



ELABORACIÓN Y ESTUDIO ANALÍTICO DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE DISTINTOS TIPOS DE PAN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso: 2020/2021

Alumno: Fernando Aranda Gatón

Tutores:

Carlos Martín Lobera

José Ignacio Gallegos Cabrejas

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)
Universidad de Valladolid

Resumen.

La cerveza es una bebida ampliamente distribuida por todo el mundo que lleva elaborándose desde tiempos remotos. Actualmente, existe un gran número de fábricas destinadas a su producción a gran escala, pero también existen microcervecerías dedicadas a la producción artesanal en cantidades menores. Algunas de ellas ya han comenzado a buscar productos amiláceos alternativos a la malta, como el pan, a fin de reducir los costes de producción o buscar materias primas más sostenibles. En este estudio se plantea la sustitución parcial de malta de cebada por distintos tipos de pan (blanco, integral, maíz y centeno), concluyendo que la elaboración de cerveza con pan integral permite obtener un producto físico-químicamente similar al obtenido empleando únicamente malta, con características distintivas del resto de elaboraciones y presentando un nivel de aceptación similar.

Palabras clave: cerveza, pan, malta, fermentación, análisis sensorial, análisis físico-químico.

Abstract.

Beer is a beverage that is widely distributed throughout the world and has been brewed since ancient times. Today, there are a large number of breweries involved in large-scale production, but there are also microbreweries involved in craft production in smaller quantities. Some of them have already started to look for alternative starchy products to malt, such as bread, in order to reduce production costs or to look for more sustainable raw materials. This study considers the partial substitution of barley malt by different types of bread (white, wholemeal, maize and rye), concluding that brewing beer with wholemeal bread allows obtaining a product that is physico-chemically similar to that obtained using only malt, with distinctive characteristics from other brews and presenting a similar level of acceptance.

Keywords: beer, bread, malt, fermentation, sensory analysis, physical-chemical analysis.

Índice general.

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Material y métodos.
4. Resultados y discusión.
5. Conclusiones.
6. Bibliografía.

Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza.

Anexo 2. Tabla de equivalencias del densímetro empleado en este proyecto.

Anexo 3. Ficha de cata para test de consumidores.

Anexo 4. Datos estadísticos de las catas de expertos.

Índice de contenidos.

1.	Introducción.....	1
1.1.	Antecedentes históricos.....	1
1.2.	Datos del sector a nivel nacional.....	1
1.3.	Datos del sector a nivel europeo y mundial.....	1
1.4.	Clasificaciones de la cerveza.....	2
1.5.	Ingredientes básicos.....	2
1.6.	Proceso básico de elaboración.....	3
1.7.	Antecedentes de la cerveza con pan.....	3
1.8.	Características de los tipos de panes empleados en el proyecto.....	4
2.	Objetivo.....	5
3.	Material y métodos.....	6
3.1.	Materiales.....	6
3.2.	Métodos.....	7
3.2.1.	Determinación de la cantidad de pan idónea.....	7
3.2.2.	Elaboración de cerveza empleando distintos tipos de pan.....	7
3.2.3.	Análisis de las características de las cervezas terminadas.....	11
3.2.4.	Test de consumidores.....	13
3.2.5.	Análisis sensorial descriptivo mediante panel de cata profesional.....	13
4.	Resultados y discusión.....	14
4.1.	Determinación del porcentaje de sustitución de malta óptimo.....	14
4.2.	Determinación de las densidades y rendimientos alcanzados con cada tipo de pan.....	14
4.3.	Resultados de los análisis físico-químicos de las cervezas elaboradas.....	16
4.2.1.	4.3.1. Turbidez.....	16
4.2.2.	4.3.2. pH.....	16
4.2.3.	4.3.3. Acidez.....	17
4.2.4.	4.3.4. Grado alcohólico.....	18
4.2.5.	4.3.5. Absorbancia a 430 nm.....	18
4.2.6.	4.3.6. Extracto seco.....	19
4.2.7.	4.3.7. Contenido en proteínas.....	20
4.2.8.	4.3.8. Polifenoles totales.....	21
4.2.9.	4.3.9. Capacidad antioxidante.....	22
4.4.	Análisis sensorial.....	23
4.2.10.	4.4.1. Test de consumidores.....	23
4.2.11.	4.4.2. Test de profesionales.....	27
5.	Conclusiones.....	29

6. Bibliografia.....	30
----------------------	----

Índice de tablas.

Tabla 1. Ingredientes, materiales y utensilios requeridos para la determinación de la cantidad de pan y la elaboración de las cervezas.	6
Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos necesarios para los análisis de las cervezas terminadas.	6
Tabla 3. Materiales necesarios para el análisis sensorial de las cervezas terminadas. .	7
Tabla 4. Tabla resumen de las cantidades de malta y pan empleada, expresadas en gramos.	9
Tabla 5. Características, tiempos de hervido y cantidad calculada de los lúpulos empleados.	10
Tabla 6. Datos de densidad y volumen recogidos tras la maceración de 24 horas.	14
Tabla 7. Tabla resumen de los rendimientos medios obtenidos con cada tipo de pan. .	14
Tabla 8. Datos medios de densidad inicial y final de cada tipo de elaboración.	15
Tabla 9. Valores medios de turbidez de cada una de las elaboraciones.	16
Tabla 10. pH medios y desviación estándar de las distintas elaboraciones.	16
Tabla 11. Valores promedios de ml de sosa gastados para la titulación, desviación estándar de los mismos y resultados de acidez expresados en % de ácido láctico. ...	17
Tabla 12. Valores promedio del grado alcohólico y su desviación estándar de cada una de las elaboraciones.	18
Tabla 13. Valores promedios de absorbancia a 430 nm, su desviación estándar de cada una de las muestras y su equivalente en la escala EBC.	18
Tabla 14. Resultados promedios y desviación estándar del extracto seco de cada una de las elaboraciones.	20
Tabla 15. Concentración de proteínas de cada una de las muestras calculadas a partir de la absorbancia promedio.	21
Tabla 16. Absorbancia promedio y concentración de ácido gálico obtenida según la curva de calibración.	22
Tabla 17. Capacidad antioxidante en μMol (DPPH/ml) promedio de cada una de las elaboraciones.	22
Tabla 18. Tabla resumen de las notas medias de cata asignadas por los consumidores al color, olor y sabor de las cervezas.	24
Tabla 19. Tabla ANOVA para Visual (color) por Cerveza.	25
Tabla 20. Test de Tukey para color en cata de consumidores.	25
Tabla 21. Tabla ANOVA para Olfativa (olor) por Cerveza.	26
Tabla 22. Test de Tukey para olor en cata de consumidores.	26
Tabla 23. Tabla ANOVA para Gustativa (sabor) por Cerveza.	26
Tabla 24. Test de Tukey para sabor en cata de consumidores.	26

Índice de imágenes.

Imagen 1. Cervezas elaboradas con pan en la actualidad	4
Imagen 2. Panes empleados en el proyecto..	4
Imagen 3. Superficie del mosto durante el proceso de fermentación.	10
Imagen 4. Sala de catas.	13
Imagen 5. Situación de los colores de las distintas elaboraciones según escala EBC.	19

Índice de gráficas

Gráfica 1. Rendimientos medios de las cervezas elaboradas con cada tipo de pan....	14
Gráfica 2. Representación de los valores medios de densidad inicial y final de cada elaboración.	15
Gráfica 3. Resultados de turbidez media de las distintas elaboraciones.	16
Gráfica 4. Valores medios de pH de las distintas cervezas.	17
Gráfica 5. Acidez media de las distintas elaboraciones expresada como % de ácido láctico.	17
Gráfica 6. Grado alcohólico promedio alcanzado en cada una de las elaboraciones. .	18
Gráfica 7. Valores medios de la absorbancia a 430 nm de cada una de las elaboraciones.	19
Gráfica 8. Resultados promedios de extracto seco en % de las distintas elaboraciones.	20
Gráfica 9. Recta de calibrado obtenida.	20
Gráfica 10. Concentración de proteínas (mg/ml) de cada una de las elaboraciones. ..	21
Gráfica 11. Recta de calibrado obtenida para la cuantificación de los polifenoles totales.	21
Gráfica 12. Concentración de ácido gálico (mg/ l de muestra) de cada una de las elaboraciones.	22
Gráfica 13. Valores promedios de la capacidad antioxidante en las distintas elaboraciones.	23
Gráfica 14. Atributos más valorados en una cerveza por los consumidores.....	23
Gráfica 15. Frecuencias obtenidas en el test de preferencia. (Grupo 1=menos preferido, Grupo 5=más preferido).....	24
Gráfica 16. Notas promedio asignadas por los consumidores al color, olor y sabor de las cervezas en el test de aceptación.....	25
Gráfica 17. Diagrama de araña de los atributos visuales evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.	27
Gráfica 18. Diagrama de araña de los atributos gustativos evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.	28
Gráfica 19. Diagrama de araña de los atributos olfativos evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.	28

Índice de anexos.

Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza.	1
Etapas del proceso de elaboración de cerveza.....	2
Anexo 2. Tabla de equivalencias del densímetro empleado en este proyecto.	1
Anexo 3. Ficha de cata para test de consumidores.....	1
Anexo 4. Datos estadísticos de las catas de expertos.	1
1. Fase visual.....	1
1.1. Tonalidad.....	1
1.2. Limpidez.....	1
1.3. Espuma.....	2
1.4. Color de la espuma.....	2
2. Fase gustativa.....	3
2.1. Acidez.....	3
2.2. Carbonatado.....	3
2.3. Amargor.....	4
2.4. Cuerpo.....	4
2.5. Persistencia aromática.....	4
3. Fase olfativa.....	5
3.2. Maltosidad.....	5
3.3. Malta cereal.....	5
3.4. Malta fruta madura.....	6
3.5. Lupulizado.....	6
3.6. Lúpulo fruta exótica.....	7
3.7. Lúpulo vegetal.....	7
3.8. Levadura.....	8
3.9. Levadura fruta tropical.....	8
3.10. Levadura especiado.....	9
3.11. Levadura panadería.....	9
3.12. Tostado.....	10
3.13. Tostado café.....	10
3.14. Tostado frutos secos.....	11
3.15. Caramelizado.....	11

1. Introducción.

1.1. Antecedentes históricos.

Se han encontrado evidencias de la producción de cerveza en el mundo desde hace miles de años: hace más de 7.000 en China y en torno al 6.000 ó 5.000 antes de nuestra era en la región de Sumeria (García Barber & Olalla Marañón, 2014) (Fálder Rivero, 2006) (Fonseca, 2007). Alrededor del 3.000 se produjo en Egipto y en Europa. Posteriormente, durante el imperio de Carlomagno, los monasterios fueron los lugares donde se concentró su producción, permitiéndose más tarde a los monjes el negocio de la venta de la cerveza (García Barber & Olalla Marañón, 2014).

En el siglo XIV, la producción se desplazó desde los monasterios a centros privados que fueron creciendo en competitividad y calidad y también creció el control por parte de los gobiernos mediante la aplicación de impuestos y normas reguladoras del proceso productivo (García Barber & Olalla Marañón, 2014). En la segunda mitad del siglo XIX, surgen un conjunto de descubrimientos científicos y tecnológicos que transformaron la producción cervecera hasta la actualidad como el uso de frío industrial o las mejoras en la generación de energía por vapor (García Barber & Olalla Marañón, 2014).

Ya en el siglo XXI, España ha participado de la tendencia creciente de la cerveza artesanal, existiendo en 2020 varios cientos de microcervecerías (Peel, 2020), lo que ha favorecido la creación de una normativa específica que controle la calidad, la elaboración y comercialización de cerveza: el Real Decreto 678/2016, que la define como el alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales (BOE, 2016).

1.2. Datos del sector a nivel nacional.

En el año 2019, el consumo per cápita en España se mantuvo en niveles parecidos al año anterior con 52 litros, cifra siempre menor a la de otros países de la Unión Europea (Cerveceros de España, 2020), sin embargo, debido a las restricciones impuestas por la pandemia de COVID-19, se estima que en el año 2020 el consumo bajó hasta los 42 ó 50 litros por persona según la fuente consultada (Cerveceros de España, 2021).

El consumo fuera del hogar se situó en el 2019 en un 68% (Cerveceros de España, 2020). Sin embargo, en el 2020 se produjo un importante cambio en estos datos, pasando el consumo en el hogar (56%) a superar al consumo en hostelería (44%)(Cerveceros de España, 2021).

La tendencia en la producción desde el 2013 hasta el 2019 ha sido creciente, hasta superar los 37.8 millones de hectolitros comercializados en dicho año. Sin embargo, en 2020 este dato sufrió un descenso del 12% hasta situarse en 33.3 millones de hectolitros comercializados, rompiendo así dicha tendencia (Cerveceros de España, 2021).

1.3. Datos del sector a nivel europeo y mundial.

En relación al consumo de cerveza en Europa, España se sitúa en tercera posición, sólo por detrás de Alemania y Reino Unido (The Brewers of Europe, 2021).

Con respecto a la tipología de industria cervecera en España, en el año 2019 existían 519 cervecerías en activo, con 379 microcervecerías (cervecería con una producción anual de hasta 1000 hectolitros) y 512 compañías cerveceras en activo (The Brewers of Europe, 2021).

A nivel europeo, España se situó en 2019 en el tercer puesto como productor de cerveza (elaboró 39.5 millones de hectolitros (Cerveceros de España, 2020)), quedándose por detrás de Alemania y Polonia (Cerveceros de España, 2021), mientras que a nivel mundial, se postuló como décimo, ocupando China el primer puesto (The Brewers of Europe, 2020).

1.4. Clasificaciones de la cerveza.

Existen distintas clasificaciones para agrupar los diferentes tipos de cervezas que existen en el mundo en función de su origen geográfico, de su extracto seco primitivo, de su historia... (Arana, 2014; Vera Rey, 2016). Aunque es habitual clasificarlas según su tipo de fermentación (Vera Rey, 2016; Garrido, s. f.; Suárez Díaz, 2013; González G & Marcos R, 2017).

Así, por el tipo de fermentación, se distinguen tres tipos básicos: las cervezas de alta fermentación o Ale, las de baja fermentación o Lager y las de fermentación espontánea. (Arana, 2014; BJCP, 2015; Suárez Díaz, 2013; Vera Rey, 2016). Las primeras son aquellas en las que la levadura ha trabajado en la parte alta del tanque y a temperaturas más elevadas entre los 18 y los 26°C. Las segundas son aquellas obtenidas cuando el trabajo de la levadura se ha desarrollado en la parte inferior del tanque y que tienen una mejor evolución a temperaturas de entre 1 y 5°C. Por su parte, terceras se diferencian de las anteriores en que no se les ha añadido levadura, sino que la han tomado del ambiente y su fermentación no se desarrolla en tanques o fermentadores como las anteriores, sino en bañeras (González G & Marcos R, 2017).

Además, existen distintas organizaciones en el mundo que establecen otras clasificaciones según diversos criterios como American Home Brewers Association (AHBA) o Beer Judge Certification Program (BJCP), habiendo publicado esta última una clasificación en 2015 según la cual define 34 estilos de cervezas divididos a su vez en 112 subcategorías (BJCP, 2015).

1.5. Ingredientes básicos.

Los principales ingredientes para la elaboración de cerveza son los siguientes:

- a) **Agua:** se trata del componente mayoritario de la cerveza. Su contenido en sales tiene gran relevancia en la calidad y estilo de la cerveza. Se debe valorar su pureza microbiológica, su transparencia y color, la presencia de metales pesados u otros contaminantes, su sabor y olor, su composición mineral y su acidez (Vera Rey, 2016).
- b) **Malta:** proporciona los carbohidratos necesarios para que tenga lugar la fermentación y contribuye a dar determinados sabores y colores característicos de la cerveza (Vera Rey, 2016). La malta procede de determinadas variedades de cebada que se hace germinar y posteriormente se seca y sufre un proceso de tostado: maltas poco tostadas dan como resultado cerveza rubia, mientras que maltas con un tostado mayor, dan cervezas más oscuras o negras (Suárez Díaz, 2013).
- c) **Lúpulo:** se trata de uno de los principales contribuyentes al característico amargor, sabor y aroma de la cerveza. Se trata de las flores femeninas de una planta (*Humulus lupulus*) perteneciente a la familia de las Cannabináceas. Interviene además en la formación y estabilización de la espuma y posee propiedades antisépticas y antioxidantes, por lo que ejerce una acción conservante sobre la cerveza (Suárez Díaz, 2013; Vera Rey, 2016).
- d) **Levadura:** se trata de un microorganismo unicelular del género *Saccharomyces* cuya función es transformar los azúcares en alcohol y CO₂, además de conferir algunas propiedades nutritivas (Vera Rey, 2016) y producir sustancias que contribuyen al aroma de la cerveza (Loviso & Libkind, 2019; Paz et al., 2017).

Si bien estos ingredientes son los más comúnmente empleados, existen elaboraciones con modificaciones de los mismos. Así, existen cervezas que emplean cereales distintos de la cebada (trigo, maíz, avena o arroz) u otras especies vegetales como la quinoa (Antonio, 2015; Márquez Farías, 2015; Valenzuela Venegas, 2007) o el amaranto (Díaz Alulema, 2018). Para reducir costes de producción, pueden emplearse, además,

adjuntos, que se definen como cualquier fuente de almidón o azúcar agregada como complemento a la malta de cebada. Entre los más utilizados están algunos cereales, azúcar, dextrinas, miel o jarabes (González G & Marcos R, 2017).

1.6. Proceso básico de elaboración.

El proceso básico a seguir para la elaboración de cerveza se detalla en el Anexo 1 y consta de los siguientes pasos (González G & Marcos R, 2017; Rojo León, 2019; Suárez Díaz, 2013):

- a) Molienda de la cebada malteada.
- b) Maceración de la malta molida en agua.
- c) Rociado con agua.
- d) Filtrado.
- e) Lupulizado.
- f) Enfriado.
- g) Inoculación de levadura.
- h) Fermentación.
- i) Desfangado.
- j) Carbonatación.
- k) Embotellado.
- l) Maduración.

1.7. Antecedentes de cerveza a partir de pan.

Se han encontrado relatos que describen antiguas formas de elaboración de cerveza que sugieren, en unos casos, y afirman en otros, la utilización de pan para la elaboración de cerveza:

- **Babilonia:** a principios del siglo XVIII se encontró una tablilla de arcilla que recoge una receta de una cerveza de hace unos 13 mil años. Consiste en una composición poética dedicada a la diosa Ninkasi en la que se describe la forma en la que los sumerios elaboraban su cerveza con pan. («La receta de cerveza más antigua del mundo», 2018; Lagalla, 2018).
- **Egipto:** la leyenda cuenta que el dios Osiris desveló la fórmula de la cerveza a los egipcios, según la cual, debían echar trozos de pan hechos de trigo o cebada en recipientes con agua del Nilo, donde sufrían el proceso de fermentación (Fálder Rivero, 2006). Esta teoría ha sido, sin embargo, cuestionada por un estudio arqueológico en el que se sugiere la existencia de malteo de los cereales empleados (Samuel, 1996).
- **Biblia:** en Ecl 11:1, se lee: "Lanza tu pan a la superficie del agua; después de un tiempo volverá a ti." Un ensayo, además de tratar sobre su interpretación teológica, describe una parte del proceso de elaboración de cerveza habitual en el antiguo Oriente Próximo, que incluía la adición de pan al agua (Homan, 2002).

Recogiendo las ideas de los anteriores registros históricos junto con el deseo de reducir el elevado desperdicio de pan, han surgido varias cervezas comerciales por todo el mundo en las que el pan forma parte de su elaboración (Díez Díez, 2020):

- A) Babylone:** desarrollada en Bélgica en 2015, nació del Brussels Beer Project y su nombre se inspira en las elaboraciones de la antigua Babilonia (*Basta de despilfarro*, 2018; Díez Díez, 2020; Fuchs, 2015).
- B) Toast Real Ale:** basándose en el Brussels Beer Project, en 2016 Hackney Brewery, de Reino Unido, elaboró una nueva versión de la cerveza hecha con pan: Toast Real Ale. Su receta está disponible en internet (*Cerveza hecha con pan, la fórmula británica para que la comida no termine en la basura*, 2017; Díez Díez, 2020; Morán, 2016).

- C) **Black Seed:** se trata de una cerveza elaborada por la conjunción de Black Seed Bagels y Folksbier Brauerei a partir de bagels (Díez Díez, 2020; Hallinan, 2019).
- D) **Loafer Beer:** cerveza producida por una cadena de supermercados australianos, Woolworths, desde 2019 a partir de restos de pan (Díez Díez, 2020).
- E) **Bread Ale:** surgida en Singapur en 2020 de la cervecera Crust Brewing (Díez Díez, 2020).



Imagen 1. Cervezas elaboradas con pan en la actualidad. De izquierda a derecha: A, B, C, D y E. Fuentes: (*Breaking Bread Ale*, s. f.; *Brussels Beer Project Babylone*, s. f.; Hallinan, 2019; *Loafer Pale Ale 330mL*, s. f.; *Toast Real Ale*, s. f.).

En este trabajo se propone la realización de una elaboración similar empleando distintos tipos de panes disponibles en el mercado español con importantes diferencias organolépticas entre ellos.

1.8. Características de los tipos de panes empleados en el proyecto.

Se seleccionaron los tipos de pan debido a su presencia habitual en supermercado y, por tanto, su susceptibilidad de convertirse en un residuo en caso de no ser vendidos, además de por estar su consumo extendido de forma internacional y por querer determinar si existen diferencias en las propiedades organolépticas o químicas que cada tipo de pan es capaz de conferir al producto final.

- A) **Pan blanco (de flama):** pan con corteza dura, de color claro y miga blanda y húmeda con alveolado medio.
- B) **Pan integral:** pan con corteza dura, muy oscura, miga muy compacta con alveolado escaso y olor intenso.
- C) **Pan de maíz:** pan de corteza blanda, con miga blanda, húmeda, esponjosa, de color amarillo intenso y aromática.
- D) **Pan de centeno:** pan con corteza gruesa, dura y crujiente y miga densa, compacta, oscura y alveolado escaso.



Imagen 2. Panes empleados en el proyecto. De izquierda a derecha: A, B, C y D. Fuentes: (*La Tahona de Sahagún*, s. f.) (pan blanco, integral y centeno, fotografía propia (maíz)).

2. Objetivos.

Según el informe del MAPA sobre el desperdicio alimentario en España en 2019 se tiraron más de 58,8 millones de kilos de pan en los hogares, suponiendo este producto el 5,1% del total de productos sin elaborar que se desperdicia en este ámbito, lo que lo convierte en el sexto alimento por volumen que más tiran los españoles (9 kilos por hogar) (MAPA, 2020).

En las pequeñas cervecerías especialmente, así como también en las grandes macrocervecerías, la malta supone un coste de elaboración muy importante. Encontrar un adjunto cervecero que les permitiese disminuir tal coste de producción a la vez que mantener las características organolépticas del producto final significaría un importante avance (Rojo León, 2019). Así, en este proyecto, aunando las ideas anteriores, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Determinar la cantidad de malta que es capaz de ser sustituida por pan.
- Comprobar que la cantidad de pan empleada permite alcanzar una densidad inicial similar a la que se obtendría utilizando únicamente malta.
- Determinar si existen diferencias significativas en el producto final debidas al tipo de pan empleado.
- Evaluar analíticamente las características de las cervezas obtenidas a partir de los distintos tipos de pan.
- Exponer las cervezas resultantes junto a una cerveza elaborada únicamente con malta a un panel de consumidores y determinar si existen tendencias significativas en la preferencia y aceptación de las mismas.
- Exponer las cervezas resultantes junto a una cerveza elaborada únicamente con malta a un grupo de catadores profesionales para determinar características organolépticas significativas de las distintas elaboraciones.

3. Material y métodos.

3.1. Materiales.

Para desarrollar este proyecto se han empleado los equipos, materiales, ingredientes e instrumentos que figuran en las tablas que siguen a continuación:

Para la fase de determinación de la cantidad de pan óptima a emplear y la propia elaboración de cerveza:

Tabla 1. Ingredientes, materiales y utensilios requeridos para la determinación de la cantidad de pan y la elaboración de las cervezas.

Ingredientes	Materiales y utensilios
Agua corriente	Cuchillo
Agua mineral	Balanza
Pan blanco	Molino para malta
Pan integral	Olla de maceración
Pan de maíz	Jarras medidoras
Pan de centeno	Palas de plástico
Malta Munich	Mallas
Malta Pilsen	Coladores de malla fina
Malta Biscuit	Embudo
Malta Cara Rye	Bidones de plástico con grifo.
Lúpulo variedad Centennial	Airlocks
Lúpulo variedad Cascade	Densímetro
Lúpulo variedad Simcoe	Probetas
Irish Moss	Termómetro de cocina
Dextrosa	Botellines de vidrio oscuro
Levadura SafAle S-04 (Fermentis)	Chapas corona
Levadura SafBrew F-2 (Fermentis)	Chapadora
	Vaso de plástico

Para la fase de medición y análisis de las características de las cervezas terminadas:

Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos necesarios para los análisis de las cervezas terminadas.

Materiales y equipos	Reactivos químicos
PHmetro (HACH, modelo sensiON+)	NaOH 0,01N
Bureta	Agua destilada
Vaso de precipitados de 100 ml	Albúmina sérica 0,1 µg/µL (Fluka)
Espectrofotómetro (Spectronic instruments, modelo 20 Genesys)	Ácido gálico 100mg/l
Cubetas estándar de 1 cm	Metanol
Pipeta de Pasteur	Reactivo de Folin-Ciocalteu
Matraz Erlenmeyer 25 0ml	Reactivo DPPH
Balanza de precisión (Radwag, modelo AS220/C/2)	Reactivo de Bradford
Ebullómetro (GAB system)	
Turbidímetro (Hanna Instruments, modelo HI 98703)	
Balanza de determinación de humedad (Gibertini Eurotherm)	
Matraces aforados de 10 ml y 25 ml	
Micropipeta 1000 µL	
Puntas de micropipeta	

Centrífuga	
Tubos de ensayo (con tapón)	
Tubos Falcon	
Vortex	
Imán agitador	

Finalmente, para la cata de las cervezas, tanto del panel de consumidores como de profesionales:

Tabla 3. Materiales necesarios para el análisis sensorial de las cervezas terminadas.

Materiales
Servilletas
Copas cata vino de vidrio normalizada según ISO 3591-1977
Rotulador permanente

3.2. Métodos.

3.2.1. Determinación de la cantidad de pan idónea.

El objetivo de este punto es establecer qué cantidad de malta puede ser sustituida por pan y obtener una densidad inicial similar a la que se obtendría empleando sólo malta. Además, se debe tener en cuenta la cantidad de pan que admite el líquido sin saturarse.

Como punto de partida, se establecen unos porcentajes de sustitución del 30 y del 50%, es decir, se plantea sustituir el 30% o el 50% de la malta por pan y comparar la densidad que se obtiene tras el macerado en comparación con una elaboración hecha totalmente con malta (elaboración testigo).

Se establece el límite máximo de sustitución en el 50% debido a que en el RD 678/2016 se fija que en la “bebida de malta”, que constituye la materia prima para la elaboración de cerveza, la malta debe representar, al menos, el 50% total de los productos amiláceos utilizados.

Para realizar esta determinación se sigue el mismo método empleado por Rojo León, L. (2020). Así, se vertieron 5 litros de agua corriente en cada una de las ollas en las que se va a sustituir parte de la malta por pan y 10 litros en la olla de la elaboración testigo o 100% malta. Se calentó hasta los 67 °C. Como paso previo, se había cortado en trozos pequeños una determinada cantidad de pan correspondiente a cada uno de los porcentajes de sustitución, además de haberse preparado la cantidad de malta necesaria. Tanto el pan como la malta se introducen en sendas mallas. Las mallas se introdujeron en el agua caliente y se dejaron macerar durante 1 hora, removiendo el agua frecuentemente con una pala de plástico. Al cabo de la hora, se apagaron las ollas y se dejaron bien tapadas durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, se sacaron las mallas y se midió el volumen de agua que había. Se calculó la diferencia que restaba para alcanzar el volumen de agua inicial y se empleó ese mismo volumen de agua para rociar las mallas (calentándola a unos 75 °C). Finalmente se midió la densidad de cada una de las elaboraciones. En la olla testigo elaborada totalmente con malta, se obtuvo una densidad de 1050, tal y como se había calculado en la preparación de la receta. En la olla con un 30% de pan se obtuvo una densidad de 1049 y en la del 50% de pan se obtuvo la misma densidad que en la testigo.

3.2.2. Elaboración de cerveza empleando distintos tipos de pan.

En esta fase, una vez seleccionada la cantidad adecuada de pan, se deben realizar un conjunto de cálculos para determinar qué cantidad de malta se debe añadir para obtener

una densidad tal en el mosto que signifique unos 5-6° de alcohol tras el proceso de fermentación.

En primer lugar, es necesario saber qué densidad requiere el mosto para alcanzar ese grado alcohólico, para lo cual, se consulta la tabla informativa que adjunta el fabricante del densímetro, en la que se relacionan los dos valores (ver Anexo 2).

Se pretende alcanzar para este proyecto una densidad de unos 1050 g/l en el mosto cervecero.

- El primer cálculo pretende conocer el valor de densidad que debe aportar la malta. Este valor se da en Unidades de Densidad, no en g/l, y su valor varía según la cantidad a elaborar y la densidad a la que se quiere llegar. Así, se emplea la siguiente fórmula:

$$GU = OG \times \frac{Q}{3.785}$$

Siendo:

- ❖ GU = Unidades de densidad necesarias.
 - ❖ OG = Últimas dos cifras de la densidad objetivo expresadas en g/l.
 - ❖ Q = Volumen que se desea elaborar expresado en L.
- Una vez conocido el valor de las unidades de densidad que se requieren, se determina cuántas de esas unidades aporta cada tipo de malta, debiendo tener en cuenta para ello el porcentaje empleado de cada una de ellas.

$$IG = GU \times \text{factor porcentual}$$

- Finalmente, se procede al cálculo de la cantidad necesaria de cada tipo de malta, para lo que se tienen en cuenta su extracto potencial, es decir, su capacidad de brindar al mosto azúcares fermentables y el rendimiento del equipo de maceración, que se suele estimar en un 80%. Así:

$$P = \frac{GU \times 0.4536}{G \times R}$$

Siendo:

- ❖ P = cantidad de malta necesaria, expresada en kg.
- ❖ GU = Unidades de densidad necesarias.
- ❖ G = Coeficiente de eficiencia de cada tipo de malta.
- ❖ R = Rendimiento del equipo macerador.

Para el estilo de cerveza que se va a realizar en este proyecto, una American Pale Ale (APA), se han seleccionado las maltas que más frecuentemente se repetían en las recetas consultadas (Brewers Association, 2021; Zainasheff & Palmer, 2007), aportando cada una de ellas determinadas características al producto:

- **Múnich:** se trata de una malta habitual en las cervezas de estilo Pale Ale y se caracteriza por aportar gran sabor a malta y algo de dulzor. Constituye el 40% del total de malta de la elaboración.
- **Pilsen:** es una malta base muy pálida y que aporta algo de dulzor. Supone el 45% del total de malta de la elaboración.
- **Biscuit:** se trata de una malta con un grado de tostado de moderado a intenso, caracterizada por otorgar a la cerveza un ligero amargor a la vez que el típico

aroma a galletas y bizcocho, además de un color ámbar profundo. Supone el 10% del total de la malta de la elaboración.

- **Cara rye:** se trata de una malta de centeno que aporta aromas a pan, café, chocolate negro. Constituye el 5% del total de malta de la elaboración.

Por otro lado, los tipos de pan que se emplearon fueron pan blanco, pan de maíz, pan integral y pan de centeno. Se escogieron estos tipos de pan debido a que son frecuentes en cualquier supermercado o tienda y, por tanto, susceptibles de acabar en la basura en caso de no ser vendido, además de por querer determinar si existen diferencias en las propiedades organolépticas o químicas que cada tipo de pan es capaz de conferir al producto final.

Las proporciones tanto de pan como de malta expresadas en gramos, atendiendo a los cálculos anteriormente explicados, se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tabla resumen de las cantidades de malta y pan empleada, expresadas en gramos.

	Para 10 L de mosto cervecero	
	Testigo 100% malta	50% malta y 50% pan
MUNICH	832.23	416.12
PILSEN	936.26	468.13
BISCUIT	220.30	110.15
CARA RYE	104.03	52.01
Pan	-	1046.41

El siguiente paso consiste en calcular la cantidad de lúpulo necesario para conseguir el amargor deseado. Para esta elaboración, se emplean 3 variedades de lúpulo, siendo elegidas las más frecuentemente repetidas en las recetas consultadas (Brewers Association, 2021; Zainasheff & Palmer, 2007):

- **Centennial:** se trata de una variedad de lúpulo obtenida en 1974 con aromas cítricos fuertes y notas de mango y flores (*Lúpulo Centennial*, s. f.).
- **Cascade:** es un lúpulo clásico que da a la cerveza notas cítricas y florales (*Lúpulo Cascade* | www.cocinista.es, s. f.).
- **Simcoe:** se trata de lúpulo que confiere aroma y sabor intensos, con notas de néctar tropical, maracuyá, mango y pino (*Lúpulo Simcoe*, s. f.).

Para calcular la cantidad necesaria de cada uno, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de lúpulo} = \frac{Q \times Cg \times IBU}{U \times A \times 1000} * 100$$

Siendo:

- ❖ Q = volumen de cerveza que se desea elaborar.
- ❖ Cg = 1 si la densidad inicial es ≤ 1050 g/l.
- ❖ IBU = Nivel de amargor.
- ❖ U = Coeficiente del tiempo de hervor.
 - 15 min \rightarrow 0.15
 - 30 min \rightarrow 0.19
 - 60 min \rightarrow 0.27
 - 90 min \rightarrow 0.34
- ❖ A = porcentaje de alfa ácidos del lúpulo.

Así, las cantidades de los lúpulos a utilizar son las recogidas en la tabla que sigue a continuación:

Tabla 5. Características, tiempos de hervido y cantidad calculada de los lúpulos empleados.

Variedad de lúpulo	IBUs deseados	% Alfa ácidos	Tiempo de hervido (min)	Cantidad (g)
Centennial	15	9.6	60	5.79
Cascade	10	6.7	30	7.86
Simcoe	5	13.6	1	3.34

Con respecto al Irish Moss, el propio fabricante recomienda una dosis de 0.9 g por litro de mosto, que se debe añadir en los últimos 15 minutos de cocción.

Siguiendo las consideraciones anteriores y el procedimiento indicado en el Anexo 1, se procede a elaborar las distintas cervezas, teniendo en cuenta que se elabora una tanda testigo o 100% malta por triplicado y el resto de elaboraciones sustituyendo la mitad de la malta por cada uno de los tipos de pan, también por triplicado.

- **Elaboración testigo o 100% malta:** el proceso de elaboración es el descrito en el diagrama de flujo anteriormente mencionado.
- **Elaboración 50% malta y 50% pan:** primero se macera el pan en una malla, junto la malta, en otra, en 5 litros de agua a 67 °C durante una hora. Después se deja reposar durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo, tiene lugar el rociado de ambas mallas hasta completar el volumen inicial de 5 l a fin de conseguir una mayor extracción de azúcares fermentables. Tras ello se procede al hervido y lupulizado, así como al resto de fases.

Finalmente, se debe calcular la cantidad de levadura. Se seleccionó para esta receta la levadura SafAle S-04 que, según el fabricante, se debe emplear en dosis de 11.5 gramos de levadura por cada 20 litros de mosto. Así, se añadieron 2.8 gramos de levadura a cada fermentador de 5 l. Para una correcta inoculación de la levadura, primero se debe rehidratar con un vaso de agua a unos 20 °C, dejándolo reposar unos minutos. Posteriormente, se le debe añadir medio vaso del mosto cervecero y se vuelve a dejar reposar unos instantes. En este momento, se deberá ver espuma o burbujas en la superficie del vaso, signo que indica la activación de las levaduras. Con una pala de plástico, se debe oxigenar enérgicamente el mosto y después se puede verter el contenido del vaso en él. A continuación, debe cerrarse bien el recipiente fermentador, poniendo en la tapa un airlock a fin de permitir que el gas emitido por el proceso de fermentación pueda escapar del recipiente y así evitar que reviente el recipiente.

Los bidones de fermentación deben dejarse en un lugar a una temperatura de en torno a 20 °C, pudiendo abrirlos momentáneamente para proporcionarles oxigenación mediante una pala de plástico. Durante este proceso, se puede observar en la superficie del líquido la actividad de las levaduras como un burbujeo o una capa de espuma.



Imagen 3. Superficie del mosto durante el proceso de fermentación.

Cuando la densidad del líquido ha alcanzado un valor de en torno a los 1015 g/l, se da por terminada la fase de fermentación y se introducen los recipientes en la cámara de

frío, donde permanecen en torno a una semana a unos 5 °C a fin de facilitar la precipitación de partículas en suspensión y su posterior desfogado.

Tras el desfogado de todos los recipientes, se debe calcular la cantidad de dextrosa y levadura de segunda fermentación que debe añadirse a la cerveza verde antes de proceder a embotellarla, para lo cual se debe tener en cuenta el volumen de cerveza obtenido tras retirar los fangos.

Se estima que la cerveza verde posee 0.6 volúmenes de CO₂. Desean alcanzarse 2.8 volúmenes de CO₂, por lo que hay que aumentar 2.2 volúmenes de CO₂.

Teniendo en cuenta que 4 g de dextrosa aumentan 1 volumen de CO₂, aplicando una sencilla regla de tres, se obtiene que es necesario añadir 8,8 g de dextrosa por litro de cerveza para alcanzar los volúmenes de CO₂ deseados. Además, se debe tener en cuenta que, al emplear dextrosa como fuente de azúcares, se suele aplicar un porcentaje de mayoración del 30%.

La dosis adecuada de levadura SafBrew F-2 para la fermentación en botella es de en torno a 0.2 a 0.4 gramos por litro de cerveza, eligiendo en este caso 0,3 g/l.

Tras finalizar este proceso, se embotella la cerveza en botellas desinfectadas de vidrio oscuro y se chapa con tapas corona de distintos colores para poder identificarlas posteriormente. Pasarán en la botella a temperatura ambiente como mínimo una semana, tras lo cual pueden ser refrigeradas.

3.2.3. Análisis de las características de las cervezas terminadas.

Tras este período, se puede comenzar el análisis de distintas características físico-químicas de las cervezas:

- **Turbidez:** se midió con un turbidímetro marca Hanna Instruments, modelo HI 98703. Se introdujeron tres muestras de cada elaboración en un recipiente transparente con tapa. Se colocó cada uno de estos recipientes en el turbidímetro y se registró la lectura del mismo, obteniendo así los valores de turbidez en NTU (Unidad de Medición de Turbidez).
- **pH:** se midió con un pH-metro marca HACH, modelo sensiON+. Tras proceder a su calibración, se introdujo su electrodo en un volumen de muestra y se obtuvo en la pantalla el valor del pH de la misma. Se realizaron las medidas por triplicado para cada elaboración.
- **Acidez:** se empleó el pH-metro del análisis anterior empleando en este caso la función de medición en continuo. Se preparó una bureta con una disolución de NaOH 0,01N y se hizo gotear sobre la muestra hasta alcanzar un pH de 7. Se registraron los ml de NaOH gastados para cada muestra. El ensayo se realizó por triplicado para cada elaboración.
- **Grado alcohólico:** se empleó un ebullómetro de la marca GAB system. Se procedió primeramente a su calibración con agua. Se tomó el valor de la temperatura de ebullición del agua y se llevó a una regla graduada. Después se introduce un volumen de cada muestra en el ebullómetro, se lee su temperatura de ebullición y se lleva a la regla, de la que se puede obtener la lectura del grado alcohólico. Se realizó el ensayo por duplicado para cada elaboración.
- **Absorbancia a 430 nm:** se midió en un espectrofotómetro de la marca Spectronic instruments, modelo 20 Genesys. Se introdujo un volumen de muestra en cubetas estándar de 1 cm. Se seleccionó en la pantalla del equipo una longitud de onda de 430 nm y se introdujo las cubetas una a una en el equipo, obteniéndose el valor de la absorbancia a esa longitud de onda, pudiendo convertir ese valor a la escala EBC (European Brewery Convention)

multiplicando el valor obtenido por 25. El ensayo se realizó por triplicado para cada elaboración.

- **Extracto seco:** se midió con una balanza de la marca Gibertini Eurotherm. Se introduce un volumen de la muestra en la balanza. Se evapora el agua que contiene la muestra y se pesa el resto (el extracto seco). Por diferencia con el total de la muestra introducida, se puede obtener de forma directa el % de extracto seco. El ensayo se realizó por triplicado para cada elaboración.
- **Concentración de proteínas:** se estimó mediante la prueba de Bradford según el método empleado en un estudio anterior (Martínez Muñoz, 2015), basada en la unión del colorante Coomassie blue G.250 (CBBG) (o reactivo de Bradford) con las proteínas de la muestra. El reactivo CBBG, en solución ácida, existe de dos formas: una naranja y una azul. Las proteínas se unen a la azul y forman el complejo proteína-colorante, con una absorbancia máxima de 595 nm. El colorante libre, por su parte, posee una absorbancia máxima de 470 nm. Para determinar el contenido en proteínas, es necesario comparar el valor de absorbancia de la muestra con los valores de absorbancia obtenidos de patrones con cantidades conocidas de proteína. Para ello se construye una recta de calibración de 1µL - 40µL utilizando cantidades conocidas de albúmina sérica (0,1 µg/µL). Las muestras se analizaron por duplicado, añadiendo a 3 µL de la muestra 157 µL de agua y 40 µL de reactivo de Bradford. La lectura con el espectrofotómetro se realizó a 595 nm.
- **Polifenoles totales:** se midió mediante la reacción colorimétrica de Folin-Ciocalteu siguiendo el método sugerido por un estudio basado en el método Folin-Ciocalteu aplicado a cerveza (Magalhães et al., 2010), empleando el espectrofotómetro de haz simple anteriormente mencionado. Se realizó una curva de calibración utilizando diferentes concentraciones (0.0 – 30 mg/L) de soluciones estándar de ácido gálico, resultando la siguiente ecuación, $Y = 0.0243x + 0.0209$, $R = 0.9959$.
- **Capacidad antioxidante:** se midió mediante el ensayo con el radical libre 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) según el método sugerido por un estudio basado en el reactivo DPPH aplicado a cerveza (Abderrahim et al., 2013), según el cual, las muestras una vez filtradas y diluidas (50 µL muestra o el blanco control) se introdujeron en cubetas de cuarzo de 10 mm por triplicado y se mezclaron con 1000 µL de DPPH (60 µMol L⁻¹ disuelto en metanol 1: 1/10 mMol L⁻¹ Tris-HCl buffer pH 7,5). Tras 10 minutos de incubación a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 520 nm con el espectrofotómetro de haz simple anteriormente mencionado. La capacidad antioxidante de la cerveza expresada en µMol DPPH mL⁻¹ se calculó utilizando la siguiente fórmula (Pachas, 2019):

$$\mu\text{Mol} \frac{\text{DPPH}}{\text{ml}} = \frac{(A_0 - A_t)}{A_0} \times \frac{V_t[\text{DPPH}] \times \text{FD}}{\text{ml}}$$

Siendo:

- A_0 : absorbancia del control (DPPH diluido en metanol).
- A_t : absorbancia en presencia de la muestra
- V_t : volumen total de reacción en litros.
- [DPPH]: concentración del DPPH.
- FD: factor de dilución.
- ml: mililitros de muestra utilizados en la reacción.

3.2.4. Test de consumidores.

Con el objetivo de conocer la respuesta de los consumidores al degustar las cervezas elaboradas, se expusieron las elaboraciones a un panel de potenciales consumidores, que realizaron anónimamente un test de aceptación mediante una escala graduada en la que puntuaron los atributos color, olor y sabor y un test de preferencia mediante ordenación de menor a mayor preferencia.

Para ello, se dispuso una cantidad suficiente de cada una de las muestras en copas de cristal cata vino normalizadas marcadas con códigos aleatorios de 3 cifras. La cerveza se sirvió fría (4°C) y en el momento de la cata para evitar cambios en sus características organolépticas debidas a la exposición al aire y a la luz. Junto a las cervezas, se ofrece un vaso de agua a los consumidores para que se puedan enjuagar la boca entre muestras si lo consideran necesario. Antes de comenzar la cata, se les explicó en detalle cómo rellenar la hoja del test, que puede verse en el Anexo 3 de este trabajo.

La sala de catas cuenta con las características deseables para la valoración propuesta: colores claros, buena iluminación, ausencia de olores ajenos a la cata, cubículos para evitar distracciones...



Imagen 4. Sala de catas. Fuente: (Rojo León, 2019)

Los datos que se obtuvieron de la cata se analizaron con el programa Statgraphics 19.

3.2.5. Análisis sensorial descriptivo mediante panel de cata profesional.

Además, se reunió un panel de 6 catadores entrenados específicamente para la cata de cerveza según la norma ISO 17025. Para estos catadores, se ofrecieron las diferentes muestras servidas en copa de cristal y se les informa del objetivo del proyecto y sobre el tipo de cerveza que se disponen a catar, pero al igual que en caso anterior, las muestras se identifican con código anónimo de tres dígitos para que la cata sea objetiva y no generar sesgos en los evaluadores. También se les ofreció un vaso de agua para que se enjuagaran la boca si lo consideraban oportuno. Los jueces analizaron las diferentes cervezas y emplearon una ficha de cata propia, con la que trabajaron durante el entrenamiento, y que no se incluye en este trabajo por pertenecer su propiedad a una empresa privada. En esta cata se evalúan descriptores como tonalidad, limpieza, características de la espuma, acidez, grado de maltosidad y lupulizado... así como posibles defectos, en caso de que los hubiera.

Al igual que en el caso anterior, los datos que se obtuvieron de la cata se analizaron con el programa Statgraphics 19.

4. Resultados y discusión.

4.1. Determinación del porcentaje de sustitución de malta óptimo.

Una vez realizada la fase de maceración durante 24 horas y el rociado con el volumen de agua necesario para alcanzar el volumen inicial, se midieron las densidades y se obtuvo que el mosto 100% malta tenía una densidad de 1050, que era la cifra buscada mediante los cálculos previos.

Tabla 6. Datos de densidad y volumen recogidos tras la maceración de 24 horas.

	Olla 30%	Olla 50%	Olla testigo
Volumen (ml) tras 24 h maceración	4300	4750	8050
Densidad inicial (20°C)	1054	1052	1054
Volumen agua para enjuagar	700	250	1950
Densidad final (20°C)	1049	1050	1050

Por otro lado, se vio que la olla en la que se había sustituido un 30% de malta por pan daba como resultado una densidad de 1049 g/l y la olla en la que se sustituyó la mitad de la malta por pan alcanzó los 1050 g/l.

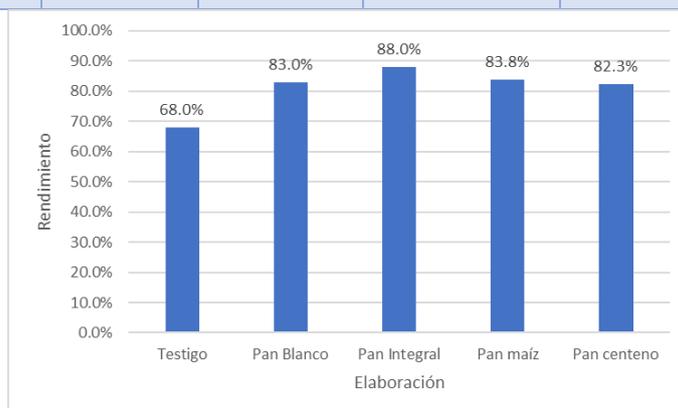
4.2. Determinación de las densidades y rendimientos alcanzados con cada tipo de pan.

Tras concluir que se va a proceder a sustituir un 50% de malta, se elaboró la cerveza siguiendo una misma receta y método pero variando el tipo de pan, únicamente. Se creó cada elaboración por triplicado, es decir, se crearon tres tandas de 5 l por cada tipo de pan, de forma que se elaboraron 75 l de cerveza, incluyendo la receta testigo, que también se elaboró por triplicado.

Tras el proceso de fermentación, se procedió al desfangado. Registrando el volumen de cerveza verde que queda una vez retirados los fangos y sabiendo que el volumen inicial de cada elaboración era de 5 l, se puede calcular el rendimiento de cada una. En la tabla siguiente se ha recogido el valor medio obtenido para cada tipo de pan.

Tabla 7. Tabla resumen de los rendimientos medios obtenidos con cada tipo de pan.

	Testigo	Pan Blanco	Pan Integral	Pan maíz	Pan centeno
Rendimiento (%)	68	83	88	83.8	82.3



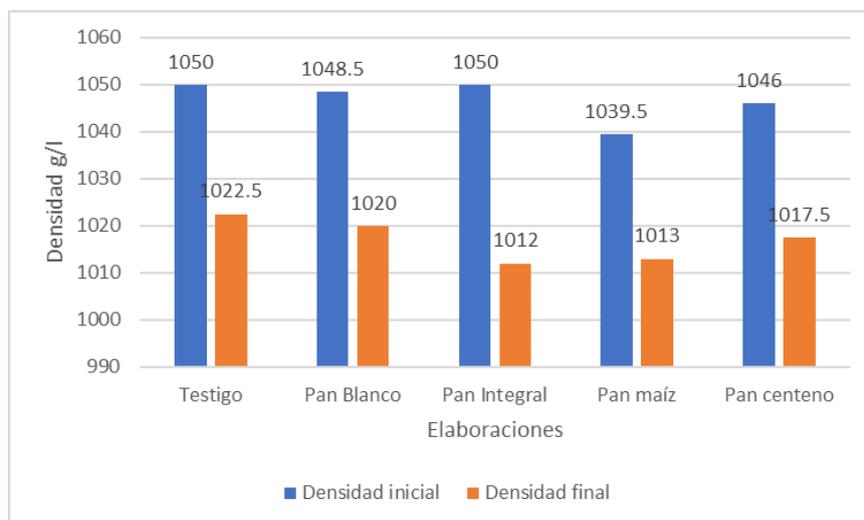
Gráfica 1. Rendimientos medios de las cervezas elaboradas con cada tipo de pan.

De la gráfica anterior se deduce que el pan integral es el que posee un mayor rendimiento y aunque los valores del resto de elaboraciones son algo menores, todos son superiores al valor del rendimiento de la cerveza elaborada únicamente con malta.

Por otro lado, durante el proceso de fermentación, se midió a diario la densidad de cada una de las elaboraciones a fin de determinar en qué momento se podía dar por terminada la actividad de las levaduras y, por tanto, de la fermentación. Se tomó el valor de la densidad inicial del mosto cervecero antes de la inoculación de la levadura. Se determinó que el proceso de fermentación había terminado cuando se daban medidas de densidad constantes durante 3 días consecutivos.

Tabla 8. Datos medios de densidad inicial y final de cada tipo de elaboración.

	Testigo	Pan Blanco	Pan Integral	Pan maíz	Pan centeno
Densidad inicial	1050	1048.5	1050	1039.5	1046
Densidad final	1022.5	1020	1012	1013	1017.5
Diferencia	27.5	28.5	38	26.5	28.5



Gráfica 2. Representación de los valores medios de densidad inicial y final de cada elaboración.

En la gráfica se puede apreciar que las recetas elaboradas con pan blanco y con pan integral permiten prácticamente igualar la densidad inicial de la cerveza testigo elaborada con malta. Sin embargo, la densidad inicial que se alcanza tanto con el pan de centeno como con el de maíz son varios puntos más bajas.

La bajada de densidad por el proceso de fermentación de la cerveza testigo es de 27,5 unidades, valor muy similar al resultante de la fermentación de las elaboraciones con pan blanco (28.5), con maíz (26.5) y con centeno (28.5). Destaca, sin embargo, la importante bajada de densidad de la cerveza elaborada con pan integral, que bajó 38,5 unidades. Este comportamiento quizás podría deberse a que la levadura se vio favorecida por la presencia de micronutrientes presentes en el pan integral y ausentes en la harina de los otros panes.

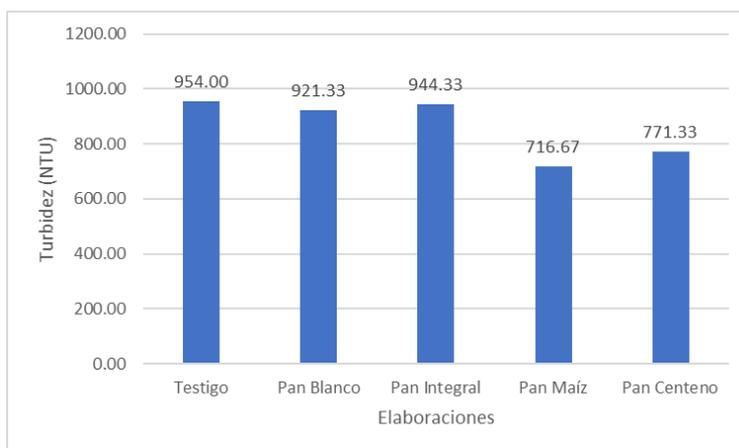
De las cervezas resultantes, una vez finalizada su maduración en botella, se tomaron muestras y se analizaron los distintos parámetros físico-químicos descritos en el punto 3.2.3. de este trabajo, cuyos resultados se exponen en el siguiente apartado.

4.3. Resultados de los análisis físico-químicos de las cervezas elaboradas.

4.3.1. Turbidez.

Tabla 9. Valores medios de turbidez de cada una de las elaboraciones.

	Testigo	Pan Blanco	Pan Integral	Pan Maíz	Pan Centeno
Turbidez media (NTU)	954.00	921.33	944.33	716.67	771.33
Desv. Estándar	31.79	16.03	127.89	30.05	70.61



Gráfica 3. Resultados de turbidez media de las distintas elaboraciones.

De la siguiente gráfica se deduce que tanto en el caso de las elaboraciones con pan blanco así como con pan integral, los niveles de turbidez son muy similares, siendo siempre menores los correspondientes a las elaboraciones con pan respecto a la testigo.

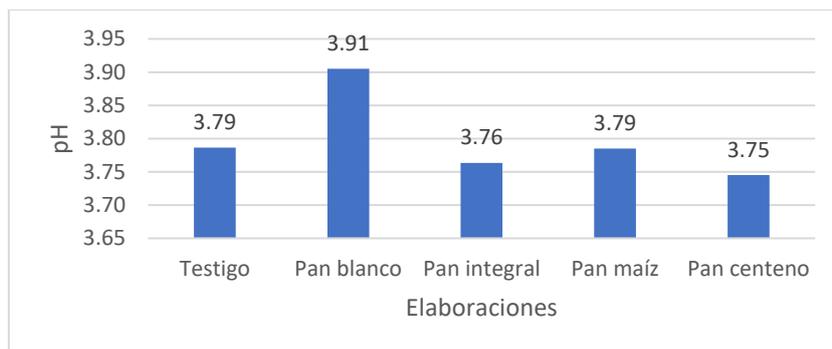
La turbidez de la cerveza testigo elaborada para un proyecto anterior (Rojo León, 2019) resultó ser la menor comparada con la de cervezas elaboradas parcialmente con pan (295.67 NTU) quizás debido a que el tiempo de maduración en cámara de la misma fue mayor que para la de este proyecto.

Los resultados de los distintos tipos de panes son coherentes: tanto pan integral como pan blanco son los que más miga presentaban, y quizás sea la proporción de esta la causante de la mayor presencia de partículas en suspensión. Por otro lado, el pan elaborado con maíz, a pesar de tener una miga abundante, era muy compacto, por lo que quizás en la fase de maceración no soltó tantos sedimentos como en los casos anteriores. Respecto al pan de centeno, a pesar de tener una miga similar los dos primeros panes, era algo más compacta y la corteza era mucho más gruesa, lo que quizás favorece que en el macerado se suelten menos sólidos al mosto.

4.3.2. pH.

Tabla 10. pH medios y desviación estándar de las distintas elaboraciones.

	Testigo	Pan blanco	Pan integral	Pan maíz	Pan centeno
pH promedio	3.79	3.91	3.76	3.79	3.75
Desv. Estándar	0.06	0.04	0.15	0.06	0.13



Gráfica 4. Valores medios de pH de las distintas cervezas.

Según el RD 678/2016, la cerveza terminada, debe poseer un pH inferior o igual a 5.5, por lo que las cervezas elaboradas en este proyecto son aptas para su consumo a este respecto.

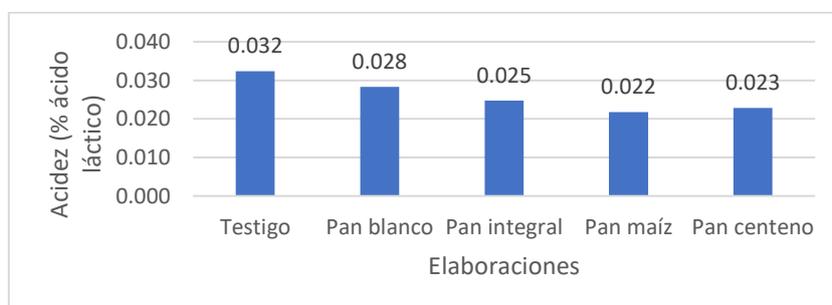
El pH de la cerveza elaborada totalmente con malta se sitúa en 3.79, un valor algo bajo en relación al pH ideal de la cerveza, que se sitúa en el rango 4.1-4.6 (Mora, 2020). Si se toma como referencia este rango estándar, todas las cervezas elaboradas con pan poseen un valor inferior a él, por lo que se puede deducir que la adición de pan parece implicar una disminución del valor de pH, lo que podría tener repercusiones en la aceptación del producto final por parte de los consumidores.

Los valores de pH de las distintas elaboraciones con pan, si bien son similares, presentan variaciones destacables. Tal es el caso de la cerveza elaborada con pan blanco, cuyo pH sería el más próximo al valor de una cerveza tradicional elaborada con malta. En el extremo opuesto, parece que el pan integral y el pan de centeno son los que más lejos estarían de ese valor, presentando los pH más bajos del conjunto.

4.3.3. Acidez.

Tabla 11. Valores promedios de ml de sosa gastados para la titulación, desviación estándar de los mismos y resultados de acidez expresados en % de ácido láctico.

	Testigo	Pan blanco	Pan integral	Pan maíz	Pan centeno
Promedio ml sosa gastados	3.60	3.15	2.75	2.42	2.54
Desv. Estándar	0.08	0.08	0.08	0.13	0.09
Acidez (%ác. Láctico)	0.032	0.028	0.025	0.022	0.023



Gráfica 5. Acidez media de las distintas elaboraciones expresada como % de ácido láctico.

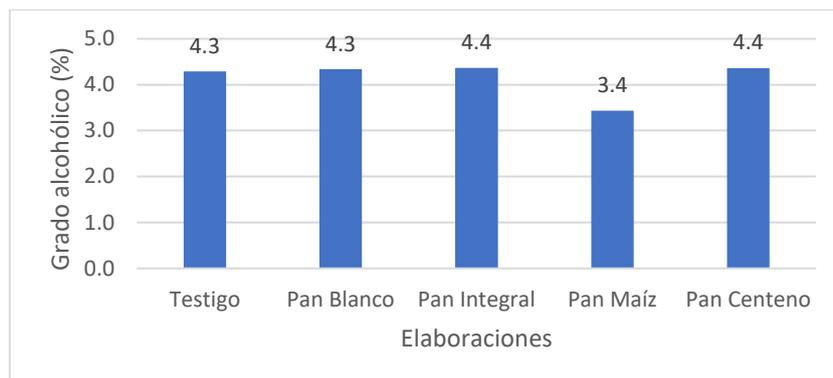
Viendo la gráfica anterior, se puede observar que todas las cervezas elaboradas con pan son ligeramente menos ácidas que la elaborada únicamente con malta, de lo que

se puede deducir que la adición de pan a la receta implica un descenso de la acidez en el producto final.

4.3.4. Grado alcohólico.

Tabla 12. Valores promedio del grado alcohólico y su desviación estándar de cada una de las elaboraciones.

	Testigo	Pan Blanco	Pan Integral	Pan Maíz	Pan Centeno
Grado alcohólico promedio	4.3	4.3	4.4	3.4	4.4
Desv. Estándar	0.03	0.15	0.24	0.23	0.17



Gráfica 6. Grado alcohólico promedio alcanzado en cada una de las elaboraciones.

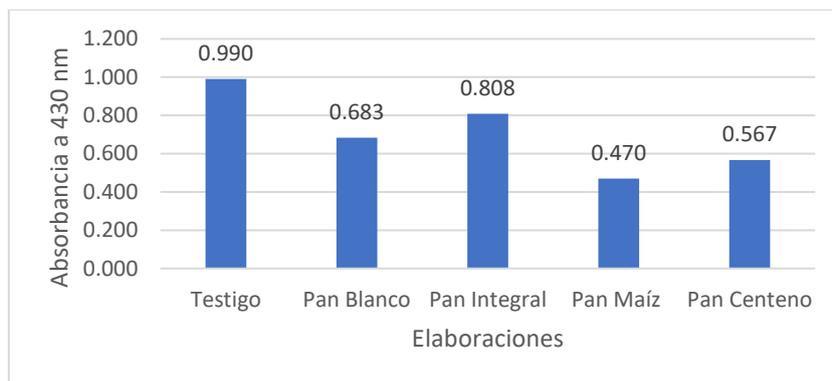
Con respecto al grado alcohólico, se puede observar que la cerveza elaborada únicamente con malta alcanzó un grado del 4.3%, valor idéntico al alcanzado por la cerveza con pan blanco y muy similar a los obtenidos con pan integral y pan de centeno (4.4%). Esto indica que los azúcares obtenidos del pan son tan fermentables como los de la malta y que las enzimas de esta, son suficientes para liberar tanto los azúcares propios de la malta como para hacer aptos para la acción de la levadura los del pan.

Sin embargo, cabe destacar el bajo grado alcohólico alcanzado por la elaboración con pan de maíz, que sólo llegó a un grado del 3.4%. Esto quizás podría explicarse por la baja densidad inicial que se consiguió en el mosto, por la existencia de alguna dificultad de las levaduras por fermentar los azúcares de la harina de maíz o por la presencia de algún aditivo en el pan que interfiriese con la actividad de la levadura.

4.3.5. Absorbancia a 430 nm.

Tabla 13. Valores promedios de absorbancia a 430 nm, su desviación estándar de cada una de las muestras y su equivalente en la escala EBC.

	Testigo	Pan Blanco	Pan Integral	Pan Maíz	Pan Centeno
Abs prom. a 430 nm	0.990	0.683	0.808	0.470	0.567
Desv. Estándar	0.031	0.033	0.036	0.001	0.041
EBC	24.76	17.08	20.20	11.75	14.18



Gráfica 7. Valores medios de la absorbancia a 430 nm de cada una de las elaboraciones.

Haciendo la transformación de los valores de absorbancia a la escala EBC y situándolos sobre ella, se obtiene la figura siguiente:

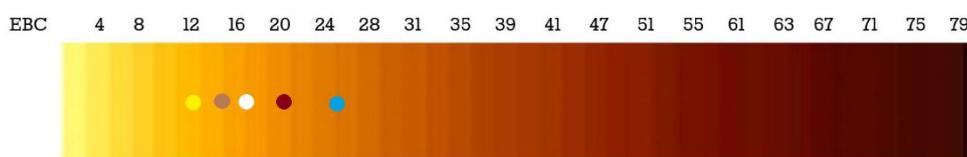


Imagen 5. Situación de los colores de las distintas elaboraciones según escala EBC.

Donde:

Círculo amarillo: cerveza con pan de maíz.

Círculo tostado: cerveza con pan de centeno.

Círculo blanco: cerveza con pan blanco.

Círculo marrón: cerveza con pan integral.

Círculo azul: cerveza testigo.

Los resultados obtenidos son, en gran parte, los esperados. La cerveza testigo fue la que alcanzó una coloración más oscura, mientras que las elaboradas con pan alcanzaron colores menos oscuros, quizás por el contenido en miga de todos ellos, pues a pesar de que la corteza de algunos, como el pan integral, fuera bastante oscura, la miga era en todos los casos más clara y suponía un porcentaje mucho mayor que de corteza en el conjunto del pan.

Dentro de los tipos de pan, el pan integral fue el que más se aproximó al color de la cerveza testigo, seguido del pan blanco, al que siguió el pan de centeno, que se esperaba que diera una coloración algo más oscura que la que efectivamente ha resultado. Finalmente, el pan que confirió un color más claro a la cerveza fue el pan de maíz.

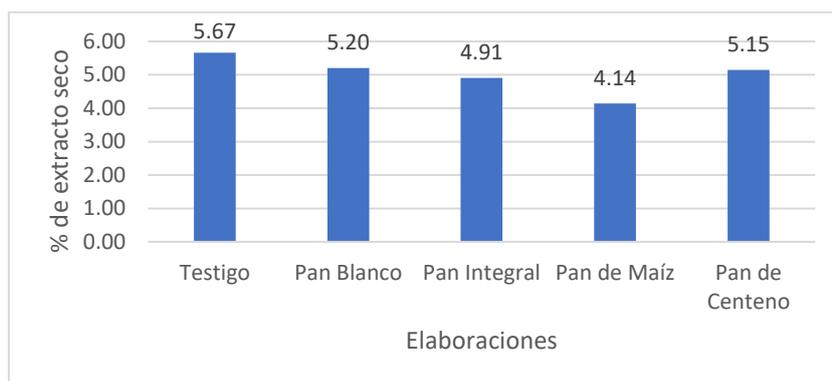
Se deduce de este ensayo que el pan es capaz de conferir color a la cerveza, si bien, en menor medida que la malta, y que la porción del pan más determinante en la cesión de color al mosto es la corteza.

4.3.6. Extracto seco.

De acuerdo al método expresado en el apartado 3.2.3., se obtuvieron los siguientes valores expresados en porcentaje:

Tabla 14. Resultados promedios y desviación estándar del extracto seco de cada una de las elaboraciones.

Elaboración	Extracto seco promedio (%)	Desv. Estándar.
Testigo	5.67	0.007
Pan Blanco	5.20	0.156
Pan Integral	4.91	0.028
Pan de Maíz	4.14	0.283
Pan de Centeno	5.15	0.212



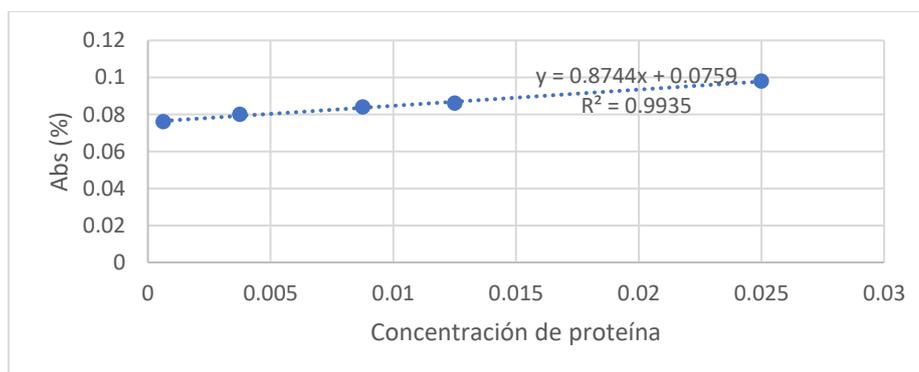
Gráfica 8. Resultados promedios de extracto seco en % de las distintas elaboraciones.

Se puede observar que la cerveza testigo es la que presenta mayor extracto seco (5.67%). Por otro lado, las cervezas elaboradas con pan presentan valores inferiores a la testigo, en un rango desde 4.14% en el caso de la cerveza con pan de maíz a un 5.20% en la de pan blanco.

El hecho de que las cervezas elaboradas con pan presenten en todos los casos valores de extracto seco menores al de la cerveza elaborada únicamente con malta podría deberse a que quizás durante el proceso de maceración la malta libera más sustancias al mosto que el pan.

4.3.7. Contenido en proteínas.

Según la metodología descrita en el apartado 3.2.3., se obtuvo la siguiente recta de calibrado empleando disoluciones de concentración conocida de albúmina sérica:

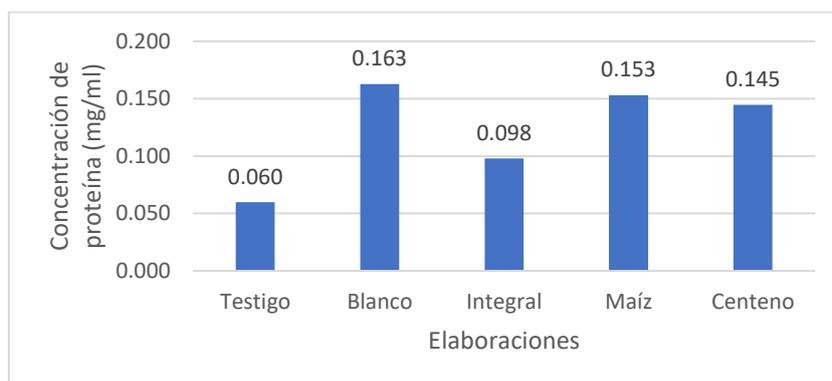


Gráfica 9. Recta de calibrado obtenida.

Introduciendo en la recta anterior los valores de absorbancia obtenidos para las distintas muestras, se puede obtener el valor de la concentración de proteínas promedio de cada una de ellas.

Tabla 15. Concentración de proteínas de cada una de las muestras calculadas a partir de la absorbancia promedio.

	[proteína]	Absorbancia promedio	Desv. Estándar
Testigo	0.060	0.128	0.005
Blanco	0.163	0.218	0.011
Integral	0.098	0.162	0.005
Maíz	0.153	0.210	0.004
Centeno	0.145	0.202	0.009



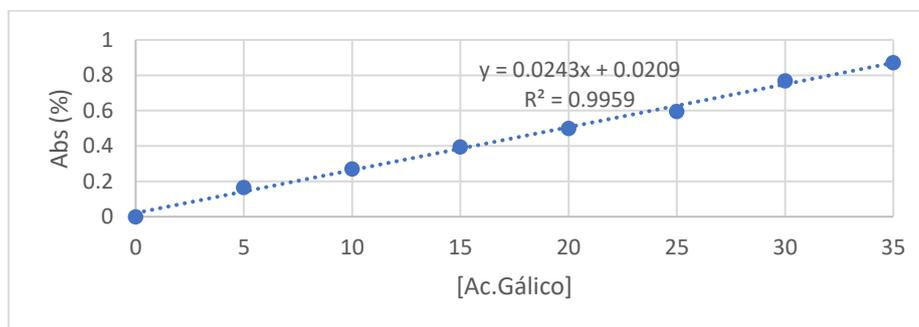
Gráfica 10. Concentración de proteínas (mg/ml) de cada una de las elaboraciones.

De la gráfica anterior se puede concluir que el contenido en proteínas de todas las cervezas elaboradas con pan es superior al de la cerveza elaborada únicamente con malta. Dentro de los tipos de pan, el integral es el que menor cantidad de proteínas parece haber cedido a la cerveza. En el extremo opuesto estaría el pan blanco, seguido a poca distancia por el pan de maíz y el de centeno.

Los valores de proteína de las cervezas elaboradas con pan, están dentro del rango del contenido proteico de las distintas muestras de cervezas artesanales y comerciales analizadas en un estudio anterior (Martínez Muñoz, 2015), que van desde 0.04 a 1.31 mg/ml, si bien, todas se encontrarían muy cercanas al límite inferior de dicho rango.

4.3.8. Polifenoles totales.

Según la metodología descrita en el apartado 3.2.3., se obtuvo la siguiente recta de calibrado empleando disoluciones de concentración conocida de ácido gálico:

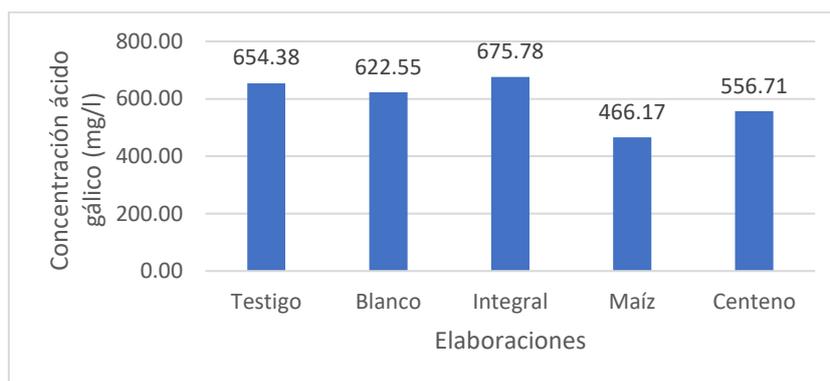


Gráfica 11. Recta de calibrado obtenida para la cuantificación de los polifenoles totales.

Al igual que en el caso anterior, introduciendo en la recta anterior los valores de absorbancia obtenidos para las distintas muestras, se puede obtener el valor de la concentración de ácido gálico promedio de cada una de ellas.

Tabla 16. Absorbancia promedio y concentración de ácido gálico obtenida según la curva de calibración.

	Absorbancia media	S.D	[Ac.Gálico] mg/l de muestra
Testigo	0.220	0.010	654.38
Blanco	0.210	0.006	622.55
Integral	0.226	0.008	675.78
Maíz	0.163	0.013	466.17
Centeno	0.190	0.011	556.71



Gráfica 12. Concentración de ácido gálico (mg/ l de muestra) de cada una de las elaboraciones.

Se observa que la elaboración con pan integral presenta un nivel de polifenoles totales similar pero algo mayor que la elaboración testigo. El resto de elaboraciones con pan presentan niveles de polifenoles totales inferiores a la receta elaborada únicamente con malta. Así, la elaboración con pan integral supone una forma de incrementar ligeramente el contenido polifenólico de la cerveza.

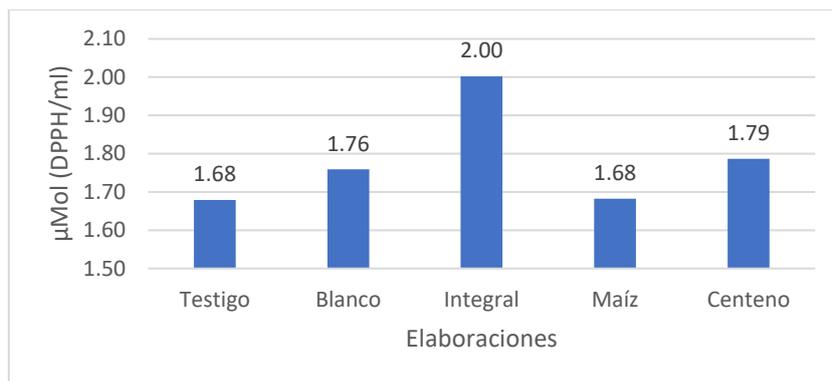
Los valores obtenidos se encuentran dentro o muy próximos al límite superior del rango de un conjunto de cervezas artesanales analizadas en el mismo estudio del apartado anterior. En este caso, el rango iba desde los 267.7 hasta los 562.2 mg/l muestra.

4.3.9. Capacidad antioxidante.

Una vez realizados los cálculos descritos en el apartado 3.2.3., los valores que se obtienen son los siguientes:

Tabla 17. Capacidad antioxidante en μMol (DPPH/ml) promedio de cada una de las elaboraciones.

Elaboraciones	μMol (DPPH/ml)	Desv. Estándar
Testigo	1.6791	0.0205
Blanco	1.7595	0.0159
Integral	2.0023	0.0023
Maíz	1.6823	0.0705
Centeno	1.7868	0.0091



Gráfica 13. Valores promedios de la capacidad antioxidante en las distintas elaboraciones.

La gráfica anterior permite concluir que, exceptuando el caso de la elaboración con pan de maíz, el resto de las elaboraciones con pan presentan una mayor capacidad antioxidante que la elaborada únicamente con malta, siendo especialmente llamativo el caso de la cerveza elaborada con pan integral, que destaca sobre el resto.

Los valores resultantes, están dentro del rango indicado por el estudio de referencia para el ensayo (Pachas, 2019), que va de 1.18 a 3.23 µMol (DPPH/ml). Un estudio anterior sobre el contenido polifenólico de cervezas comerciales (Mitić et al., 2014), por su parte, indicó valores algo inferiores, de 0.56 a 1.66 µMol (DPPH/ml).

Este contenido de antioxidantes superior al de las cervezas comerciales, confieren a las cervezas elaboradas en este proyecto propiedades que beneficiarían la salud del consumidor (Zapata et al., 2019)

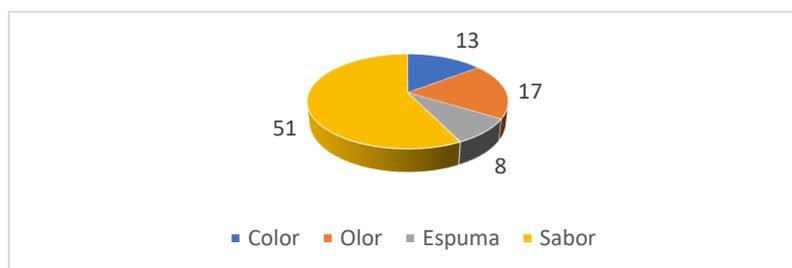
4.4. Análisis sensorial.

4.4.1. Test de consumidores.

Para el test de consumidores, se ofrecieron las distintas elaboraciones a 51 consumidores. La cantidad mínima deseada de consumidores para este test fue de 100 personas, pero debido a la pandemia provocada por la COVID-19, fue complicado reunir este número de voluntarios. Dentro de este grupo, 28 fueron hombres, 19 fueron mujeres y 4 personas prefirieron no decir su sexo. El rango de edad de los participantes varió entre los 19 y los 63 años.

A) Resultados de cuestiones generales.

Con respecto a la frecuencia de consumo de los participantes, la mayoría (54.9%) es de varias veces a la semana. Respecto a los atributos que los consumidores más valoraban a la hora de elegir una cerveza, los resultados fueron:

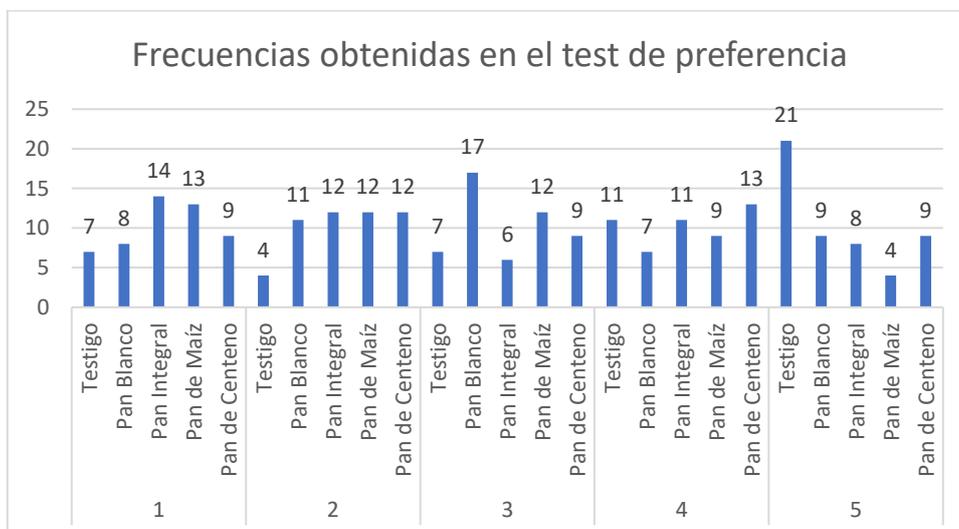


Gráfica 14. Atributos más valorados en una cerveza por los consumidores.

El 96,2% de los catadores expresó que uno de los atributos que más valoraban era el sabor. Por otro lado, el atributo con menor frecuencia valorado es la espuma.

B) Resultados test de preferencia.

Los resultados del test de preferencia se expresan en la siguiente gráfica:



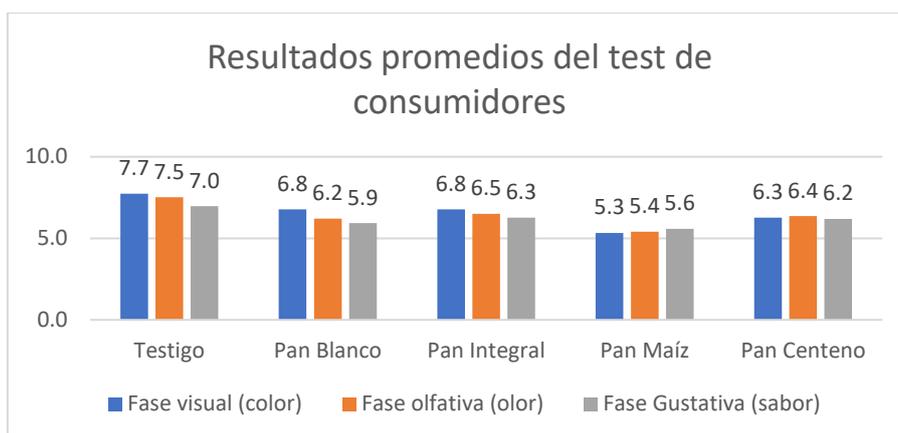
Gráfica 15. Frecuencias obtenidas en el test de preferencia. (Grupo 1=menos preferido, Grupo 5=más preferido)

El grupo de resultados 1 corresponde a la cerveza menos preferida y el grupo de resultados 5 a la cerveza más preferida por los consumidores. Así, se observa que la cerveza más frecuentemente menos preferida es la de pan integral seguida de la de pan de maíz. Por el contrario, la cerveza más preferida por los consumidores es la elaboración testigo.

C) Resultados test de aceptación.

Tabla 18. Tabla resumen de las notas medias de cata asignadas por los consumidores al color, olor y sabor de las cervezas.

	Testigo		Pan Blanco		Pan Integral		Pan Maíz		Pan Centeno	
	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.	Prom.	Desv. Est.
Fase visual (color)	7.74	1.72	6.78	1.45	6.77	1.52	5.33	1.84	6.27	1.55
Fase olfativa (olor)	7.53	1.76	6.22	1.55	6.50	1.73	5.40	1.56	6.36	1.67
Fase Gustativa (sabor)	6.97	2.08	5.94	1.68	6.27	1.91	5.58	1.74	6.19	1.70



Gráfica 16. Notas promedio asignadas por los consumidores al color, olor y sabor de las cervezas en el test de aceptación.

A partir de los datos anteriores, se realiza un análisis ANOVA para evaluar los resultados. Además, para conocer más en detalle las diferencias entre los mismos, se someten los datos al test de Tukey.

- **Fase Visual (color):**

Tabla 19. Tabla ANOVA para Visual (color) por Cerveza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	156.074	4	39.0185	14.86	0.0000
Intra grupos	656.3	250	2.6252		
Total (Corr.)	812.374	254			

P-valor es <0.05, por lo que existen diferencias significativas entre las distintas elaboraciones respecto al color.

Tabla 20. Test de Tukey para color en cata de consumidores.

Tabla 21. Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Maíz	51	5.33333	A
Pan Centeno	51	6.27451	B
Pan Integral	51	6.77059	B
Pan Blanco	51	6.78431	B
Testigo	51	7.73529	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0.509804	0.881614
Pan Blanco - Pan Integral		0.0137255	0.881614
Pan Blanco - Pan Maíz	*	1.45098	0.881614
Pan Blanco - Testigo	*	-0.95098	0.881614
Pan Centeno - Pan Integral		-0.496078	0.881614
Pan Centeno - Pan Maíz	*	0.941176	0.881614
Pan Centeno - Testigo	*	-1.46078	0.881614
Pan Integral - Pan Maíz	*	1.43725	0.881614
Pan Integral - Testigo	*	-0.964706	0.881614
Pan Maíz - Testigo	*	-2.40196	0.881614

* indica una diferencia significativa.

Como puede verse, existe significación estadística entre las medias de varias parejas de muestras en las tres fases. Además, este test divide las muestras en tres grupos (A, B y C) según estas diferencias. Así, un primer grupo lo conforma únicamente la receta con pan de maíz, el segundo engloba las elaboraciones con pan de centeno, integral y blanco y el tercero sería la testigo. Así, se concluye que visualmente, las características de la testigo son significativamente diferentes al resto de las elaboraciones.

- **Fase Olfativa (olor):**

Tabla 21. Tabla ANOVA para Olfativa (olor) por Cerveza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	118.167	4	29.5417	10.77	0.0000
Intra grupos	685.882	250	2.74353		
Total (Corr.)	804.049	254			

P-valor es <0.05, por lo que también en este caso existen diferencias significativas entre las distintas elaboraciones respecto al olor.

Tabla 22. Test de Tukey para olor en cata de consumidores

Tabla 23. Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Pan Maíz	51	5.40196	A		
Pan Blanco	51	6.21569	AB		
Pan Centeno	51	6.36275	B		
Pan Integral	51	6.5	B		
Testigo	51	7.52941	C		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno				-0.147059	0.901264
Pan Blanco - Pan Integral				-0.284314	0.901264
Pan Blanco - Pan Maíz				0.813725	0.901264
Pan Blanco - Testigo			*	-1.31373	0.901264
Pan Centeno - Pan Integral				-0.137255	0.901264
Pan Centeno - Pan Maíz			*	0.960784	0.901264
Pan Centeno - Testigo			*	-1.16667	0.901264
Pan Integral - Pan Maíz			*	1.09804	0.901264
Pan Integral - Testigo			*	-1.02941	0.901264
Pan Maíz - Testigo			*	-2.12745	0.901264

* indica una diferencia significativa.

En este caso, también existen diferencias significativas entre grupos, volviendo a ser la cerveza testigo significativamente diferente al resto de elaboraciones, al igual que la de maíz.

- **Fase Gustativa (Sabor):**

Tabla 23. Tabla ANOVA para Gustativa (sabor) por Cerveza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	53.6725	4	13.4181	4.01	0.0036
Intra grupos	837.353	250	3.34941		
Total (Corr.)	891.025	254			

P-valor es <0.05, por lo que, al igual que en los casos anteriores, existen diferencias significativas entre las distintas elaboraciones respecto al sabor.

Tabla 24. Test de Tukey para sabor en cata de consumidores.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Pan Maíz	51	5.57843	A		
Pan Blanco	51	5.94118	A		
Pan Centeno	51	6.18627	AB		
Pan Integral	51	6.27451	AB		
Testigo	51	6.97059	B		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno				-0.245098	0.995822
Pan Blanco - Pan Integral				-0.333333	0.995822
Pan Blanco - Pan Maíz				0.362745	0.995822
Pan Blanco - Testigo			*	-1.02941	0.995822
Pan Centeno - Pan Integral				-0.0882353	0.995822

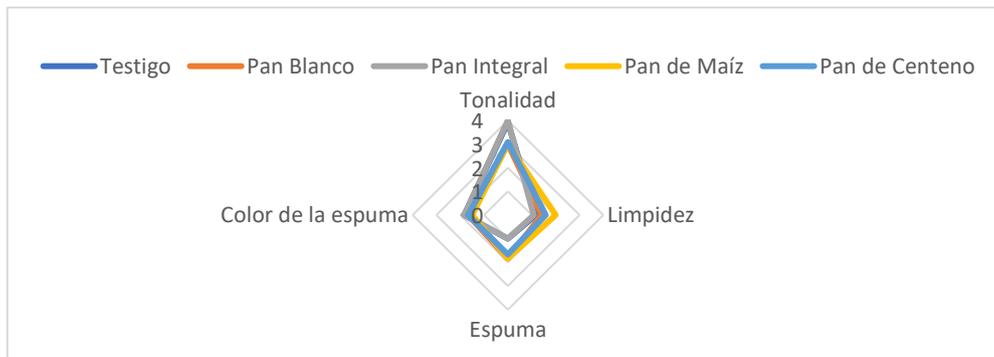
Pan Centeno - Pan Maíz		0.607843	0.995822
Pan Centeno - Testigo		-0.784314	0.995822
Pan Integral - Pan Maíz		0.696078	0.995822
Pan Integral - Testigo		-0.696078	0.995822
Pan Maíz - Testigo	*	-1.39216	0.995822

* indica una diferencia significativa.

En este caso, existen menos diferencias significativas entre grupos. La elaboración testigo, vuelve a ser significativamente distinta al resto, pero comparte similitudes con la elaboración con pan de centeno y con pan integral, lo que puede resultar fundamental para este proyecto, pues podría deducirse que una elaboración con pan de centeno o integral podría ser ya no solo aceptada entre los consumidores, sino presentar unas características de sabor no muy alejadas de una cerveza elaborada únicamente con malta.

4.4.2. Test de profesionales.

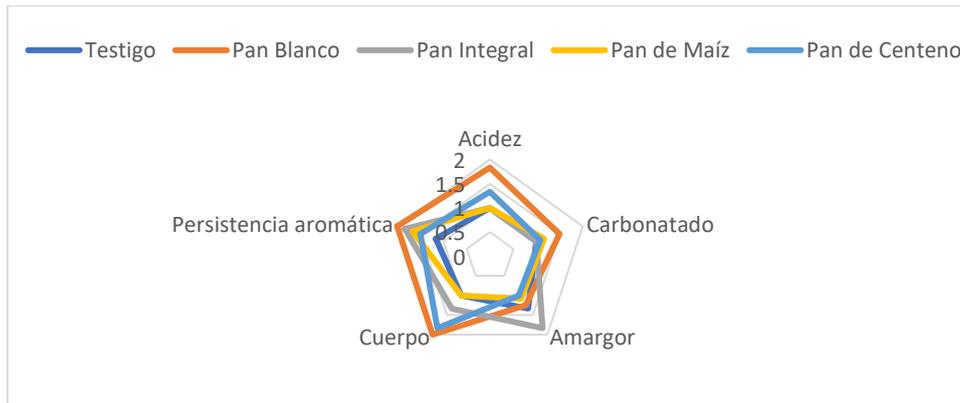
Para evaluar los resultados obtenidos de la cata de jueces entrenados, se sometieron los datos a un análisis ANOVA y un test de Tukey para cada tipo de elaboración, con el objetivo de determinar si hay diferencias significativas entre ellas, y en función de qué atributos. Los resultados de se recogen en el Anexo 4, estando reflejados en los gráficos que siguen a continuación.



Gráfica 17. Diagrama de araña de los atributos visuales evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.

La gráfica refleja que las cervezas compartían unos rasgos comunes, aunque con algunas diferencias:

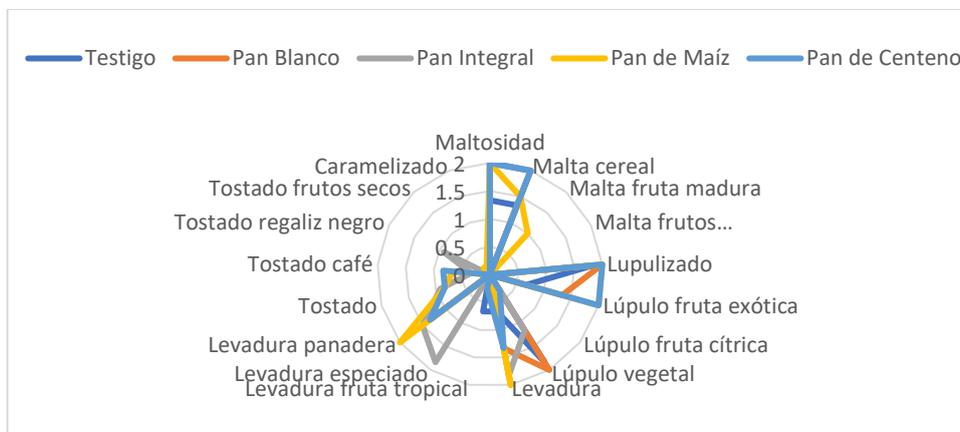
- La limpidez presenta un valor muy bajo, por lo que se trata de cervezas turbias; el color de la espuma varió entre blanco y nácar, siendo mayoritario el primero.
- La espuma presentó una densidad media en la mayoría de los casos, siendo liviana en el caso del pan integral.
- Con respecto a la tonalidad, todas las elaboraciones alcanzaron valores que oscilaron entre el anaranjado y el ambarino, correspondiendo a este último la elaboración testigo y la de pan integral y al primero, el resto.



Gráfica 18. Diagrama de araña de los atributos gustativos evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.

La gráfica de los atributos de la fase gustativa refleja que:

- Respecto a la acidez y al carbonatado, destaca la cerveza con pan blanco.
- Respecto al amargor, destaca la elaborada con pan integral sobre el resto.
- Con respecto al cuerpo, tanto la elaboración con pan blanco como con pan de centeno presentan valores similares y superiores al del resto de elaboraciones.
- El valor más alto en persistencia aromática lo alcanza la elaboración con pan blanco seguida por el resto de elaboraciones, siendo el menor el de la testigo.
- La elaboración testigo presenta en todos los atributos excepto en el amargor, los valores más bajos, pudiendo deducirse que la adición de pan supondría un enriquecimiento significativo de las cualidades de la cerveza en fase gustativa.



Gráfica 19. Diagrama de araña de los atributos olfativos evaluados para cada elaboración por los catadores entrenados.

El gráfico anterior, permite obtener algunas conclusiones:

- El aroma predominante es malta cereal, siendo solo la cerveza con maíz la que poseía algo de aroma a malta fruta madura.
- Algo similar ocurre respecto al lupulizado, siendo los predominantes el aroma a lúpulo-fruta exótica y lúpulo-vegetal.
- Respecto al aroma a levadura, predominó el aroma a levadura-panadería sobre el resto, siendo únicamente relevante el aroma a levadura-fruta tropical en el caso del pan integral.
- Con respecto a los aromas a tostado y caramelizado, únicamente fueron significativos en la elaboración con pan integral, si bien, de forma leve.

5. Conclusiones.

La elaboración de cerveza a partir de pan es factible, si bien, es necesaria una fracción importante de malta. El porcentaje de malta que se puede sustituir por pan asciende hasta el 50%, lo que puede llegar a suponer un ahorro muy importante para la industria cervecera.

La elaboración con pan integral fue la más similar a la testigo la mayoría de características físico-químicas analizadas.

Dicha elaboración superó al resto de elaboraciones con pan y a la cerveza testigo en rendimiento, contenido proteico, contenido en polifenoles totales y capacidad antioxidante.

La cerveza con pan blanco presentó el pH más próximo al valor ideal de una cerveza del tipo elaborado.

La adición de pan parece implicar un descenso en la acidez del producto final.

La malta libera más residuos sólidos al mosto cervecero que el pan, lo que produjo mayor proporción de extracto seco que en el resto de elaboraciones.

La cerveza más preferida por los consumidores fue la testigo, mientras que la cerveza más frecuentemente menos preferida es la de pan integral.

La cerveza con mayor puntuación por parte de los consumidores en fase visual, olfativa y gustativa fue la testigo, seguida de la elaborada con pan integral.

En la cata con profesionales no se detectaron defectos sensoriales en ninguna de las elaboraciones.

Cada una de las elaboraciones presentó algunos atributos característicos en las distintas fases de la cata con profesionales, de lo que se deduce que el empleo de uno u otro tipo de pan afecta a las propiedades sensoriales del producto final.

Todo lo anterior permite concluir que la elaboración de cerveza con pan integral permite obtener un producto física y químicamente similar al obtenido empleando únicamente malta, con características distintivas del resto de elaboraciones y presentando un nivel de aceptación similar.

6. Bibliografía.

- Abderrahim, F., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high-throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry*, 141(2), 788-794. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.055>
- Antonio. (2015). *Cerveza de quinoa—Mundo Sabor*. CERVEZA DE QUINOA. <http://mundosabor.es/blog/blog-post/2015/07/02/cerveza-de-quinoa.html>
- Arana, F. J. C. (2014). *Guía de cervezas artesanas españolas 2ª edición*. Vision Libros.
- Basta de despilfarro: Cerveza hecha de pan | DW | 17.10.2018*. (2018, octubre 17). <https://www.dw.com/es/basta-de-despilfarro-cerveza-hecha-de-pan/av-45908676>
- BJCP. (2015). *BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM 2015 STYLE GUIDELINES*. <https://dev.bjcp.org/beer-styles/introduction-to-the-2015-guidelines/>
- BOE. (2016). *Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta*.
- Breaking Bread Ale*. (s. f.). CRUST Group Website. Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.crust-group.com/product-page/breaking-bread-ale>
- Brewers Association. (2021). *Beer Styles Study Guide*. CraftBeer.Com. <https://www.craftbeer.com/beer/beer-styles-guide>
- Brussels Beer Project Babylone*. (s. f.). Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.hopt.es/botellas/8072-brussels-beer-project-babylone.html>
- Cerveceros de España. (2020). *INFORME SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR DE LA CERVEZA EN ESPAÑA 2019*. Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://cerveceros.org/uploads/5f6cb047a114e__Informe%20Socioeconomico%202019%20-%20Cerveceros%20de%20Espa%C3%B1a.pdf
- Cerveceros de España. (2021). *INFORME SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR DE LA CERVEZA EN ESPAÑA 2020*. Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://blog.birrapedia.com/wp-content/uploads/2021/06/60c9ed46da1ce__Informe-Socioeconomico-Sector-Cerveceros-2020.pdf
- Cerveza hecha con pan, la fórmula británica para que la comida no termine en la basura*. (2017, diciembre 12). Diario EL PAIS Uruguay. <https://www.elpais.com.uy/mundo/cerveza-hecha-pan-formula-britanica-comida-termine-basura.html>
- Díaz Alulema, D. A. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales* [Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10424>
- Díez Díez, Ismael. (2020). *Nuevas tendencias en el uso de adjuntos cerveceros: utilización de pan y adjuntos no amiláceos*. Universidad de Valladolid.

Fálder Rivero, Á. (2006). Cervezas. En *Enciclopedia de los Alimentos* (p. 108).
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_2006_87_107_118.pdf

Fonseca, V. (2007). *Breve historia de la cerveza*. 64, 4.

Fuchs, L. (2015). *No tires el pan, haz cerveza. Artesanos belgas elaboran cerveza con sobras de panadería*. Directo al Paladar.
<https://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/no-tires-el-pan-haz-cerveza-artesanos-belgas-elaboran-cerveza-con-sobras-de-panaderia>

García Barber, X., & Olalla Marañón, J. (2014). *La cerveza en España*. LID.
<https://learning.oreilly.com/library/view/-/9788483569573/?ar>

Garrido, F. (s. f.). *La cerveza: Tipos y clasificaciones*. Asociación Madrileña de Sumilleres. Recuperado 11 de agosto de 2021, de <http://www.ams-sumilleresmadrid.com/wp-content/uploads/2014/05/La-cerveza-tipos-y-clasificaciones.pdf>

González G & Marcos R. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*.

Hallinan, B. (2019). *Black Seed and Folksbier Collaborate on a Beer Brewed With Bagels*. Food & Wine. <https://www.foodandwine.com/news/black-seed-bagel-folksbier-beer-collaboration>

Homan, M. (2002). BEER PRODUCTION BY THROWING BREAD INTO WATER: A NEW INTERPRETATION OF QOH. XI 1-2. *Vetus Testamentum*, 52(2), 275-278.
<https://doi.org/10.1163/156853302760013893>

La receta de cerveza más antigua del mundo. (2018, julio 31). *CERVECEROS DE MÉXICO*. <https://cervecerosdemexico.com/2018/07/31/la-receta-de-cerveza-mas-antigua-del-mundo/>

La Tahona de Sahagún. (s. f.). Recuperado 9 de septiembre de 2021, de https://www.facebook.com/tahonadesahagun/photos/?ref=page_internal

Lagalla, M. (2018, septiembre 23). El Himno a Ninkasi: La receta de cerveza más antigua. *Cocina y Vino*. <https://www.cocinayvino.com/en-la-cocina/especiales/himno-ninkasi-cerveza-antigua/>

Loafer Pale Ale 330mL. (s. f.). Recuperado 14 de agosto de 2021, de https://www.danmurphys.com.au/product/DM_60298/loafer-pale-ale-330ml#!

Loviso, C. L., & Libkind, D. (2019). Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: Alcoholes superiores. *Revista Argentina de Microbiología*, 51(4), 386-397. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.08.006>

Lúpulo Cascade | www.cocinista.es. (s. f.). Recuperado 15 de agosto de 2021, de <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/maltas-y-lupulos/lupulo-cascade.html>

Lúpulo Centennial. (s. f.). Recuperado 17 de agosto de 2021, de <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/maltas-y-lupulos/lupulo-centennial.html>

- Lúpulo *Simcoe*. (s. f.). Recuperado 15 de agosto de 2021, de <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/maltas-y-lupulos/lupulo-simcoe.html>
- Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. F. C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*, 83(2), 441-447. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042>
- MAPA. (2020). *El desperdicio alimentario generado en los hogares españoles 2019*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://menosdesperdicio.es/sites/default/files/documentos/relacionados/informe_panel_2019.pdf
- Márquez Farías, A. J. (2015). *Elaboración de una cerveza orgánica a partir de la quinoa (chenopodium quinoa)*. [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2836>
- Martínez Muñoz, A. (2015). *Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial* [Universitat de Lleida. Facultat de Medicina.]. <http://hdl.handle.net/10459.1/48689>
- Mitić, S. S., Paunović, D. Đ., Pavlović, A. N., Tošić, S. B., Stojković, M. B., & Mitić, M. N. (2014). Phenolic Profiles and Total Antioxidant Capacity of Marketed Beers in Serbia. *International Journal of Food Properties*, 17(4), 908-922. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680223>
- Mora, M. M. de. (2020, mayo 10). *El pH y su gran importancia en la elaboración de cerveza*. Loopulo. <https://loopulo.com/elaboracion-de-cerveza/ph-agua-elaboracion-cerveza/>
- Morán, I. (2016). *La mejor forma de aprovechar el pan viejo: Hacer cerveza con él*. <https://blogs.20minutos.es/la-gulateca/2016/02/26/la-mejor-forma-de-aprovechar-el-pan-viejo-hacer-cerveza-con-el/>
- Pachas, J. C. (2019). Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales. *Peruvian Agricultural Research*, 1(1). <https://doi.org/10.51431/par.v1i1.480>
- Paz, A. I., Blanco, C. A., Andrés-Iglesias, C., Palacio, L., Prádanos, P., & Hernández, A. (2017). Aroma recovery of beer flavors by pervaporation through polydimethylsiloxane membranes. *Journal of Food Process Engineering*, 40(6), e12556. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12556>
- Peel, A. (2020, abril 14). *La cerveza en España: Origen e historia*. <https://www.bonviveur.es/the-food-street-journal/la-cerveza-en-espana-origen-e-historia>
- Rojo León, L. (2019). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de subproductos de cereal* [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37444/TFM-L470.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samuel, D. (1996). Archaeology of Ancient Egyptian Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 54(1), 3-12. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-54-0003>

- Suárez Díaz, M. (2013). *Cerveza: Componentes y propiedades*.
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/?sequence=8>
- The Brewers of Europe. (2020). *European beer trends. Statistic Report 2019 Edition*.
The Brewers of Europe. <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2019/european-beer-trends-2019-web.pdf>
- The Brewers of Europe. (2021). *European beer trends. Statistic Report 2020 Edition*.
The Brewers of Europe. <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2020/european-beer-trends-2020.pdf>
- Toast Real Ale*. (s. f.). Birrapedia. Recuperado 14 de agosto de 2021, de
<https://birrapedia.com/toast-real-ale/f-56aba08ff70fb5fc7c5bf49c>
- Valenzuela Venegas, R. A. (2007). *Elaboración artesanal de cerveza orgánica de quínoa* [Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105661>
- Vera Rey, M. A. (2016). *Desarrollo y formulación de cervezas artesanales*.
https://www.usmp.edu.pe/vision2016/pdf/materiales/DESARROLLO_Y_FORMULACION_DE_CERVEZAS_ARTESANALES.pdf
- Zainasheff, J., & Palmer, J. J. (2007). *Brewing classic styles: 80 winning recipes anyone can brew*. Brewers Publications.
- Zapata, P. J., Martínez-Esplá, A., Gironés-Vilaplana, A., Santos-Lax, D., Noguera-Artiaga, L., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2019). Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. *LWT*, 103, 139-146.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.002>

Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza.

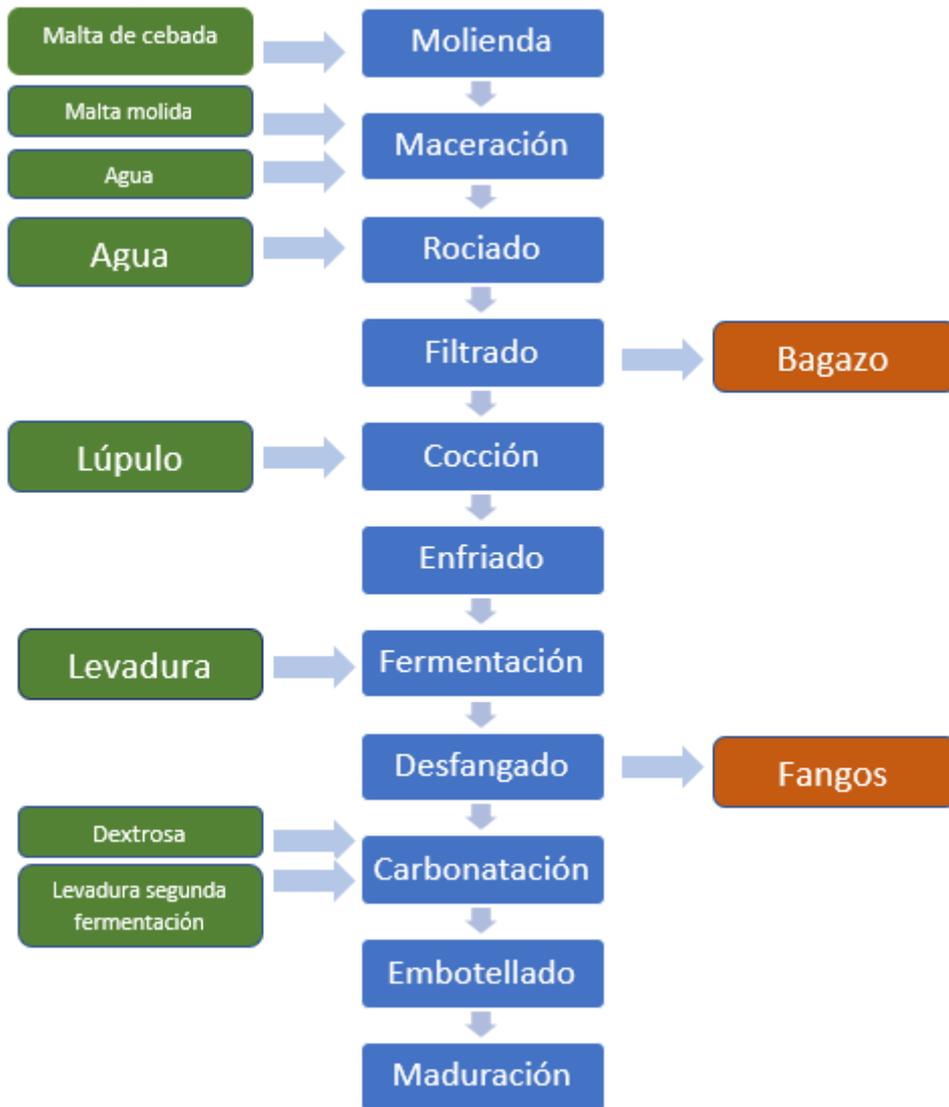


Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza. Fuente: elaboración propia.

Etapas del proceso de elaboración de cerveza.

1. **Molienda de la malta de cebada.** El empleo de solo malta verde para elaborar cerveza es factible, pero generalmente se la usa junto con maltas tostadas que confieren al producto sus características de color y sabor. Así, una mezcla equilibrada de maltas permite obtener un elevado poder enzimático a la vez que un importante conjunto de compuestos de olor y sabor que confieran cuerpo a la cerveza. Una vez seleccionadas la malta o el conjunto de maltas que se va a utilizar, generalmente, se muelen los granos para facilitar la acción de las enzimas.
2. **Maceración o *mashing*.** La maceración consiste en el proceso de someter los granos molidos a un baño con agua a determinada temperatura (60-70°C) durante un tiempo específico (1 ó 2 horas) a fin de lograr la actuación de las enzimas de la malta sobre los cereales y adjuntos transformando el almidón que contienen en azúcar fermentable.
3. **Rociado.** Una vez terminado el tiempo destinado al proceso de maceración, se retiran la malta del agua y se escurre el agua (que ya es mosto) que ha absorbido. Con el fin de aprovechar al máximo los azúcares fermentables, se vierte agua caliente (75-80°C) por la malta hasta llegar al volumen inicial de agua.
4. **Filtrado.** El mosto cervecero en esta fase se pasa por un colador para eliminar restos sólidos.
5. **Cocción.** En este proceso tiene lugar la esterilización del mosto, una acentuación de su color y la coagulación de las proteínas, lo que permite obtener una cerveza algo más transparente. Además, es aquí cuando tiene lugar la adición del lúpulo, que ha de realizarse en determinados momentos del período de cocción: si se añade al principio de la cocción su principal contribución será aumentar el amargor, mientras que si se desea que aporte aroma, debe agregarse al final del proceso de cocción. Además, puede añadirse en los últimos 15 minutos el clarificante conocido como musgo irlandés o *Irish Moss*, un carragenato procedente de un alga que actúa aglutinando las proteínas suspendidas y haciéndolas precipitar.
6. **Enfriado.** Tras terminar de cocer el mosto cervecero con el lúpulo, debe enfriarse hasta una temperatura adecuada para la inoculación de la levadura. Esta bajada de temperatura debe llevarse a cabo lo más rápido posible para evitar que proliferen microorganismos no deseados.
7. **Fermentación.** Una vez se ha alcanzado una temperatura entre los 25 y 30 °C, se añade la levadura, que será la responsable de la transformación de los azúcares del mosto en alcohol y CO₂.
8. **Desfangado.** La acción de las levaduras durante el transcurso del proceso de fermentación origina un lodo en el fondo del fermentador. La precipitación de este lodo se ve favorecida si se almacena la cerveza a bajas temperaturas una vez finaliza la fermentación. Para eliminarlo, la cerveza se vierte a otro recipiente con cuidado, de forma lenta y constante a fin de evitar que se mezcle el lodo con la cerveza.
9. **Carbonatación.** En este punto, la cerveza ha perdido gran cantidad del gas generado durante la fermentación, por lo que, para obtener su espuma característica, debe ser restituido. Para ello, existen dos métodos: el primero (el seleccionado para el proyecto), consiste en producir una fermentación en botella a partir de la adición de una fuente de azúcar fermentable y una levadura de refermentación, mientras que el segundo, más técnico y complejo, consiste en disolver CO₂ en la cerveza mediante cilindros presurizados.
10. **Embotellado.** Una vez terminado el paso anterior, la cerveza se embotella y se chapa con tapas corona. Las botellas empleadas suelen ser de un vidrio color ámbar o verde oscuro a fin de evitar el paso de luz hacia la cerveza, lo que podría oxidarla y afectar a sus propiedades.

11. **Maduración o *lagering*.** Durante este proceso se somete a la cerveza verde a un período de reposo con el objeto de afinar sus características, como la eliminación de compuestos indeseables como el diacetilo, el sulfuro de hidrógeno o algunos aldehídos y equilibrar su sabor. Este proceso puede ser realizado a temperatura ambiente durante pocos días o en frío, durante períodos desde las 3 ó 4 semanas hasta varios meses.

Anexo 2. Tabla de equivalencias del densímetro empleado en este proyecto.

TAVOLA DENSIMETRO PER VINO & BIRRA
WINE & BEER HYDROMETER TABLE

POTENZIALE CONTENUTO ALCOLICO (%) POTENTIAL ALCOHOL CONTENT (%)	ZUCCHERO PER GALLONE SUGAR PER GALLON (oz)	ZUCCHERO PER LITRO SUGAR PER LITRE (oz)	(gradi) OECHSLE OECHSLE (degree)	PESO SPECIFICO (SP.GR.) SPECIFIC GRAVITY (SP.GR.)
-1.9	.	.	-20	0.980
-2.6	.	.	-15	0.985
-1.3	.	.	-10	0.990
-0.7	.	.	-5	0.995
0.0	0	0	0	1.000
0.6	2	13	5	1.005
1.3	4	26	10	1.010
1.9	6	39	15	1.015
2.6	8	52	20	1.020
3.2	10	65	25	1.025
3.9	12	78	30	1.030
4.5	15	91	35	1.035
5.3	17	104	40	1.040
5.8	19	117	45	1.045
6.4	21	130	50	1.050
7.3	23	143	55	1.055
7.8	25	156	60	1.060
8.6	27	169	65	1.065
9.3	29	182	70	1.070
9.9	31	195	75	1.075
10.5	33	208	80	1.080
11.3	35	222	85	1.085
11.8	38	235	90	1.090
12.6	40	249	95	1.095
13.2	42	262	100	1.100
13.9	44	275	105	1.105
14.3	46	288	110	1.110
14.7	48	301	115	1.115
16.0	50	315	120	1.120

TEMPERATURA THE TEMPERATURE	CORREZIONI PER LA LETTURA DEL PESO SPECIFICO FINALE CORRECTIONS TO FINAL SPECIFIC GRAVITY READING
°C °F	-0.002
10 50	-0.001
15 59	NONE
20 68	+0.001
25 77	+0.003
30 88	+0.004
35 95	



Anexo 3. Ficha de cata para test de consumidores.

SEXO: Hombre / Mujer

EDAD: _____

Fecha: _____

1. Indique con una x la frecuencia con la que consume cerveza.

Una vez al mes	Dos veces al mes	Una vez a la semana	Varias veces a la semana	Una vez al día

2. Indique con una x la opción correspondiente a su situación laboral.

Estudiante	Amo/a de casa	Trabajo a tiempo parcial	Trabajo a tiempo completo	Desempleado	Jubilado

3. ¿Cuál/es de los siguientes aspectos valora más en una cerveza? Marque con una x la/s casilla correspondientes.

- Color
- Olor
- Espuma
- Sabor

Indica el estilo de cerveza que más te gusta:

4. Test de preferencia.

A continuación, va a probar varias muestras de CERVEZA identificadas con diferentes códigos. Ordene las 5 muestras de MENOR A MAYOR por orden de preferencia.

--	--	--	--	--

-

+



Explica por qué has seleccionado la que más prefieres, ¿qué destacarías de ella?.....

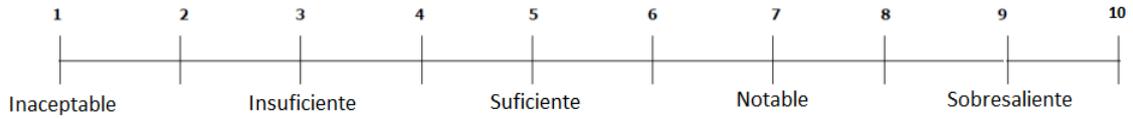
.....

.....

.....

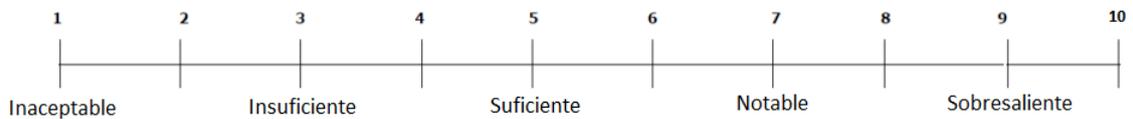
.....

5.1. Sitúe los códigos de las distintas muestras sobre la escala de aceptación según su color.



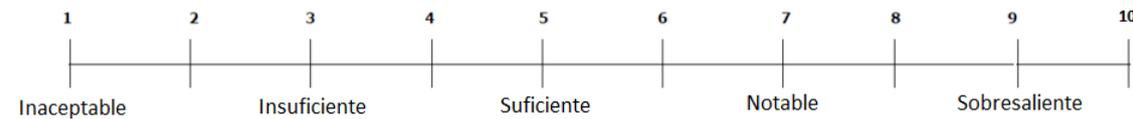
Comentarios/observaciones:.....
.....
.....

5.2. Sitúe los códigos de las distintas muestras sobre la escala de aceptación en función de su olor.



Comentarios/observaciones:.....
.....
.....

5.3. Sitúe los códigos de las distintas muestras sobre la escala de aceptación según su sabor.



Comentarios/observaciones:.....
.....
.....

Gracias por su participación.

Anexo 4. Datos estadísticos de las catas de expertos.

1. Fase visual.

1.1. Tonalidad.

Tabla 1. Tabla ANOVA para Tonalidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.5667	4	3.14167	94.25	0.0000
Intra grupos	1.83333	55	0.0333333		
Total (Corr.)	14.4	59			

Tabla 2. Test de Tukey para Tonalidad.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	3.0	A
Pan Maíz	12	3.0	A
Pan Centeno	12	3.08333	A
Testigo	12	3.91667	B
Pan Integral	12	4.0	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Testigo - Pan Blanco	*	0.916667	0.210221
Testigo - Pan Integral		-0.0833333	0.210221
Testigo - Pan Maíz	*	0.916667	0.210221
Testigo - Pan Centeno	*	0.833333	0.210221
Pan Blanco - Pan Integral	*	-1.0	0.210221
Pan Blanco - Pan Maíz		0	0.210221
Pan Blanco - Pan Centeno		-0.0833333	0.210221
Pan Integral - Pan Maíz	*	1.0	0.210221
Pan Integral - Pan Centeno	*	0.916667	0.210221
Pan Maíz - Pan Centeno		-0.0833333	0.210221

* indica una diferencia significativa.

1.2. Limpidez.

Tabla 3. Tabla ANOVA para Limpidez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.43333	4	1.60833	10.51	0.0000
Intra grupos	8.41667	55	0.15303		
Total (Corr.)	14.85	59			

Tabla 4. Test de Tukey para Limpidez.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	1.08333	A
Testigo	12	1.16667	AB
Pan Blanco	12	1.41667	AB
Pan Centeno	12	1.58333	BC
Pan Maíz	12	2.0	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		-0.166667	0.450428
Pan Blanco - Pan Integral		0.333333	0.450428
Pan Blanco - Pan Maíz	*	-0.583333	0.450428
Pan Blanco - Testigo		0.25	0.450428
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.5	0.450428
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.416667	0.450428
Pan Centeno - Testigo		0.416667	0.450428
Pan Integral - Pan Maíz	*	-0.916667	0.450428
Pan Integral - Testigo		-0.0833333	0.450428
Pan Maíz - Testigo	*	0.833333	0.450428

* indica una diferencia significativa.

1.3. Espuma.

Tabla 5. Tabla ANOVA para Espuma.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.93333	4	2.23333	20.47	0.0000
Intra grupos	6.0	55	0.109091		
Total (Corr.)	14.9333	59			

Tabla 6. Test de Tukey para Espuma.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	1.0	A
Testigo	12	1.0	A
Pan Centeno	12	1.66667	B
Pan Blanco	12	1.83333	B
Pan Maíz	12	1.83333	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0.166667	0.380304
Pan Blanco - Pan Integral	*	0.833333	0.380304
Pan Blanco - Pan Maíz		0	0.380304
Pan Blanco - Testigo	*	0.833333	0.380304
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.666667	0.380304
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.166667	0.380304
Pan Centeno - Testigo	*	0.666667	0.380304
Pan Integral - Pan Maíz	*	-0.833333	0.380304
Pan Integral - Testigo		0	0.380304
Pan Maíz - Testigo	*	0.833333	0.380304

* indica una diferencia significativa

1.4. Color de la espuma.

Tabla 7. Tabla ANOVA para Color de la espuma.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.933333	4	0.233333	1.10	0.3658
Intra grupos	11.6667	55	0.212121		
Total (Corr.)	12.6	59			

Tabla 8. Test de Tukey para Color de la espuma.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Maíz	12	1.5	A
Pan Blanco	12	1.66667	A
Pan Centeno	12	1.66667	A
Pan Integral	12	1.83333	A
Testigo	12	1.83333	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0	0.530309
Pan Blanco - Pan Integral		-0.166667	0.530309
Pan Blanco - Pan Maíz		0.166667	0.530309
Pan Blanco - Testigo		-0.166667	0.530309
Pan Centeno - Pan Integral		-0.166667	0.530309
Pan Centeno - Pan Maíz		0.166667	0.530309
Pan Centeno - Testigo		-0.166667	0.530309
Pan Integral - Pan Maíz		0.333333	0.530309
Pan Integral - Testigo		0	0.530309
Pan Maíz - Testigo		-0.333333	0.530309

* indica una diferencia significativa.

2. Fase gustativa.

2.1. Acidez.

Tabla 9. Tabla ANOVA para Acidez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.4	4	1.6	20.31	0.0000
Intra grupos	4.33333	55	0.0787879		
Total (Corr.)	10.7333	59			

Tabla 10. Test de Tukey para Acidez.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	1.0	A
Pan Maíz	12	1.0	A
Testigo	12	1.0	A
Pan Centeno	12	1.33333	B
Pan Blanco	12	1.83333	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno	*	0.5	0.323196
Pan Blanco - Pan Integral	*	0.833333	0.323196
Pan Blanco - Pan Maíz	*	0.833333	0.323196
Pan Blanco - Testigo	*	0.833333	0.323196
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.333333	0.323196
Pan Centeno - Pan Maíz	*	0.333333	0.323196
Pan Centeno - Testigo	*	0.333333	0.323196
Pan Integral - Pan Maíz		0	0.323196
Pan Integral - Testigo		0	0.323196
Pan Maíz - Testigo		0	0.323196

* indica una diferencia significativa.

2.2. Carbonatado.

Tabla 11. Tabla ANOVA para Carbonatado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.06667	4	0.516667	5.09	0.0015
Intra grupos	5.58333	55	0.101515		
Total (Corr.)	7.65	59			

Tabla 12. Test de Tukey para Carbonatado.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	1.0	A
Testigo	12	1.0	A
Pan Centeno	12	1.08333	A
Pan Maíz	12	1.16667	AB
Pan Blanco	12	1.5	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno	*	0.416667	0.366862
Pan Blanco - Pan Integral	*	0.5	0.366862
Pan Blanco - Pan Maíz		0.333333	0.366862
Pan Blanco - Testigo	*	0.5	0.366862
Pan Centeno - Pan Integral		0.0833333	0.366862
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.0833333	0.366862
Pan Centeno - Testigo		0.0833333	0.366862
Pan Integral - Pan Maíz		-0.166667	0.366862
Pan Integral - Testigo		0	0.366862
Pan Maíz - Testigo		0.166667	0.366862

* indica una diferencia significativa.

2.3. Amargor.

Tabla 13. Tabla ANOVA para Amargor por Cerveza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.1	4	1.275	9.35	0.0000
Intra grupos	7.5	55	0.136364		
Total (Corr.)	12.6	59			

Tabla 14. Test de Tukey para Amargor.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Centeno	12	1.0	A
Pan Maíz	12	1.08333	A
Pan Blanco	12	1.25	A
Testigo	12	1.33333	A
Pan Integral	12	1.83333	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0.25	0.425193
Pan Blanco - Pan Integral	*	-0.583333	0.425193
Pan Blanco - Pan Maíz		0.166667	0.425193
Pan Blanco - Testigo		-0.0833333	0.425193
Pan Centeno - Pan Integral	*	-0.833333	0.425193
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.0833333	0.425193
Pan Centeno - Testigo		-0.333333	0.425193
Pan Integral - Pan Maíz	*	0.75	0.425193
Pan Integral - Testigo	*	0.5	0.425193
Pan Maíz - Testigo		-0.25	0.425193

* indica una diferencia significativa.

2.4. Cuerpo.

Tabla 15. Tabla ANOVA para Cuerpo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.4	4	2.6	33.00	0.0000
Intra grupos	4.33333	55	0.0787879		
Total (Corr.)	14.7333	59			

Tabla 16. Test de Tukey para Cuerpo.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Maíz	12	1.0	A
Testigo	12	1.0	A
Pan Integral	12	1.33333	B
Pan Centeno	12	1.83333	C
Pan Blanco	12	2.0	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0.166667	0.323196
Pan Blanco - Pan Integral	*	0.666667	0.323196
Pan Blanco - Pan Maíz	*	1.0	0.323196
Pan Blanco - Testigo	*	1.0	0.323196
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.5	0.323196
Pan Centeno - Pan Maíz	*	0.833333	0.323196
Pan Centeno - Testigo	*	0.833333	0.323196
Pan Integral - Pan Maíz	*	0.333333	0.323196
Pan Integral - Testigo	*	0.333333	0.323196
Pan Maíz - Testigo		0	0.323196

* indica una diferencia significativa.

2.5. Persistencia aromática.

Tabla 17. Tabla ANOVA para Persistencia aromática.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
--------	-------------------	----	----------------	---------	---------

Entre grupos	4.93333	4	1.23333	6.17	0.0004
Intra grupos	11.0	55	0.2		
Total (Corr.)	15.9333	59			

Tabla 18. Test de Tukey para Persistencia aromática.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Testigo	12	1.16667	A
Pan Centeno	12	1.5	AB
Pan Maíz	12	1.66667	AB
Pan Integral	12	1.83333	B
Pan Blanco	12	2.0	B
Contraste			
	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0.5	0.514934
Pan Blanco - Pan Integral		0.166667	0.514934
Pan Blanco - Pan Maíz		0.333333	0.514934
Pan Blanco - Testigo	*	0.833333	0.514934
Pan Centeno - Pan Integral		-0.333333	0.514934
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.166667	0.514934
Pan Centeno - Testigo		0.333333	0.514934
Pan Integral - Pan Maíz		0.166667	0.514934
Pan Integral - Testigo	*	0.666667	0.514934
Pan Maíz - Testigo		0.5	0.514934

* indica una diferencia significativa.

3. Fase olfativa.

3.2. Maltosidad.

Tabla 19. Tabla ANOVA para Maltosidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.26667	4	1.06667	22.00	0.0000
Intra grupos	2.66667	55	0.0484848		
Total (Corr.)	6.93333	59			

Tabla 20. Test de Tukey para Maltosidad.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Testigo	12	1.33333	A
Pan Blanco	12	2.0	B
Pan Centeno	12	2.0	B
Pan Integral	12	2.0	B
Pan Maíz	12	2.0	B
Contraste			
	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0	0.253536
Pan Blanco - Pan Integral		0	0.253536
Pan Blanco - Pan Maíz		0	0.253536
Pan Blanco - Testigo	*	0.666667	0.253536
Pan Centeno - Pan Integral		0	0.253536
Pan Centeno - Pan Maíz		0	0.253536
Pan Centeno - Testigo	*	0.666667	0.253536
Pan Integral - Pan Maíz		0	0.253536
Pan Integral - Testigo	*	0.666667	0.253536
Pan Maíz - Testigo	*	0.666667	0.253536

* indica una diferencia significativa.

3.3. Malta cereal.

Tabla 21. Tabla ANOVA para Malta Cereal.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.06667	4	1.26667	5.97	0.0005

Intra grupos	11.6667	55	0.212121		
Total (Corr.)	16.7333	59			

Tabla 22. Test de Tukey para Malta Cereal.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Testigo	12	1.33333	A		
Pan Maíz	12	1.5	AB		
Pan Blanco	12	2.0	B		
Pan Centeno	12	2.0	B		
Pan Integral	12	2.0	B		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno				0	0.530309
Pan Blanco - Pan Integral				0	0.530309
Pan Blanco - Pan Maíz				0.5	0.530309
Pan Blanco - Testigo			*	0.666667	0.530309
Pan Centeno - Pan Integral				0	0.530309
Pan Centeno - Pan Maíz				0.5	0.530309
Pan Centeno - Testigo			*	0.666667	0.530309
Pan Integral - Pan Maíz				0.5	0.530309
Pan Integral - Testigo			*	0.666667	0.530309
Pan Maíz - Testigo				0.166667	0.530309

* indica una diferencia significativa.

3.4. Malta fruta madura.

Tabla 23. Tabla ANOVA para Malta fruta madura.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.6	4	2.4	11.00	0.0000
Intra grupos	12.0	55	0.218182		
Total (Corr.)	21.6	59			

Tabla 24. Test de Tukey para Malta fruta madura.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Pan Blanco	12	0	A		
Pan Centeno	12	0	A		
Pan Integral	12	0	A		
Testigo	12	0	A		
Pan Maíz	12	1.0	B		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno				0	0.537831
Pan Blanco - Pan Integral				0	0.537831
Pan Blanco - Pan Maíz			*	-1.0	0.537831
Pan Blanco - Testigo				0	0.537831
Pan Centeno - Pan Integral				0	0.537831
Pan Centeno - Pan Maíz			*	-1.0	0.537831
Pan Centeno - Testigo				0	0.537831
Pan Integral - Pan Maíz			*	-1.0	0.537831
Pan Integral - Testigo				0	0.537831
Pan Maíz - Testigo			*	1.0	0.537831

* indica una diferencia significativa.

3.5. Lupulizado.

Tabla 25. Tabla ANOVA para Lupulizado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.26667	4	1.56667	25.85	0.0000
Intra grupos	3.33333	55	0.0606061		
Total (Corr.)	9.6	59			

Tabla 26. Test de Tukey para Lupulizado.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	1.16667	A
Testigo	12	1.83333	B
Pan Blanco	12	2.0	B
Pan Centeno	12	2.0	B
Pan Maíz	12	2.0	B
Contraste			
	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0	0.283462
Pan Blanco - Pan Integral	*	0.833333	0.283462
Pan Blanco - Pan Maíz		0	0.283462
Pan Blanco - Testigo		0.166667	0.283462
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.833333	0.283462
Pan Centeno - Pan Maíz		0	0.283462
Pan Centeno - Testigo		0.166667	0.283462
Pan Integral - Pan Maíz	*	-0.833333	0.283462
Pan Integral - Testigo	*	-0.666667	0.283462
Pan Maíz - Testigo		0.166667	0.283462

* indica una diferencia significativa.

3.6. Lúpulo fruta exótica.

Tabla 27. Tabla ANOVA para Lúpulo fruta exótica.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	36.2667	4	9.06667	23.38	0.0000
Intra grupos	21.3333	55	0.387879		
Total (Corr.)	57.6	59			

Tabla 28. Test de Tukey para Lúpulo fruta exótica.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Integral	12	0	A
Testigo	12	0.666667	AB
Pan Blanco	12	1.33333	BC
Pan Centeno	12	2.0	C
Pan Maíz	12	2.0	C
Contraste			
	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		-0.666667	0.717108
Pan Blanco - Pan Integral	*	1.33333	0.717108
Pan Blanco - Pan Maíz		-0.666667	0.717108
Pan Blanco - Testigo		0.666667	0.717108
Pan Centeno - Pan Integral	*	2.0	0.717108
Pan Centeno - Pan Maíz		0	0.717108
Pan Centeno - Testigo	*	1.33333	0.717108
Pan Integral - Pan Maíz	*	-2.0	0.717108
Pan Integral - Testigo		-0.666667	0.717108
Pan Maíz - Testigo	*	1.33333	0.717108

* indica una diferencia significativa.

3.7. Lúpulo vegetal.

Tabla 29. Tabla ANOVA para Lúpulo vegetal.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	37.7333	4	9.43333	51.88	0.0000
Intra grupos	10.0	55	0.181818		
Total (Corr.)	47.7333	59			

Tabla 30. Test de Tukey para Lúpulo vegetal.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Maíz	12	0	A

Pan Centeno	12	0.333333	A	
Pan Integral	12	1.16667	B	
Testigo	12	1.83333	C	
Pan Blanco	12	2.0	C	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		*	1.66667	0.490971
Pan Blanco - Pan Integral		*	0.833333	0.490971
Pan Blanco - Pan Maíz		*	2.0	0.490971
Pan Blanco - Testigo			0.166667	0.490971
Pan Centeno - Pan Integral		*	-0.833333	0.490971
Pan Centeno - Pan Maíz			0.333333	0.490971
Pan Centeno - Testigo		*	-1.5	0.490971
Pan Integral - Pan Maíz		*	1.16667	0.490971
Pan Integral - Testigo		*	-0.666667	0.490971
Pan Maíz - Testigo		*	-1.83333	0.490971

* indica una diferencia significativa.

3.8. Levadura.

Tabla 31. Tabla ANOVA para Levadura.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13.0667	4	3.26667	18.59	0.0000
Intra grupos	9.66667	55	0.175758		
Total (Corr.)	22.7333	59			

Tabla 32. Test de Tukey para Levadura.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
Testigo	12	0.666667	A	
Pan Blanco	12	1.33333	B	
Pan Centeno	12	1.33333	B	
Pan Integral	12	1.83333	C	
Pan Maíz	12	2.0	C	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno			0	0.482718
Pan Blanco - Pan Integral		*	-0.5	0.482718
Pan Blanco - Pan Maíz		*	-0.666667	0.482718
Pan Blanco - Testigo		*	0.666667	0.482718
Pan Centeno - Pan Integral		*	-0.5	0.482718
Pan Centeno - Pan Maíz		*	-0.666667	0.482718
Pan Centeno - Testigo		*	0.666667	0.482718
Pan Integral - Pan Maíz			-0.166667	0.482718
Pan Integral - Testigo		*	1.16667	0.482718
Pan Maíz - Testigo		*	1.33333	0.482718

* indica una diferencia significativa.

3.9. Levadura fruta tropical.

Tabla 33. Tabla ANOVA para Levadura fruta tropical.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.06667	4	1.01667	11.37	0.0000
Intra grupos	4.91667	55	0.0893939		
Total (Corr.)	8.98333	59			

Tabla 34. Test de Tukey para Levadura fruta tropical.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	0	A
Pan Integral	12	0	A
Pan Maíz	12	0	A
Pan Centeno	12	0.25	A

Testigo	12	0.666667	B	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno			-0.25	0.344263
Pan Blanco - Pan Integral			0	0.344263
Pan Blanco - Pan Maíz			0	0.344263
Pan Blanco - Testigo	*		-0.666667	0.344263
Pan Centeno - Pan Integral			0.25	0.344263
Pan Centeno - Pan Maíz			0.25	0.344263
Pan Centeno - Testigo	*		-0.416667	0.344263
Pan Integral - Pan Maíz			0	0.344263
Pan Integral - Testigo	*		-0.666667	0.344263
Pan Maíz - Testigo	*		-0.666667	0.344263

* indica una diferencia significativa.

3.10. Levadura especiada.

Tabla 35. Tabla ANOVA para Levadura especiada.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	32.2667	4	8.06667	266.20	0.0000
Intra grupos	1.66667	55	0.030303		
Total (Corr.)	33.9333	59			

Tabla 36. Test de Tukey para Levadura especiada.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
Pan Blanco	12	0	A	
Pan Centeno	12	0	A	
Pan Maíz	12	0	A	
Testigo	12	0	A	
Pan Integral	12	1.83333	B	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno			0	0.200438
Pan Blanco - Pan Integral	*		-1.83333	0.200438
Pan Blanco - Pan Maíz			0	0.200438
Pan Blanco - Testigo			0	0.200438
Pan Centeno - Pan Integral	*		-1.83333	0.200438
Pan Centeno - Pan Maíz			0	0.200438
Pan Centeno - Testigo			0	0.200438
Pan Integral - Pan Maíz	*		1.83333	0.200438
Pan Integral - Testigo	*		1.83333	0.200438
Pan Maíz - Testigo			0	0.200438

* indica una diferencia significativa.

3.11. Levadura panadería.

Tabla 37. Tabla ANOVA para Levadura panadería.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.4	4	3.1	11.18	0.0000
Intra grupos	15.25	55	0.277273		
Total (Corr.)	27.65	59			

Tabla 38. Test de Tukey para Levadura panadería.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
Testigo	12	0.583333	A	
Pan Blanco	12	1.33333	B	
Pan Centeno	12	1.33333	B	
Pan Integral	12	1.5	BC	
Pan Maíz	12	2.0	C	
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno			0	0.606304
Pan Blanco - Pan Integral			-0.166667	0.606304
Pan Blanco - Pan Maíz	*		-0.666667	0.606304

Pan Blanco - Testigo	*	0.75	0.606304
Pan Centeno - Pan Integral		-0.166667	0.606304
Pan Centeno - Pan Maíz	*	-0.666667	0.606304
Pan Centeno - Testigo	*	0.75	0.606304
Pan Integral - Pan Maíz		-0.5	0.606304
Pan Integral - Testigo	*	0.916667	0.606304
Pan Maíz - Testigo	*	1.416667	0.606304

* indica una diferencia significativa.

3.12. Tostado.

Tabla 39. Tabla ANOVA para Tostado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.7333	4	2.68333	34.73	0.0000
Intra grupos	4.25	55	0.0772727		
Total (Corr.)	14.9833	59			

Tabla 40. Test de Tukey para Tostado.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	0	A
Testigo	12	0	A
Pan Centeno	12	0.833333	B
Pan Maíz	12	0.833333	B
Pan Integral	12	0.916667	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno	*	-0.833333	0.320074
Pan Blanco - Pan Integral	*	-0.916667	0.320074
Pan Blanco - Pan Maíz	*	-0.833333	0.320074
Pan Blanco - Testigo		0	0.320074
Pan Centeno - Pan Integral		-0.0833333	0.320074
Pan Centeno - Pan Maíz		0	0.320074
Pan Centeno - Testigo	*	0.833333	0.320074
Pan Integral - Pan Maíz		0.0833333	0.320074
Pan Integral - Testigo	*	0.916667	0.320074
Pan Maíz - Testigo	*	0.833333	0.320074

* indica una diferencia significativa.

3.13. Tostado café.

Tabla 41. Tabla ANOVA para Tostado Café.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.93333	4	1.73333	13.62	0.0000
Intra grupos	7.0	55	0.127273		
Total (Corr.)	13.9333	59			

Tabla 42. Test de Tukey para Tostado café.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	0	A
Testigo	12	0	A
Pan Integral	12	0.333333	AB
Pan Maíz	12	0.666667	BC
Pan Centeno	12	0.833333	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno	*	-0.833333	0.410775
Pan Blanco - Pan Integral		-0.333333	0.410775
Pan Blanco - Pan Maíz	*	-0.666667	0.410775
Pan Blanco - Testigo		0	0.410775
Pan Centeno - Pan Integral	*	0.5	0.410775
Pan Centeno - Pan Maíz		0.166667	0.410775
Pan Centeno - Testigo	*	0.833333	0.410775
Pan Integral - Pan Maíz		-0.333333	0.410775

Pan Integral - Testigo		0.333333	0.410775
Pan Maíz - Testigo	*	0.666667	0.410775

* indica una diferencia significativa.

3.14. Tostado frutos secos.

Tabla 43. Tabla ANOVA para Tostado frutos secos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.266667	4	0.0666667	2.20	0.0809
Intra grupos	1.66667	55	0.030303		
Total (Corr.)	1.93333	59			

Tabla 44. Test de Tukey para Tostado frutos secos.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	0	A
Pan Centeno	12	0	A
Pan Integral	12	0	A
Testigo	12	0	A
Pan Maíz	12	0.166667	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0	0.200438
Pan Blanco - Pan Integral		0	0.200438
Pan Blanco - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Blanco - Testigo		0	0.200438
Pan Centeno - Pan Integral		0	0.200438
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Centeno - Testigo		0	0.200438
Pan Integral - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Integral - Testigo		0	0.200438
Pan Maíz - Testigo		0.166667	0.200438

* indica una diferencia significativa.

3.15. Caramelizado.

Tabla 45. Tabla ANOVA para Caramelizado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.266667	4	0.0666667	2.20	0.0809
Intra grupos	1.66667	55	0.030303		
Total (Corr.)	1.93333	59			

Tabla 46. Test de Tukey para Caramelizado.

Cerveza	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Pan Blanco	12	0	A
Pan Centeno	12	0	A
Pan Integral	12	0	A
Testigo	12	0	A
Pan Maíz	12	0.166667	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pan Blanco - Pan Centeno		0	0.200438
Pan Blanco - Pan Integral		0	0.200438
Pan Blanco - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Blanco - Testigo		0	0.200438
Pan Centeno - Pan Integral		0	0.200438
Pan Centeno - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Centeno - Testigo		0	0.200438
Pan Integral - Pan Maíz		-0.166667	0.200438
Pan Integral - Testigo		0	0.200438
Pan Maíz - Testigo		0.166667	0.200438

* indica una diferencia significativa.