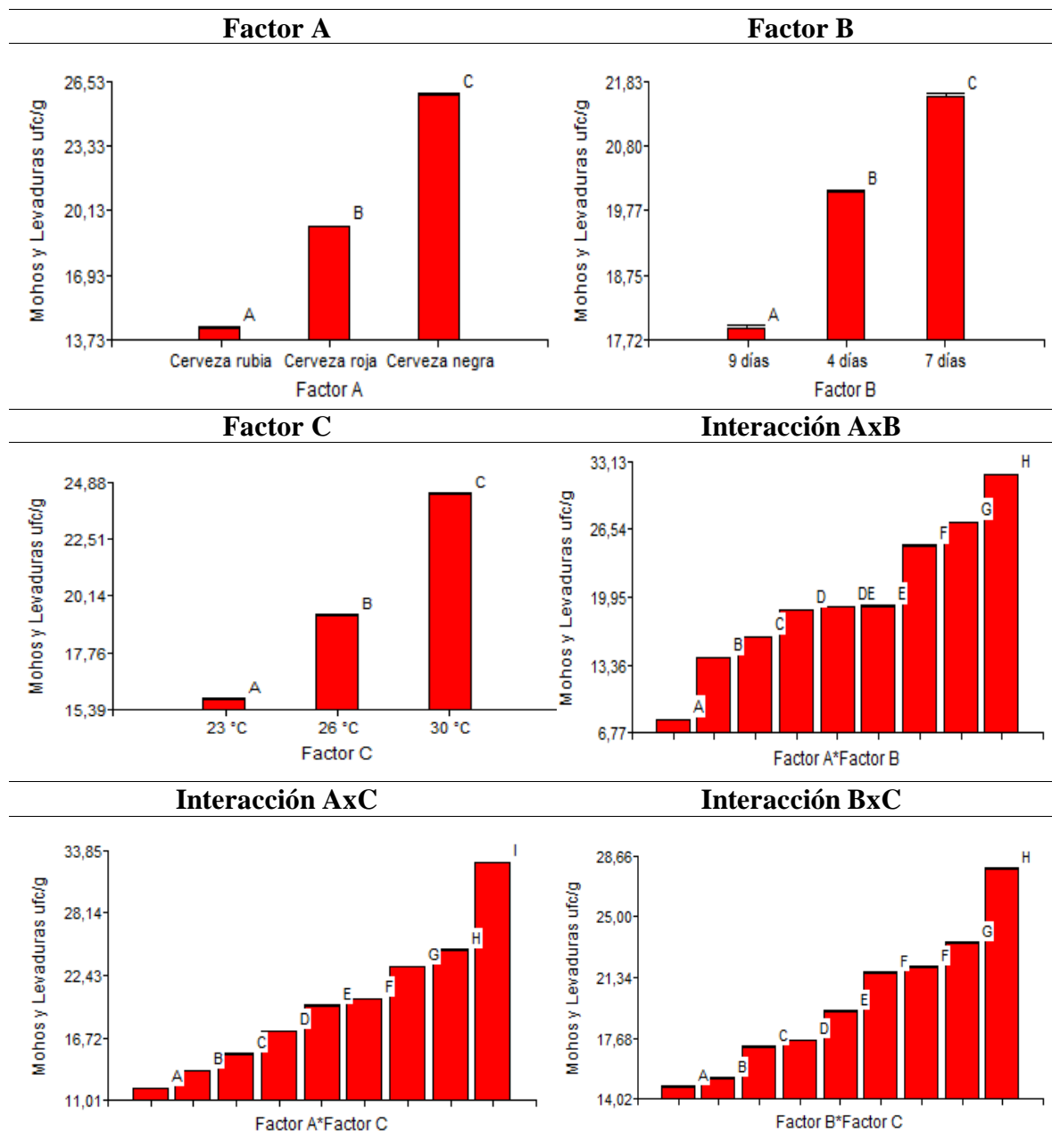
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	5228.83	28	186.74	3721.98	<0.0001
Factor A	1826.38	2	913.19	1820.73	<0.0001
Factor B	185.64	2	92.82	1850.02	<0.0001
Factor C	1006.16	2	503.08	1002.85	<0.0001
Réplicas	0.23	2	0.12	2.34	0.1069
Factor A*Factor B	1737.66	4	434.41	8658.27	<0.0001
Factor A*Factor C	136.29	4	34.07	679.08	<0.0001
Factor B*Factor C	121.48	4	30.37	605.32	<0.0001
Factor A*Factor B*Factor C	214.99	8	26.87	535.61	<0.0001
Error	2.61	54	0.05		
Total	5231.44	80			

Elaborado: Autora

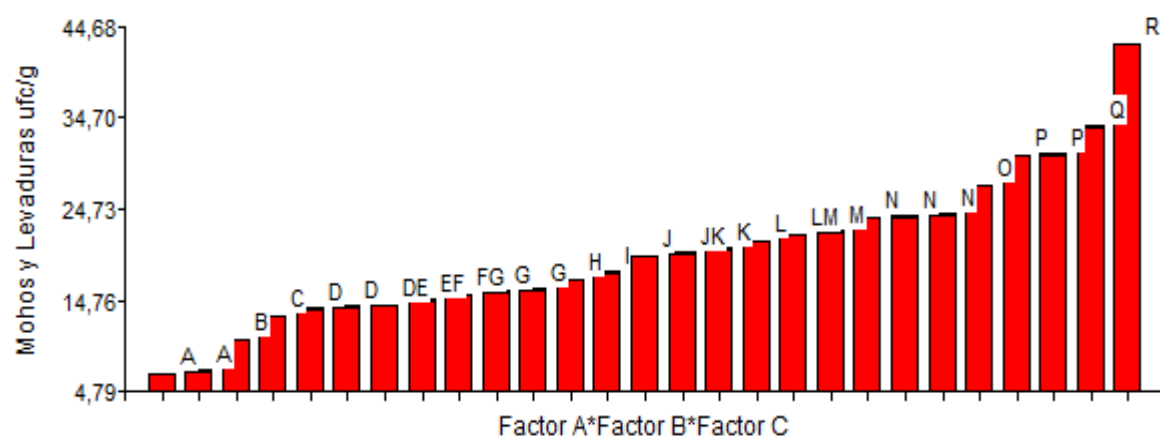
Descripción: El análisis estadístico demostró que la presencia de mohos y levaduras fue significativamente afectada por todos los factores evaluados y sus interacciones ($p < 0.0001$). El modelo explicó prácticamente toda la variación observada (SC = 5228.83 de 5231.44), con un error residual mínimo (SC = 2.61), lo que indica un alto grado de control experimental. Las diferencias entre réplicas no fueron significativas ($p = 0.1069$), lo que respalda la consistencia de los datos. La interacción entre tipo de cerveza y tiempo de envejecimiento (A*B) mostró el mayor impacto sobre el desarrollo microbiano, lo que sugiere que la combinación de estos dos factores influye directamente en el crecimiento de mohos y levaduras durante el proceso.

Figura 9.

Interacciones variables (Mohos y levaduras)



Interacción AxBxC



Elaborado: Autora

Descripción:

Se evidenciaron diferencias marcadas en el recuento de mohos y levaduras según la combinación de factores evaluados. En la interacción AB, las cervezas negras a 7 días alcanzaron el mayor crecimiento microbiano, mientras que las rubias a 9 días mostraron los valores más bajos. En AC, el recuento más alto se presentó en las cervezas negras a 30 °C, lo que refuerza la influencia de la temperatura en la proliferación de estos microorganismos. En BC, los mayores valores se dieron a 7 días y 30 °C, lo que sugiere un efecto acumulativo del tiempo y la temperatura sobre la carga microbiana. La triple interacción AB*C confirmó estas tendencias: la combinación de cerveza negra, 7 días y 30 °C generó el valor más alto de todo el estudio (44.6 UFC/g), mientras que las combinaciones con cerveza rubia y 23 °C presentaron los conteos más bajos.

Discusión: El crecimiento de mohos y levaduras en la cerveza es un aspecto que puede afectar tanto su calidad como su seguridad para el consumo. Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10, el límite permitido para mohos y levaduras en alimentos es de <math><10\text{ UFC/cm}^3</math>, por lo que valores superiores pueden indicar una posible contaminación microbiológica. En este estudio, se encontró que el crecimiento de estos microorganismos varió significativamente según el tipo de cerveza, la temperatura y el tiempo de fermentación. Las cervezas rubias presentaron conteos por debajo del límite normativo en los primeros días de envejecimiento. Sin embargo, a partir del cuarto día, los valores comenzaron a aumentar, alcanzando un rango entre 6.55 y 15.1 UFC/cm³, lo que significa que algunas muestras ya superaban el límite aceptable. A los siete días, los valores

disminuyeron en las cervezas envejecidas a 23 °C y 26 °C, pero en aquellas a 30 °C, los conteos aumentaron a 10.45 UFC/cm³, lo que sugiere que temperaturas más altas pueden favorecer la proliferación de microorganismos no deseados. Para el noveno día, los niveles de contaminación se dispararon, con valores de hasta 20.2 UFC/cm³, confirmando que una fermentación prolongada sin control estricto de higiene y temperatura puede comprometer la calidad del producto.

Las cervezas rojas mostraron un comportamiento distinto. Desde los primeros días de envejecimiento, los niveles de mohos y levaduras fueron más altos en comparación con las rubias. A los siete días, los conteos oscilaron entre 14 y 27.2 UFC/cm³, superando ampliamente la normativa ecuatoriana. En el noveno día, los valores se mantuvieron elevados, en un rango de 17.6 a 23.8 UFC/cm³, lo que sugiere que el crecimiento microbiológico continuó de manera progresiva. Este comportamiento podría estar relacionado con una menor resistencia de este tipo de cerveza a la contaminación o con la influencia de ciertos compuestos presentes en la malta y la levadura, que pueden favorecer la proliferación de estos microorganismos si no se manejan adecuadamente las condiciones de envejecimiento. En el caso de las cervezas negras, los niveles de contaminación fueron los más altos de todo el estudio. A los cuatro días, los valores ya alcanzaban 33.8 UFC/cm³, superando por mucho los límites permitidos. Aunque en algunas muestras los valores disminuyeron levemente con el tiempo, los conteos seguían muy por encima de lo establecido incluso en el noveno día, con registros entre 14.8 y 32.4 UFC/cm³. Esto indica que las cervezas negras fueron las más susceptibles al crecimiento de mohos y levaduras, lo que podría estar relacionado con su composición y el tipo de maltas utilizadas.

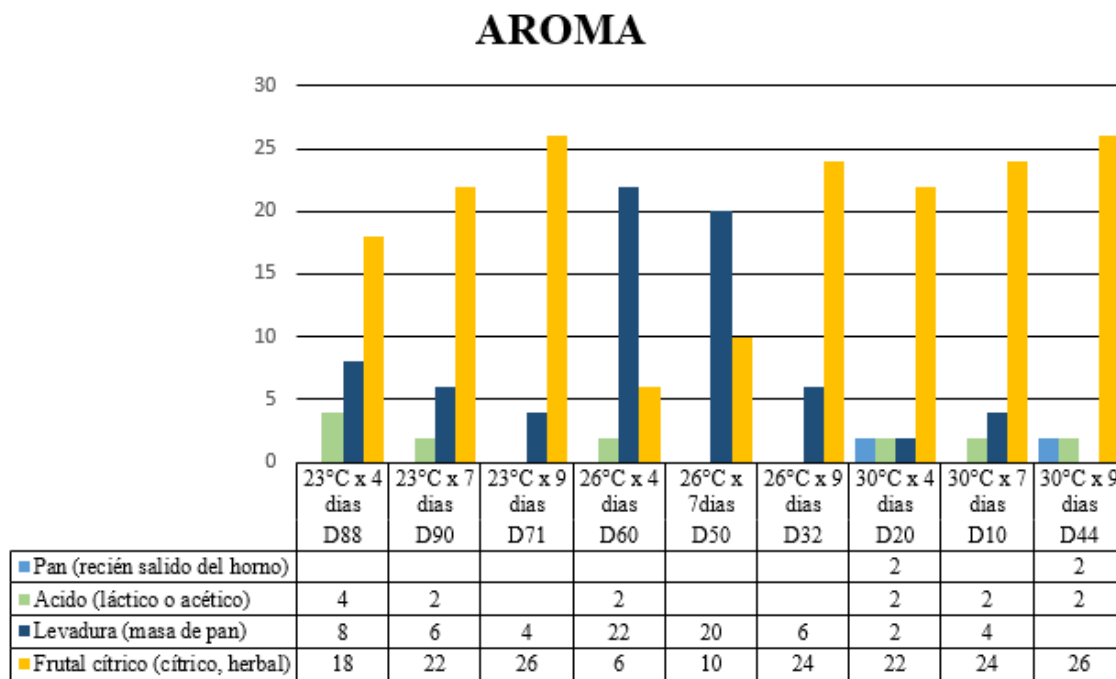
Estos resultados coinciden con un estudio realizado en Buenos Aires (Cuellar, 2018), donde se encontró que el 70 % de las cervezas analizadas tenían contaminación microbiológica, con una predominancia de levaduras del género *Saccharomyces* y *Pichia*, además de bacterias como *Acetobacter*, que pueden afectar la estabilidad del producto. Asimismo, en una investigación de Latorre et al. (2022) se evidenció que las cervezas artesanales embotelladas presentan alteraciones en sus atributos sensoriales cuando hay presencia de contaminantes microbiológicos.

4.1.2. Resultados del análisis sensorial de los diferentes tipos de cervezas

4.1.2.1. Resultados de la cerveza rubia de trigo

Figura 10.

Atributo de Aroma (cerveza rubia de trigo)



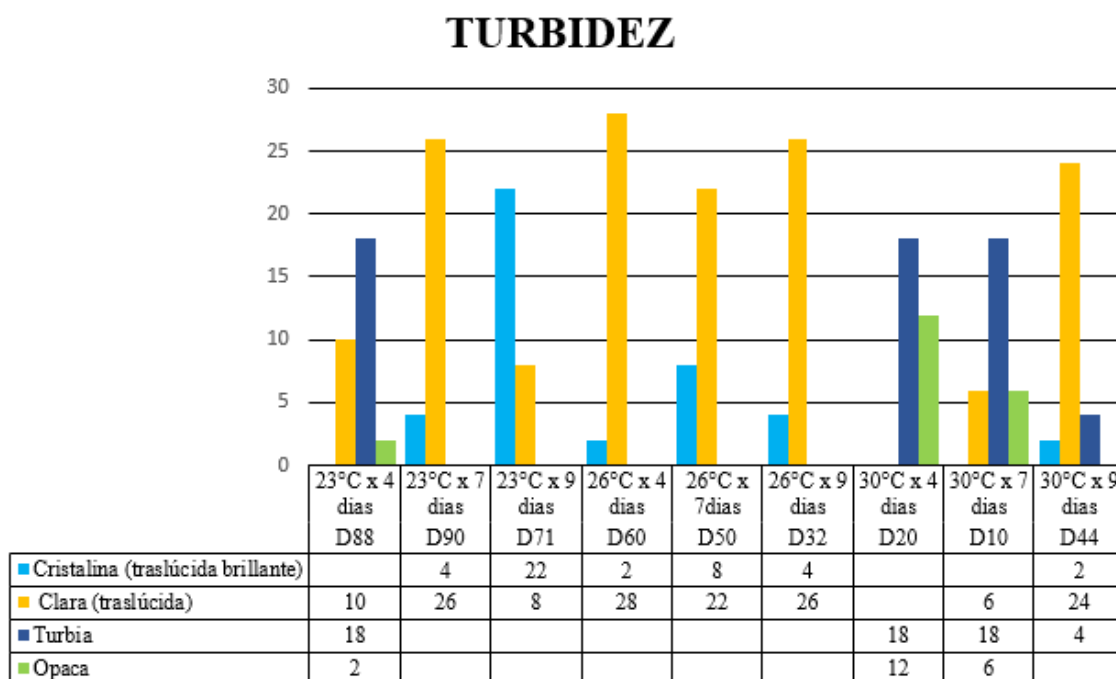
Elaborado: Autora

La figura 10, muestra la evaluación del atributo de aroma en muestras de cerveza rubia de trigo, analizadas por un panel de 30 catadores bajo diferentes tratamientos de temperatura y tiempo de envejecimiento. Cada tratamiento está codificado con la letra D seguida de un número (por ejemplo, D88), lo cual permite identificar combinaciones específicas de temperatura (23 °C, 26 °C, 30 °C) y días de envejecimiento (4, 7 o 9 días). El aroma frutal cítrico (cítrico, herbal) fue el descriptor dominante en todas las muestras, con los valores más altos registrados en D71 (23 °C × 9 días) y D44 (30 °C × 9 días), ambos con 26 respuestas, lo que indica que los tiempos prolongados de fermentación favorecen este perfil aromático. El tratamiento D60 (26 °C × 4 días) también destacó con 22 respuestas, demostrando que una temperatura media puede generar este carácter incluso en menor tiempo. El aroma a levadura (masa de pan) mostró sus valores más altos en D60 (22) y D50 (20), lo que sugiere que temperaturas moderadas y tiempos intermedios (4 a 7 días) potencian esta característica. En cambio, los descriptores de aroma ácido (láctico o acético)

y a pan (recién salido del horno) presentaron baja frecuencia en todas las muestras, con valores entre 2 y 4, lo cual indica que estos atributos fueron percibidos débilmente por el panel.

Figura 11.

Atributo de Turbidez (cerveza rubia de trigo)

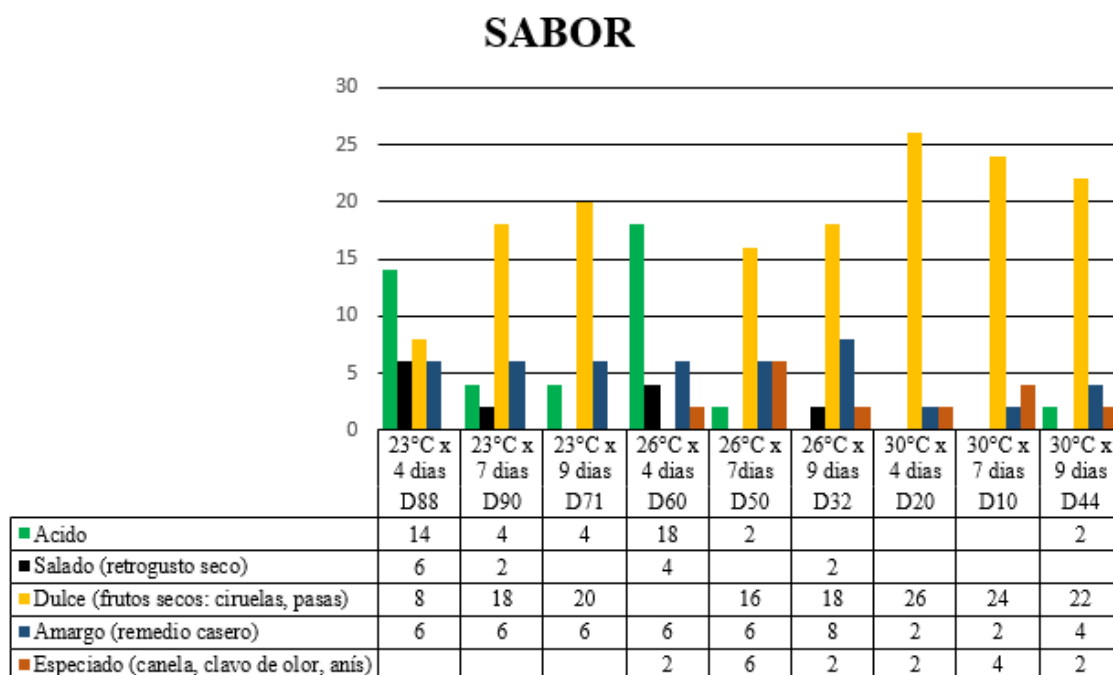


Elaborado: Autora

El atributo de turbidez en la cerveza rubia de trigo presentó una marcada predominancia de la característica “clara (traslúcida)” fue la más destacada en la mayoría de tratamientos, especialmente en D60 (26 °C × 4 días) y D44 (30 °C × 9 días), con 28 y 24 respuestas respectivamente. La característica “cristalina” alcanzó su mayor valor en D90 (23 °C × 7 días), mientras que fue poco percibida en D60 y D32. La turbidez predominó en D88, D10 y D20, con hasta 19 respuestas, y la opacidad fue más evidente en D20 con 12 respuestas, evidenciando que temperaturas altas y tiempos cortos aumentan la presencia de partículas suspendidas, mientras que temperaturas moderadas y tiempos prolongados favorecen una apariencia más limpia.

Figura 12.

Atributo de Sabor (cerveza rubia de trigo)

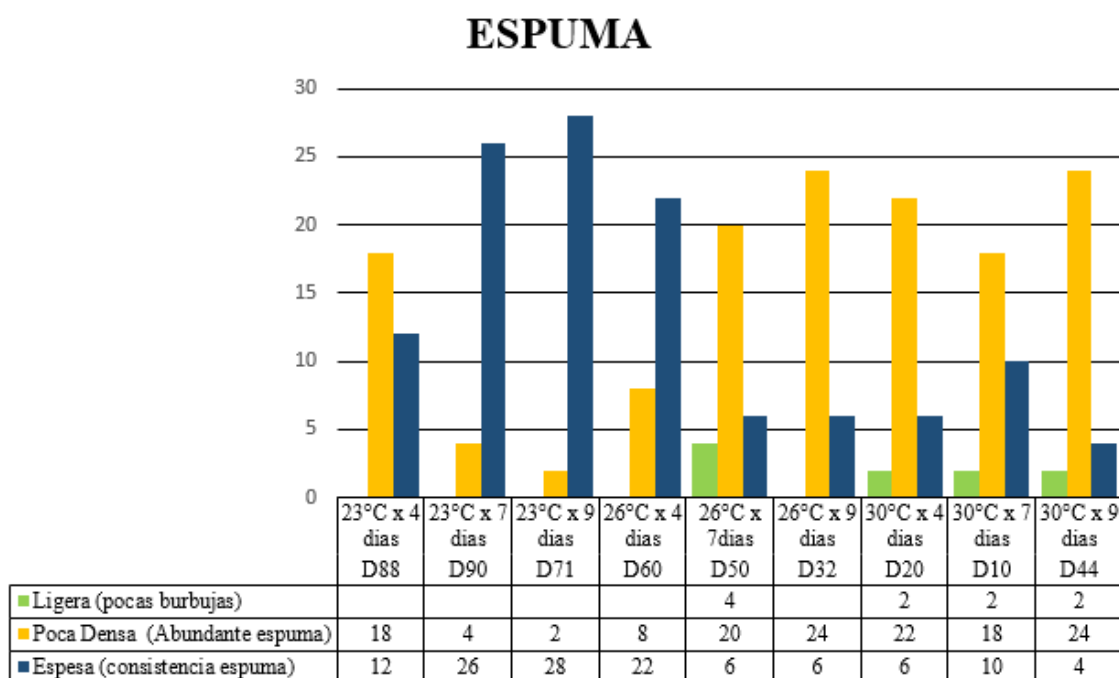


Elaborado: Autora

En la figura 12 se muestra que el sabor dulce (frutos secos) fue el atributo predominante en todos los tratamientos, con mayor intensidad en D20 (30 °C × 4 días), D10 (30 °C × 7 días) y D44 (30 °C × 9 días), alcanzando 26, 24 y 22 respuestas respectivamente, lo que indica que temperaturas más altas favorecen este perfil. El sabor ácido tuvo su punto máximo en D88 (23 °C × 4 días) con 14 respuestas, disminuyendo notablemente en el resto. El amargor se mantuvo constante con valores entre 4 y 6, sin tendencia clara. El sabor especiado fue perceptible en bajos niveles en casi todos los tratamientos, mientras que el sabor salado fue apenas detectado, reflejando su baja incidencia en esta cerveza.

Figura 13.

Atributo de Espuma (cerveza rubia de trigo)

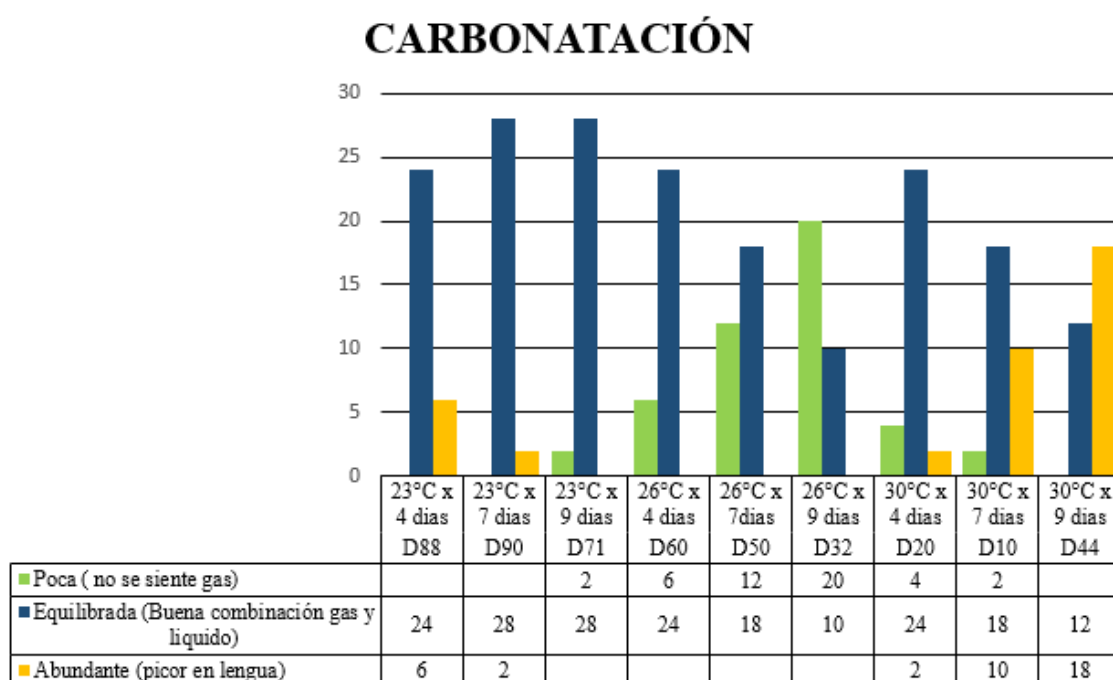


Elaborado: Autora

La espuma espesa fue la característica más representativa, especialmente en los tratamientos D71 (23 °C × 9 días), D90 (23 °C × 7 días) y D60 (26 °C × 4 días), con 28, 26 y 22 menciones respectivamente, evidenciando que temperaturas moderadas y envejecimiento prolongadas favorecen una mayor consistencia. La espuma poca densa se observó principalmente en los tratamientos D88 (23 °C × 4 días) y D20 (30 °C × 4 días), con 18 menciones cada uno, indicando una espuma abundante pero sin cuerpo en condiciones de menor duración o mayor temperatura. La espuma ligera fue poco común, con solo 1 a 2 menciones en la mayoría de tratamientos, salvo en D32 (26 °C × 9 días) donde alcanzó 6 menciones, sugiriendo una menor estabilidad cuando el envejecimiento se extiende en condiciones más cálidas.

Figura 14.

Atributo de Carbonatación (cerveza rubia de trigo)



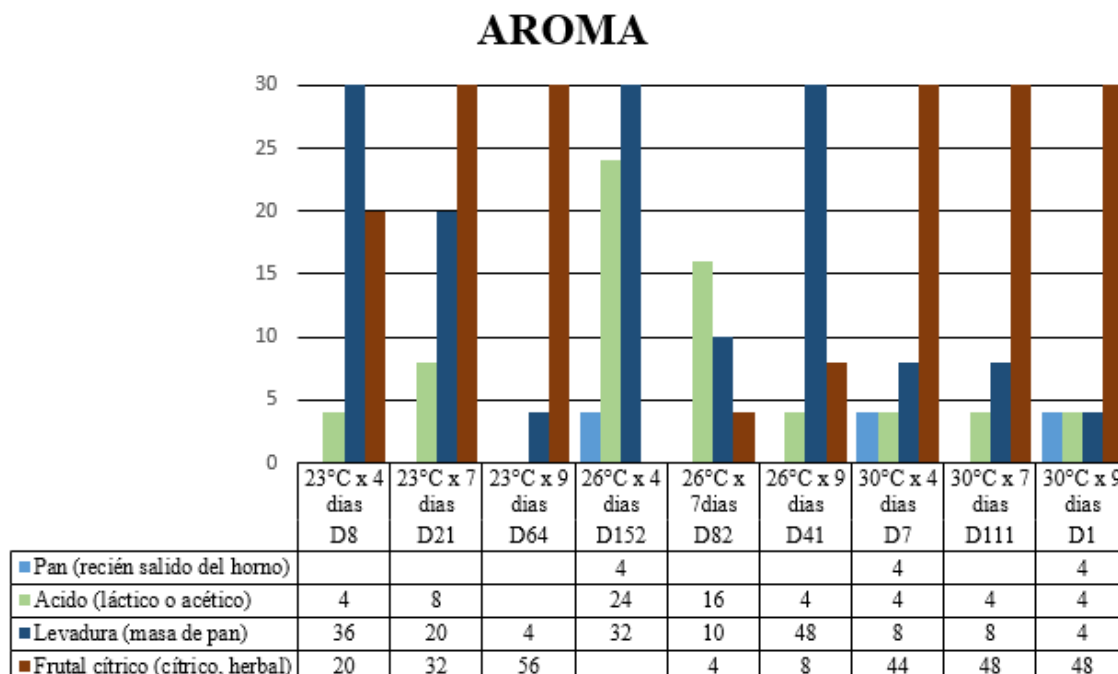
Elaborado: Autora

En la figura 14 de la carbonatación de la cerveza rubia de trigo se observa que la carbonatación equilibrada fue la categoría más destacada, especialmente en los tratamientos D88, D90, D71 y D60 (23 °C y 26 °C con 4 a 7 días de envejecimiento), donde obtuvo entre 24 y 28 menciones, lo que evidencia que esas condiciones promueven una percepción armoniosa entre gas y líquido. En contraste, la carbonatación poca se manifestó con mayor frecuencia en D32 (26 °C × 9 días) con 20 menciones, lo que sugiere una posible pérdida de gas en envejecimiento prolongado. Por otro lado, la carbonatación abundante fue más notoria en D44 (30 °C × 9 días) con 18 menciones, indicando que temperaturas elevadas y tiempos extensos tienden a incrementar la producción de gas, lo cual puede intensificar el picor en boca.

4.1.1.1. Resultados de la cerveza roja

Figura 15.

Atributo de Aroma (cerveza roja)



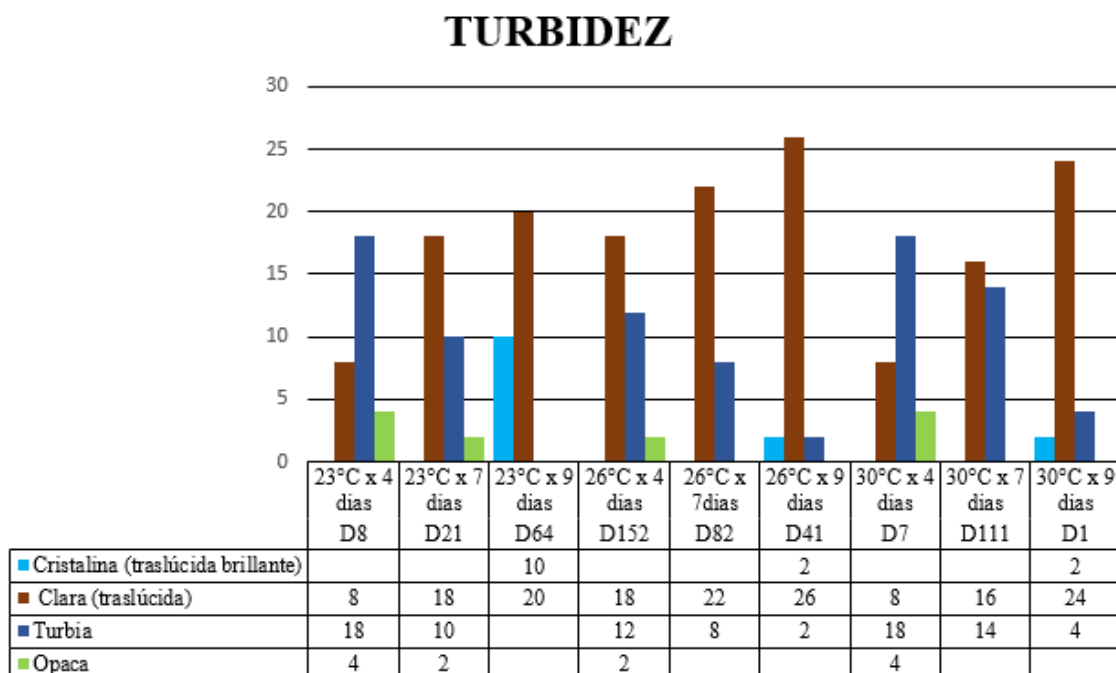
Elaborado: Autora

La Figura 15 muestra los resultados del análisis del atributo de aroma en la cerveza roja, evaluando diferentes combinaciones de temperatura y tiempo de envejecimiento representadas mediante una codificación alfanumérica para los tratamientos (por ejemplo, D8 = 23 °C × 4 días). El aroma frutal cítrico (cítrico, herbal) fue el descriptor más destacado, alcanzando su punto más alto en el tratamiento D64 (23 °C × 9 días) con un valor de 56, lo que sugiere que envejecimientos prolongados a temperaturas moderadas intensifican este perfil aromático. El aroma a levadura (masa de pan) tuvo su mayor intensidad en D41 (26 °C × 9 días) con un valor de 50, evidenciando que temperaturas ligeramente más elevadas y tiempos largos favorecen su percepción. En cuanto al aroma ácido (láctico o acético), su mayor presencia se registró en D152 (26 °C × 4 días) con un valor de 24, mientras que en el resto de tratamientos se mantuvo en niveles bajos. El aroma a pan (recién salido del horno) fue más notable en D8 (23 °C × 4 días) y D82 (26 °C × 7 días) con valores de 36 y 32 respectivamente, lo que indica que este descriptor se potencia en envejecimiento más cortos o con tiempos intermedios bajo condiciones térmicas controladas. En conjunto, los resultados muestran que el perfil aromático de la cerveza roja está fuertemente influenciado

por las condiciones de envejecimiento, con una clara predominancia de notas frutales en tratamientos de mayor duración y temperaturas moderadas, mientras que las notas de levadura y pan se intensifican en condiciones intermedias.

Figura 16.

Atributo de Turbidez (cerveza roja)

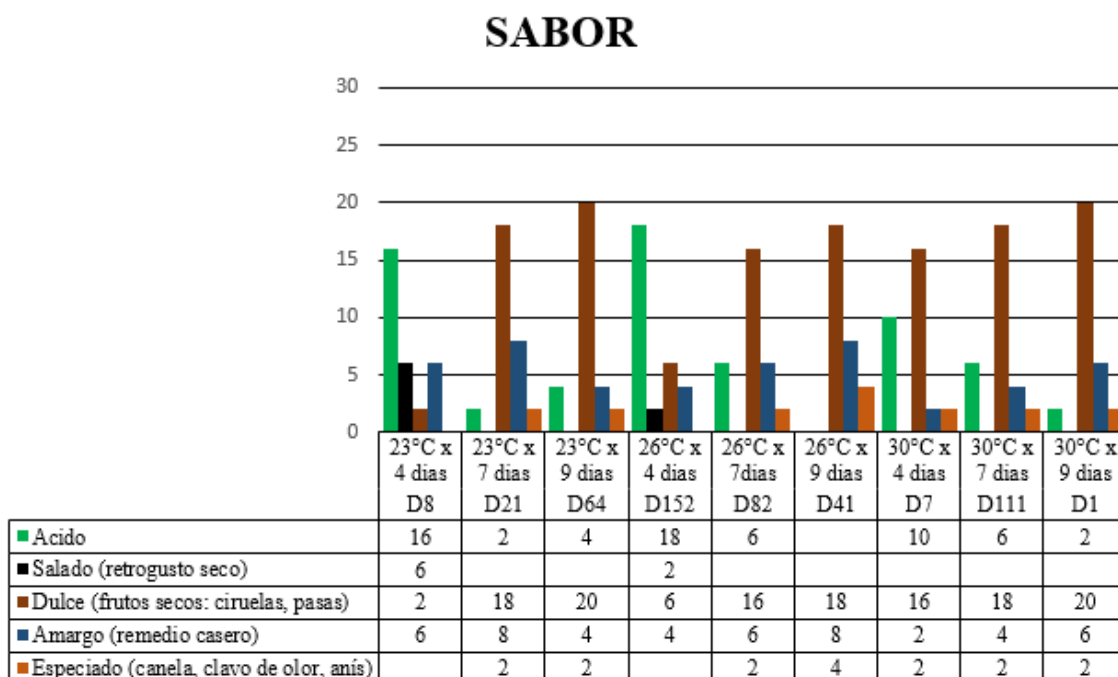


Elaborado: Autora

La turbidez en la cerveza roja muestra que la característica clara (traslúcida) predomina en la mayoría de los tratamientos, con valores que oscilan entre 8 y 13, alcanzando su punto máximo a 26 °C por 9 días, lo que sugiere que envejecimientos prolongados a temperaturas intermedias favorecen una apariencia más limpia. En contraste, la turbidez es variable y presenta valores más altos a 23 °C por 4 días, lo que indica que envejecimiento más cortos a temperaturas bajas pueden generar mayor presencia de partículas en suspensión. Por otro lado, la cristalinidad (traslúcida brillante) es más notoria en fermentaciones prolongadas tanto a temperaturas moderadas como elevadas. La opacidad es poco frecuente, con valores bajos y sin una tendencia definida. En general, los resultados indican que temperaturas moderadas y tiempos prolongados favorecen la claridad y cristalinidad de la cerveza roja, mientras que envejecimientos más cortos incrementan la turbidez, afectando su apariencia final.

Figura 17.

Atributo de Sabor (cerveza roja)

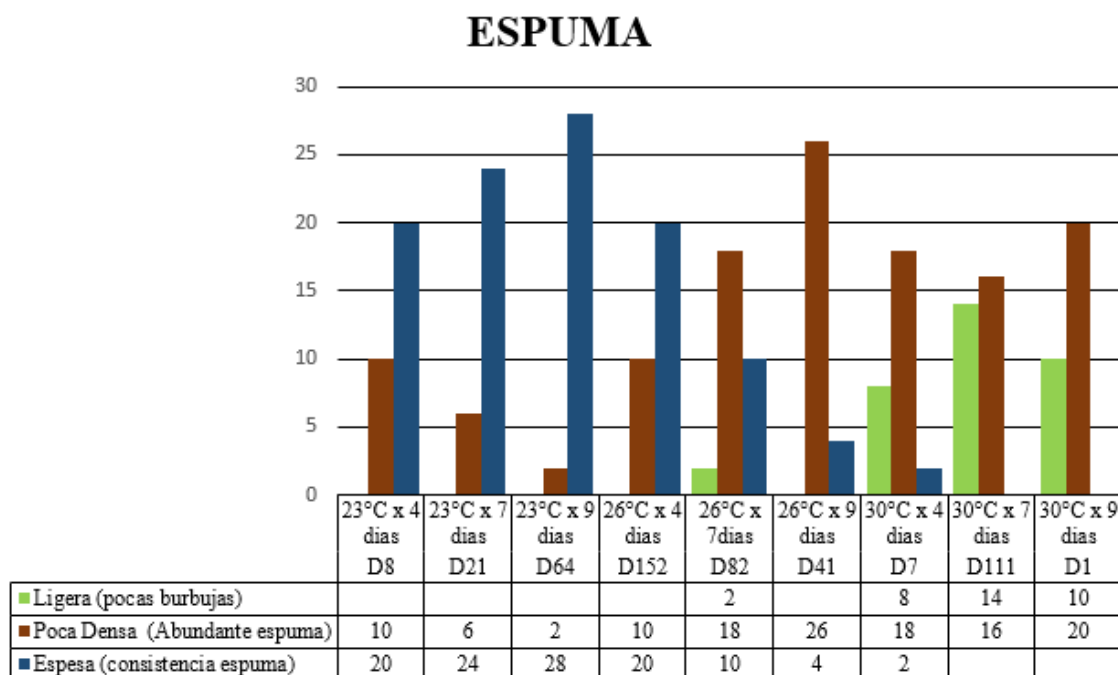


Elaborado: Autora

La evaluación del sabor en la cerveza roja muestra que el atributo dulce (frutos secos: ciruelas, pasas) es el más destacado en todas las muestras, con respuestas que alcanzan hasta 20, especialmente a 23 °C y 30 °C durante 9 días, lo que indica que fermentaciones prolongadas, tanto a temperaturas moderadas como elevadas, favorecen esta percepción. El sabor ácido es más notorio a 23 °C por 4 días con 16 respuestas, disminuyendo en el resto de tratamientos, lo que sugiere que condiciones de envejecimiento más cortos y a temperaturas bajas intensifican esta característica. El perfil amargo presenta respuestas constantes en varios tratamientos, con un máximo de 6 a 26 °C por 9 días, asociando este valor a envejecimientos más prolongados. Por su parte, los sabores especiado y salado se mantienen en niveles bajos (entre 1 y 2), sin presentar una tendencia definida. En conjunto, los resultados reflejan que la temperatura y el tiempo de envejecimiento inciden principalmente en la expresión del dulzor y la acidez, mientras que el amargor se acentúa en tiempos más largos, sin que los atributos salado ni especiado sean relevantes.

Figura 18.

Atributo de Espuma (cerveza roja)

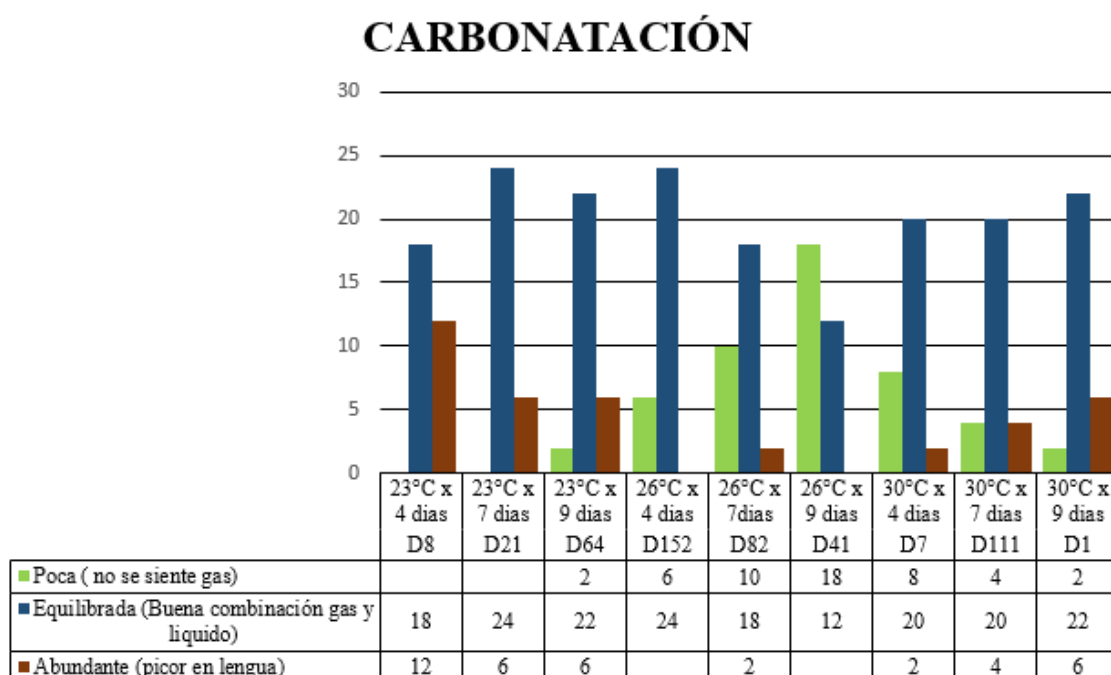


Elaborado: Autora

La evaluación del atributo de espuma en la cerveza roja muestra una predominancia de la espuma espesa (consistencia) en varios tratamientos, especialmente a 23 °C por 9 días, donde se registraron hasta 28 respuestas, lo que indica que el envejecimiento prolongado a temperaturas moderadas favorece una espuma firme y estable. La característica poca densa (abundante pero sin consistencia) fue más notoria a 26 °C por 9 días con 26 respuestas, sugiriendo que tiempos largos a temperaturas intermedias promueven mayor volumen de espuma, aunque menos estable. Por otro lado, la espuma ligera (pocas burbujas) aumentó en tratamientos a 30 °C por 4 y 7 días, con hasta 14 respuestas, lo que evidencia que temperaturas elevadas tienden a reducir la retención y calidad de la espuma. En conjunto, los resultados indican que una espuma estable se alcanza con temperaturas moderadas y tiempos prolongados, mientras que condiciones más cálidas o cortas generan espumas menos persistentes.

Figura 19.

Atributo de Carbonatación (cerveza roja)



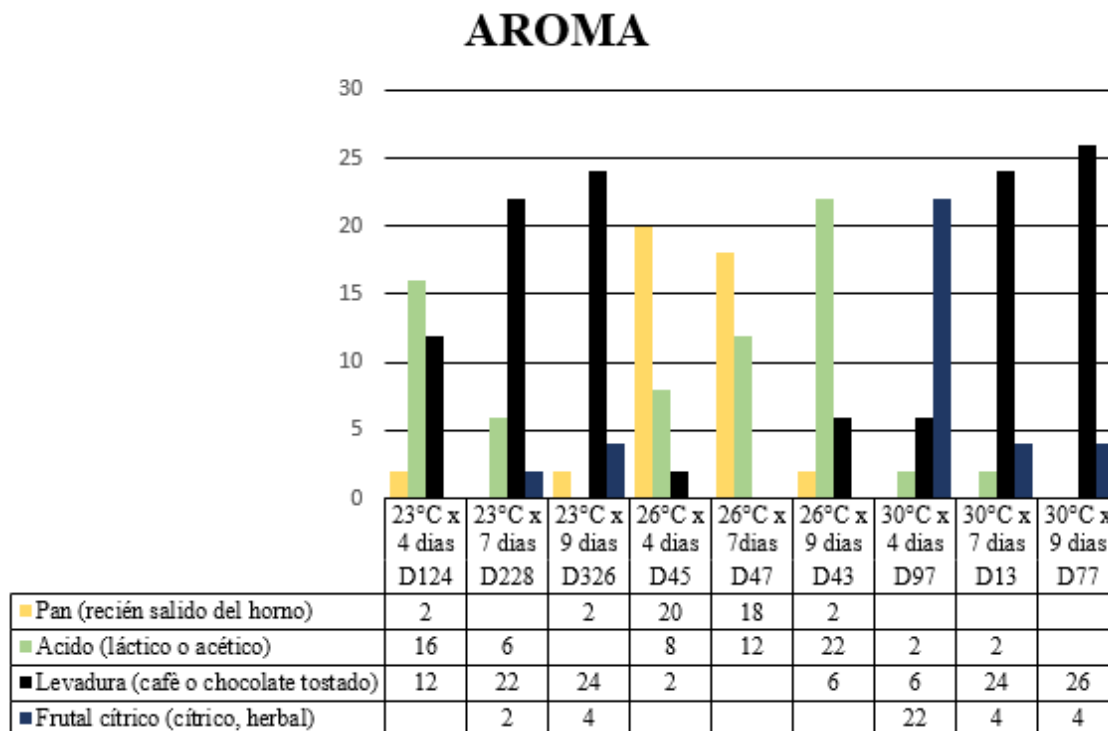
Elaborado: Autora

En el análisis de la carbonatación de la cerveza roja, la característica equilibrada (buena combinación de gas y líquido) fue la más recurrente en todos los tratamientos, con respuestas entre 18 y 26, destacando los tratamientos a 23 °C por 9 días y a 30 °C por 9 días como los más favorables para alcanzar esta condición. La carbonatación baja (no se siente gas) fue más notoria a 26 °C por 9 días con 20 respuestas, lo que indica que tiempos prolongados a temperaturas intermedias pueden disminuir la percepción de gas. En cuanto a la carbonatación abundante (picor en lengua), se observó principalmente en el tratamiento a 23 °C por 4 días, con 12 respuestas, sugiriendo que envejecimientos más cortos intensifican la sensación gaseosa en boca. En conjunto, los resultados indican que tiempos largos favorecen una carbonatación equilibrada, mientras que fermentaciones breves tienden a generar una sensación más intensa, y temperaturas intermedias sostenidas reducen la percepción del gas.

4.1.1.2. Resultados de la cerveza negra

Figura 20.

Atributo de Aroma (cerveza negra)

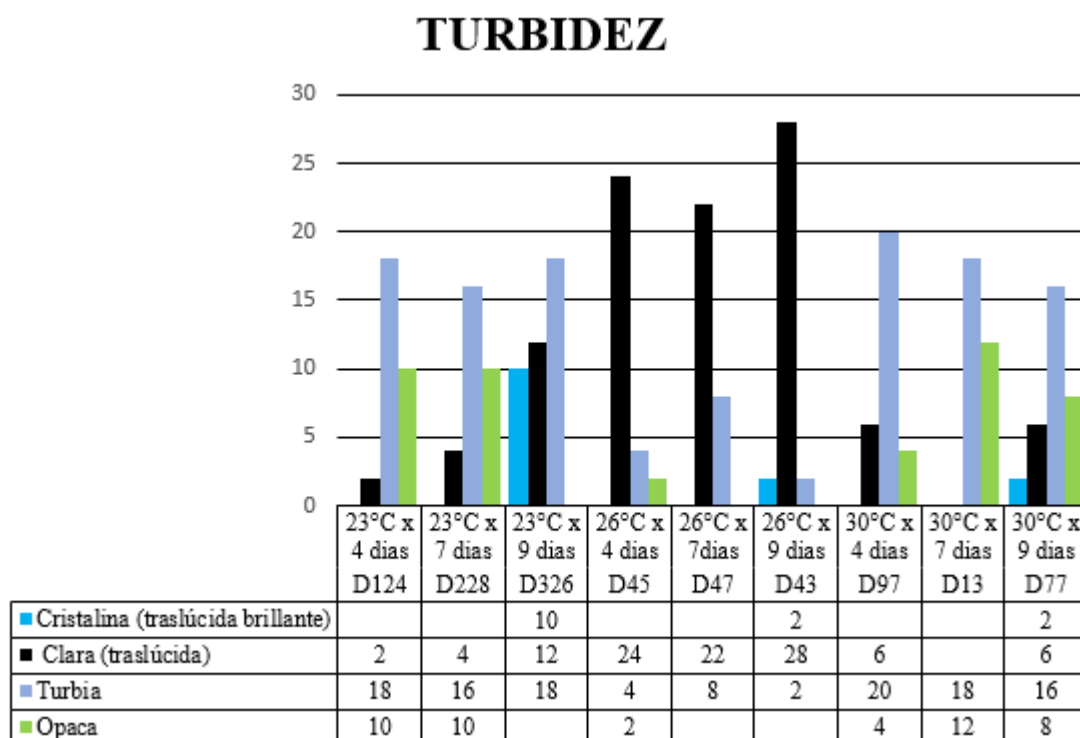


Elaborado: Autora

En el análisis del atributo aroma de la cerveza negra se observa una clara predominancia del aroma a levadura (café o chocolate tostado) en todos los tratamientos, con respuestas entre 12 y 26, siendo D13 (30 °C x 7 días) y D77 (30 °C x 9 días) los de mayor intensidad con 24 y 26 respuestas respectivamente, lo que indica que envejecimientos prolongados a temperaturas elevadas favorecen este perfil sensorial característico del estilo. El aroma ácido (láctico o acético) fue más notorio en D124 (23 °C x 4 días) y D43 (26 °C x 9 días), con 12 y 22 respuestas, sugiriendo que temperaturas bajas o intermedias y tiempos prolongados intensifican esta nota. La percepción de pan (recién salido del horno) alcanzó su punto más alto en D45 (26 °C x 4 días) con 20 respuestas, seguido de D43 con 18, lo cual indica que el envejecimiento a 26 °C resalta esta característica. Por otro lado, el aroma frutal cítrico (cítrico, herbal) tuvo una presencia baja en general, con una ligera alza en D97 (30 °C x 4 días) con 22 respuestas, lo que sugiere que esta nota no es dominante, aunque puede verse levemente favorecida por temperaturas elevadas.

Figura 21.

Atributo de Turbidez (cerveza negra)

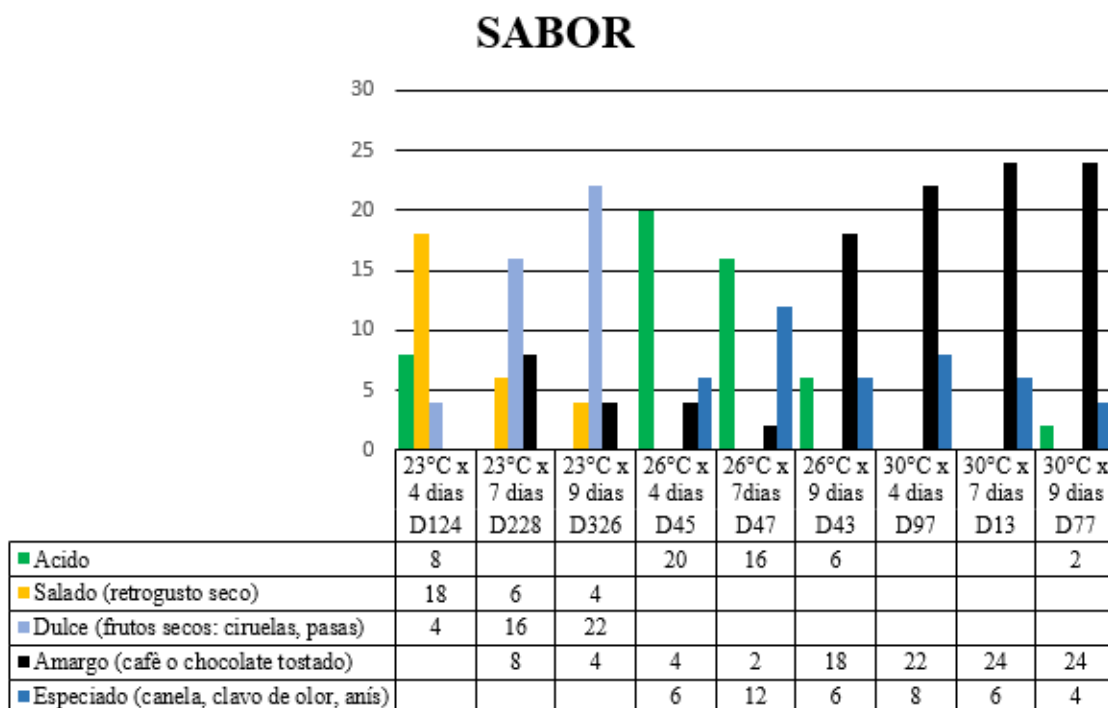


Elaborado: Autora

El atributo de turbidez en la cerveza negra presenta diferencias claras entre tratamientos, siendo la característica clara (traslúcida) la más predominante en la mayoría de las respuestas, con valores entre 10 y 24, alcanzando su punto más alto en D43 (26 °C x 9 días) con 28 respuestas, lo que indica que envejecimiento prolongados a temperaturas intermedias favorecen una apariencia más limpia. En contraste, la turbidez fue más marcada en D124 (23 °C x 4 días) y D97 (30 °C x 4 días), con 18 y 20 respuestas respectivamente, lo que sugiere que envejecimiento cortos incrementan la presencia de partículas en suspensión. La cristalinidad (traslúcida brillante) se expresó de forma más notoria en D326 (23 °C x 9 días) y D97, con 10 y 6 respuestas, indicando que envejecimientos largos a temperaturas moderadas o bajas también pueden promover mayor transparencia. Por otro lado, la opacidad fue más frecuente en D13 (30 °C x 7 días) con 8 respuestas y en D124 con 10, lo que indica que temperaturas más elevadas y tiempos intermedios favorecen una apariencia más opaca.

Figura 22.

Atributo de Sabor (cerveza negra)

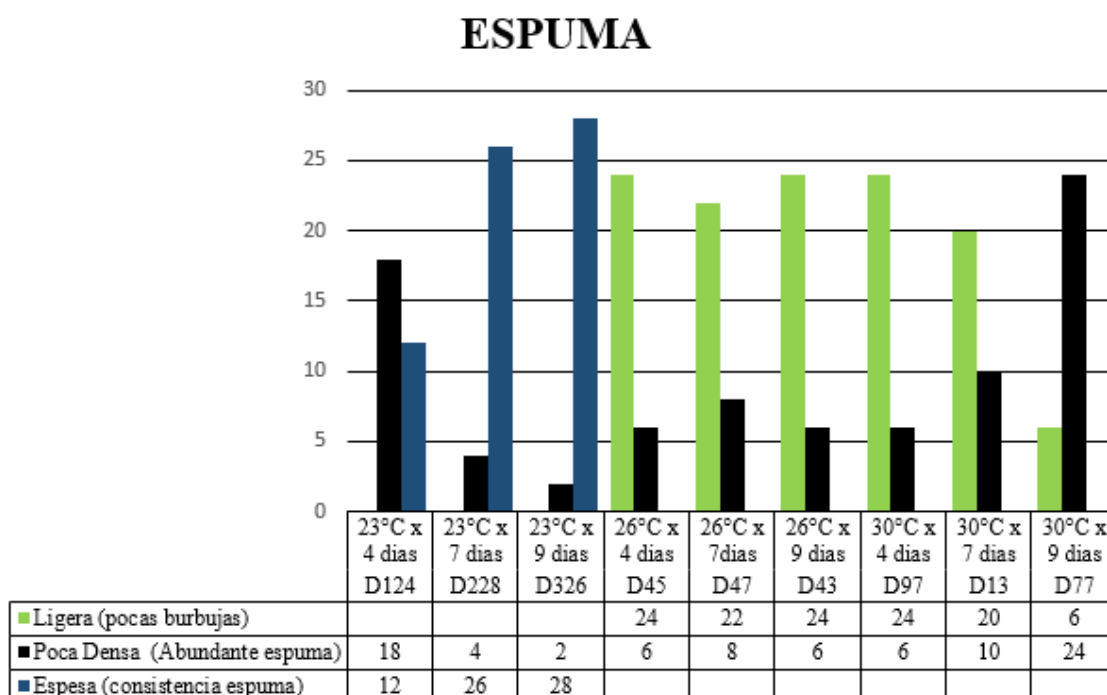


Elaborado: Autora

El análisis del sabor en la cerveza negra muestra una distribución variable de los atributos sensoriales según las condiciones de envejecimiento. El amargor (café o chocolate tostado) es el descriptor más predominante, con respuestas entre 12 y 24, alcanzando los valores más altos en D13 y D77 (30 °C x 7 y 9 días respectivamente), lo que indica que temperaturas elevadas favorecen esta característica. En segundo lugar, el sabor especiado (canela, clavo de olor, anís) también se destaca, con mayor intensidad en tratamientos como D47 (26 °C x 7 días) con 12 respuestas, lo que sugiere que envejecimientos intermedios pueden potenciar este perfil. El sabor dulce (frutos secos: ciruelas, pasas) resalta particularmente en D326 (23 °C x 9 días) con 22 respuestas, indicando que envejecimientos prolongados a temperaturas bajas pueden intensificar el dulzor. El sabor ácido fue más perceptible en D45 (26 °C x 4 días) con 20 respuestas, sugiriendo que temperaturas intermedias con tiempos cortos favorecen las notas ácidas. Finalmente, el sabor salado (retrogusto seco) se mostró principalmente en D124 (23 °C x 4 días) con 18 respuestas, pero se mantuvo bajo en el resto de tratamientos.

Figura 23.

Atributo de Espuma (cerveza negra)

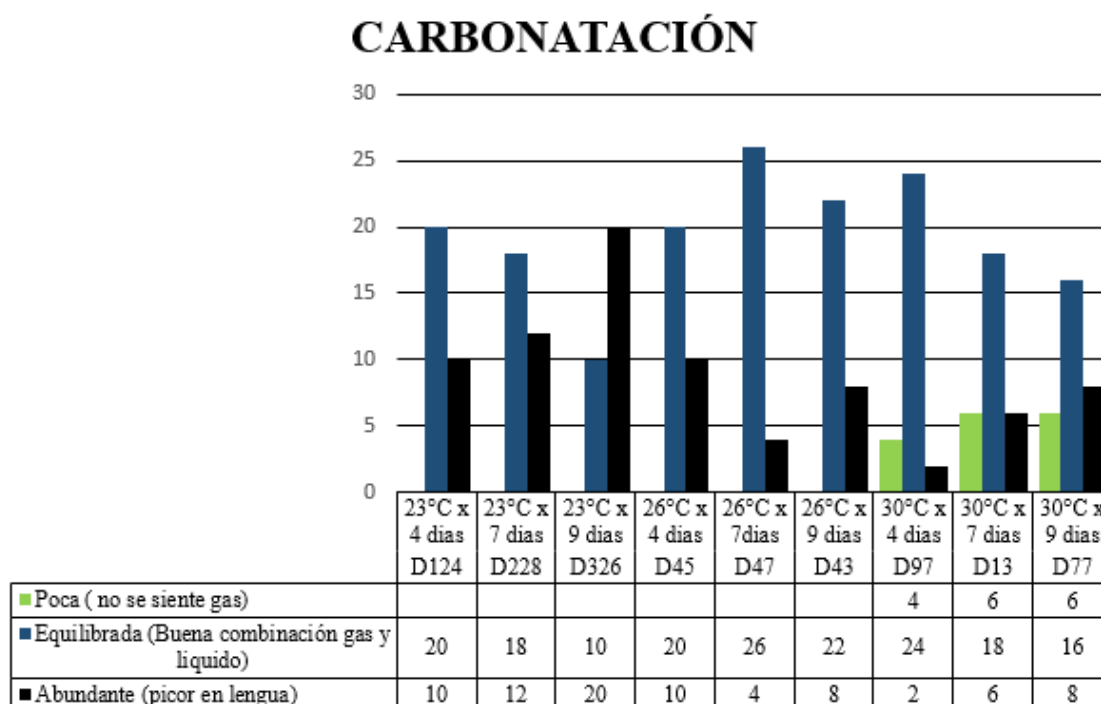


Elaborado: Autora

El atributo de la espuma en la cerveza negra revela diferencias claras según las condiciones de envejecimiento. La característica espesa (consistencia de espuma) fue predominante en los tratamientos D228 y D326 (23 °C x 7 y 9 días), con 26 y 28 respuestas respectivamente, lo que indica que envejecimientos prolongados a temperaturas bajas favorecen la formación de una espuma densa y estable. En contraste, la espuma poca densa (abundante pero sin consistencia) fue más evidente en D124 (23 °C x 4 días), con 18 respuestas, lo que sugiere que tiempos cortos pueden generar espuma voluminosa pero con baja retención. Por otro lado, la espuma ligera (pocas burbujas) alcanzó su mayor intensidad en los tratamientos D45, D47, D43, D97 y D13 (26 °C y 30 °C), todos con 24 respuestas, indicando que temperaturas intermedias o altas tienden a disminuir la estabilidad de la espuma.

Figura 24.

Atributo de Carbonatación (cerveza negra)



Elaborado: Autora

El análisis del atributo de carbonatación en la cerveza negra evidencia que la característica equilibrada (buena combinación de gas y líquido) fue la más destacada en todos los tratamientos, especialmente en D43 (26 °C x 9 días) y D13 (30 °C x 7 días), ambos con 26 respuestas, lo que indica que el envejecimiento prolongado a temperaturas moderadas o elevadas favorecen una carbonatación ideal. En contraste, la carbonatación abundante (picor en lengua) se observó con mayor intensidad en tratamientos como D124 y D228 (23 °C x 4 y 7 días), con 10 y 12 respuestas respectivamente, lo que sugiere que envejecimientos más cortos a temperaturas bajas pueden generar una mayor sensación de gas. Por otro lado, la carbonatación poca (no se siente gas) se manifestó principalmente en los tratamientos D13 y D77 (30 °C x 7 y 9 días), con 6 respuestas en ambos casos, lo cual podría indicar que a temperaturas elevadas y tiempos más prolongados disminuye la percepción de gas en la cerveza.

Discusión

Aroma

El perfil aromático varió significativamente entre los diferentes tipos de cerveza, influenciado por el envejecimiento y las maltas utilizadas:

- **Cerveza rubia de trigo:** Se caracterizó por intensas notas frutales y cítricas (18-26 puntos), con un ligero matiz a levadura (8-22 puntos). Esto es típico en cervezas de trigo, donde la acción de la levadura produce ésteres que generan aromas a plátano y clavo, tal como lo indican Guerberoff et al. (2020).
- **Cerveza roja:** Presentó un aroma más complejo, con presencia de notas a pan y levadura (16-28 puntos), además de un ligero toque ácido en algunas muestras. Este perfil suele asociarse a cervezas con maltas más tostadas y procesos de envejecimiento prolongados (Valencia, 2022).
- **Cerveza negra:** Se destacó por su profundidad aromática, con predominio de notas de café o chocolate tostado (22-26 respuestas), junto con un sutil matiz cítrico y ácido.

Turbidez

La apariencia visual de la cerveza está directamente relacionada con la turbidez, que puede ser influenciada por la temperatura y el tiempo de envejecimiento:

- **Cerveza rubia de trigo:** Mantiene altos niveles de turbidez bajo todas las condiciones de envejecimiento, alcanzando su punto máximo a temperaturas de 26-30 °C. Esto era esperado, ya que su composición rica en proteínas y levaduras en suspensión contribuye a su característica opalescencia (Nimubona, 2012).
- **Cerveza roja:** Mostró una turbidez intermedia, reduciéndose progresivamente con el envejecimiento. Esta tendencia sugiere una mayor sedimentación de partículas en comparación con la rubia, favoreciendo una apariencia más clara con el tiempo.
- **Cerveza negra:** Exhibió un comportamiento más variable, combinando muestras claras con otras de alta turbidez y opacidad, especialmente en envejecimientos más cortos o a temperaturas elevadas. Tucumbi (2022) explica que este fenómeno se debe a la capacidad de los compuestos fenólicos de las maltas oscuras para estabilizar las proteínas en suspensión.

Sabor

El balance entre dulzor, amargor y acidez define el perfil de sabor de cada cerveza, influenciado por las maltas y el envejecimiento:

- **Cerveza rubia de trigo:** Se percibió con un predominio de dulzor (18-26 puntos), acompañado de un leve toque ácido y amargo. Garavaglia & Swinnen (2018) explican que esta suavidad y perfil afrutado se debe a la menor presencia de maltas tostadas.
- **Cerveza roja:** Mostró una mayor complejidad en su sabor, con un equilibrio entre dulzor y amargor (16-24 puntos) y algunas notas especiadas, lo que sugiere una mayor caramelización de los azúcares presentes en las maltas rojas (Celis, 2019).
- **Cerveza negra:** Se destacó por su intensidad, con un amargor más pronunciado y un retrogusto seco (18-24 puntos). Además, se percibieron matices especiados y notas tostadas que recuerdan a café o chocolate amargo, características típicas de cervezas elaboradas con maltas oscuras. Este perfil es similar al que describe el BJCP para estilos como la *Imperial Stout*, donde los sabores a café, cacao y tostado son predominantes. La combinación de estas notas con la presencia de compuestos fenólicos y las maltas tostadas aportó una mayor complejidad al sabor (Celis, 2019).

Espuma

La estabilidad y retención de la espuma están estrechamente relacionadas con la composición proteica de la cerveza y el nivel de carbonatación:

- **Cerveza rubia de trigo:** Sobresalió por su espuma abundante y persistente, con puntuaciones altas en "espuma espesa" en temperaturas más bajas. La literatura confirma que las cervezas de trigo tienen una mejor retención de espuma debido a su alto contenido de proteínas solubles (Guerberoff Enemark et al.).
- **Cerveza roja:** Presentó una espuma menos densa, con una mayor cantidad de muestras clasificadas como "poca densa" o de "estructura ligera". Esto puede deberse a una menor presencia de proteínas formadoras de espuma.
- **Cerveza negra:** Aunque la cantidad de espuma fue menor que en la rubia, se observó una mejor estabilidad, con predominio de "espuma espesa" en muestras envejecidas a 26-30 °C. Tucumbi (2022) explica que este fenómeno está asociado a la interacción de los polifenoles de las maltas oscuras con las proteínas espumantes.

Carbonatación

El nivel de carbonatación influye en la sensación en boca y la percepción de frescura de la cerveza:

- **Cerveza rubia de trigo:** Obtuvo una alta puntuación en "carbonatación equilibrada", con algunas muestras en la categoría "abundante" en temperaturas más elevadas, lo que sugiere un buen nivel de CO₂ disuelto.
- **Cerveza roja:** Se mantuvo en niveles de carbonatación balanceados, sin variaciones significativas.
- **Cerveza negra:** Mostró una buena proporción de respuestas en carbonatación equilibrada, especialmente en envejecimientos a 26 °C y 30 °C, aunque también se identificaron muestras con carbonatación baja en temperaturas elevadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las condiciones de envejecimiento influyeron significativamente en las propiedades fisicoquímicas de las cervezas Ale rubia de trigo, roja y negra. A 30 °C se intensificó la acidez y disminuyó el pH, reflejando mayor producción de compuestos orgánicos. La densidad mostró menor reducción en la cerveza rubia, lo que sugiere una transformación incompleta de los azúcares bajo condiciones térmicas elevadas. La producción de alcohol fue más consistente a 26 °C, mientras que la turbidez se mantuvo alta en la cerveza rubia por su composición proteica, y disminuyó progresivamente en la roja y la negra, especialmente con mayor tiempo de envejecimiento. El equilibrio fisicoquímico se alcanzó en temperaturas de 23–26 °C.
- El comportamiento microbiológico evidenció una tendencia creciente en el desarrollo de mohos y levaduras con el aumento del tiempo y la temperatura de envejecimiento. Las cervezas negras presentaron los valores más altos, superando el umbral normativo de <math><10\text{ UFC/cm}^3</math>, posiblemente por su mayor contenido de compuestos residuales. En la cerveza rubia, a 30 °C, se observó un incremento notable en la carga microbiana. Estos resultados refuerzan la necesidad de considerar tratamientos de control como la pasteurización, especialmente cuando se busca extender la vida útil del producto en condiciones de envejecimiento acelerado.
- Las características sensoriales se vieron influenciadas por las condiciones de envejecimiento. A 26 °C se logró el mejor balance en aroma, sabor y carbonatación, mientras que a 30 °C disminuyó la complejidad aromática y se acentuaron perfiles ácidos. La cerveza rubia se destacó por su alta turbidez y espuma persistente; la roja por su perfil maltoso equilibrado; y la negra por sabores tostados y cuerpo robusto. El envejecimiento entre 23 °C y 26 °C favoreció una mayor estabilidad sensorial y mejor aceptación del producto final.

5.2. Recomendaciones

- Establecer una temperatura de envejecimiento controlado de 26 °C \pm 1 °C con el objetivo de maximizar la producción de etanol, preservar los compuestos aromáticos y limitar la generación excesiva de ácidos orgánicos. La incorporación de sistemas automatizados de control térmico en los fermentadores permitirá evitar variaciones que comprometan la eficiencia del proceso y la calidad sensorial del producto final.

- Implementar un sistema de monitoreo microbiológico continuo, incluyendo pruebas de recuento en placa y PCR cuantitativa durante las etapas de envejecimiento y envasado. Mantener la carga microbiana por debajo de 10 UFC/cm³, conforme a la NTE INEN 1529-10, permitirá minimizar el riesgo de contaminación por levaduras oportunistas y mohos, garantizando la estabilidad microbiológica sin interferir con la fermentación principal.
- Optimizar la clarificación y estabilidad coloidal mediante el uso de clarificantes naturales como carragenina o mucílago de cacao en cervezas rubias y rojas. Para cervezas negras, se recomienda ajustar el tiempo de maduración como estrategia complementaria para favorecer la sedimentación y mejorar la transparencia del producto.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, B., & Araque, C. (2020). *Elaboración de cerveza artesanal tipo golden ale con cebada (hordeum vulgare) y arroz (Oryza sativa l.)*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Asociación de Cervecerías del Ecuador. (2023). *Documentos Públicos de la Asociación de Cervecerías del Ecuador*. Quito, Ecuador: Azocerv.
- Baggin, S. (2024). Microbiología en bebidas fermentadas. *CESCAL*, 50-175.
- Castañeda, R. (2018). Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada. *Scielo*, vol.9, n.2, pp.15-26.
- Castorena, J., Juárez, V., Cano, M., Santiago, V., & López, O. (2022). Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar. *Conciencia Tecnológica*, núm. 60, 25-80.
- Celis, I. (2019). *Fundamentos y metodologías básicas de evaluación sensorial, en el entrenamiento de un panel sensorial (caso práctico: cerveza artesanal)*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cuellar, L. (Abril de 17 de 2018). *Análisis sensorial de cerveza tipo abadía con brett y roble*. Obtenido de Cerveza artesanal: <https://www.cerveza-artesanal.co/analisis-sensorial-de-cerveza-tipo-abadia-con-brett-y-roble/>
- Deng, Y., Lim, J., & Kim, D. (2020). Composición y propiedades bioquímicas de la cerveza tipo ale enriquecida con lignanos de frutos de *Schisandra chinensis* Baillon (omija). *Food Science and Biotechnology*, 29. doi:<https://doi.org/10.1007/s10068-019-00714-5>
- Díaz, D. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales*. Quito, Ecuador: UDLA.
- Eizaguirre, J., Bruzone, C., Duhourq, I., Libkind, D., & Aguilara, P. (2024). Incidencia de microorganismos deteriorantes de la calidad de cerveza en microcervecerías de Buenos Aires. *Revista Argentina de Microbiología*, 402-412.
- El Comercio. (26 de Agosto de 2022). Las cervezas artesanales siguen creciendo en el Ecuador. *En Ecuador se han registrado 284 marcas de cerveza artesanal. Uno de los sellos locales obtuvo el tercer lugar en el World Beer Edwards 2022*.
- Estela, Y. (4 de Marzo de 2024). Factores tecnológicos que afectan la vida útil de la cerveza artesanal de alta fermentación. *Centro Azúcar*, 51. Obtenido de

https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fcentrozucar.uclv.edu.cu%2F?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

- Ferreira, I., Carvalho, D., & Guido, L. F. (2022). Impacto de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad oxidativa de la cerveza. *European Food Research and Technology*, 249, 149-156.
- Ferreira, I., Freitas, F., Pinheiro, S., & Mourão., M. F. (2022). Impact of temperature during beer storage on beer chemical profile. *Elsevier*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112688>
- Flores, A., Luna, H., Escalona, H., & Verde, J. (2017). Chemical characterization and antioxidant capacity in blue corn (*Zea mays* L.) malt beers. *Journal Institute Brewing*, 506–518.
- Galicia, E. (28 de junio de 2020). *La historia de las cervezas ale y su nuevo auge. (s. f).* Cervezas. Obtenido de Cervezas Estrella Galicia | Maestros Cerveceros Desde 1906.: <https://estrellagalicia.es/amantes-cerveceros/la-historia-de-las-cervezas-ale-y-su-nuevo-auge/>
- Gan, Q. (2001). Beer clarification by cross-flow microfiltration - Effect of surface hydrodynamics and reversed membrane morphology. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification* 40(5), 413-419.
- Garavaglia, C., & Swinnen, J. (2018). *Economic Perspectives on Craft Beer*. Palgrave Macmillan.
- Garcia, L. O. (2010). Estudio para la reducción de averías en una máquina empacadora de una planta de envasado. Implementación siguiendo la metodología TPM. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4859/fichero/2.+La+cerveza%252F2.4+Tipos+de+cerveza.pdf>
- Gonzalez, D., Sánchez, M., García, M., Rodríguez, M., García, C., & Guillén, D. (2016). Study of a laboratory scaled new method fo the accelerated continuous ageing of wine spiritsby applying ultrasound energy. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 226-235.
- Guerberoff, G., Marchesino, M., López, P., & Olmedo, R. (2020). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *CONICET. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba*, 35-60.

- Jaramillo, J., & Suntaxi, D. (2024). *Planificación de un proyecto basado en el estándar de la guía PMBOK v6 del project management institute (PMI) de producción y comercialización de cerveza artesanal "hopping cat brewery"*. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Latorre, M., Bruzone, C., Garcia, V. d., & Libkin, D. (2022). Contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia andina argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 5-22.
- Lujan, M., & Vásquez, V. (2010). Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción. *Ciencia Agropecuaria*, 1 (2).
- Mancosky, D. (2021). *España Patente n° 2 899 784*.
- Martínez, J., Valls, V., & Villarino, A. (2007). *El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante en un grupo controlado de población*. Madrid, España: Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA).
- Nimubona, D. (2012). *Estimación de la estabilidad y valor sensorial de la cerveza lager mediante el control de los iso-alfa-ácidos*. España : Universidad de Valladolid .
- NTE INEN 2262. (2003). *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos*. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Ojeda, L. (2010). *Estudio para la reducción de averías en una máquina empacadora de una planta de envasado. Implementación siguiendo la metodología TPM*. Biblus. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4859/fichero/2.+La+cerveza%252F2.4+Tipos+de+cerveza.pdf>
- Paredes, P. B. (2013). *Usos culinarios de la cerveza*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Picallo, A. (2009). Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. *Encrucijadas*, no. 46. Universidad de Buenos Aires, 7-15.
- Primicias. (2023). *AB InBev, accionista mayoritario de Cervecería Nacional*. Guayaquil, Ecuador: Cervecería Nacional.
- Quevedo, A. (2020). *Optimización del proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la provincia de Pastaza*. Puyo, Ecuador: Universidad Estatal Amazónica (UEA).
- Reyes, G. (2020). *Determinación de propiedades físico-químicas y organolépticas de diversas formulaciones de una bebida alcohólica preparada con corteza de limón*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Rodriguez, M. (2021). “*Cerveza artesanal: innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal*”. Digital.CSIC. Retrieved from <https://digital.csic.es/bitstream/10261/263763/3/Tesis%20Magaly%20Rodriguez%20Saavedra12-2021.pdf>
- Rodriguez, M. (2023). “*Propuesta de mejora en los procesos de producción de cerveza artesanal*”. Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25533/1/UPS-GT004494.pdf>
- Sánchez, C., Franco, L., Bravo, R., Rubio, C., Rodríguez, A., & Barriga, C. (2010). Cerveza y saluircd, beneficios en el sueño. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 16(3), 160-163.
- Strong, G., & England, K. (2022). *Guía de estilos de cerveza*. España: Beer Judge Certification Program.
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol . *Revisión bibliográfica ICIDCA, Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 50, núm. 1, 20-28.
- Tucumbi, C. (2022). *Diseño de un proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Lambic sabor a capulí*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Valencia, S. (2022). *Desarrollo y análisis sensorial de una cerveza*. Bogotá, Colombia: Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos.
- Valentoni, A., Santoru, A., Sanna, M., Fanari, M., Porcu, M. C., Fadda, A., Pretti, L. (2022). Evolution of sensory analysis attributes and volatile aging markers in bottle fermented craft beers during storage at different temperatures. *Elsevier*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X22001393#bib0055>
- Viteri, J., Párraga, R., García, J., Barre, R., & Romero, J. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar* 19(4), 331-339.
- Zeas, D. (2021). *Elaboración de una cerveza artesanal tipo ale sustituyendo parcialmente la malta por lenteja (lens culinaris) y el lúpulo por hierbabuena (mentha spicata)*. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Procedimiento para la preparación de las muestras y análisis detallado de la turbidez



Figura 25. *Dilución de muestras*



Figura 26. *Determinación de turbidez*

Anexo 2.

Determinación de la densidad de muestras mediante el uso de picnómetro



Figura 27. *Determinación de densidad por picnómetro*

Anexo 3.

Proceso de filtración como método de separación y purificación en análisis de muestra



Figura 28. *Peso del filtro seco*



Figura 29. *Filtración de cervezas negras*

Anexo 4.

Evaluación y caracterización de propiedades a través de análisis fisicoquímicos en muestras de estudio



Figura 30. *Determinación de pH de muestras*



Figura 31. *Determinación de peso del filtro húmedo con los sólidos de las cervezas negras.*

Anexo 5.

Detección y cuantificación de microorganismos mediante análisis microbiológico



Figura 32. Esterilización de materiales y Agar PDA

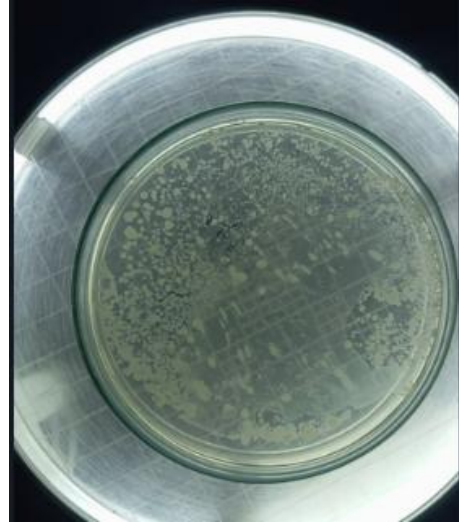


Figura 33. Conteo de Mohos y Levaduras.

Anexo 6.

Acondicionamiento y envejecimiento de la cerveza



Figura 34. Recepción de la leche



Figura 35. Estirado del queso de hoja

Anexo 7.

Evaluación de atributos organolépticos mediante análisis sensorial para la caracterización de productos



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA
Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
ANÁLISIS ORGANOLEPTICO



“EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO POR TEMPERATURA EN 3 TIPOS DIFERENTES DE CERVEZAS ALE (RUBIA DE TRIGO, ROJA Y NEGRA).”

FECHA:

EDAD:

CATA DE CERVEZAS (TIPO DE CERVEZA)

➤ Leer detalladamente cada una de las características a evaluar, en una prueba hedónica, en la cual, debe señalar con una X la alternativa que usted crea conveniente.

Atributo de Aroma	Atributo de Turbidez	Atributo de sabor	Atributo de espuma	Atributo de carbonatación
1. Pan (recién salido del horno)	1. Cristalina (traslúcida brillante)	1. Acido	1. Ligera (pocas burbujas)	1. Poca (no se siente gas)
2. Acido (láctico o acético)	2. Clara (traslúcida)	2. Salado (retrogusto seco)	2. Poca Densa (Abundante espuma)	2. Equilibrada (Buena combinación gas y liquido)
3. Levadura (masa de pan)	3. Turbia	3. Dulce (frutos secos: ciruelas, pasas)	3. Espesa (consistencia espuma)	3. Abundante (picor en lengua)
4. Frutal cítrico (cítrico, herbal)	4. Opaca	4. Amargo (remedio casero)		
		5. Especiado (canela, clavo de olor, anís)		

Tratamientos	Características a evaluar																		
	Aroma				Turbidez				Sabor					Espuma			Carbonatación		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3
88																			
90																			
71																			
60																			
50																			
32																			
20																			
10																			
44																			

Anexo 8.

Resultados obtenidos de las variables de pH, acidez y sólidos totales

Tabla 13.

Variables de pH, acidez y sólidos totales

Tipos de Cerveza	Tiempo	Temperatura	pH	Acidez	Brix
Cerveza rubia	4 días	23 °C	4,04	9,20	5,70
Cerveza rubia	4 días	26 °C	4,01	9,38	5,50
Cerveza rubia	4 días	30 °C	4,01	9,38	5,40
Cerveza rubia	7 días	23 °C	4,35	9,02	6,40
Cerveza rubia	7 días	26 °C	4,12	11,18	5,60
Cerveza rubia	7 días	30 °C	4,03	11,72	5,10
Cerveza rubia	9 días	23 °C	4,30	5,59	4,60
Cerveza rubia	9 días	26 °C	4,25	11,54	4,50
Cerveza rubia	9 días	30 °C	3,70	16,23	4,40
Cerveza roja	4 días	23 °C	4,37	7,94	5,00
Cerveza roja	4 días	26 °C	4,34	8,30	5,30
Cerveza roja	4 días	30 °C	4,27	10,10	5,50
Cerveza roja	7 días	23 °C	4,49	7,03	5,10
Cerveza roja	7 días	26 °C	4,44	7,21	5,10
Cerveza roja	7 días	30 °C	4,32	7,58	5,20
Cerveza roja	9 días	23 °C	4,27	5,95	4,00
Cerveza roja	9 días	26 °C	4	9,56	3,90
Cerveza roja	9 días	30 °C	3,9	11,00	3,80
Cerveza negra	4 días	23 °C	3,79	10,46	6,80
Cerveza negra	4 días	26 °C	3,76	10,82	6,90
Cerveza negra	4 días	30 °C	3,76	10,82	7,10
Cerveza negra	7 días	23 °C	3,83	12,44	6,00
Cerveza negra	7 días	26 °C	3,8	13,35	6,30
Cerveza negra	7 días	30 °C	3,77	13,89	6,80
Cerveza negra	9 días	23 °C	4,07	11,18	6,10
Cerveza negra	9 días	26 °C	4,02	14,43	5,90
Cerveza negra	9 días	30 °C	3,56	17,31	5,80
Cerveza rubia	4 días	23 °C	4,04	9,02	5,80
Cerveza rubia	4 días	26 °C	4,01	9,38	5,50
Cerveza rubia	4 días	30 °C	4,01	9,38	5,30
Cerveza rubia	7 días	23 °C	4,35	9,02	6,30
Cerveza rubia	7 días	26 °C	4,12	11,18	5,60
Cerveza rubia	7 días	30 °C	4,03	11,54	5,00
Cerveza rubia	9 días	23 °C	4,30	5,59	4,60
Cerveza rubia	9 días	26 °C	4,26	11,72	4,50
Cerveza rubia	9 días	30 °C	3,76	17,31	4,40
Cerveza roja	4 días	23 °C	4,35	7,76	4,90
Cerveza roja	4 días	26 °C	4,34	8,30	5,20

Anexo 9.

Resultados obtenidos de las variables de pH, acidez y sólidos totales

Tabla 14.

Variables de pH, acidez y sólidos totales

Tipos de Cerveza	Tiempo	Temperatura	pH	Acidez	Brix
Cerveza roja	4 días	30 °C	4,27	10,28	5,50
Cerveza roja	7 días	23 °C	4,48	6,85	5,10
Cerveza roja	7 días	26 °C	4,35	7,21	5,10
Cerveza roja	7 días	30 °C	4,32	7,58	5,20
Cerveza roja	9 días	23 °C	4,25	6,13	4,00
Cerveza roja	9 días	26 °C	4,05	9,74	3,90
Cerveza roja	9 días	30 °C	3,95	10,82	3,80
Cerveza negra	4 días	23 °C	3,78	10,64	6,80
Cerveza negra	4 días	26 °C	3,76	11,00	7,00
Cerveza negra	4 días	30 °C	3,75	10,82	7,20
Cerveza negra	7 días	23 °C	3,83	12,44	6,00
Cerveza negra	7 días	26 °C	3,81	13,35	6,40
Cerveza negra	7 días	30 °C	3,77	13,89	6,70
Cerveza negra	9 días	23 °C	4,06	11,18	6,10
Cerveza negra	9 días	26 °C	4,02	14,61	5,80
Cerveza negra	9 días	30 °C	3,55	18,04	5,80
Cerveza rubia	4 días	23 °C	4,04	9,20	5,70
Cerveza rubia	4 días	26 °C	4,02	9,56	5,50
Cerveza rubia	4 días	30 °C	4,01	9,56	5,20
Cerveza rubia	7 días	23 °C	4,35	9,02	6,30
Cerveza rubia	7 días	26 °C	4,12	11,18	5,60
Cerveza rubia	7 días	30 °C	4,03	11,54	5,10
Cerveza rubia	9 días	23 °C	4,29	5,77	4,50
Cerveza rubia	9 días	26 °C	4,25	11,72	4,50
Cerveza rubia	9 días	30 °C	3,76	17,49	4,40
Cerveza roja	4 días	23 °C	4,37	7,76	5,00
Cerveza roja	4 días	26 °C	4,35	8,48	5,20
Cerveza roja	4 días	30 °C	4,27	10,28	5,60
Cerveza roja	7 días	23 °C	4,49	7,03	5,00
Cerveza roja	7 días	26 °C	4,44	7,21	5,10
Cerveza roja	7 días	30 °C	4,32	7,58	5,30
Cerveza roja	9 días	23 °C	4,21	6,31	4,00
Cerveza roja	9 días	26 °C	4	10,28	3,80
Cerveza roja	9 días	30 °C	3,89	11,00	3,80
Cerveza negra	4 días	23 °C	3,78	10,64	6,80
Cerveza negra	4 días	26 °C	3,76	10,82	7,00
Cerveza negra	4 días	30 °C	3,75	11,18	7,10
Cerveza negra	7 días	23 °C	3,82	12,44	6,10
Cerveza negra	7 días	26 °C	3,81	12,81	6,30
Cerveza negra	7 días	30 °C	3,74	13,89	6,70
Cerveza negra	9 días	23 °C	4,06	11,00	6,10
Cerveza negra	9 días	26 °C	4,02	14,25	5,90

Anexo 10.

Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras

Tabla 15.

Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras

Tipos de Cerveza	Tiempo	Temperatura	Densidad	Turbidez	alcohol	Mohos y Levaduras ufc/g
Cerveza rubia	4 días	23 °C	1,0005	1,53	7,7924	15,1
Cerveza rubia	4 días	26 °C	1,0016	0,698	7,6468	19,8
Cerveza rubia	4 días	30 °C	1,0020	0,508	7,5938	21
Cerveza rubia	7 días	23 °C	1,0020	2,187	7,5980	6,55
Cerveza rubia	7 días	26 °C	1,0020	1,447	7,5980	6,9
Cerveza rubia	7 días	30 °C	1,0032	0,838	7,4350	10,45
Cerveza rubia	9 días	23 °C	1,0049	5,896	7,2226	13,8
Cerveza rubia	9 días	26 °C	1,0064	5,016	7,0243	14
Cerveza rubia	9 días	30 °C	1,0071	4,664	6,9317	20,2
Cerveza roja	4 días	23 °C	1,0010	1,937	6,4145	12,8
Cerveza roja	4 días	26 °C	1,0018	0,622	6,3088	14
Cerveza roja	4 días	30 °C	1,0020	0,563	6,2824	15,2
Cerveza roja	7 días	23 °C	1,0006	6,024	6,4692	16,8
Cerveza roja	7 días	26 °C	1,0008	5,245	6,4427	27,2
Cerveza roja	7 días	30 °C	1,0017	4,452	6,3235	30,6
Cerveza roja	9 días	23 °C	1,0007	4,301	6,4541	15,6
Cerveza roja	9 días	26 °C	1,0010	3,006	6,4145	17,6
Cerveza roja	9 días	30 °C	1,0015	2,704	6,3484	23,8
Cerveza negra	4 días	23 °C	1,0070	1,031	7,5999	23,4
Cerveza negra	4 días	26 °C	1,0081	0,977	7,4546	24
Cerveza negra	4 días	30 °C	1,0083	0,960	7,4282	33,8
Cerveza negra	7 días	23 °C	1,0022	2,187	8,2209	22,2
Cerveza negra	7 días	26 °C	1,0054	1,750	7,8114	30,4
Cerveza negra	7 días	30 °C	1,0060	1,512	7,7321	42,8
Cerveza negra	9 días	23 °C	1,0080	3,160	7,4677	14,8
Cerveza negra	9 días	26 °C	1,0091	3,090	7,3221	19,6
Cerveza negra	9 días	30 °C	1,0101	2,981	7,1897	21,8

Anexo 11.

Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras

Tabla 16.

VARIABLES DE TIEMPO, TEMPERATURA, DENSIDAD, TURBIDEZ, CONTENIDO DE ALCOHOL, MOHOS Y LEVADURAS

Tipos de Cerveza	Tiempo	Temperatura	Densidad	Turbidez	alcohol	Mohos y Levaduras ufc/g
Cerveza rubia	4 días	23 °C	1,0005	1,52	7,7924	16,2
Cerveza rubia	4 días	26 °C	1,0016	0,694	7,6468	19,95
Cerveza rubia	4 días	30 °C	1,0020	0,524	7,5938	21,3
Cerveza rubia	7 días	23 °C	1,0020	2,195	7,5980	6,75
Cerveza rubia	7 días	26 °C	1,0020	1,45	7,5980	7,05
Cerveza rubia	7 días	30 °C	1,0032	0,842	7,4350	10,1
Cerveza rubia	9 días	23 °C	1,0049	5,89	7,2226	13,6
Cerveza rubia	9 días	26 °C	1,0064	5,002	7,0243	14,15
Cerveza rubia	9 días	30 °C	1,007	4,661	6,9317	20,35
Cerveza roja	4 días	23 °C	1,0010	1,94	6,4145	13,05
Cerveza roja	4 días	26 °C	1,0018	0,628	6,3088	13,8
Cerveza roja	4 días	30 °C	1,0020	0,57	6,2824	15,45
Cerveza roja	7 días	23 °C	1,0006	6,017	6,4692	16,85
Cerveza roja	7 días	26 °C	1,0008	5,239	6,4427	27,55
Cerveza roja	7 días	30 °C	1,0017	4,463	6,3235	31
Cerveza roja	9 días	23 °C	1,0007	4,306	6,4541	15,35
Cerveza roja	9 días	26 °C	1,0010	3,006	6,4145	17,45
Cerveza roja	9 días	30 °C	1,0015	2,708	6,3484	23,45
Cerveza negra	4 días	23 °C	1,0070	1,037	7,5999	24,1
Cerveza negra	4 días	26 °C	1,0081	0,998	7,4546	24
Cerveza negra	4 días	30 °C	1,0083	0,919	7,4282	33,85
Cerveza negra	7 días	23 °C	1,0022	2,156	8,2209	22,2
Cerveza negra	7 días	26 °C	1,0054	1,745	7,8114	30,55
Cerveza negra	7 días	30 °C	1,0060	1,467	7,7321	42,75
Cerveza negra	9 días	23 °C	1,0080	3,080	7,4677	14,5
Cerveza negra	9 días	26 °C	1,0091	3,017	7,3221	19,6
Cerveza negra	9 días	30 °C	1,0101	2,839	7,1897	21,55

Anexo 12.

Resultados obtenidos de las variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras

Tabla 17.

Variables de tiempo, temperatura, densidad, turbidez, contenido de alcohol, mohos y levaduras

Tipos de Cerveza	Tiempo	Temperatura	Densidad	Turbidez	alcohol	Mohos y Levaduras ufc/g
Cerveza rubia	4 días	23 °C	1,001	1,531	7,7924	16,15
Cerveza rubia	4 días	26 °C	1,002	0,699	7,6468	19,85
Cerveza rubia	4 días	30 °C	1,002	0,508	7,5938	21,15
Cerveza rubia	7 días	23 °C	1,002	2,186	7,5980	6,5
Cerveza rubia	7 días	26 °C	1,002	1,445	7,5980	6,9
Cerveza rubia	7 días	30 °C	1,003	0,837	7,4350	10,5
Cerveza rubia	9 días	23 °C	1,005	5,896	7,2226	13,75
Cerveza rubia	9 días	26 °C	1,006	5,014	7,0243	14,1
Cerveza rubia	9 días	30 °C	1,007	4,665	6,9317	20,25
Cerveza roja	4 días	23 °C	1,0010	1,939	6,4145	12,95
Cerveza roja	4 días	26 °C	1,0018	0,628	6,3088	14
Cerveza roja	4 días	30 °C	1,0020	0,565	6,2824	15,25
Cerveza roja	7 días	23 °C	1,0006	6,026	6,4692	17,2
Cerveza roja	7 días	26 °C	1,0008	5,243	6,4427	27,1
Cerveza roja	7 días	30 °C	1,0017	4,451	6,3235	30,45
Cerveza roja	9 días	23 °C	1,0007	4,305	6,4541	15,9
Cerveza roja	9 días	26 °C	1,0010	3,01	6,4145	18,2
Cerveza roja	9 días	30 °C	1,0015	2,705	6,3484	23,85
Cerveza negra	4 días	23 °C	1,0070	1,032	7,5999	23,85
Cerveza negra	4 días	26 °C	1,0081	0,920	7,4546	24,35
Cerveza negra	4 días	30 °C	1,0083	0,910	7,4282	33,4
Cerveza negra	7 días	23 °C	1,0022	2,110	8,2209	22,35
Cerveza negra	7 días	26 °C	1,0054	1,760	7,8114	30,8
Cerveza negra	7 días	30 °C	1,0060	1,531	7,7321	42,65
Cerveza negra	9 días	23 °C	1,0080	3,235	7,4677	14,85
Cerveza negra	9 días	26 °C	1,0091	3,074	7,3221	19,35
Cerveza negra	9 días	30 °C	1,0101	2,962	7,1897	22,05