



ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL EN DIVERSOS ESTILOS DE CERVEZAS ARTESANALES ELABORADAS CON PAN INTEGRAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso: 2022 / 2023

Alumna: María José Araujo Guamanzara

Director: Carlos Martín Lobera

Tutores: Carlos Blanco Fuentes; Isabel Caballero Caballero

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos

E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia) Universidad de
Valladolid

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 La cerveza en la historia	1
1.2 El pan en la producción de cerveza	1
1.3 Situación del sector cervecero en la Unión Europea	2
1.4 Estilos de cerveza	3
1.5 Vida útil de la cerveza	4
2. OBJETIVOS	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 Características de las cervezas	5
3.2 Materiales y reactivos utilizados	5
3.3 Metodología utilizada	7
3.3.1 Análisis microbiológico	7
3.3.2 Análisis físico químico	7
3.3.3 Análisis sensorial	8
3.3.4 Análisis estadístico	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4.1 Microbiológico	9
4.2 Físicos químicos	10
4.2.1 Turbidez	10
4.2.2 Grado alcohólico	12
4.2.3 Extracto seco	13
4.2.4 pH	14
4.2.5 Acidez total	15
4.2.6 Color	16
4.2.7 Capacidad antioxidante	17
4.2.8 Contenido de polifenoles	19
4.2.9 Proteínas	20
4.3 Sensorial	22
5. CONCLUSIONES	25
6. BIBLIOGRAFIA	26

RESUMEN

En la actualidad, la cerveza se encuentra entre las bebidas fermentadas más populares en España, aunque la producción de cerveza industrial sigue siendo la más alta, la producción de cerveza artesanal va aumentando su cuota. Así mismo, el pan es el tercer alimento más consumido, con una tasa de desperdicio también elevado, siendo destacable el pan integral, cuyo consumo ha aumentado en los últimos años por una concienciación social mayor hacia los alimentos sanos, además de resultar una fuente amilácea interesante como sustituto parcial de la malta en la elaboración de cerveza.

Este estudio se centró en analizar la evolución en la composición físico-química, microbiológica y el perfil sensorial de tres estilos de cerveza distintos: Lager, IPA y Weissbier, después de madurar durante 12 meses. Se llevaron a cabo comparaciones entre cervezas elaboradas 100% con malta y aquellas en las que se reemplazó el 50% de la malta por pan integral, observando efectos significativos en diversas características como: polifenoles totales, capacidad antioxidante, proteínas, extracto seco y acidez total. Al analizar la evolución a lo largo del tiempo, se pudo notar que los resultados más destacados se encontraron en el caso de las cervezas con pan, en comparación con las cervezas 100% malta. Después de 12 meses, se lograron resultados relevantes especialmente en cuanto a polifenoles y proteínas totales. Con relación a la acidez los tres estilos de cerveza con pan mostraron una disminución en comparación con los estilos 100% malta, lo que sugiere una inhibición del crecimiento microbiano y la ausencia de contaminación microbiológica a lo largo del tiempo.

Estos resultados tuvieron un efecto significativo, debido que la sustitución parcial de la malta por pan integral enriqueció el valor nutricional de la cerveza sin comprometer su calidad, lo que hace que su producción y vida útil dentro del período establecido sean viables.

Palabras claves: Cerveza, pan, sensorial, vida útil, microbiota

ABSTRACT

Currently, beer is among the most popular fermented beverages in Spain, although the production of industrial beer is still the highest, the production of craft beer is increasing its share. Bread is also the third most consumed food, with a high rate of wastage. Wholemeal bread, whose consumption has increased in recent years due to a greater social awareness of healthy food, is also an interesting source of starch as a partial substitute for malt in the production of beer.

This study focused on evaluating how the physicochemical and microbiological composition and sensory profile of three different beer styles evolved: Lager, IPA and Weissbier, after maturing for 12 months. Beers brewed exclusively with malt were compared with those in which half of the malt was replaced by whole-grain bread. Significant effects were observed in aspects such as: total polyphenols, antioxidant capacity, protein, dry extract, and total acidity. When analyzing the evolution over time, it was noted that the most outstanding results were found in the case of beers with bread, compared to 100% malt beers. After 12 months, relevant and stable results have been achieved, especially in terms of polyphenols and total proteins. Regarding acidity, the three styles of beer with bread showed a decrease compared to the 100% malt styles, suggesting an inhibition of microbial growth and the absence of microbiological contamination over time. These results had a significant effect, because the partial substitution of malt with whole grain bread enriched the nutritional value of the beer without compromising its quality, making viable its production and shelf life within the established period.

Keywords: Beer, bread, sensory, shelf life, microbiota

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La cerveza en la historia

La cerveza es una de las bebidas más antiguas del mundo, con una historia que se remonta a miles de años atrás. Se cree que la cerveza se inventó en Mesopotamia hace unos 6000 años. Los sumerios elaboraban cerveza a partir de granos de cebada, los cuales dejaban germinar, y luego secaban para posteriormente mezclarlos con agua y fermentarlos en grandes recipientes de barro, por otra parte, los egipcios también elaboraban cerveza, y se sabe que esta bebida era consumida por los faraones y los trabajadores en las pirámides (Suárez, 2013). Mientras, su elaboración en Europa se remonta a la edad de bronce, hace unos 3.000 años antes de Cristo. Los antiguos celtas y germanos elaboraban cerveza a partir de granos de cereales, como la cebada y el trigo, convirtiéndose, en una parte importante de la cultura y la vida cotidiana de estas sociedades (García, 2015).

En Europa durante la Edad Media, la elaboración de la cerveza se convirtió en una actividad crucial, gracias a los monjes de los monasterios, que elaboraban la bebida para su consumo propio, y la venta a la población local (Pérez, 2008). La cerveza se convirtió en una parte importante de la dieta de los europeos, especialmente en los países del norte, como Alemania, Bélgica y Reino Unido. En el siglo XIX, la revolución industrial permitió a gran escala la producción de cerveza, lo que hizo que la bebida se popularizara aún más en Europa y en todo el mundo. Desde entonces, la cerveza ha evolucionado y se ha diversificado en una gran variedad de estilos y sabores, convirtiéndose en una parte importante de la cultura y la vida social en muchos países europeos (García, 2015).

1.2 El pan en la producción de cerveza

Según el Informe del consumo alimentario en España 2022, el pan es el tercer producto más consumido con el 10,3% de cuota de mercado, el primer lugar es el de las hortalizas y vegetales con el 27,1% y posterior el de la carne con el 16,3%. En cuanto al tipo de pan, es el pan blanco fresco el predilecto, seguido por el pan integral, siendo este último un alimento importante desde el punto de vista nutricional, debido a sus niveles bajos de grasa, y compuestos beneficiosos, como los antioxidantes, sales minerales, vitaminas B1, B6, entre otros. El pan integral contiene del 10% al 20% de fibra, la cual ayuda a la salud digestiva, sumado su efecto saciante (Carbajal, 2016). Según el análisis de desperdicio, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022, el pan se sitúa en tercer lugar, con 62 millones de kilos desperdiciados, aumentando en más de 4 millones sobre el año anterior. Teniendo una problemática presente y en aumento,

encontrándose una gran oportunidad para aprovechar este desperdicio de pan como subproducto, existiendo así en el mercado algunos ejemplos comerciales en las cervecerías artesanales, como: “Sr. Mendrugo” que según la revista de economía Europa Press, ha lanzado una primera producción de 5.500 botellas de 33 ml, sustituyendo parte de la malta por pan blanco de trigo. Por otra parte, The Brussels Beer Project ha desarrollado una cerveza estilo IPA llamada “Babylon New” con el cual, esperan reciclar aproximadamente 10 toneladas de pan al año según su portal. Según The Beer Times en una cervecería artesanal de Londres se creó la cerveza “Toast Ale” la cual en un año y 3 meses consiguió recobrar 3,6 toneladas de pan de molde, que iban a ser enviados como desperdicio.

1.3 Situación del sector cervecero en la Unión Europea

El 2022 ha sido catalogado como un año de recuperación para este sector, debido a que su consumo ascendió a 42,3 millones de hectolitros, según el informe socioeconómico de la cerveza en España 2022. El incremento en las ventas se encuentra relacionado con la reactivación del turismo. El aumento de visitantes influye directamente en el sector de la hostelería, que está estrechamente vinculado con la cerveza. Con una producción de 41,1 millones de hectolitros equivalente a un 7,9% más que la del año 2021, España se ha convertido en el segundo productor en la Unión Europea en lo que corresponde a cerveza, por detrás de Alemania y superando a Polonia y Reino Unido como se puede apreciar en la figura 1(Cerveceros de España, 2022).

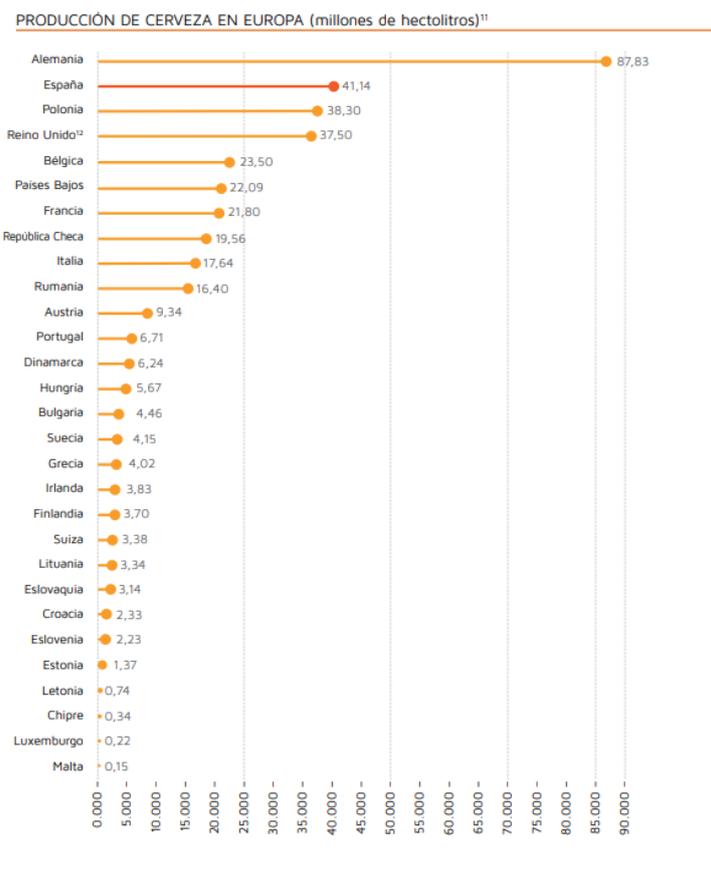


Figura 1. Principales productores de cerveza en Europa (Cerveceros de España, 2022).

1.4 Estilos de cerveza

Según el Beer judge certification program 2015, la clasificación más general de estilos de cerveza por tipo de levadura es un fenómeno asociado a la elaboración de cerveza artesanal moderna. En función de la levadura empleada las cervezas se pueden clasificar en diferentes tipos: Lager si utilizan levadura de fermentación baja, Ale si su fermentación es alta y Lambic caracterizadas por una fermentación espontánea (Gordon et al., 2015).

Entre las variedades de cerveza Lager, las más populares son: American Lager, Pale Lager, Pilsen y Dark Lager. Todos estos estilos se distinguen, en general, por su fuerte carbonatación y suave textura, además, suelen tener un contenido alcohólico que oscila de 4% a 6%, siendo inferior a otros estilos cerveceros (Gordon et al., 2015). El estilo Lager es especialmente apreciado por los consumidores. Según el informe del Análisis del Sector Cerveceros Europeo y Español, este estilo de cerveza impulsó un crecimiento importante en el consumo, constituyendo el 44% del volumen total consumido en Europa, debido a su arraigo en las tradiciones (Batalla et al., 2021).

Las cervezas Ale, constituyen el segundo tipo más consumido en España, teniendo una gran aceptación en el mercado, debido principalmente a su carbonatación moderada y graduación alcohólica, más alta que las cervezas Lager. Dentro de este grupo las más consumidas son: Pale Ale, India Pale Ale, Lambic y Red Ale (Gordon et al., 2015).

Dentro de estas, destaca el estilo de cerveza IPA (India Pale Ale), siendo emblemático de la cervecería estadounidense. Aunque la IPA se originó en Inglaterra, la versión americana ha evolucionado y conquistado el mercado, actualmente por tener características distintivas como es el aroma y sabor lupulado, este estilo de cerveza ha ido incrementando su tendencia, siendo uno de los más consumidos entre las cervezas artesanales (Cano, 2019). De hecho, diversas marcas comerciales tratan de replicarla a escala industrial internacional.

Se debe destacar dentro del grupo de cervezas Ale, el Weissbeer, también conocido como cerveza de trigo, originario de Alemania siendo de los más populares en dicho país. En los últimos años este estilo, ha visto aumentado su demanda en el mercado español, ya que es un estilo clásico europeo (Cerveceros de España, 2021). Elaborado con una alta proporción de malta de trigo (hasta un 50%), teniendo cervezas suaves con una acidez moderada. Según Portelli, las Weissbeer, se sitúan entre las cervezas predilectas para el consumo estival de verano (Portelli, 2022).

1.5 Vida útil de la cerveza

El estudio sobre cerveza artesanal de Mesa y Aymerich, 2021 indica que, esta bebida una vez embotellada no tiene fecha de caducidad, sin embargo, se establece por la ley europea, incorporar en el envase una fecha de consumo preferente. La fecha de consumo preferente en una cerveza, señala hasta cuándo se espera que mantenga su calidad óptima, ya que el estudio Extensión de la Fecha de Consumo de los Alimentos de la Agencia de Seguridad Catalana cataloga que, las fechas en los alimentos pueden estar clasificadas como fecha de caducidad (DLC), fecha de consumo preferente (DDM) y fecha de procesado (DP), por lo tanto, la fecha de caducidad va a estar directamente relacionada con la seguridad del alimento, haciendo referencia que hasta dicha fecha el consumo del alimento va a ser seguro, mientras tanto la fecha de consumo preferente está directamente relacionada con la calidad, haciendo referencia que hasta dicha fecha el alimento conserva las características de calidad establecidas (Bosch et al., 2018).

La Normativa en la Unión Europea por el reglamento (UE) 1169/2011, señala que en, en los envases de todos los alimentos debe declararse un (DDM), es decir, una fecha de consumo preferente, sin embargo, para los alimentos que son microbiológicamente muy perecederos, y consideran que puede suponer como peligro a la salud, estos deben

llevar un (DCL) es decir fecha de caducidad en el etiquetado (Parlamento Europeo y del Consejo, 2011).

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio radica en analizar el efecto de la maduración en diferentes estilos de cervezas elaboradas sustituyendo el 50% de malta por pan integral. Para alcanzar dicho objetivo se han marcado los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el perfil físico-químico y sensorial en cada estilo de cerveza tras 12 meses de maduración.
- Evaluar la posible contaminación microbiológica en los distintos estilos de cerveza analizados al finalizar el período de maduración (12 meses).
- Analizar la evolución de las cervezas mediante el análisis de los resultados iniciales (medidos en 2022) y los resultados actuales (2023).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características de las cervezas

En el marco del presente estudio, se emplearon tres variedades distintas de cerveza: una Lager (American Lager) y dos Ale (IPA y Weiss) siendo esta última una cerveza de trigo. Cada estilo fue elaborado por duplicado siguiendo dos variantes: la primera variante, se elaboró la cerveza con el 100% de su malta, mientras que para la segunda variante se reemplazó el 50% de la malta por pan integral. Las cervezas Lager son conocidas por su fermentación a temperaturas bajas, fluctuando entre 4°C a 12°C, mientras que las cervezas Ale fermentan a temperaturas superiores, generalmente de 15°C a 25°C (Gordon et al., 2015). Por su parte la cerveza Weiss se elabora con una combinación de 50% de malta de trigo y cebada, lo que la distingue de otras cervezas. La IPA, en cambio, se diferencia por su alto contenido de lúpulo. Todas estas variedades de cerveza pasaron por un período de maduración de 12 meses en una cámara de almacenamiento a una temperatura de 4°C ±1.

3.2 Materiales y reactivos utilizados

Previamente al análisis de las distintas cervezas, se procedió a su codificación como se puede ver en la tabla 1.

Tabla1: Códigos utilizados para nombrar los estilos de cerveza

Código	Características
Lager	Cerveza 100% malta tipo American Pale Lager
Bread Lager	Cerveza American Pale Lager sustituido malta por pan integral en un 50%
IPA	Cerveza 100% malta tipo India Pale Ale
Bread IPA	Cerveza estilo IPA sustituido malta por pan integral en un 50%
Weiss	Cerveza 100% malta tipo Weissbeer
Bread Weiss	Cerveza estilo Weissbeer sustituido malta por pan integral en un 50%

Cada cerveza se elaboró por duplicado, añadiendo al nombre la numeración 1 o 2 según la muestra analizada. Se utilizaron los reactivos y materiales recogidos en la tabla 2 para efectuar los análisis físico-químicos.

Tabla 2: Ingredientes y materiales utilizados en los análisis de cerveza

Reactivos	Materiales y equipos
NaOH (0,1M)	Abrelatas
Tris Buffer	Ebullómetro
Metanol	Termómetro
Ácido clorhídrico	Centrifuga
2,2 Difenil –1– picrilhidracilo (DPPH)	Turbidímetro (Hanna Instruments modelo HI 98703)
Ácido gálico	Tubos Falcon
Reactivo de Folin-Ciocalteu (FCR)	Material de vidrio
Albúmina sérica	pH–metro
Azul de Coomassie G-250	Quitasato
Etanol	Balanza
Ácido fosfórico 5%	Micropipeta
	Espectrofotómetro (Thermo Scientific modelo Genesys 20)
	Cubetas de vidrio y de cuarzo

3.3 Metodología utilizada

3.3.1 Análisis microbiológico

Para el estudio microbiológico de las muestras, se realizó el análisis de *Lactobacillus* spp. mediante la técnica analítica de recuento en placa, mientras que para recuento de enterobacterias se utilizó la metodología analítica de filtración por membrana.

3.3.2 Análisis físico químico

En todos los casos, los datos obtenidos se obtuvieron por triplicado procediendo a realizar los siguientes análisis físico/químicos:

- *Turbidez*: Se analizó con ayuda de un turbidímetro y el resultado se expresó en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).
- *Grado alcohólico*: Se llevó a cabo por ebulloimetría. Para ello se introdujo agua en el ebulómetro hasta ebullición, hasta que se estabilizó su temperatura. Posteriormente se procedió a realizar el mismo paso con cada una de las muestras de cerveza y una vez estable la temperatura, mediante la regla graduada se midió el grado alcohólico correspondiente a la temperatura de ebullición.
- *Color*: Previamente las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm durante 4 minutos y filtradas con la ayuda del quitasato, posteriormente se realizó la medida de color utilizando el espectrofotómetro a una absorbancia de 430 nm en cubetas de plástico. Finalmente, el valor se multiplicó por 25 para obtener el resultado según la escala EBC (European Brewery Convention).
- *pH y acidez total*: Previo a realizar este análisis las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm durante 4 minutos. A continuación, se añadieron 20ml de la muestra con una pipeta a un vaso de precipitados y se midió con la ayuda del pH-metro posteriormente, para el cálculo de la acidez total se preparó una solución de 5mL de NaOH a 0,1M en 100mL de agua y se fue añadiendo con la ayuda de una bureta en las muestras hasta conseguir un pH de 7 es decir neutro, se apuntó la cantidad de NaOH consumida y se calculó la acidez, en el que N representa normalidad y F el factor de corrección en la siguiente fórmula

$$\text{Acidez total}_{\% \text{ácido láctico}} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N * F}{V_{\text{muestra}}} \cdot 100$$

- *Extracto seco*: Se midió con la ayuda de una termobalanza. Para ello se introdujo un volumen de la muestra evaporando el agua y se procedió a pesar el resto, que corresponde al extracto seco. Mediante diferencia con la muestra inicial se obtuvo el porcentaje.
- *Capacidad antioxidante*: Previo a realizar este análisis las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm durante 4 minutos. A continuación, se siguió el método de Abderrahim, 2013, para ello se preparó el reactivo DPPH ($60\mu\text{Mol L}^{-1}$ disuelto en metanol 1:1/10 mMol L^{-1}) y tris buffer pH 7,5. Se desgasificaron las muestras de cerveza realizando una dilución 1:50, luego se procedió a introducir en un tubo de ensayo 50 μL de la muestra de cerveza diluida, más 1000 μL del reactivo DPPH buffer y se midió en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 320 nm en cubetas de cuarzo, a los 0 minutos y transcurridos 20 minutos de reacción. Se repitió la misma operación, pero sustituyendo la muestra diluida de cervezas por 50 μL de agua destilada, utilizándolo como blanco.
- *Polifenoles totales*: Se siguió el método de Magalhaes et al., 2010 y Pachas, 2019, el cual una vez que las muestras fueron centrifugadas y filtradas se realizó una dilución a las muestras, se tomaron 49 mL de agua destilada y 1 mL de muestra de cerveza, a la par se preparó el reactivo FCR en una dilución, se tomó 1 mL de reactivo Folin-Ciocalteu el cual fue colocado en 4 mL de agua. Posterior se procedió a colocar en un tubo de ensayo 1000 μL de la muestra de cerveza diluida en 1000 μL del reactivo FCR que fue previamente preparado, más 2000 μL de NaOH, se dejó reposar por 3 minutos y se procedió a medir en el espectrofotómetro a una absorbancia de 760 nm, previo a esta lectura se procedió a realizar la medición del blanco. Se usaron 1000 μL de agua destilada en lugar de la muestra de cerveza, más 1000 μL de reactivo FCR y 2000 μL de NaOH, como blanco.
- *Proteínas*: Para este método se utilizó la prueba de Bradford (Martínez, 2015). En un tubo de ensayo se colocó 60 μL de la muestra de cerveza se añadió 3140 μL de agua y 200 μL de reactivo de Bradford. A continuación se construyó una recta de calibrado utilizando albúmina sérica, para posteriormente llevar las muestras al espectrofotómetro a una longitud de onda de 595 nm.

3.3.3 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se realizó una prueba descriptiva a través, de un panel entrenado de seis jueces (3 hombres y 3 mujeres) entre 40 y 50 años, utilizando una ficha de cata que comprendía: fase visual, gustativa, olfativa, con sus correspondientes defectos. En la fase visual los descriptores utilizados fueron: tonalidad, limpidez, y color

de la espuma. Para la fase gustativa los descriptores utilizados fueron: acidez, amargor, cuerpo y persistencia aromática. Mientras en la fase olfativa los descriptores fueron: maltosidad, lupulizado, tostado y caramelizado. En cuanto a la evaluación cuantitativa se realizó mediante una escala discontinua (de 3 y 5 niveles de intensidad), así como evaluación cualitativa mediante presencia/ausencia). Posteriormente, para la tabulación de estas fichas de cata, se le atribuyó una puntuación, la cual no fue revelada a los jueces para evitar sesgos en el panel entrenado, no se especifica más datos de la transcripción numérica para el análisis estadístico, por confidencialidad del método.

3.3.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los parámetros físicos y químicos se utilizó el programa Xlstart 3.1, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para cada parámetro analizado, con una comparación de medias de Tukey al 95% de confianza.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Microbiológico

La cerveza es una bebida que, debido a su concentración de etanol y anhídrido carbónico disuelto, constituye un medio hostil para los microorganismos. A pesar de que el Real Decreto 678/2016, que establece la norma de calidad para la cerveza y bebidas derivadas de la malta, no especifica ningún criterio microbiológico para estas bebidas, la normativa microbiológica para alimentos del País Vasco exige la ausencia de enterobacterias (Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados, 2021).

Los valores obtenidos en este estudio son inferiores a 10 UFC/ml en todos los estilos de muestras de cerveza como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3: Recuento de *Lactacillus spp* y enterobacterias en las muestras de cerveza

Muestra	<i>Lactobacillus spp</i> (UFC/mL)	Recuento enterobacterias (UFC/mL)
Lager	< 100	< 10
Bread Lager	< 100	< 10
IPA	< 100	< 10
Bread IPA	< 100	< 10
Weiss	8,5 E + 5	< 10
Bread Weiss	< 100	< 10

Se aprecia en dicha tabla que, el recuento de enterobacterias es bajo, debido a que estas son aeróbicas, y no son sensibles a los antimicrobianos derivados del lúpulo, por lo que pueden desarrollarse, en entornos con oxígeno, con valores altos de pH y azúcar en el mosto, sin embargo, estas son inhibidas por el etanol y bajos pH, por lo cual, no es normal encontrarse en la cerveza terminada (Bokulich y Bamforth, 2013). Asimismo, en alusión al estudio realizado en el Chaco-Perú, en el cual evaluaron la microbiología en cervezas artesanales, se tomaron como referencia positiva valores superiores a 30UFC/mL (Rovaletti et al., 2020), así como, en el estudio de la revisión comparativa, microbiología y perfil sensorial en cervezas: Lambic y American Coolship Ale, se detalla, que las enterobacterias no son patógenos para estos estilos de cerveza, ya que, en el proceso de enfriamiento del mosto se alcanzan valores de 8 UFC, siendo posteriormente mitigadas o eliminadas, con la disminución del pH del mosto (Carriglio et al., 2022). Los resultados alcanzados en todas las muestras de cervezas, fueron inferiores a 10 UFC, pudiendo deducir que no existe riesgo de alteración, por lo tanto, se puede inferir que no hay contaminación por enterobacterias.

Es importante destacar que los *lactobacillus spp.* son un género que pertenece a las bacterias ácido lácticas (BAL), en la normativa mencionada anteriormente no recoge ningún parámetro para *lactobacillus spp.*, sin embargo, este es uno de los contaminantes más comúnmente reportados de cervezas terminadas (Latorre et al., 2022). Según el trabajo investigativo sobre control microbiano en micro cervecerías, en concreto sobre el género de bacterias lácticas *Lactobacillus brevis*, este puede utilizarse como indicador del deterioro de la cerveza artesanal, comprobando como un nivel de 104 UFC/mL en adelante, se considera un resultado positivo que provoca deterioro en las cervezas (Telmo, 2020). Si se toma como referente esta investigación, se puede inferir que las muestras se encuentran por debajo de estos niveles, por lo tanto, no existe contaminación por *lactobacillus*.

4.2 Físico químico

4.2.1 Turbidez

Según los resultados de la figura 2 se puede ver que la cerveza estilo Weiss 100% malta fue la que obtuvo los valores más altos de turbidez en la toma de datos del año 2023, asociándolo a la composición, debido a que según, el estudio previo de cerveza de trigo (Hu et al., 2019), la malta de trigo tiene un alto contenido de proteínas solubles, incrementando la espuma y la turbidez del producto final. El análisis estadístico mostró una gran heterogeneidad entre muestras, sí se encontró una diferencia significativa, puesto que las cervezas sustituidas por pan tenían en general, una turbidez menor en

comparación con los estilos de cerveza 100% malta, y un efecto claro de disminución en el tiempo. En el trabajo “Cambios proteicos y elaboración de cerveza en la formación de turbidez y espuma” (Steiner et al., 2011), se indica que la cerveza posee proteínas de cebada, las cuales, son modificadas químicamente de una manera constante mediante la reacción de Maillard durante el proceso de malteado, la cerveza recién elaborada contenía más proteína activa, la cual es la causante de la turbidez, concordando así con los resultados a lo largo del tiempo obtenidos en la figura 2, donde se puede ver de una manera general, que existe mayor turbidez en los estilos de cerveza elaborados en 2022, mostrando mayores grados de turbidez en el estilo Weiss.

Según Rosales et al., 2021, en su investigación sobre las cervezas industriales y artesanales cita, por ejemplo, una Pale Ale comercial típica presenta en promedio un valor de 59 NTU, mientras que, los valores obtenidos en el presente estudio, la cerveza IPA del 2023 registró un promedio de 188 NTU, teniendo valores inferiores de turbidez en la cerveza comercial, frente a la cerveza artesanal. Además, es relevante destacar que, después de 12 meses, las cervezas elaboradas con pan integral, mostraban valores de turbidez inferiores a las 100% malta, especialmente la versión IPA con pan, lo que redujo significativamente su turbidez.

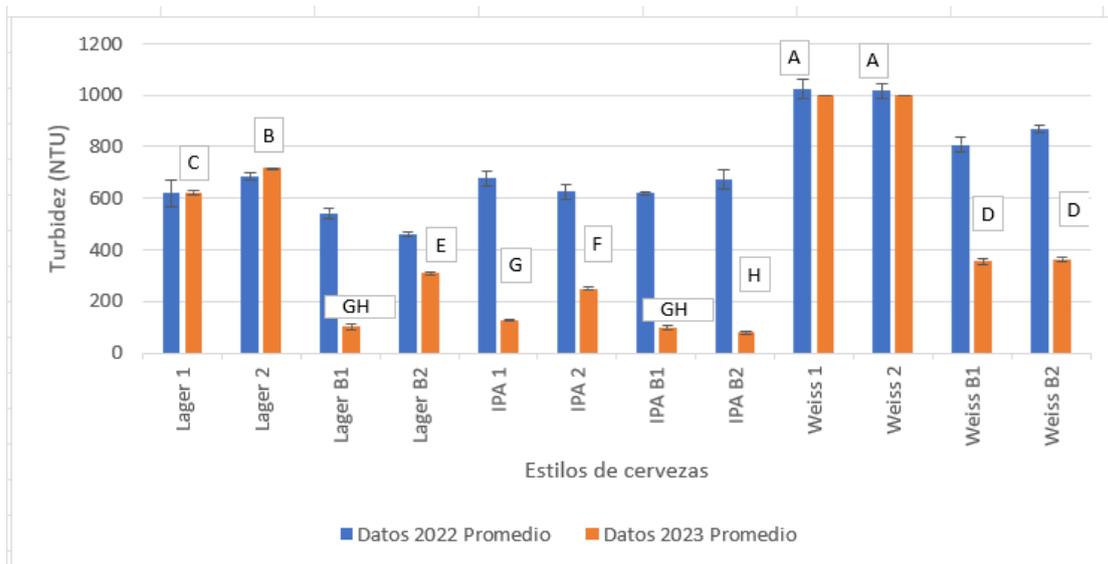


Figura 2. Resultados de turbidez 2022 vs 2023 en los distintos estilos de cerveza

4.2.2 Grado alcohólico

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 3 se destaca que la cerveza Weiss 100% malta presentó el mayor grado alcohólico durante la toma de datos del 2023. Estadísticamente este parámetro no mostró diferencias significativas ni entre los diferentes estilos de cerveza, ni con el paso del tiempo de estas. Con el paso de los meses, las cervezas Lager y Weiss con 100% malta, así como aquellas que reemplazaron la malta con un 50% de pan integral, mostraron un incremento en su porcentaje alcohólico. En el año 2022, cuando comenzó el estudio, la cerveza IPA tenía el mayor contenido alcohólico y, con el paso del tiempo, sigue manteniendo esta característica con una variación mínima. El contenido alcohólico de una cerveza está influenciado por la forma en que se produce, incluyendo aspectos como las proporciones y componentes utilizados, como el lúpulo y la malta entre otros. Es relevante mencionar que el lúpulo desempeña un papel crucial en la preservación microbiológica, ya que posee propiedades bacteriostáticas y antisépticas inhibiendo procesos fermentativos (Dysvik, 2020). De forma general las cervezas artesanales no son pasteurizadas, por ello un grado alcohólico superior al de las cervezas industriales, en conjunto unidas a valores de pH inferiores, son factores que permiten alargar de mejor manera la vida del producto, con el fin de no someterlos a tratamientos térmicos (Leistner y Gorris, 1995). Se constata entonces, cómo la sustitución de malta de hasta un 50% por pan integral, no afecta al rendimiento de extracción de azúcares fermentables, ni al grado alcohólico final en ninguno de los estilos cerveceros evaluados.

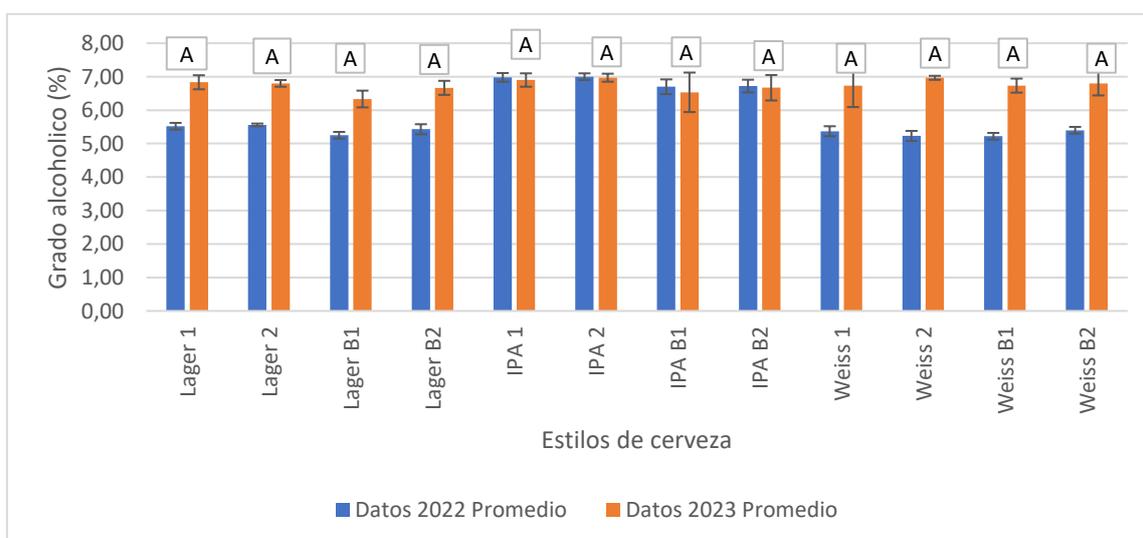


Figura 3. Resultados del grado alcohólico 2022 vs 2023 en los estilos de cerveza

4.2.3 Extracto seco

Dados los resultados presentados en la figura 4, se puede concluir que las cervezas IPA elaboradas 100% con malta, tienen el extracto seco más alto, en la toma de datos del 2023, una característica que se mantuvo constante desde el año 2022. Estadísticamente el estilo Weiss, fue la cerveza con menor extracto seco respecto a las demás cervezas, mostrando una diferencia significativa. Así mismo se observó que en el año 2022, las cervezas elaboradas con 100% malta mostraron niveles de extracto seco similares a las producidas con pan, exceptuando el estilo IPA. Tras 12 meses de maduración, todas las cervezas disminuyeron el contenido de extracto seco, encontrando valores muy similares independientemente de haber sido elaboradas 100% con malta o reemplazado parcialmente con pan, menos en el estilo IPA donde mantuvo la diferencia inicial. De la misma manera, existe otro estudio de una micro cervecería artesanal en el cual se indica que, el extracto seco en la cerveza estilo Weiss en el producto final es menor a comparación del extracto seco al iniciar el proceso de elaboración, esto se debe a la transformación de azúcares por acción de las levaduras en etanol, que termina disminuyendo considerablemente, (Coletto, 2019) concordando con los resultados obtenidos de este parámetro.

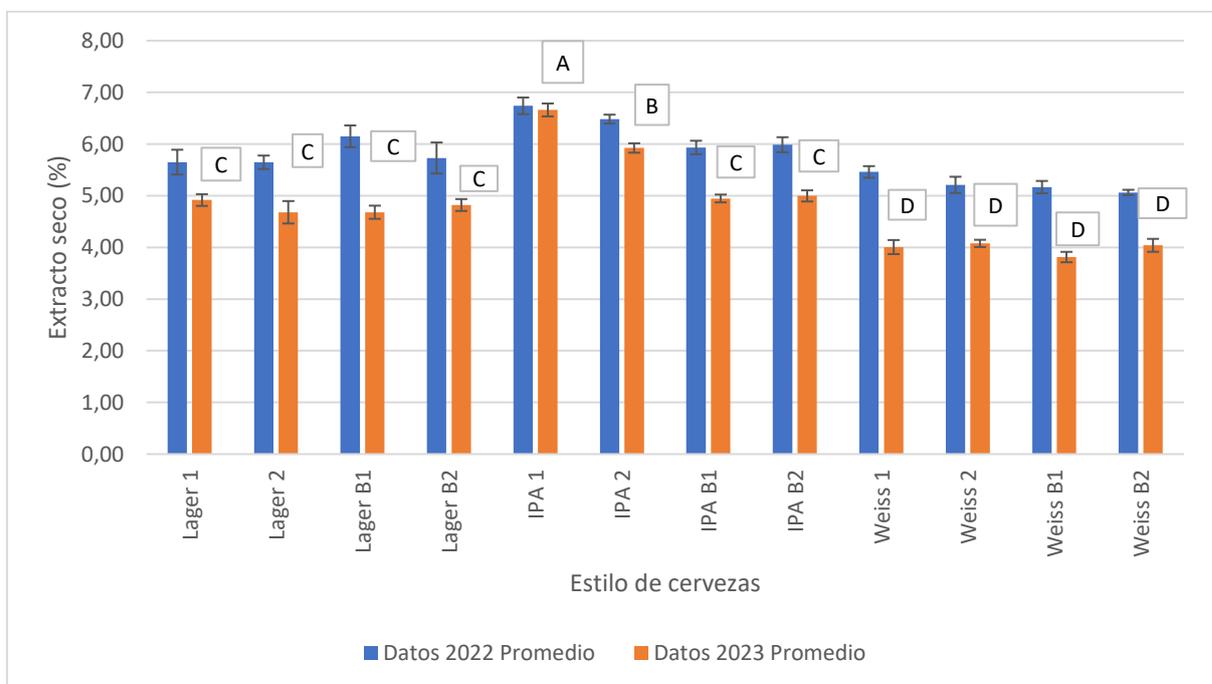


Figura 4. Resultados del extracto seco 2022 vs 2023 en los distintos estilos de cerveza

4.2.4 pH

Analizando los valores de la figura 5 se observa que, en el año 2023, la cerveza estilo Weiss elaborada 100% con malta presentó el pH más ácido. Las cervezas estilo IPA con mayor pH, tuvieron una diferencia estadísticamente significativa respecto a las cervezas Weiss, ya sean elaboradas 100% con malta o con pan integral, por lo que se concluyó, que utilizarlo como sustituto de la malta no afectaría esta propiedad, siendo además muy similar, sin diferencias estadísticamente significativas al compararlos. Conforme pasó el tiempo, tras 12 meses de maduración, los valores de pH variaron desde 3,4 (Weiss) hasta 4,4 (IPA Bread). En comparación, los valores del 2022 fluctuaron entre 3,8 y 4,4, lo que sugiere que el pH se mantuvo consistentemente estable con el transcurso del tiempo. Una investigación sobre cervezas artesanales portuguesas determinó que su pH oscilaba entre 3,9 y 4,5, dependiendo de las materias primas empleadas. Es importante destacar que los estilos de cervezas evaluados fueron similares a los de este estudio, ya que, incluyó estilos como: IPA, Pilsen, Munich y Witbier, entre las más relevantes (Silva et al., 2022). Según el Real Decreto de la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta (BOE, 2016) las cervezas terminadas deben tener un pH igual o menor a 5,5 manteniendo los resultados obtenidos dentro de los límites establecidos. Este parámetro se encuentra relacionado con la estabilidad microbiana según (Gasinski et al., 2020).

Un pH bajo disminuye la posibilidad de que crezcan microorganismos no deseados, lo que es beneficioso de acuerdo con los resultados observados, particularmente en las cervezas Weiss, las cuales mostraron el valor de pH más bajo. Esto se relaciona con el estudio de cerveza artesanal elaborada con malta de trigo, en el cual se observó, que el trigo disminuye el pH durante la fermentación, posiblemente porque este grano carece de cáscara. Por esta razón, la producción de este estilo de cerveza a menudo incorpora malta de cebada (Bezerril et al., 2023).

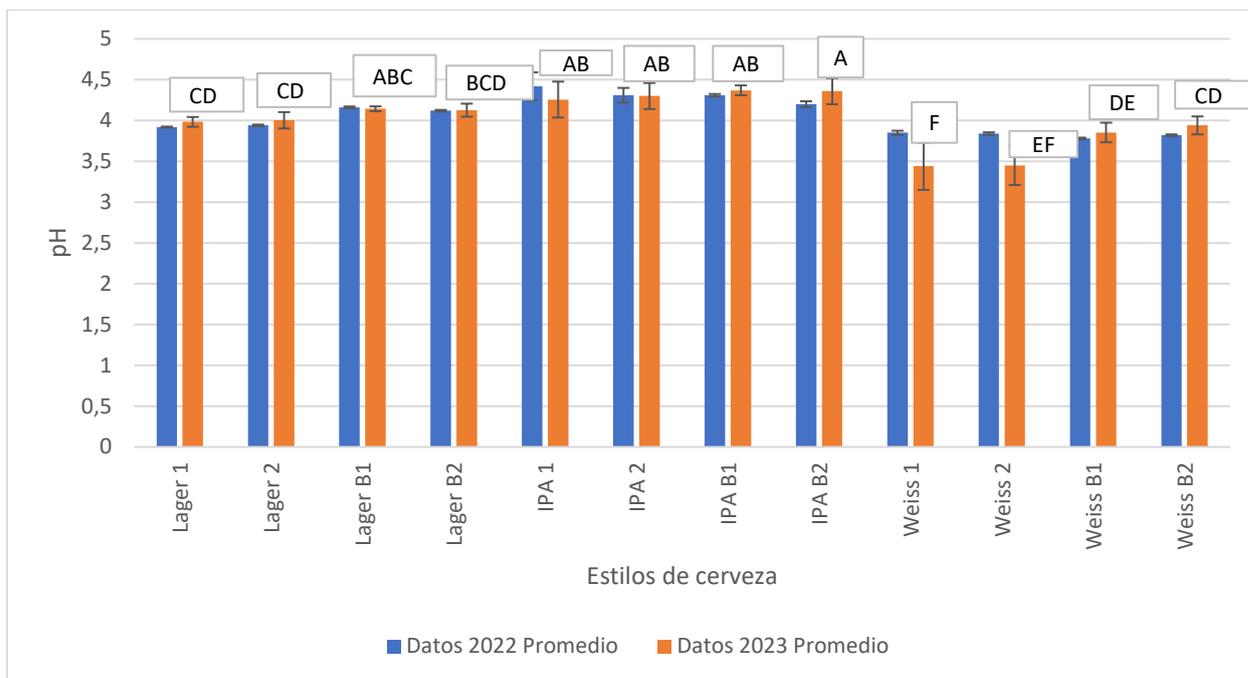


Figura 5. Resultados del pH 2022 vs 2023 en los distintos estilos de cerveza

4.2.5 Acidez total

En la figura 6, se puede apreciar que la cerveza Weiss ha demostrado tener la mayor acidez en el año 2023, además se ha observado que dicho estilo presenta diferencias estadísticamente significativas en comparación con las Lager. En todas las elaboraciones, no se encontraron diferencias significativas al comparar la sustitución de malta por pan integral en cada estilo, en contraste a los estilos 100% malta; esto indica que el nivel de acidez, no se ve condicionado de manera significativa en ninguno de los tres estilos al utilizar la opción de pan frente a los estilos elaborados 100% malta.

No obstante, las cervezas con sustitución parcial de malta por pan integral son levemente menos ácidas, frente a los estilos de cerveza 100% malta, este resultado fue coincidente con otro estudio de cervezas artesanales en la cual utilizaron una American Pale Ale (Aranda, 2021). Asimismo, los datos obtenidos en el año 2022, como los resultados del 2023, se observa que la cerveza estilo Weiss tuvo la mayor acidez, mientras que las Lager con pan, mostraron menor acidez, resultando cervezas más suaves.

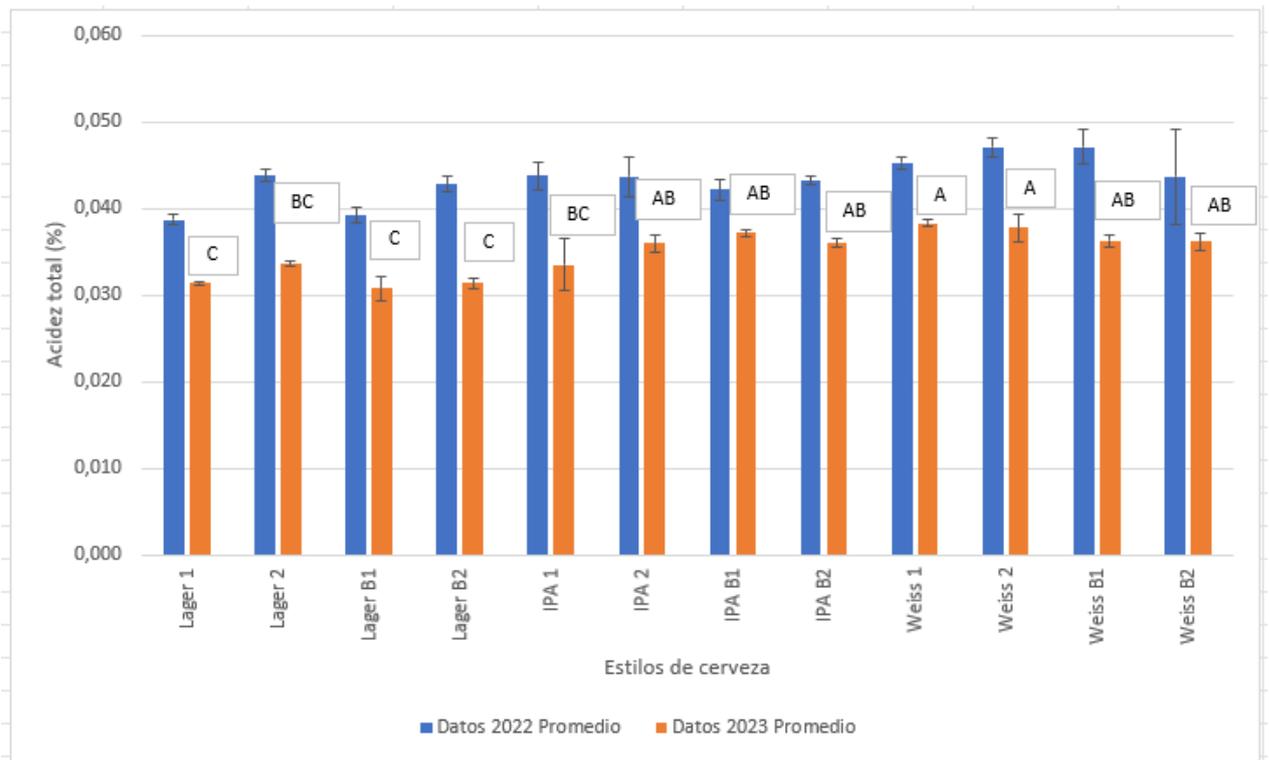


Figura 6. Resultados de la acidez total 2022 vs 2023 en los distintos estilos de cerveza

4.2.6 Color

En la figura 7, los datos obtenidos en el año 2023 mostraron que los estilos de cerveza Weiss e IPA son los que mostraron mayor intensidad de color. Estadísticamente, los estilos de cerveza pudieron diferenciarse de manera significativa. Siendo la elaboración con pan la que provocó una menor intensidad en este parámetro, en la mayoría de los estilos teniendo el efecto más marcado en el estilo IPA sin pan, frente a la elaborada con pan. Un estudio realizado acerca del aumento de la vida útil, en cervezas industriales toma como indicador de deterioro el aumento de unidades EBC, principalmente por la oxidación de los compuestos polifenólicos y la inadecuada cantidad de oxígeno (Rakcejeva et al., 2013). Por lo que podemos establecer que, no se apreciaron síntomas de oxidación, ya que no aumentó la tonalidad de las cervezas en el tiempo.

Por otro lado, al analizar los datos del año 2022, se observa que las cervezas Lager son más claras, mientras que el estilo Weiss presenta un mayor índice de color EBC. Esta tendencia, se mantiene a lo largo del tiempo. Los estilos de cerveza con menor valor de EBC son los que se elaboraron con pan integral, lo que indica que, agregarlo a la bebida

no interviene en el aumento del color. De manera general según Rosales et al., 2021, en su investigación sobre las cervezas industriales y artesanales, en el análisis sensorial, las cervezas industriales suelen obtener tonalidades más claras. En el estudio previamente citado, se emplearon estilos de cerveza Lager que dieron como resultado una media de 8 EBC mientras que, para el estilo Ale una media de 15 EBC. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros obtenidos en la presente investigación en los cuales se obtuvo una media de 8,25 en el estilo Lager y 15,87 EBC en el estilo Ale. No obstante, se puede ver que las cervezas elaboradas con pan, con el transcurso del tiempo, experimentan una pérdida de intensidad en su color, lo que indica que el ingrediente adicional del pan desempeña un papel significativo en este parámetro.

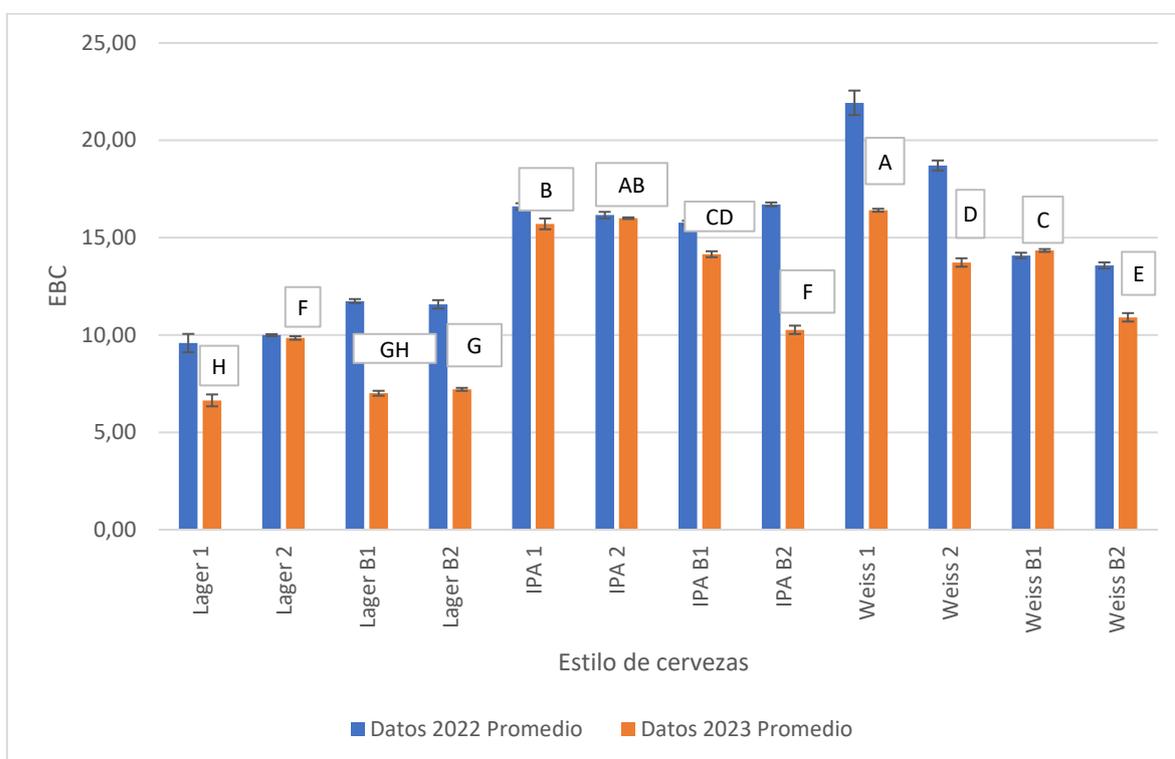


Figura 7. Resultados del color 2022 vs 2023 en los estilos de cerveza

4.2.7 Capacidad antioxidante

Los resultados obtenidos en la figura 8 muestran que, en 2023, la cerveza estilo Lager elaborada con pan integral registró los valores más elevados en capacidad antioxidante. Estadísticamente, se pudo comprobar que los valores más altos de capacidad antioxidante se encuentran en los estilos de cerveza elaborados con pan, frente a los elaborados al 100% de malta, exceptuando el estilo Weiss donde no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Este resultado coincide con el estudio en la adición

de frutos en cervezas de trigo artesanales, la cual señala que esta variedad de cerveza destaca por su alta concentración de compuestos antioxidantes, superando en un 22,6% a las demás. Cabe destacar que, en dicha investigación, se utilizó el método ABTS para la caracterización (Belcar et al., 2023). Se debe considerar que, un elemento significativo en la influencia de la capacidad antioxidante de una cerveza también son sus materias primas, en especial del tipo de malta a utilizar ya que esta tiene en su composición, compuestos con alta actividad antioxidante tal como lo indica un trabajo de propiedades físico químicas en cervezas artesanales portuguesas (Silva et al., 2022), por lo que, es importante considerar que las cervezas artesanales tienen una mayor capacidad antioxidante que las cervezas industriales, siendo, el pan integral una materia prima que contribuye a mejorar la capacidad antioxidante en cervezas artesanales, ya que tras 12 meses de maduración, obtuvieron valores más altos frente a las 100% malta, especialmente en los estilos Lager e IPA con pan. La evolución de este ha tenido de manera general un descenso en este parámetro, el cual puede ser atribuido al efecto de la maduración obtenida, pero manteniendo en general una mayor capacidad antioxidante por utilizar pan integral como materia prima en la maceración.

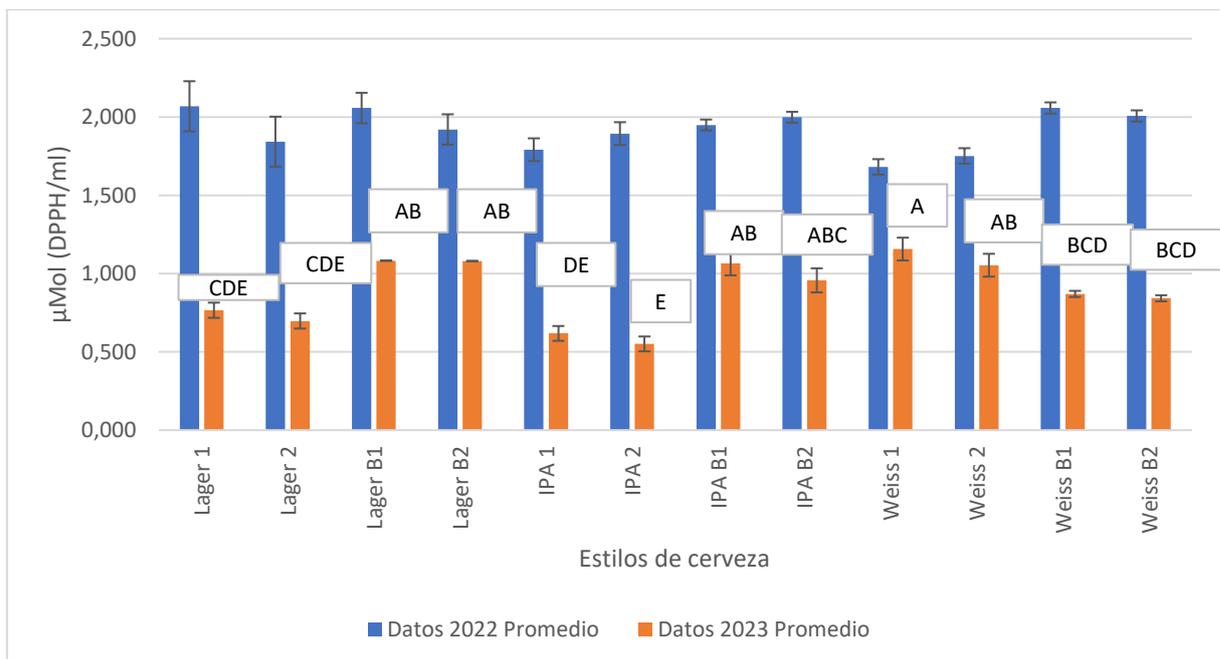


Figura 8. Resultados de la capacidad antioxidante 2022 vs 2023 en los estilos de cerveza

4.2.8 Contenido de polifenoles

Como se puede observar en la figura 9, el estilo de cerveza Weiss con pan presentó los valores más altos de polifenoles obtenidos en los resultados del año 2023, frente al resto de los resultados de los tratamientos con pan. Estadísticamente se pudo apreciar que, en todos los estilos en que se reemplazó el 50% de malta por pan integral, hubo una disminución de polifenoles, salvo en el estilo Weiss, el cual se mantuvo en el tiempo, en comparación de la elaboración 100% de malta. Es importante mencionar que se observa una leve disminución de este parámetro a medida que transcurre el tiempo, específicamente para el estilo Lager con pan tras 12 meses de maduración, aunque, el contenido polifenólico se mantuvo estable en todos los tratamientos, manteniendo las mismas tendencias con respecto al de 2022. Siendo las cervezas del estilo Weiss con pan integral las que mantuvieron los valores más altos, en concordancia con la investigación sobre el sabor de la cerveza mediante análisis químico-métricos, la cual, señala que la cerveza con mayor contenido de polifenoles fue la cerveza con malta de trigo, ya que, un aumento en las proteínas de trigo puede favorecer el aumento de polifenoles (De Flaviis et al., 2023).

El trabajo de Yang et al., 2022 pone de manifiesto que los compuestos fenólicos tienen un papel importante en la actividad antioxidante de la cerveza, y los cambios que estos sufran pueden afectar la capacidad antioxidante, demostrando la estrecha relación que tiene este parámetro con la capacidad antioxidante, este mismo resultado ha sido verificado en nuestra investigación, ya que los datos muestran que existe un incremento en la capacidad antioxidante en las cervezas elaboradas con sustituto de pan integral, en particular en el caso del estilo Weiss, que además ha incrementado su contenido de polifenoles.

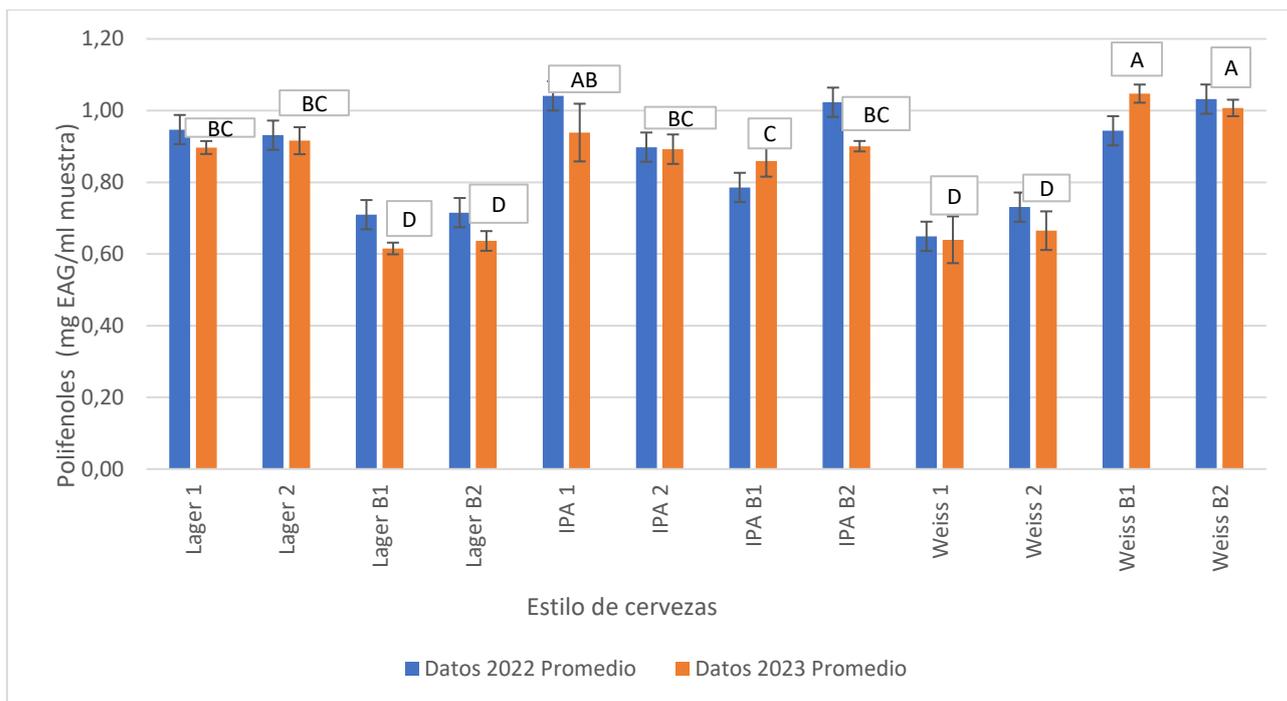


Figura 9. Resultados del contenido de polifenoles 2022 vs 2023 en los estilos de cerveza

4.2.9 Proteínas

Analizando los datos de la figura 10, se puede observar en los resultados del año 2023 que el estilo Lager mostró la mayor concentración de proteínas, seguida por la cerveza Weiss con pan, con una diferencia significativa. Dicho resultado coincide con un estudio sobre las diferencias en el contenido proteico de las cervezas en función de la malta, en el cual, el contenido de proteínas va a depender de la malta utilizada y del proceso de secado/tostado al que es sometida. Por tanto, cuanto menos se exponga la malta a temperaturas altas de secado/tostado, mejor se conservará su valor proteico (Hu et al., 2019). De manera general, no existen diferencias estadísticamente significativas, entre los estilos de cerveza con pan y los que están elaborados al 100% con malta. Si bien, el nivel de proteína varía según el estilo de cerveza, se nota que, excepto en las Lager, el utilizar pan integral supone un aumento del contenido polifenólico, aunque no existen diferencias estadísticamente significativas. Conforme a la evolución del tiempo se puede apreciar cómo en casi todos los estilos la proteína disminuye tanto para los estilos que reemplazaron el 50% de malta por pan, como para los que no; exceptuando el caso de los estilos IPA e IPA con pan integral, siendo un indicativo que la adición de pan no afecta a este parámetro, sino todo lo contrario ya que lo potencia, debido a que fue la que tuvo un ligero aumento. Las cervezas artesanales tienen una cantidad de proteínas más alta en comparación con las cervezas industriales, una explicación a esto se encuentra en el proceso de secado o tostado, como señala el estudio comparativo de

compuestos bioactivos en cervezas artesanales y cervezas industriales, durante dicho proceso, las proteínas tienden a solidificarse, resultando en una disminución de su pérdida (Martínez, 2015). Como referencia, la cerveza artesanal registró un contenido de 0,92 mg/ml de proteínas, mientras que la industrial mostró 0,53 mg/ml. Estas cifras están dentro de los resultados obtenidos en este estudio en el cual se obtuvo un contenido proteico de 1,33 mg/ml. Por otro lado, los estilos que reemplazan el 50% de malta con pan, registraron un contenido proteico de 1,44 mg/ml, en comparación con las cervezas 100% malta, las cuales presentaron 1,20 mg/ml, denotando una contribución favorable del pan en dicho aspecto. Se infiere que la disminución en el contenido de proteínas en ciertos procesos está relacionada con las elevadas temperaturas utilizadas en los procesos industriales (Martínez, 2015).

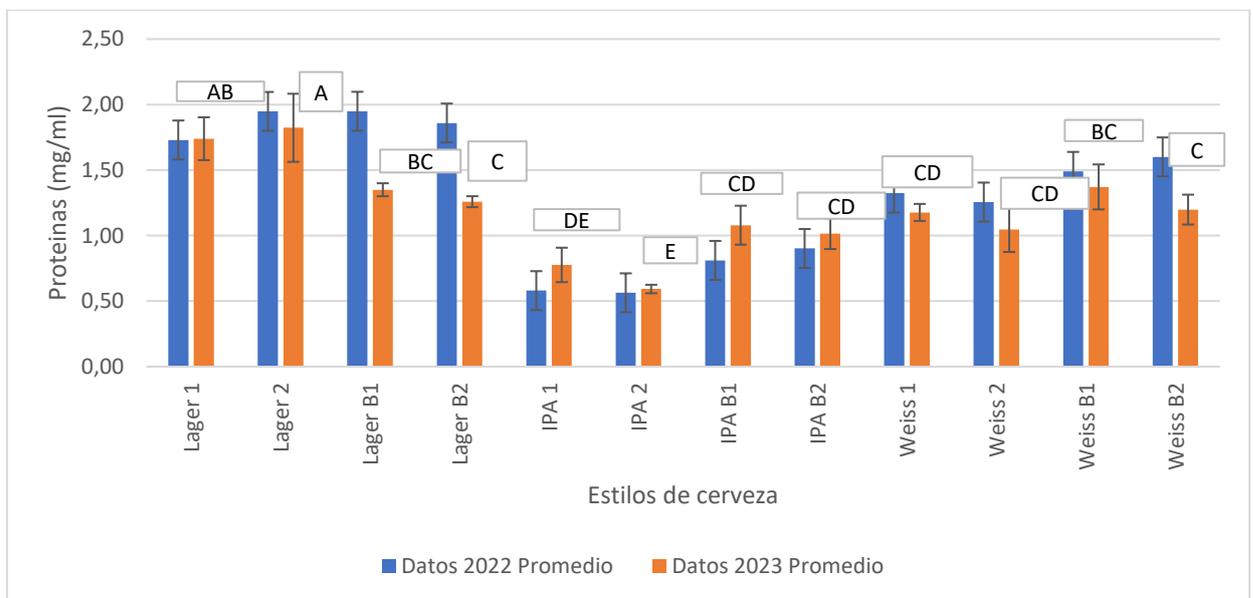


Figura 10. Resultados del contenido de proteínas 2022 vs 2023 en los estilos de cerveza

En la tabla 4 (anexos) a modo de un breve resumen se indican los valores obtenidos en el año 2022 y 2023, los parámetros que fueron estudiados de los diferentes estilos de cervezas junto a la desviación estándar y al grupo que pertenece estadísticamente cada una de las muestras.

4.3 SENSORIAL

La figura 11 muestra que la cerveza estilo Lager del 2023 tuvo la tonalidad más clara, siendo un resultado acorde, debido a que son característicos de estas cervezas los colores amarillos pálidos (Gordon et al., 2015). Después de transcurridos 12 meses, se produjo una pérdida de tonalidad. Al contrastar los estilos de cerveza Lager con pan, tanto en el 2022 como en el 2023, se evidencia una tonalidad más intensa en las cervezas que incorporan pan, señalando así la relevancia de este ingrediente en la composición de esta bebida. Es relevante destacar que, con la excepción del estilo IPA, que no mostraron variaciones, los demás tipos de cerveza exhiben una mayor intensidad de color expresadas en unidades EBC al emplear pan integral como sustituto parcial de la malta, concordando estos resultados con el estudio el pan como materia prima en la elaboración de cerveza artesanal Ale. (Aranda et al., 2022). Se observa que, en la variante de limpidez, los estilos de cerveza que obtuvieron una puntuación más alta, es decir evaluando una menor turbidez, fueron los estilos IPA e IPA con pan, y los que menos los Lager y Weiss, siendo coherente según el estudio de propiedades físico-químicas, contenido polifenólico y evaluación sensorial en cervezas de trigo, el cual mostró que, a mayor contenido de polifenoles, se puede obtener menor limpidez de la bebida (Belcar et al., 2023).

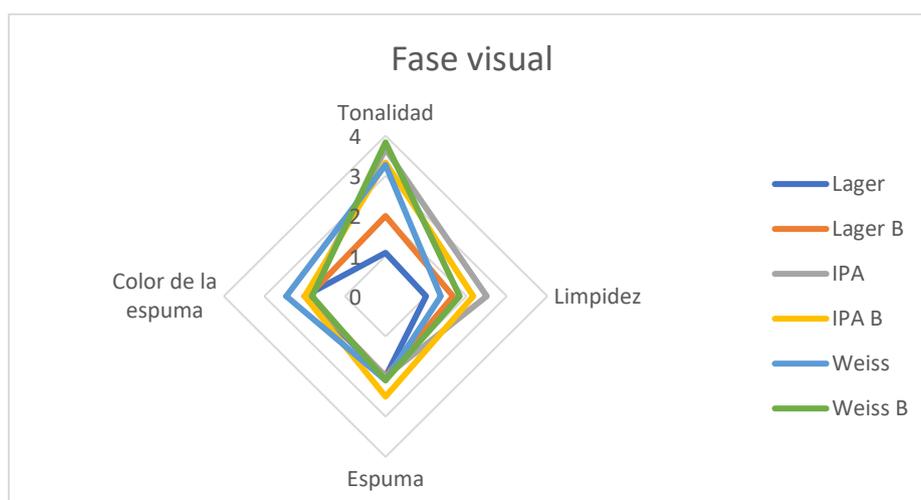


Figura 11: Análisis sensorial en la fase visual en los estilos de cerveza 2023

Para la figura 12, al analizar la etapa gustativa, se destaca que la cerveza estilo Weiss obtuvo los resultados más pronunciados en comparación con otros estilos. Es notable como las cervezas IPA y Weiss con pan integral, en cambio experimentaron una reducción de amargor, sin embargo, en el estilo IPA sobresale como la de mayor intensidad, teniendo similitud con el estudio de cervezas artesanales y comerciales producidas en Uruguay, el cual manifiesta que la cerveza artesanal con mayor amargor fue la IPA, siendo una de sus causas las diferentes materias primas y recetas de estas (Medina et al., 2023). Para el atributo cuerpo, encontramos que las muestras en las que se reemplazó la malta por pan integral, frente a las 100% malta obtuvieron puntuaciones más altas en general, con excepción del estilo IPA, que fueron similares. Según la investigación titulada “comprensión del consumidor sobre el cuerpo de la cerveza y el vino”, los consumidores relacionan el cuerpo de la cerveza con el atributo de astringencia, pudiendo ser la adición del pan un factor importante, según el mismo estudio cataloga a los estilos de cerveza Lager generalmente, por presentar un cuerpo ligero (Ivanova et al., 2022) concordando así con el resultado obtenido en el presente estudio, ya que la Lager ha sido el estilo con menor puntuación en lo que corresponde a este atributo.

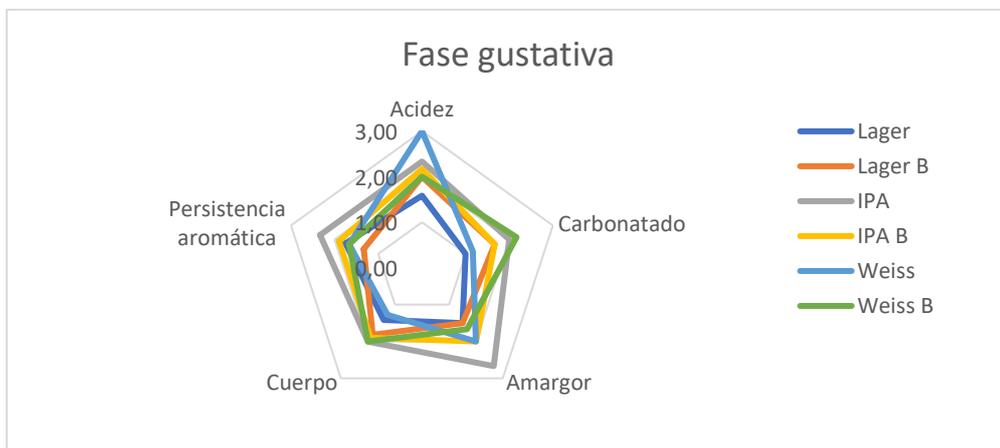


Figura 12: Análisis sensorial en la fase gustativa en los estilos de cerveza 2023

En el análisis de la figura 13 correspondiente a la fase olfativa, se observó que el estilo de cerveza IPA e IPA con pan obtuvieron valores similares en el lupulizado, en ambos estilos los jueces dieron una puntuación alta al descriptor lupulizado vegetal. Según el estudio del impacto de los cereales sin maltear el lúpulo actúa como un agente saborizante que incorpora además el amargor (Palombi et al., 2023). Teniendo un resultado coherente ya que el estilo IPA fue el más amargo en la fase gustativa de este estudio.

Para el atributo olfativo de maltosidad, específicamente en el descriptor de maltosidad de cereal, se pudo verificar que en las cervezas estilo Weiss y Lager reemplazado al 50% de malta por pan integral, se tuvo la puntuación más alta, por lo que el pan integral potencia dicho descriptor.

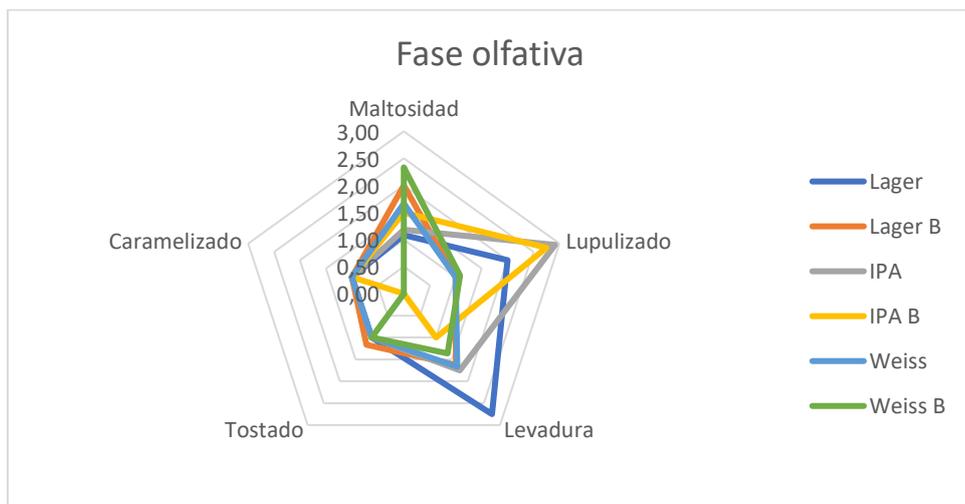


Figura 13: Análisis sensorial en la fase olfativa en los estilos de cerveza 2023

5. CONCLUSIONES

Según los resultados de este estudio, se puede inferir que la elaboración de cerveza sustituyendo el 50% de malta por pan integral de desecho es factible. Se consiguen resultados físico-químicos similares y/o superiores frente a las 100% malta, incluso a nivel comercial ya existe una marca que usa esta variable, aunque con pan de trigo blanco. Del análisis microbiológico se puede concluir que las muestras que fueron almacenadas en cámara durante un periodo de 12 meses, no se encuentran contaminadas de *enterobacterias* ni *lactobacillus spp* en niveles que puedan generar alteración. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en otros estudios, de acuerdo con el alto grado alcohólico obtenido en la mayoría de los estilos sea con pan o 100 % malta es un factor que ayuda a la estabilidad microbiana, mitigando el crecimiento de microorganismos no deseados.

Se puede observar que para el parámetro de turbidez los valores obtenidos después de 12 meses, fueron muy similares, sin embargo, al comparar los estilos de cerveza 100% malta frente a los estilos que fueron sustituidos por pan integral, se notó que las cervezas elaboradas con pan integral presentaron una turbidez significativamente menor independientemente del estilo.

Para los siguientes parámetros: capacidad antioxidante, polifenoles totales e incluso proteínas se verificó, que los resultados más destacados fueron, en los estilos de cerveza con pan integral, en comparación de las cervezas 100% malta, ya que, en algunos valores obtenidos, después de 12 meses, los resultados fueron estables o incluso mejores, como es el caso de los polifenoles totales y las proteínas especialmente en el estilo IPA con pan. Si bien para el parámetro de acidez, los tres estilos de cervezas con pan disminuyeron en comparación con el estilo 100% malta, siendo esto un buen indicio, ya que significa que no hubo una nueva fermentación o alteración microbiana. Adicionalmente, uno de los parámetros que no fueron afectados con el paso del tiempo fue el pH, y extracto seco ya que éste se mantuvo estable en los estilos con pan, frente a los estilos de cerveza 100% malta, pudiendo denotar que este sustituto puede ser un factor que ayude a retardar el envejecimiento y aportar estabilidad. Finalmente, los estilos de cerveza elaborados con pan provocaron una menor intensidad de color frente a los estilos elaborados 100% con malta.

Se puede concluir que elaboración de cerveza a partir de residuos de pan integral es viable, llegando a ser una posible solución a la problemática de uno de los residuos más generados en España como lo es el pan.

6. BIBLIOGRAFIA

Abderrahim, F., Arribas, S. M., González, M.C. y Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry* (Vol.141, pp. 788-794). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.055>.

Aranda, F. (2021). Elaboración y estudio analítico de cerveza artesanal a partir de distintos tipos de pan. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/37444>

Batalla, D., Martínez, M. y Montes, S. (2021). Análisis del sector cervecero europeo y español desde el prisma de las cervezas artesanales. *Revista Universitaria Europea*, 36. <http://www.revistarue.eu/RUE/062022.pdf> .

Belcar, J., Kapusta, I., Sekutowski, T. R. y Gorzelany, J. (2023). Impact of the addition of fruits of kamchatka berries (*L. caerulea* var. *kamtschatica*) and haskap (*L. caerulea* var. *emphyllocalyx*) on the physicochemical properties, polyphenolic content, antioxidant activity and sensory evaluation craft wheat beers. *Molecules*, (Vol.10, pp 10-15). <https://doi.org/10.3390/molecules28104011>

Bezerril, F. F., Pimentel, T. C., de Aquino, K. P., Schabo, D. C., Rodrigues, M. H. P., Dos Santos Lima, M., Schaffner, D. W., Furlong, E. B. y Magnani, M. (2023). Wheat craft beer made from AFB1-contaminated wheat malt contains detectable mycotoxins, retains quality attributes, but differs in some fermentation metabolites. *Food Research International*, 172, 112774. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112774>

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.

Bokulich, N. A. y Bamforth, C. W. (2013). The microbiology of malting and brewing. *Microbiology and molecular biology reviews* (Vol. 2, pp. 157–172). <https://doi.org/10.1128/membr.00060-12>

Bosch, A., Domingo Álvarez, M., Rovira, R. F., Turón, M. G., Galindo, J. F. G., Lavín, S., Bellfill, R. L., Llobet Mallafré, J. M., Font, A. M. y Lomas, N. (2018). Extensión de la fecha de consumo de los alimentos. Criterios para el aprovechamiento seguro y satisfactorio. *Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA)*. https://acsa.gencat.cat/web/.content/Publicacions/Informestecnicos/comite_cientific_asessor/publis/Data-consum/Extension-de-la-fecha-de-consumo-de-los-alimentos.pdf

Cano, L. (2019). Principales cervezas que consumen los españoles. *ABC Viajar*. https://www.abc.es/viajar/gastronomia/abci-internacional-cerveza-principales-cervezas-consumen-espana-y-propiedades-201908021712_noticia.html

Carbajal, A.(2016). Importancia del consumo diario de pan para la salud. *Universidad Complutense de Madrid*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2016-10-12-Carbajal-pan-salud-2016.pdf>

Carriglio, J., Budner, D. y Thompson-Witrick, K. A. (2022). Comparison review of the production, microbiology, and sensory profile of lambic and American Coolship Ales. *Fermentation*, (Vol. 11, pp. 646). <https://doi.org/10.3390/fermentation8110646>

Cerveceros de España. (2021). Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España 2020. Ministerio de Agricultura pesca y alimentación. https://cerveceros.org/uploads/62cfc9469b35d_InformeSocioeconomico_Cerveza2021.pdf

Cerveceros de España. (2022). Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España 2020. Ministerio de Agricultura pesca y alimentación. https://cerveceros.org/uploads/649013fb45149_Informe_Socioeconomico_Cerveza2022.pdf

Coletto, E. (2019). Efecto del tratamiento del agua en la elaboración de la cerveza: aplicación en una micro cervecería artesanal. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/94059>

De Flaviis, R., Santarelli, V., Mutarutwa, D., Grilli, S. y Sacchetti, G. (2023). A unifying approach to wheat beer flavour by chemometric analyses. Could we speak of 'terroir' *Current Research in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.100429>

Dysvik, A., La Rosa, S.L., De Rouck, G., Rukke, E.O., Westereng, B. y Wicklund, T. (2020). Microbial dynamics in traditional and modern sour beer production. *Applied and Environmental Microbiology* (Vol. 86, pp. 14).

García, X. (2015). Los orígenes y la implantación de la industria cervecera en España, siglo XVI-1913. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/130897#page=4>

Gasinski, A., Kawa-Rygielska, J., Szumny, A., Czubaszek, A., Gasior, J. y Pietrzak, W. (2020). Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera Indica*). *Molecules*, (Vol. 13, pp. 25). <https://doi.org/10.3390/molecules25133033>

Hu, X., Jin, Y. y Du, J. (2019). Differences in protein content and foaming properties of cloudy beers based on wheat malt content. *Journal of the Institute of Brewing*, (Vol. 2, pp. 235–241). <https://doi.org/10.1002/jib.550>

Ivanova, N., Yang, Q., Bastian, S. E. P., Wilkinson, K. L. y Ford, R. (2022). Consumer understanding of beer and wine body: An exploratory study of an ill-defined concept. *Food quality and preference*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104383>

Latorre, M., Bruzone, M. C., de Garcia, V. y Libkind, D. (2022). Microbial contaminants in bottled craft beer of Andean Patagonia, Argentina. *Revista Argentina de microbiología*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.05.006>

Leistner, L. y Gorris, L. (1995). Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. *In European Food Research and Technology* (Vol. 28, pp. 191–204). <https://doi.org/10.1002/jib.550>

Magalhães, L. M., Santos, F., Segundo, M. A., Reis, S. y Lima, J. L. F. C. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta* (Vol. 2, pp. 441-447). <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.09.042>

Martínez, A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Lleida. <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/d34f7037-c901-4ada-bee4-275e2294bae0/content>

Medina, K., Giannone, N., Dellacassa, E., Schinca, C., Carrau, F. y Boido, E. (2023). Commercial craft beers produced in Uruguay: Volatile profile and physicochemical composition. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112349>

Mesa, H. y Aymerich, G. (2021). Plan de negocio Marca de cerveza artesanal. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24353/Plan%20de%20negocio%20Marca%20de%20cerveza%20artesanal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). *Análisis del desperdicio extradoméstico oleada otoño 2021 - invierno 2022*. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/9presentaciondesperdicioextradomesticootono2021-invierno2022_vf_tcm30-639552.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). *Informe del Consumo Alimentario en España*. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res_tcm30-655390.pdf

Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados. (2021). Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados en superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/cont_alim_seg_micro/es_def/adjuntos/NORMAS-MICROBIOLOGICAS-ALIMENTOS-2022.pdf

Pachas, J. C. (2019). Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales. *Peruvian Agricultural Research*, (Vol. 2, pp.4 – 8) <https://doi.org/10.51431/par.v1i1.480>

Palombi, L., Tufariello, M., Durante, M., Fiore, A., Baiano, A. y Grieco, F. (2023). Assessment of the impact of unmalted cereals, hops, and yeast strains on volatolomic and olfactory profiles of Blanche craft beers: A chemometric approach. *Food Chemistry*, (Vol. 416). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135783>

Pérez, M. (2008). Las bebidas alcohólicas en el medioevo asturleonés a través de los textos. Universidad de León. <https://revpubli.unileon.es/index.php/EEHHHistoria/article/view/3109/2284>

Portelli, F. (2022). Cervezas artesanales: las variedades más populares en el país para degustar en verano. *Infobae*. <https://www.infobae.com/tendencias/2019/01/05/cervezas-artesanales-las-variedades-mas-populares-en-el-pais-para-degustar-en-verano/>

Rakcejeva, T., Skorina, V.V., Kārklīņa, D. y Skudra, L. (2013). ASLT Method for Beer Accelerated Shelf-Life Determination. World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* (Vol. 7, pp. 117-122).

Reglamento (UE) nº1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo. (2011). *Información alimentaria facilitada al consumidor*. <https://www.boe.es/doue/2011/304/L00018-00063.pdf>

Rojo, L. (2019). Elaboración de cerveza artesanal a partir de subproductos de cereal. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/37444>

Rosales, A., Talaverano, M.I., Lozano, J., Sanchez-Vicente, C., Santamaría, O., García-Latorre, C., Rodrigo, S. (2021). Craft beer vs industrial beer: chemical and sensory differences. Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Badajoz, España. *British Food Journal*. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2021-0074>

Rovaletti, M., Bianchi, A., Sosa, G. e Inés Benítez, E. (2020). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de cervezas artesanales en la provincia del Chaco. XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos; Buenos Aires; Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/342449193>

Silva, S., Oliveira, A. I., Cruz, A., Oliveira, R. F., Almeida, R. y Pinho, C. (2022). Physicochemical properties and antioxidant activity of Portuguese craft beers and raw materials. *Molecules* (Vol. 27, pp. 22). <https://doi.org/10.3390/molecules27228007>

Steiner, E., Gastl, M. y Becker, T. (2011). Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. *In European Food Research and Technology*, (Vol. 232, pp. 191–204). <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1412-6>

Suárez, M. (2013). Cerveza: componentes y propiedades. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Oviedo. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_?jsessionid=EFA6C9D6AF3AD182576743696A26FA15?sequence=8

Telmo, M. (2020). Prevención de la contaminación microbiana en cervezas de fermentación espontánea producidas en micro cervecerías. Trabajo de fin de grado. Universidad del País Vasco. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/54296/TFG_Mella.pdf?sequence=1

Yang, N., Wu, C., Yang, H., Guo, Z., Jian, H., Jiang, T. y Lei, H. (2022). Bioactive compounds, antioxidant activities and flavor volatiles of lager beer produced by supplementing six jujube cultivars as adjuncts. *Food Bioscience*, (Vol. 50). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102008>

Anexo 1.

Tabla 4. Resumen de los parámetros obtenidos en el análisis físico químico de los diferentes estilos de cerveza

	Turbidez (NTU)	Grado alcohólico (%)	Extracto seco (%)	pH	Acidez total (%)	Color (EBC)	Capacidad antioxidante (DPPH/ml)	Polifenoles totales (mg EAG/ml muestra)	Proteínas (mg/ml)
Lager 1- 2022	620,33 ± 52,29	5,52 ± 0,10	5,65 ± 0,24	3,92 ± 0,00	0,04 ± 0,001	9,58 ± 0,47	2,07 ± 0,16	0,71 ± 0,01	1,73 ± 0,17
Lager 1- 2023	622,00 ± 8,19 ^c	6,83 ± 0,21 ^a	4,92 ± 0,11 ^c	3,98 ± 0,06 ^{cd}	0,03 ± 0,001 ^c	6,64 ± 0,31 ⁱ	0,76 ± 0,04 ^{cde}	0,61 ± 0,01 ^{bc}	1,74 ± 0,16 ^{ab}
Lager 2 - 2022	684,33 ± 16,01	5,56 ± 0,04	5,65 ± 0,13	3,94 ± 0,01	0,04 ± 0,001	9,99 ± 0,05	1,84 ± 0,16	0,72 ± 0,02	1,95 ± 0,29
Lager 2 - 2023	716,33 ± 1,53 ^b	6,80 ± 0,01 ^a	4,68 ± 0,22 ^c	4,00 ± 0,01 ^{cd}	0,03 ± 0,001 ^{bc}	9,85 ± 0,09 ^g	0,70 ± 0,05 ^{cde}	0,63 ± 0,03 ^{bc}	1,82 ± 0,26 ^a
Bread Lager 1 - 2022	542,00 ± 18,73	5,25 ± 0,10	6,15 ± 0,21	4,16 ± 0,01	0,04 ± 0,001	11,74 ± 0,10	2,06 ± 0,09	0,95 ± 0,03	1,95 ± 0,02
Bread Lager 1 - 2023	101,33 ± 10,97 ^{gh}	6,33 ± 0,25 ^a	4,68 ± 0,13 ^c	4,14 ± 0,03 ^{abc}	0,03 ± 0,001 ^c	7,01 ± 0,13 ^{hi}	1,09 ± 0,002 ^{ab}	0,89 ± 0,01 ^d	1,35 ± 0,05 ^{bc}
Bread Lager 2 - 2022	462,00 ± 9,00	5,43 ± 0,15	5,73 ± 0,30	4,12 ± 0,01	0,04 ± 0,001	11,58 ± 0,22	1,92 ± 0,09	0,93 ± 0,01	1,86 ± 0,03
Bread Lager 2 - 2023	308,33 ± 4,73 ^e	6,67 ± 0,21 ^a	4,82 ± 0,12 ^c	4,13 ± 0,08 ^{bcd}	0,03 ± 0,001 ^c	7,21 ± 0,08 ^h	1,08 ± 0,002 ^{ab}	0,91 ± 0,02 ^d	1,26 ± 0,04 ^c
IPA 1 - 2022	675,67 ± 26,50	6,98 ± 0,13	6,74 ± 0,16	4,42 ± 0,17	0,04 ± 0,002	16,61 ± 0,16	1,79 ± 0,07	0,79 ± 0,02	0,58 ± 0,14
IPA 1 - 2023	125,00 ± 3,00 ^g	6,90 ± 0,2 ^a	6,66 ± 0,12 ^a	4,32, ± 0,12 ^{ab}	0,03 ± 0,003 ^{bc}	15,71 ± 0,28 ^b	0,62 ± 0,04 ^{de}	0,85 ± 0,02 ^{ab}	0,78 ± 0,13 ^{de}
IPA 2 - 2022	627,33 ± 29,19	7,00 ± 0,10	6,48 ± 0,09	4,31 ± 0,01	0,04 ± 0,002	16,16 ± 0,17	1,89 ± 0,07	0,90 ± 0,02	0,56 ± 0,12

IPA 2 - 2023	250,00 ± 6,24 ^f	6,97 ± 0,12 ^a	5,92 ± 0,09 ^b	4,37 ± 0,06 ^{ab}	0,04 ± 0,001 ^{ab}	16,00 ± 0,04 ^b	0,55 ± 0,05 ^e	0,90 ± 0,04 ^{bc}	0,59 ± 0,03 ^e
Bread IPA 1 - 2022	620,00 ± 5,29	6,70 ± 0,22	5,93 ± 0,13	4,31 ± 0,01	0,04 ± 0,002	15,77 ± 0,10	1,94 ± 0,03	1,04 ± 0,04	0,81 ± 0,14
Bread IPA 1 - 2023	94,00 ± 7,81 ^{gh}	6,53 ± 0,59 ^a	4,95 ± 0,08 ^c	4,37 ± 0,06 ^{ab}	0,04 ± 0,001 ^{ab}	14,15 ± 0,15 ^c	1,06 ± 0,07 ^{ab}	0,93 ± 0,01 ^c	1,08 ± 0,15 ^{cd}
Bread IPA 2 - 2022	671,67 ± 38,07	6,72 ± 0,19	5,99 ± 0,15	4,20 ± 0,03	0,04 ± 0,001	16,71 ± 0,10	2,00 ± 0,03	1,02 ± 0,03	0,90 ± 0,14
Bread IPA 2 - 2023	78,13 ± 6,66 ^h	6,67 ± 0,38 ^a	5,00 ± 0,11 ^c	4,42 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,001 ^{ab}	10,27 ± 0,22 ^e	0,96 ± 0,07 ^{abc}	0,90 ± 0,01 ^{bc}	1,01 ± 0,12 ^{cd}
Weiss 1- 2022	1023,67 ± 39,70	5,37 ± 0,15	5,46 ± 0,11	3,85 ± 0,02	0,05 ± 0,001	21,93 ± 0,63	1,68 ± 0,05	0,65 ± 0,22	1,32 ± 0,06
Weiss 1- 2023	1034,00 ± 26,26 ^a	6,73 ± 0,64 ^a	4,01 ± 0,14 ^d	3,54 ± 0,13 ^f	0,04 ± 0,001 ^a	16,41 ± 0,08 ^a	1,16 ± 0,07 ^a	0,64 ± 0,01 ^d	1,18 ± 0,06 ^{cd}
Weiss 2- 2022	1017,33 ± 30,35	5,23 ± 0,15	5,21 ± 0,16	3,84 ± 0,01	0,05 ± 0,001	18,71 ± 0,26	2,01 ± 0,03	0,73 ± 0,04	1,26 ± 0,09
Weiss 2- 2023	1016,00 ± 9,54 ^a	6,97 ± 0,06 ^a	4,08 ± 0,07 ^d	3,64 ± 0,07 ^{ef}	0,04 ± 0,002 ^a	13,73 ± 0,22 ^d	1,05 ± 0,05 ^{ab}	0,67 ± 0,03 ^d	1,05 ± 0,17 ^{cd}
Bread Weiss 1 - 2022	807,67 ± 27,50	5,22 ± 0,10	5,17 ± 0,12	3,78 ± 0,01	0,05 ± 0,002	14,08 ± 0,14	1,68 0,36	0,94 ± 0,09	1,49 ± 0,17
Bread Weiss 1 - 2023	355,33 ± 11,93 ^d	6,73 ± 0,64 ^a	3,81 ± 0,10 ^d	3,85 ± 0,12 ^{de}	0,04 ± 0,001 ^{ab}	14,34 ± 0,07 ^c	0,87 ± 0,36 ^{abcd}	1,05 ± 0,02 ^a	1,37 ± 0,17 ^{bc}
Bread Weiss 2 - 2022	867,67 ± 27,50	5,40 ± 0,10	5,06 ± 0,05	3,82 ± 0,01	0,04 ± 0,005	13,58 ± 0,16	1,75 ± 0,20	1,03 ± 0,05	1,60 ± 0,16
Bread Weiss 2 - 2023	363,67 ± 8,39 ^d	6,80 ± 0,36 ^a	4,04 ± 0,13 ^d	3,94 ± 0,11 ^{cd}	0,04 ± 0,001 ^{ab}	10,91 ± 0,22 ^e	0,84 ± 0,20 ^{bcd}	1,01 ± 0,02 ^a	1,20 ± 0,11 ^c

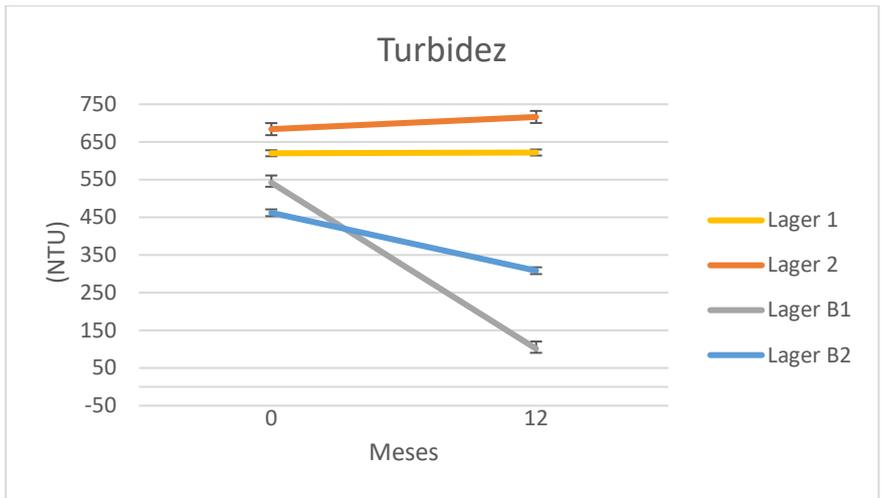


Figura 1. Resultados de turbidez 2022 vs 2023 en las cervezas lager y lager con pan

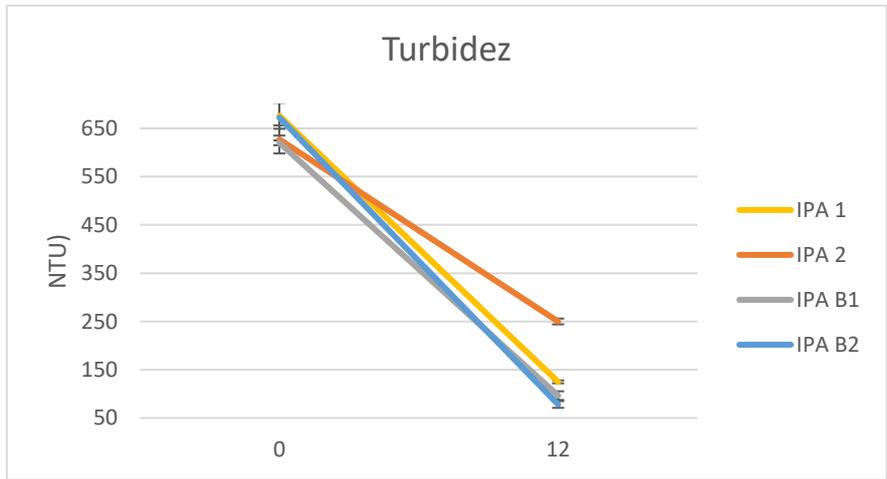


Figura 2. Resultados de turbidez 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

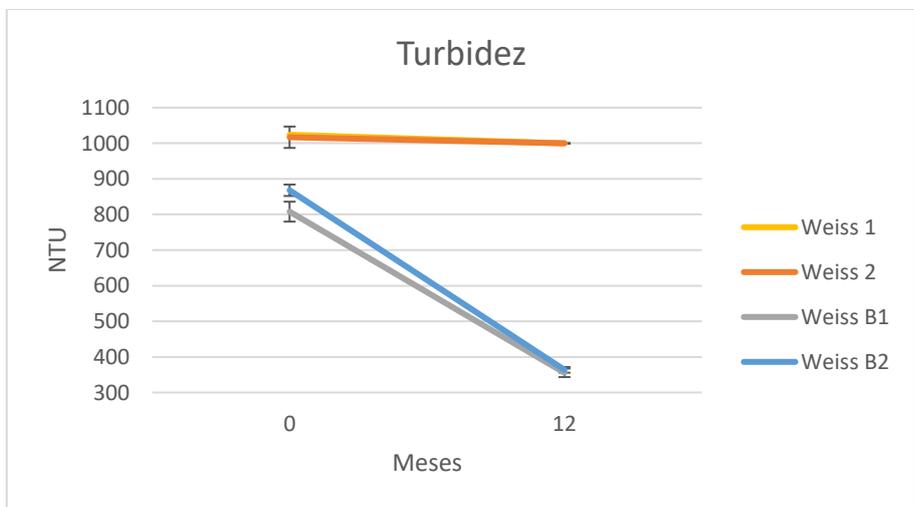


Figura 3. Resultados de turbidez 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

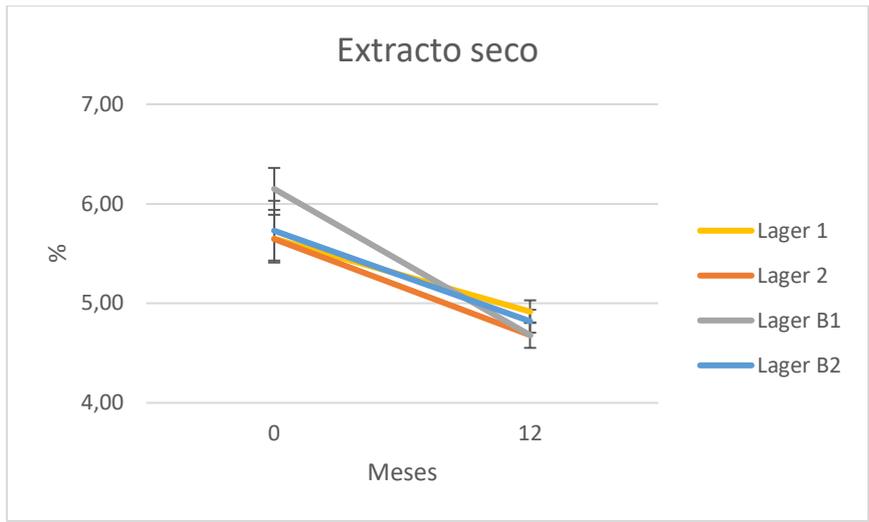


Figura 4. Resultados del extracto seco 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

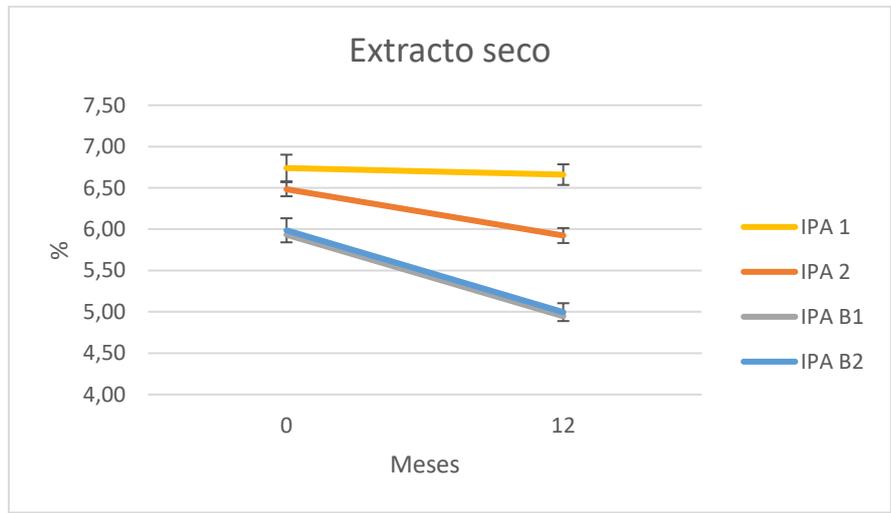


Figura 5. Resultados del extracto seco 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

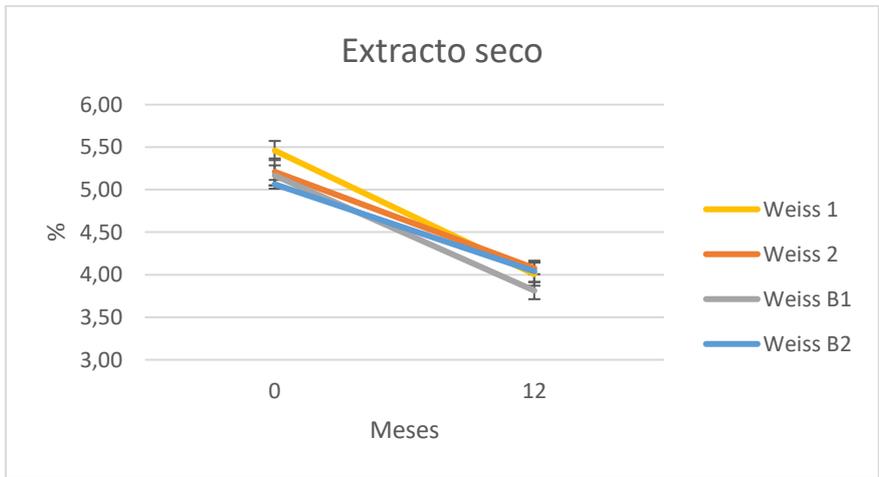


Figura 6. Resultados del extracto seco 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

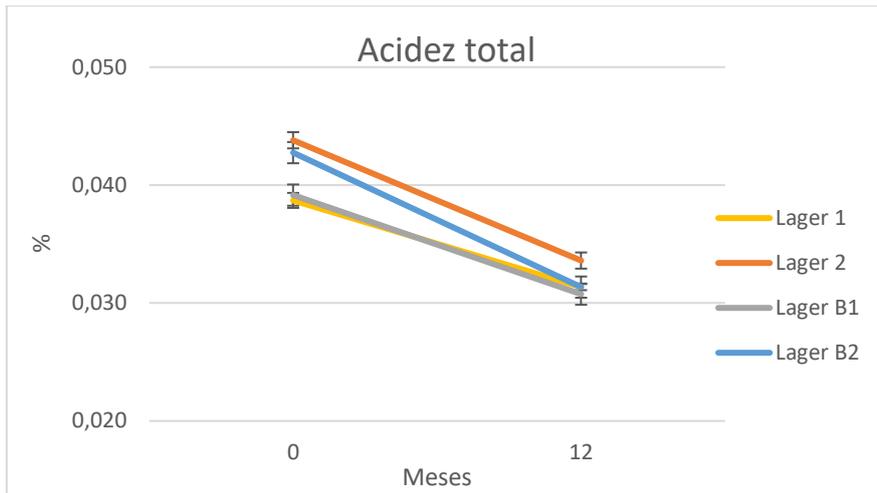


Figura 7. Resultados de la acidez total 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

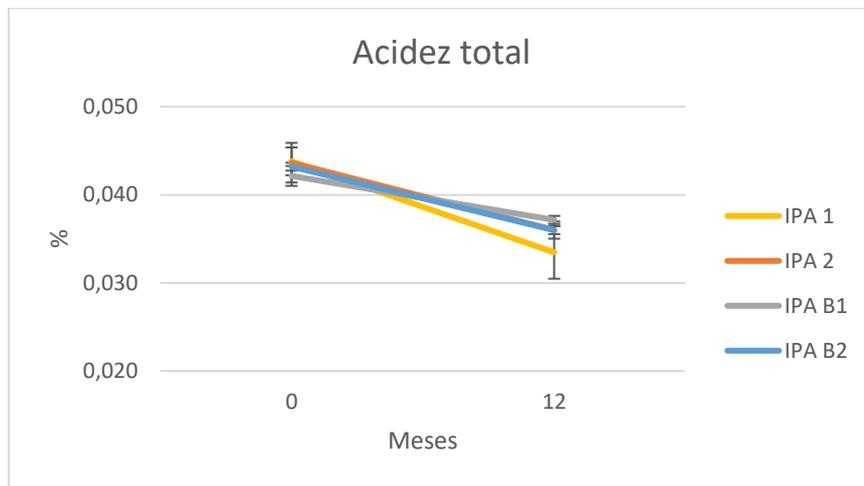


Figura 8. Resultados de la acidez total 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

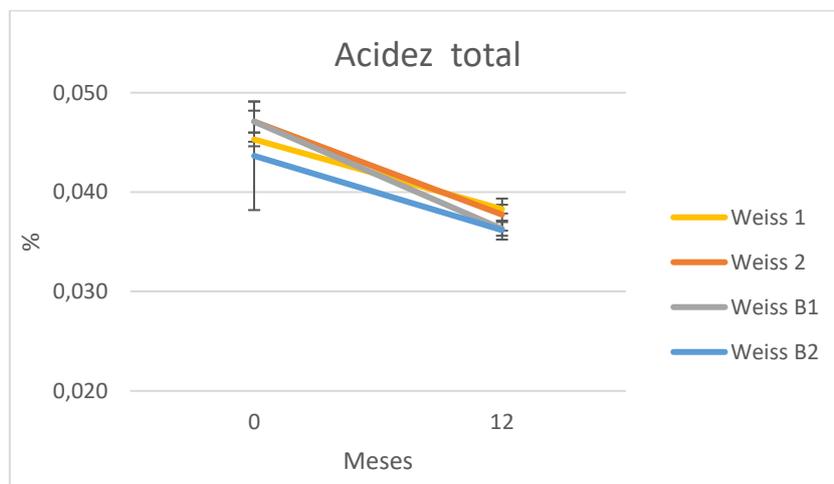


Figura 9. Resultados de la acidez total 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

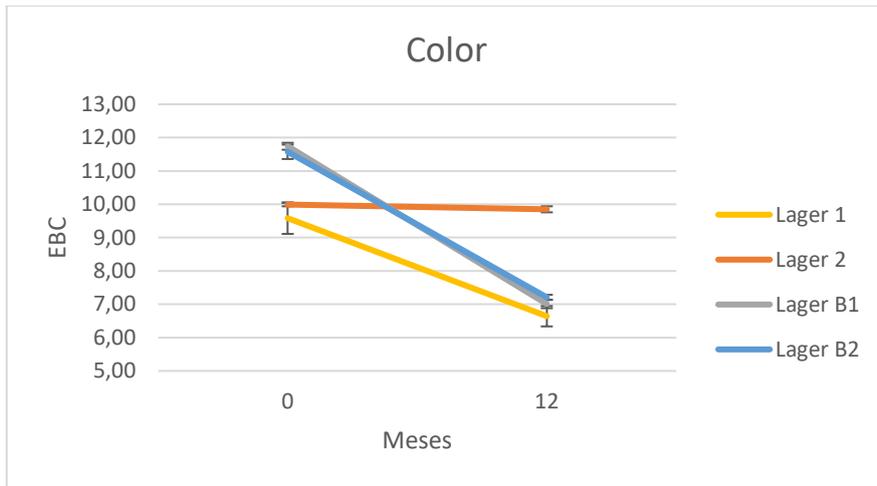


Figura 10. Resultados de color 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

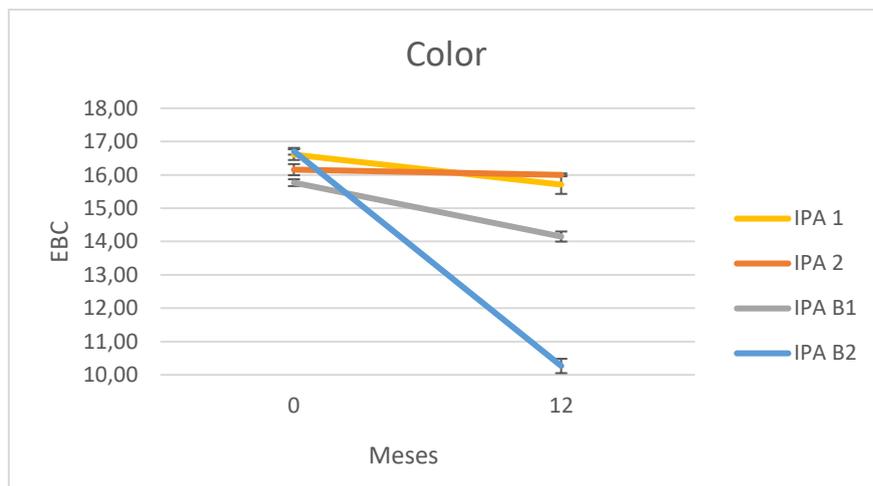


Figura 11. Resultados de color 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

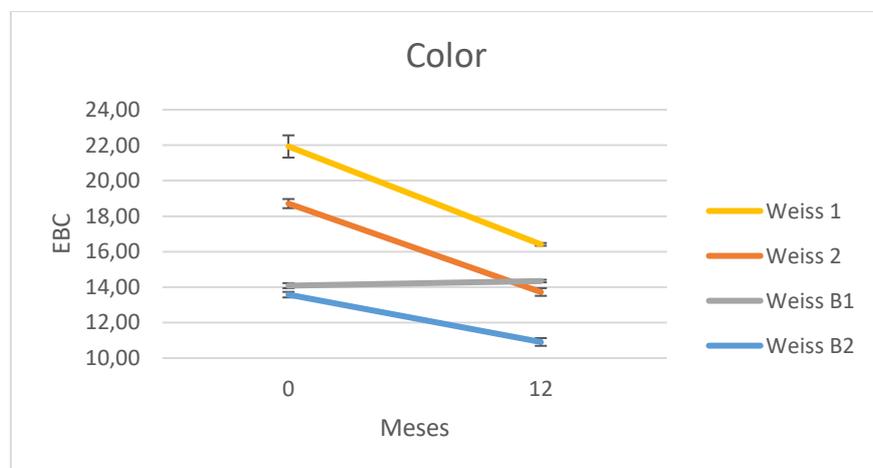


Figura 12. Resultados de color 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

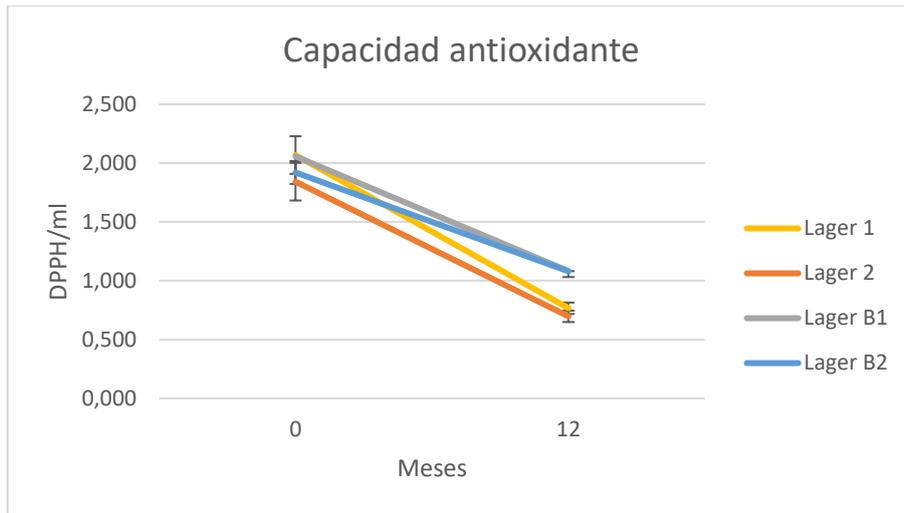


Figura 13. Resultados de capacidad antioxidante 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

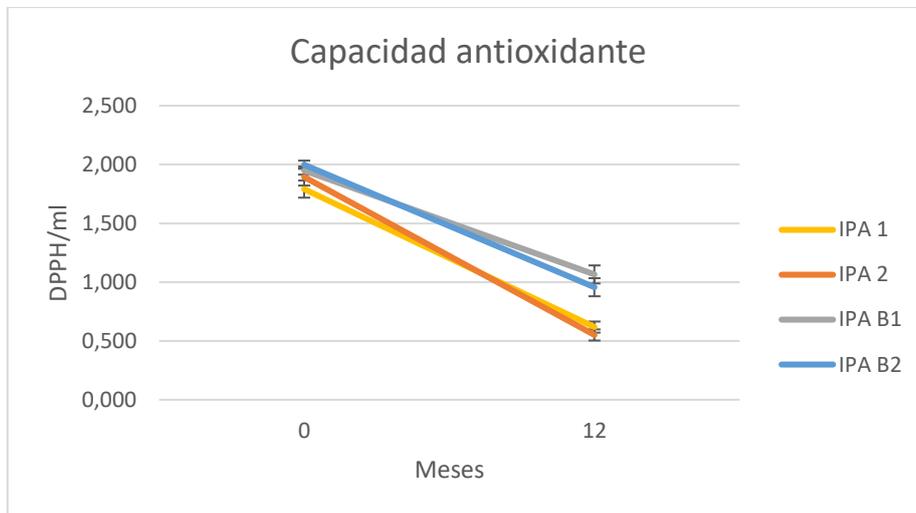


Figura 14. Resultados de capacidad antioxidante 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

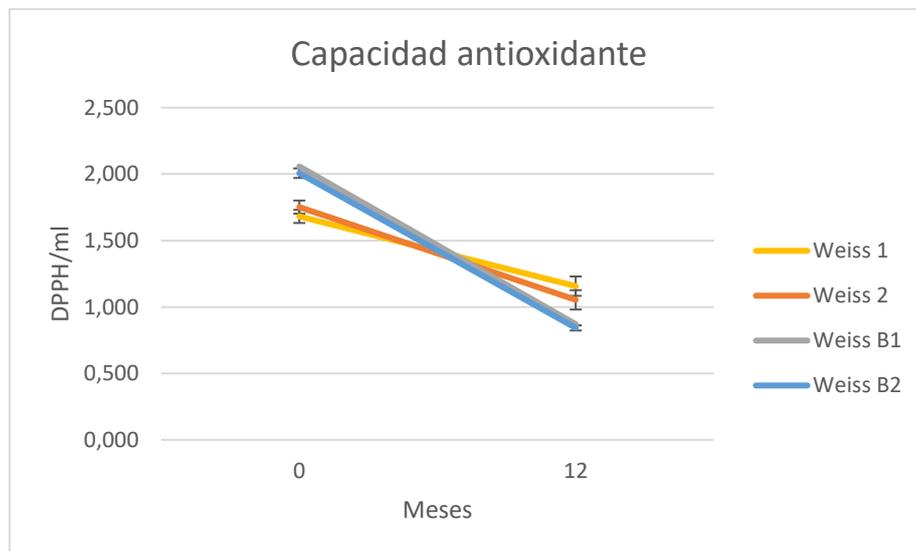


Figura 15. Resultados de capacidad antioxidante 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

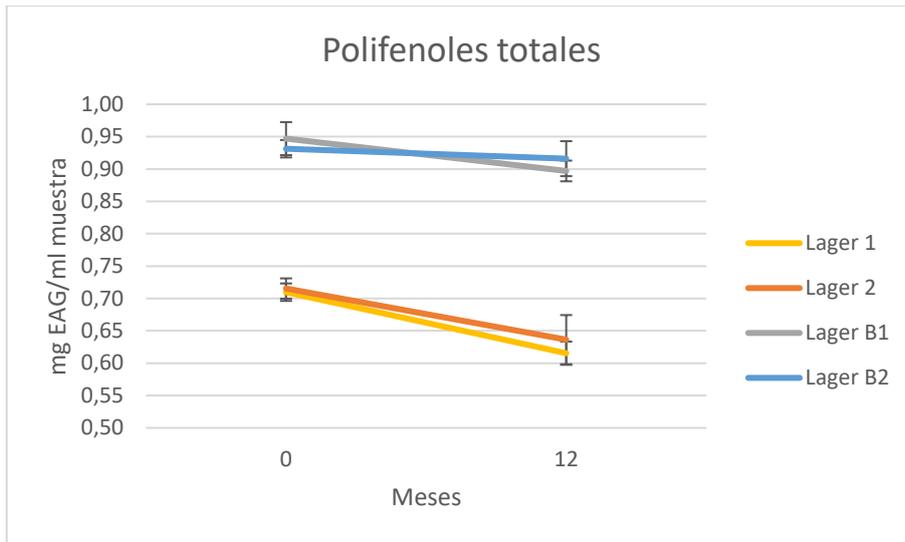


Figura 16. Resultados de polifenoles totales 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

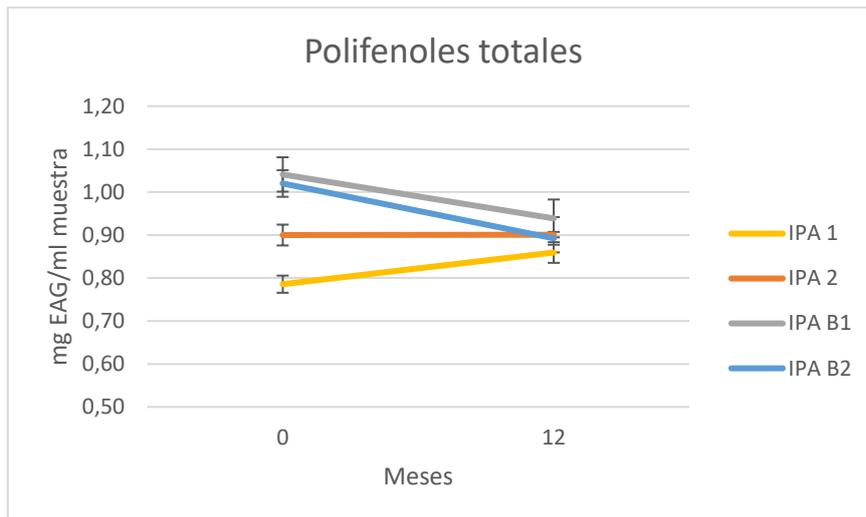


Figura 17. Resultados de polifenoles totales 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

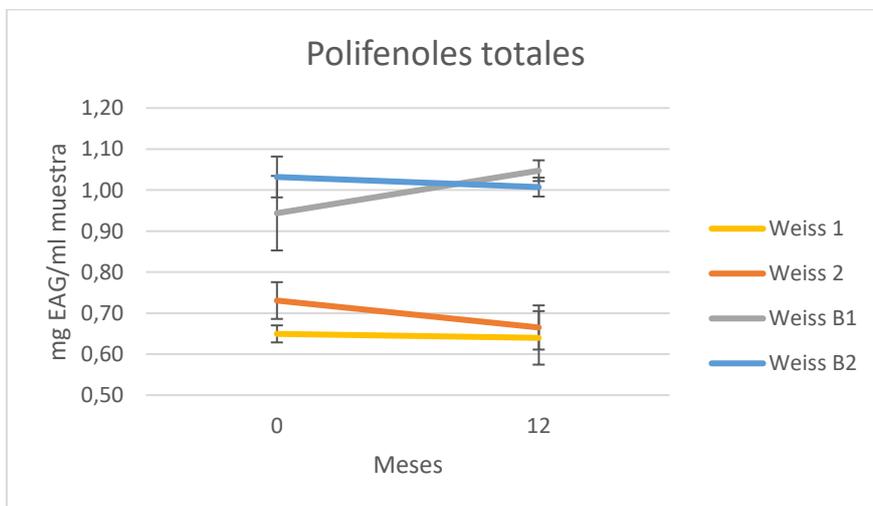


Figura 18. Resultados de polifenoles totales 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan

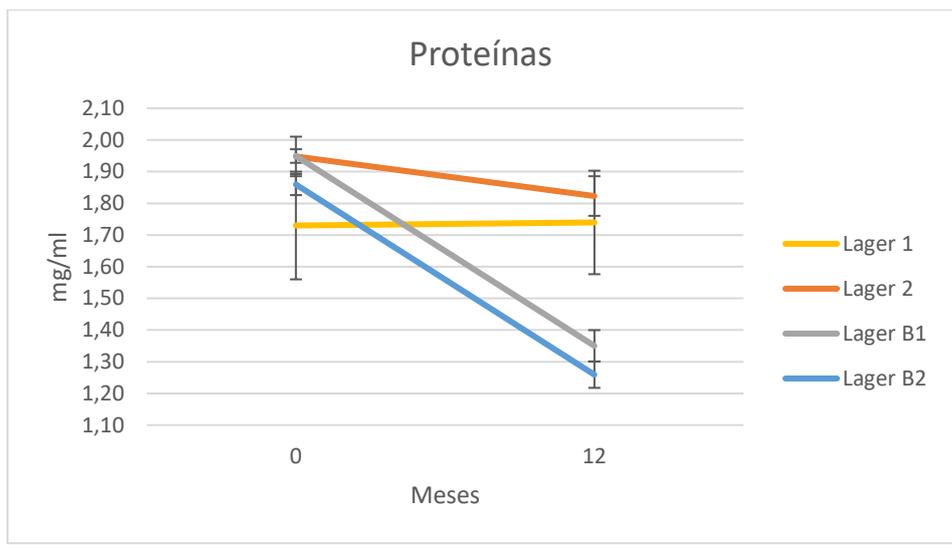


Figura 19. Resultados de proteínas 2022 vs 2023 en las cervezas Lager y Lager con pan

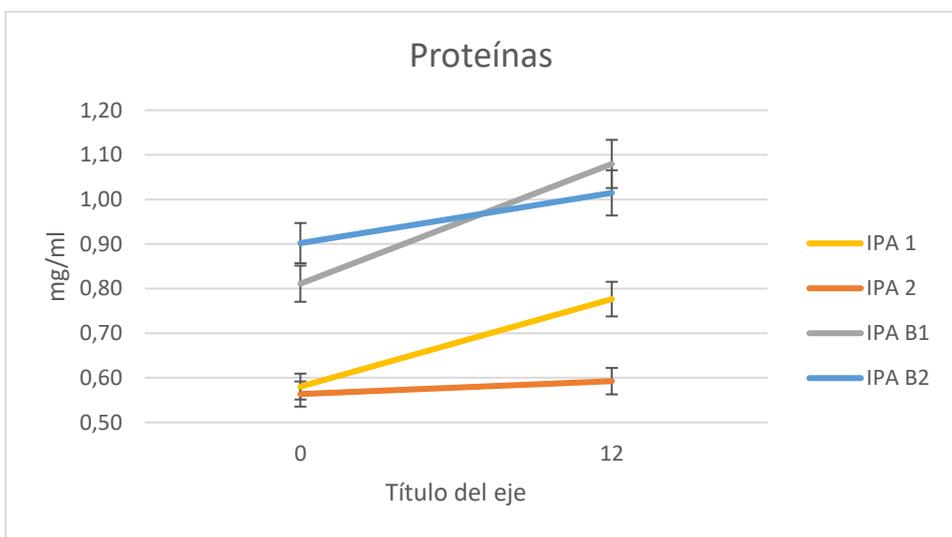


Figura 20. Resultados de proteínas 2022 vs 2023 en las cervezas IPA e IPA con pan

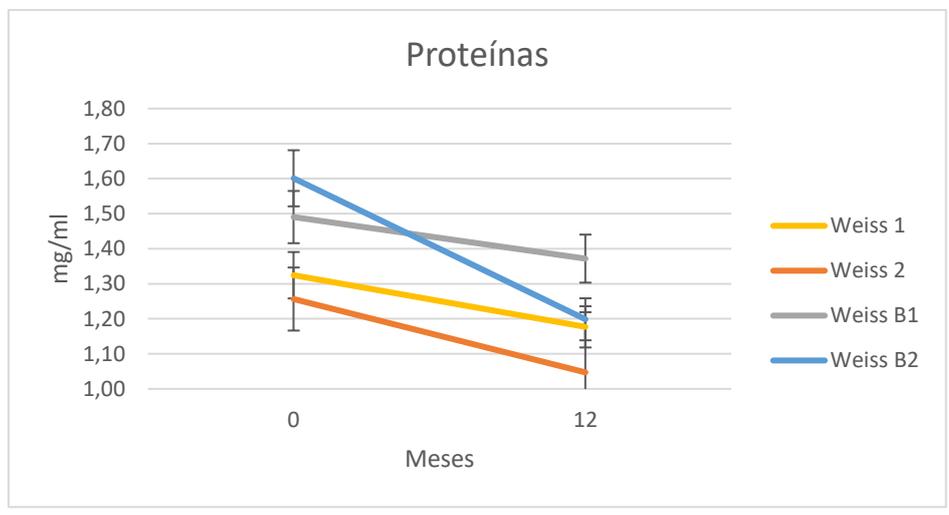


Figura 21. Resultados de proteínas 2022 vs 2023 en las cervezas Weiss y Weiss con pan