

José Antonio Hernández Díaz

**Estudio de la calidad del malteado de la cebada producida en
la cervecera *Lo Vilot***

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

dirigido por M^a Paz Romero

Máster en BEBIDAS FERMENTADAS

Facultat d'Enologia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
2 de septiembre de 2019**

ÍNDICE

1.	Resumen / Abstract.	4
2.	Preámbulo.....	5
3.	Breve introducción teórica.	6
4.	Objetivos.	7
5.	Plan de trabajo y metodología.	9
5.1	Plan de trabajo:.....	9
5.2	Metodología:	10
6	Resultados.	12
6.1	Selección de muestras y ensayos.	12
6.2	Resultados de los ensayos sobre grano.	12
6.2.1	Apariencia.	12
6.2.2	Humedad.	15
6.2.3	Nitrógeno total.....	16
6.2.4	Friabilidad.	17
6.3	Resultados de los ensayos sobre mosto.....	18
6.3.1	Poder diastásico.....	18
6.3.2	Nitrógeno soluble e índice Kolbach.	19
6.3.3	Velocidad de filtrado.	21
6.3.4	Extracto.	22
6.3.5	Color y sobrecoloración.	23
6.3.6	pH del macerado.....	24
6.3.7	Viscosidad.	26
6.2.8	Free Amino Nitrogen (F.A.N).....	26
6.2.9	Atenuación límite.	27
6.4	Estudio de componentes principales.	28
6.5	Datos del proceso de malteado en Lo Vilot.	29
7	Conclusiones.	30
7.1	Posibles consideraciones para mejorar la calidad de la malta.....	32
8	Bibliografía.....	33
9	Anexos.....	34
9.1	Pruebas sobre grano.	34
9.1.1	Humedad (Protocolo EBC 4.2).	34
9.1.2	Nitrógeno o proteína total (Protocolo EBC 3.2).....	35
9.1.3	Friabilidad, vitrosidad y granos enteros. (Protocolo EBC 4.15).	39

9.2	Pruebas sobre mosto.....	41
9.2.1	Elaboración del mosto.	41
9.2.2	Poder diastásico (Protocolo E.B.C. 4.12.1).	43
9.2.3	Nitrógeno soluble (Protocolo E.B.C. 4.9).	47
9.2.4	Velocidad de filtrado (Protocolo E.B.C. 4.4.3).	50
9.2.5	Extracto (Protocolo E.B.C. 4.4).....	51
9.2.6	Coloración y sobrecoloración.....	53
9.2.7	pH del macerado.....	57
9.2.8	Viscosidad.	58
9.2.9	FAN (<i>Free amino nitrogen</i>).	63
9.2.10	Atenuación límite (Protocolo E.B.C. 8.4).....	65

1. Resumen / Abstract.

- Español.

En la última década el número de cervecerías artesanales en España ha aumentado de manera considerable, dentro de este grupo se encuentra la cervecería Lo Vilot situada en Almacelles (Lleida). Esta empresa difiere del resto del sector artesanal, debido a que produce todos los ingredientes necesarios para elaborar su cerveza, incluyendo la malta de cebada.

El malteo de cebada es un proceso complejo del que va a depender el resultado final de la cerveza, por lo que sería muy recomendado someter a la malta a un exhaustivo control de calidad que garantice que este ingrediente tiene las mejores características finales.

Lamentablemente las pequeñas cervecerías no disponen de muchos recursos para implementar un sistema de calidad adecuado, por lo que el objetivo de este proyecto consiste en el análisis de calidad de la malta resultante en la cosecha del 2019 con el fin de obtener un perfil del producto y tras su análisis, implantar posibles mejoras en el proceso de malteo.

Para llegar a los resultados se estudiaron 14 parámetros claves en la calidad de la malta y se compararon los resultados con varios lotes de una malta industrial. Tras el análisis de resultados se observó que la malta Lo Vilot poseía un rendimiento de extracto bajo en comparación con la industrial posiblemente producida por una baja modificación del grano unida a altos contenido de humedad y proteína. Se detectaron otros factores que también influyen en la calidad como el cribado irregular, la presencia de materia orgánica externa y ausencia de desbarbado.

Finalmente se propusieron una serie de mejoras para conseguir aumentar la modificación del grano y mejorar el rendimiento de la malta Lo Vilot.

- English:

During the last ten years the number of microbreweries in Spain has rose up rapidly. One of these small breweries, was settle in Almacelles (Lleida) and it is called Lo Vilot, has a unique characteristic in the craft beer industry because it produces all the ingredients necessities to brew his beer, including barley malt.

Production of barley malt is a complex process, which it has crucial importance in the final product. For this reason, it highly recommended to improve the quality controls in the malt production in order to obtain the best characteristics in final beer.

Unfortunately, small breweries do not have enough resources to implement a real control quality system. For that reason, the aim of this study is developing a real barley malt quality control for the 2019 Lo Vilot's harvest in order to obtain a product profile and try to improve the whole process.

In the present study we aimed at investigating 14 different key parameters in malt quality. In addition, we replicate the same test in a commercial malt sample in order to compare both results. After the study, we can notice that the Lo Vilot's extract yield is lower compared to commercial malt. Several factors have the responsibility for this reduction: low modification in the grain and high levels of humidity and protein. We have detected other factors which reduce the malt quality, such as, heterogeneous grain's size, presence of organic impurities and grain roots.

Finally, we also aimed at proposal some improvement in order to obtain better results in grain modification and in the Lo Vilot's barley malt process.

2. Preámbulo.

Agua, cebada, lúpulo y levadura constituyen las materias primas fundamentales para la elaboración de cerveza, no obstante, esta lista puede verse aumentada con diferentes, cereales u otros productos añadidos que aporten diferentes matices organolépticos al producto final. La calidad de los ingredientes es fundamental para asegurar resultados óptimos en el proceso cervecero, por lo que los controles de calidad en todas las materias primas son necesarios si queremos obtener un producto final con excelentes cualidades.

Entre todos los ingredientes enumerados anteriormente el siguiente estudio se centrará solo en los cereales, particularmente en la cebada, debido a que es el grano más utilizado en el proceso de elaboración de cerveza debido a sus excelentes cualidades y composición.

El estudio del cereal como materia prima abarcaría un campo extenso que se excede de los límites de este Trabajo de Fin de Máster, desde la variedad de cebada utilizada, sus características, sus interacciones con el medio etc. Por consiguiente, la investigación se focalizará en el proceso de transformación del cereal necesario para la elaboración de cerveza: el malteado.

Debido a todas las posibles variabilidades que pueden actuar, tanto en la obtención del cereal como en el proceso de malteado, es necesario el desarrollo de controles de calidad que nos den una información estandarizada de las cualidades de la malta para poder elaborar y reproducir con la mayor exactitud el producto final deseado.

Determinadas asociaciones, tanto nacionales como internacionales, han desarrollado protocolos para estandarizar los ensayos científicos y parámetros a controlar para asegurar la calidad en el proceso de malteo y poder comparar los resultados entre sí. Estos protocolos son seguidos por las grandes malterías las cuales comercializan sus productos junto a las hojas de características de la malta.

La cebada tradicionalmente es comprada por las cervecerías ya malteada evitándose realizar esta compleja transformación. Las grandes cervecerías industriales tienen malterías que trabajan para ellos y otras grandes malterías producen este producto para comercializarlo a productores de menor tamaño, sobre todo con el auge de las últimas décadas de micro cervecerías y el fenómeno *homebrew*.

Dentro del movimiento *Craft Brew* existe una cervecería pionera en Cataluña, Lo Vilot, que ofrece un proyecto muy particular en el ámbito cervecero: produce la mayoría de los ingredientes necesarios para elaborar su cerveza, es decir, cultiva lúpulo y cebada que posteriormente maltea en un equipo construido por ellos mismos. Este proyecto único es llevado por dos emprendedores Quionia Pujos y Óscar Mogilnicki. Debido a la alta competitividad del mercado cervecero actual en el sector *craft*, la disposición de tiempo y recursos económicos que las pequeñas cervecerías invierten en implantar controles de calidad estrictos son reducidos, además cabe destacar que casi ninguna cervecería de este tamaño produce su propia malta por lo que aunque Lo Vilot ofrece un valor añadido al producto la contrapartida es un gran consumo de recursos económicos y de infraestructura que otras empresas del sector no soportan.

Por todo lo anterior el objetivo principal de este estudio es evaluar la calidad de la malta producida por la cervecería Lo Vilot e intentar evaluar posibles mejoras en el proceso.

3. Breve introducción teórica.

Se puede definir la malta como: “*el producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometido al proceso de malteo: remojo, germinación y ulterior desecación y tostado y condiciones tecnológicamente adecuadas*”.

Esto quiere decir que el malteo es un proceso tecnológico que se puede aplicar a un grano de cereal y se designa con el nombre del mismo, por ejemplo, malta de cebada.

La finalidad del malteo es preparar la materia prima para obtener un mosto cervecero que se puede definir como: “*producto obtenido de la malta molina o sus extractos mediante un proceso de extracción acua por sacarificación enzimática*”

Para que se pueda producir ese mosto necesitamos cambiar la estructura interna del grano de cebada mediante el malteo, haciendo más accesibles los azúcares y nutrientes y creando un potencial enzimático suficientemente alto para su uso posterior en el macerado, para ello el grano pasa por las siguientes fases:

1. Etapas previas: Eliminación de elementos no malteables, impurezas y contaminantes. Clasificación de grano por tamaño y almacenaje.
2. Remojo: Durante el remojo se suministra al grano para aumentar su contenido de humedad e ir preparando el cereal para la fase de germinación.
3. Germinación: En la germinación se forma una nueva planta a partir del grano, para desarrollarse el embrión fabrica enzimas que puedan degradar los nutrientes de alto peso molecular almacenados en el grano, en otros más sencillos. Estas enzimas producidas serán determinantes en el proceso de macerado posterior.
4. Secado: La cebada germinada acabaría formando una planta y consumiendo todos los nutrientes almacenados si no se parase el proceso. La deshidratación y tostación de la malta, además de inhibir la actividad biológica, permite obtener un producto aromático con suficiente capacidad enzimática residual para fabrica mostos cerveceros.

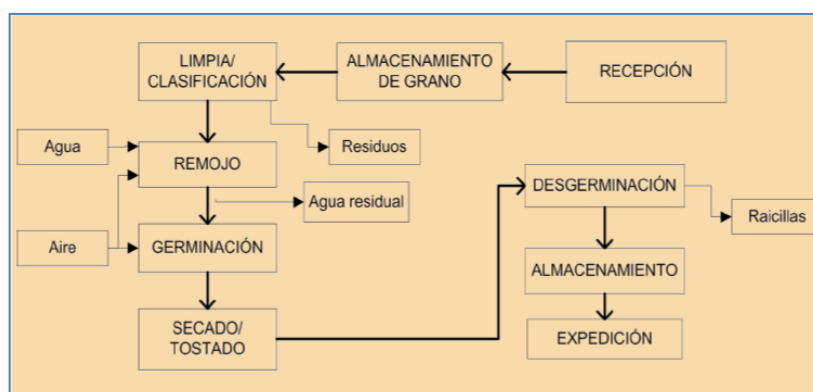


Imagen 1: Etapas del proceso de malteado.

4. Objetivos.

El objetivo principal del estudio se centra en desarrollar un control de calidad sobre la malta producida en la cervecera *Lo Vilot* en Lleida durante el verano de 2019. Esta cervecera produce su propia cosecha de cebada y realiza el proceso de malteado en unas instalaciones diseñadas por ellos mismos, con unos parámetros determinados fruto del estudio de su equipo, proceso de malteado y la experiencia previa.

Mediante este Trabajo de Fin de Máster se pretende analizar determinados parámetros, relacionados con el proceso de malteo, que ofrezcan información sobre la calidad del producto final. El análisis de esos resultados permitirá obtener una idea del desarrollo de la técnica de malteado de la cervecera, así como plantear posibles mejoras que se pudiesen implantar al proyecto.

Para procurar llegar al objetivo marcado se tuvieron que sortear determinados problemas, así como marcar una serie de objetivos secundarios a cumplir:

I. Selección de los ensayos:

Como se explicó en el apartado 3, determinadas asociaciones han protocolizado que tipo de ensayos ofrecen información útil sobre la calidad de la malta y como se debe proceder para obtener valores que puedan ser comparables entre sí. En este trabajo se listan una serie de pruebas realizadas a la malta, las cuales han intentado seguir los estándares indicados por la asociación que se nombra, no obstante, en determinadas ocasiones la falta de recursos tanto técnicos, de material y equipos o temporales han llevado a hacer alguna modificación en los protocolos, las cuales están indicadas.

II. Alternativas para comparar los resultados:

Según lo expuesto en el punto anterior, ante la contrariedad de no poder seguir los protocolos en determinados casos, se planteaba el problema que los resultados no se pudiesen comparar con otros publicados por las malterías, ya que los que se encuentran por ejemplo en las hojas de datos técnicos de las maltas cumplen estrictamente los métodos estandarizados de la institución a la que se acogen.

Para solucionar este problema se optó por realizar exactamente los mismos procesos a la malta en estudio de la cervecera *Lo Vilot* y a una malta cedida por una maltería industrial, la cual suministra el producto a una cervecera nacional y produce una malta con un proceso de malteo estandarizado con una gran reproductibilidad. Esto nos permite poder comparar los valores de ambos procesos de malteado, y así poder sacar información sobre el estado de la malta a estudio.

Cabe destacar dos puntos respecto a lo expuesto anteriormente:

- Los resultados que no sigan un estándar determinado solo podrían compararse entre sí y no extrapolarse a otras maltas ya que algunos ensayos sufrieron variaciones respecto a lo que dictan los protocolos.
- Las comparaciones en determinados ensayos serán cualitativas y no cuantitativas, por la naturaleza de las modificaciones realizadas. Por ejemplo, como se observará en las pruebas realizadas sobre mostos, el proceso de maceración fue deficitario en términos de extracto máximo, pero lo interesante no era saber cuál es el extracto máximo que se podía obtener con un determinado macerado, si no

ante el mismo proceso de maceración cual era la diferencia de extracto obtenida entre las dos maltas (Lo Vilot contra Industrial).

Los objetivos se resumen en siguiente diagrama:

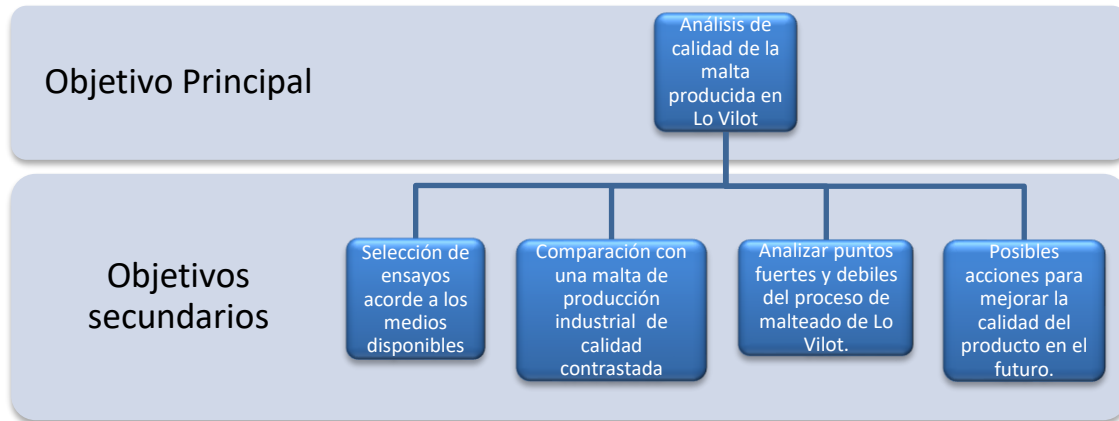


Gráfico 1: Resumen de los objetivos del estudio.

5. Plan de trabajo y metodología.

5.1 Plan de trabajo:

El estudio de la calidad de la malta de la cervecera *Lo Vilot* se desarrolló y distribuyó temporalmente de la forma que indica el siguiente diagrama de Gantt:

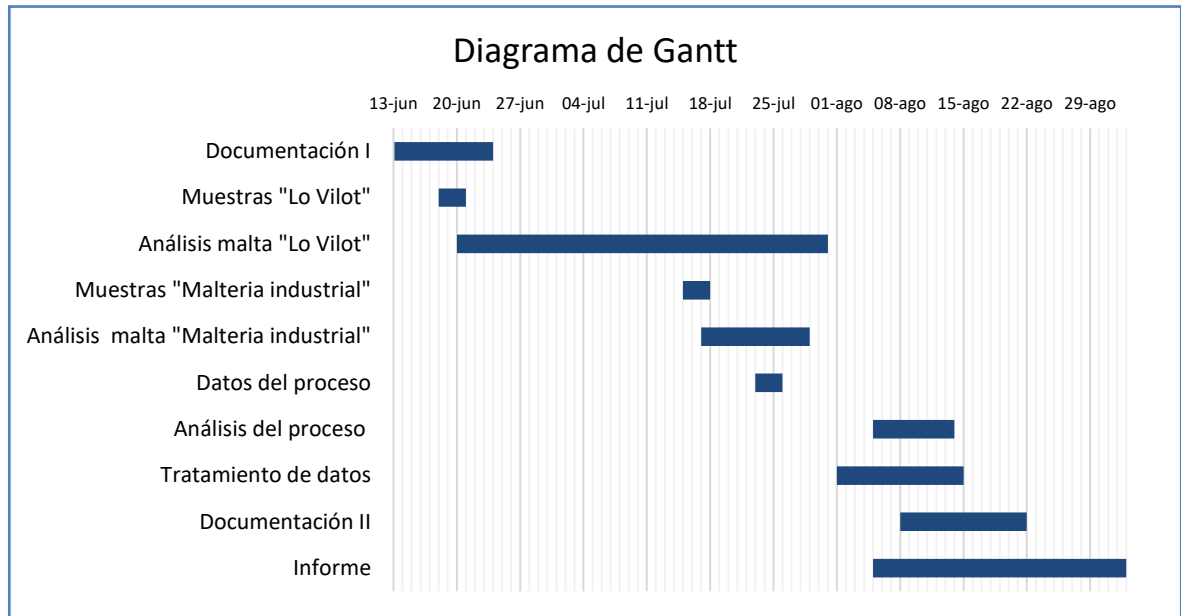


Gráfico 2: Diagrama de Gantt del proyecto

Cada fase está formada por diferentes tareas que se describen a continuación:

- *Documentación I*: Primer contacto con la bibliografía relacionada con la producción de malta y los ensayos de calidad de la misma. Selección de los ensayos a realizar en función del tiempo, recursos y materiales disponibles.
- *Toma de muestras "Lo Vilot"*: Desplazamiento a la cervecera para tomar las muestras que serán analizadas posteriormente.
- *Análisis de la malta "Lo Vilot"*: Desarrollo de los ensayos tanto sobre malta en grano como sobre mosto. Esta fase consumió más tiempo que el dedicado a la malta procedente de la maltería industrial debido a que se realizaron más repeticiones.
- *Toma de muestras en maltería industrial*: Desplazamiento a la maltería para tomar muestras comerciales de la misma variedad de cebada que se utiliza en *Lo Vilot*.
- *Análisis de la malta industrial*: Desarrollo de los ensayos tanto sobre malta en grano como sobre mosto.
- *Toma de datos del proceso*: Desplazamiento a la cervecera *Lo Vilot* con motivo de tomar datos sobre el equipo y el proceso de malteado.
- *Análisis del proceso de malteado*: Estudio del proceso de malteado tanto industrialmente como el utilizado a pequeña escala en la cervecera.
- *Tratamiento de datos*: Análisis de los resultados numéricos y tratamiento estadístico de los mismos.
- *Documentación II*: Búsqueda en bibliografía de la relación de los resultados con el proceso.
- *Informe*: Desarrollo del informe escrito.

5.2 Metodología:

- Ensayos:

En la siguiente tabla se enumeran los ensayos a los que fueron sometidos las muestras de malta. Se indica el protocolo que se utilizó en cada caso o en su defecto una breve anotación de las modificaciones que se realizaron y se remite al anexo donde se tendrá la información detallada del proceso y la forma con la que se obtuvieron los resultados finales.

Cabe destacar que todos los estudios realizados son de carácter fisicoquímico y no microbiológico.

Tabla 1: Resumen de los ensayos y protocolos seguidos.

	Ensayo	Protocolo	Anexo
Sobre grano	Apariencia	Examen visual	-
	Humedad	(E.B.C) 4.2	9.1.1
	Nitrógeno Total	(E.B.C) 3.2	9.1.2
	Friabilidad	(E.B.C) 4.15	9.1.3
Sobre mosto	Elaboración del mosto	No se elaboró según un protocolo estándar.	9.2.1
	Poder Diastásico	(E.B.C.) 4.12.1	9.2.2
	Nitrógeno Soluble	(E.B.C.) 4.9	9.2.3
	Velocidad de filtrado	(E.B.C.) 4.4.3	9.2.4
	Extracto	(E.B.C.) 4.4	9.2.5
	Color y sobrecoloración	Método espectrofotométrico	9.2.6
	pH del macerado	pH-metro	9.2.7
	Viscosidad	Viscosímetro Cannon-Fenske	9.2.8
	FAN	Método del formol	9.2.9
	Atenuación límite.	(E.B.C.) 8.4	9.2.10

- Tratamiento estadístico de los datos:

Los resultados están representados por la media \pm la desviación estándar, mientras que el número de medidas totales aparecerá en cada apartado y en el anexo correspondiente. Para calcular si los valores presentaban diferencias estadísticas significativas entre sus medias o medianas, se utilizaron diferentes pruebas, tanto paramétricas como no paramétricas, en función de las características de la muestra de datos, seguidos de post-test de comparación (Tukey y Games-Howell).

Las diferencias se consideraban significativas cuando $p < 0.05$.

Las hipótesis previas que se confirmaban sobre la muestra de datos son:

- Independencia: se asumía.
- Normalidad: Mediante la prueba de Anderson-Darling.
- Homogeneidad de varianzas: Mediante el estadístico de Levene.

Según los resultados de los ensayos anteriores se seleccionaba la prueba a realizar:

Tabla 2: Métodos utilizados en las distintas comparaciones estadística.

Ensayo	¿Cumple normalidad?	¿Cumple homocedasticidad?	Tratamiento estadístico y test de comparación
Humedad	No	Si	Kruskal – Wallis
Proteína total	Si	Si	Anova de un factor - Tukey
Poder Diastásico	Si	No	Anova de 1 factor – comparación Games-Howell
Proteína soluble	Si	Si	Anova de un factor - Tukey
Extracto	Si	No	Anova de 1 factor – comparación Games-Howell
Color	Si	Si	Anova de un factor - Tukey
FAN	No	Si	Kruskal-Wallis

Los valores medios calculados de diez ensayos (humedad, nitrógeno total, friabilidad, poder diastásico, nitrógeno soluble, índice Kolbach, extracto, color, pH y FAN) se utilizaron para realizar un estudio en componentes principales sobre los tres lotes de malta *Lo Vilot* y el Lote 1 y 2 de malta industrial.

Todas las pruebas estadísticas fueron realizadas mediante el software Minitab 19.

6 Resultados.

En el siguiente apartado se enumeran los resultados de los ensayos realizados tanto sobre la malta procedente de la cervecera LoVilot (a partir de este punto se denominará malta LoVilot), como en las muestras aportadas por la maltería industrial (desde este instante será denominada malta industrial), finalizando con una comparación de ambas.

En cada apartado se especificará el protocolo que se siguió en el ensayo y se remitirá al anexo correspondiente que detalla el proceso de obtención de datos. En el caso que alguna medición no se ajuste a ningún protocolo estandarizado se indicará el proceso llevado a cabo.

6.1 Selección de muestras y ensayos.

La cervecera Lo Vilot realiza una cosecha anual de cebada de verano. Durante la temporada 2019 la variedad cultivada fue *Shakira* de dos carreras.

Se tomaron muestras de tres lotes de malta, denominados L014, L016 y L017, procedentes de cebada de la misma cosecha, malteados en el mismo equipo, aunque en distintas fechas.

Para establecer una comparación se tomaron cuatro muestras de diferentes lotes de la misma variedad de cebada, malteados en una maltería industrial. Lamentablemente no se pudo obtener información acerca de los parámetros de malteo utilizadas por la empresa ni valores oficiales de los ensayos realizados en los laboratorios interno de la compañía.

Los tres lotes de la cervecera Lo Vilot fueron analizados en todos los ensayos, mientras que para las muestras de la maltería industrial se analizó un numero de lotes diferente en cada ensayo, debido sobre todo a limitaciones temporales.

Las diferentes pruebas se fueron realizando según el esquema siguiente:



Gráfico 3: Esquema del desarrollo de los ensayos.
(* indica que la preparación del mosto para este ensayo difiere del resto).

6.2 Resultados de los ensayos sobre grano.

6.2.1 Apariencia.

El primer test realizado a las muestras consta de un análisis visual de los granos, mediante el cual se busca obtener información del estado de la materia prima. La observación directa de

la muestra nos reportará información acerca de la homogeneidad del tamaño o la presencia de coloraciones o elementos extraños.

Existen en la norma ensayos para valorar estos parámetros, como puede ser un tamiz de cribado u otras pruebas como el peso del hectolitro o peso de mil granos, estos últimos suelen ser realizado sobre la cebada antes de maltear, no pudiéndose obtener esta materia prima para analizar e incluirlos en el presente trabajo, por lo que se realizó exclusivamente el examen visual.

La imagen 2 muestra un ejemplo del examen visual de una selección de los granos testados, en concreto del lote L016 de Lo Vilot y el número 1 de la maltería industrial. Se inspeccionaron todos los demás lotes, pero solo se ha incluido imagen de los anteriormente mencionados debido a que los resultados observados eran semejantes en todos los demás.

Del examen visual se puede llegar a las siguientes consideraciones:

- En la imagen A se puede observar presencia de cuerpos extraños en la malta procedente de Lo Vilot. La ilustración E ofrece una muestra de estos objetos hallados en la malta, formado por raicillas, semillas de otras plantas (en este caso veza) y ramillas o material orgánico. Estos elementos no se observan en la imagen B procedente de la maltería industrial.

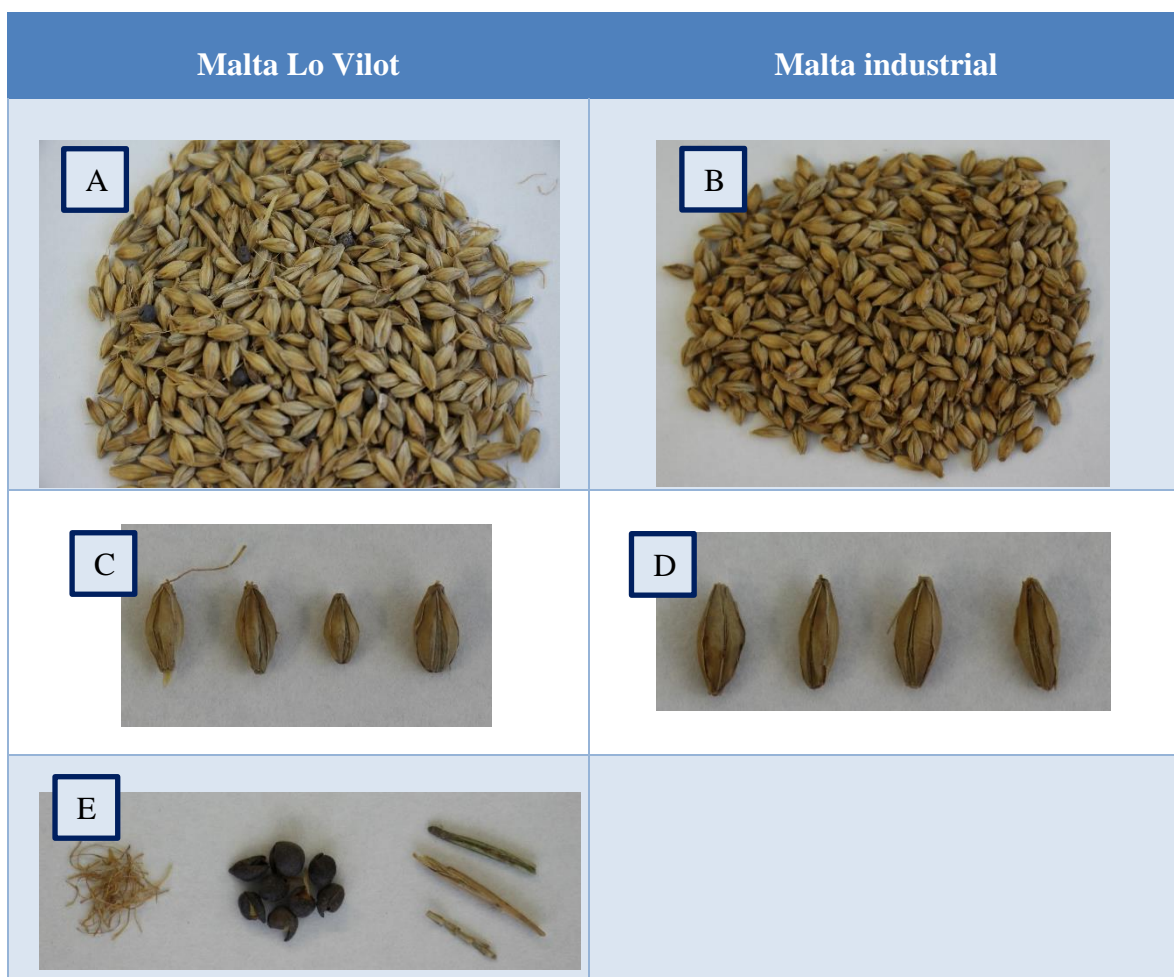


Imagen 2: Examen visual de la malta.

- Respecto al tamaño se observa, especialmente en las imágenes C y D, que la malta producida en la cervecería Lo Vilot ofrece una variabilidad mayor en el tamaño de grano respecto a la mayor homogeneidad de la maltería industrial.
- En la imagen C se aprecia una acrospira muy desarrollada con respecto a los demás granos, lo que puede indicar una germinación irregular debido a la diferencia de tamaño en los granos.

Consideraciones:

Debido a que la cebada cultivada en Lo Vilot tiene certificación ecológica, el campo debe tener una rotación de cultivos, para ayudar a la regeneración de los nutrientes del suelo y posibles plagas. La presente temporada se utilizó la leguminosa veza, debió a que su temporada de crecimiento no coincidía con la cebada de verano y por ser de una familia distinta. Esto explica la existencia de semillas de esta planta que debía haber sido eliminada durante la fase de limpia y cribado de la cebada y no se consiguió al 100%.

La separación ineficiente de la materia orgánica ha provocado que la cebada de Lo Vilot contenga muchas impurezas que seguramente influyan en los parámetros fisicoquímicos que se calculan a continuación. Este fenómeno no ocurre en la muestra analizada de malta industrial.

La presencia de raicilla en la malta Lo Vilot puede provocar un aumento de los resultados en humedad y proteína, ya que son altamente higroscópicas y ricas en componentes proteicos, así como la aparición sabores no deseados en el producto final. Para mantener una buena calidad en el producto final un desbarbado eficiente se torna imprescindible y en la malta procedente de Lo Vilot todo apunta a que se realizó de manera ineficiente.

En la cebada estudiada de Lo Vilot, parece que no hay una homogeneidad en el tamaño de grano. Con esto podemos deducir que el proceso de cribado no fue satisfactorio dejando pasar granos menores de 2,2 mm, tamaño que se estima como mínimo. El tamaño es un parámetro muy importante en el malteo ya que si hay diferencias grandes habrá germinaciones desiguales, así como influencia en el extracto y en la extracción de taninos, presentes en las cascaras que aumentarían de proporción si los granos son más pequeños. Se recomendaría un estudio mediante un tamiz de cribado para confirmar esta teoría.

6.2.2 Humedad.

Se estudió la cantidad de agua que poseían las diferentes muestras de malta de tres lotes que provenían de la cervecera *Lo Vilot* junto a cuatro lotes de la maltería industrial.

Los análisis fueron realizados por triplicado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (EBC) 4.2, descrito en el Anexo 9.1.1. En el mismo documento se incluye un resumen de todos los resultados obtenidos, mientras que en este apartado se describirán solo los valores finales.

Mediante el análisis del gráfico 4 se puede observar que no hay diferencias entre lotes, pero sí entre las malterías. Esta diferencia de humedad es muy acusada, como muestra el gráfico 5, siendo el valor de la malta *Lo Vilot* mayor en más de un 50% que la malta industrial.

El proceso de malteado suele terminar con valores menores al 5% en humedad (según el tipo de malta) por lo que los resultados de la malta *Lo Vilot* se separan del objetivo de manera clara.

Un valor alto de humedad puede influir en otros parámetros importantes como puede ser el extracto e incluso en el resultado de otras pruebas, como el de friabilidad que recomienda valores de menos del 5% para su realización.

Habría que analizar las posibles causas de este valor tan acusado, pero algunas hipótesis podrían ser:

- En el apartado 6.2.1. se observó la presencia de material orgánico extraño en la cebada, en especial raicillas, altamente higroscópicas, y semillas de otras especies. Estos elementos extraños podrían aumentar el contenido final de agua.
- El proceso de secado de la malta *Lo Vilot*, como se verá más adelante, es muy suave. Podría ocurrir que se interrumpiese el secado antes de llegar al valor objetivo de humedad.

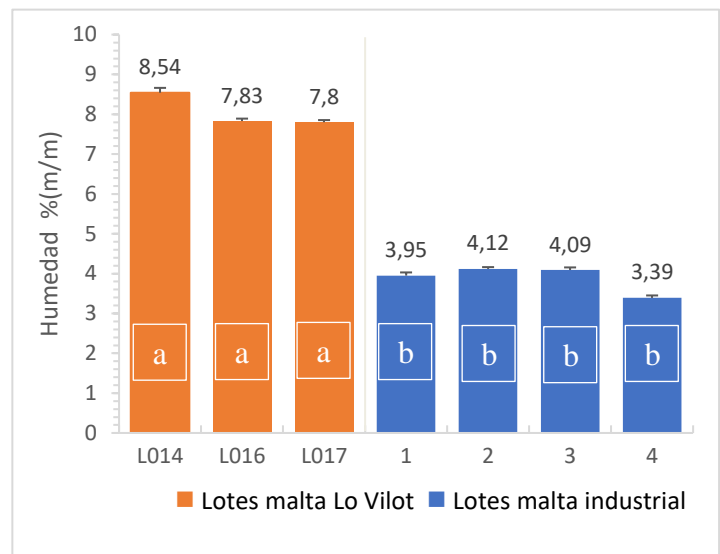


Gráfico 4: Contenido de humedad en % (m/m) de los distintos lotes de maltas de la cervecera *Lo Vilot* (en color naranja) y la maltería industrial (en color azul). Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 3). Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis).

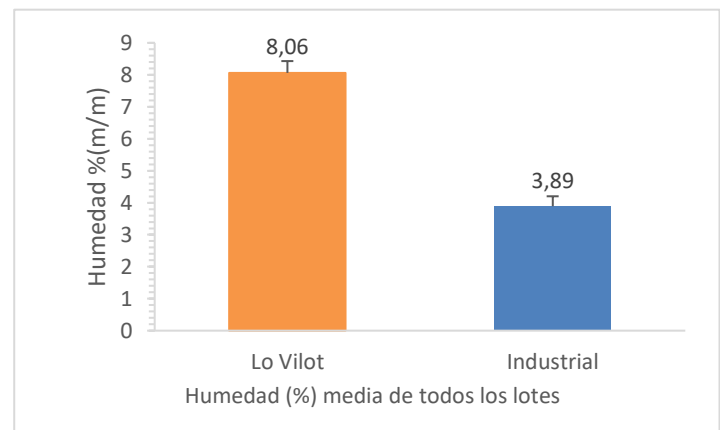


Gráfico 5: Valores medios del contenido de humedad, en % (m/m), en todos los lotes de maltas analizadas, tanto de la cervecera *Lo Vilot* (izquierda) como de la maltería industrial (derecha). Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 9 para *Lo Vilot* y n = 12 para Industrial).

Sería interesante analizar en futuras cosechas la humedad con este método tras el secado, tras el desbarbado y eliminación de las partículas extrañas y tras un periodo de almacenamiento para intentar encontrar el punto del proceso donde se aumenta el nivel de humedad del grano.

6.2.3 Nitrógeno total.

Se estudió el porcentaje de nitrógeno total (y por tanto de proteína) que poseían las muestras de malta de tres lotes que procedentes de la cervecería Lo Vilot junto a dos lotes de la maltería industrial.

Los análisis fueron realizados por triplicado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 3.2, descrito en el Anexo 9.1.2. En el mismo documento se incluye un resumen de todos los resultados obtenidos, mientras que en este apartado se describirán solamente los valores finales.

En el gráfico 7 se puede observar los resultados obtenidos en el estudio. Nos referiremos solo al nitrógeno total ya que es proporcional a la cantidad de proteína.

Estadísticamente se observa que los tres lotes de Lo Vilot no presentan diferencias en el contenido de nitrógeno, al contrario que en la maltería industrial donde hay diferencias entre lotes. También hay diferencias entre el contenido de nitrógeno en las malterías, aunque el lote L014 no difiere de ningún grupo estadísticamente hablando. A priori si parece que hay diferencias entre malterías en este parámetro, aunque sería recomendable aumentar el número de repeticiones y de lotes a estudio para afinar en estas conclusiones.

El gráfico 8 muestra la media total de las malterías para el ensayo de proteína. Los valores recomendados están entre el 12% y el 9%, ya que el contenido en proteína, tanto elevado como escaso, afecta al resultado de la producción de cerveza.

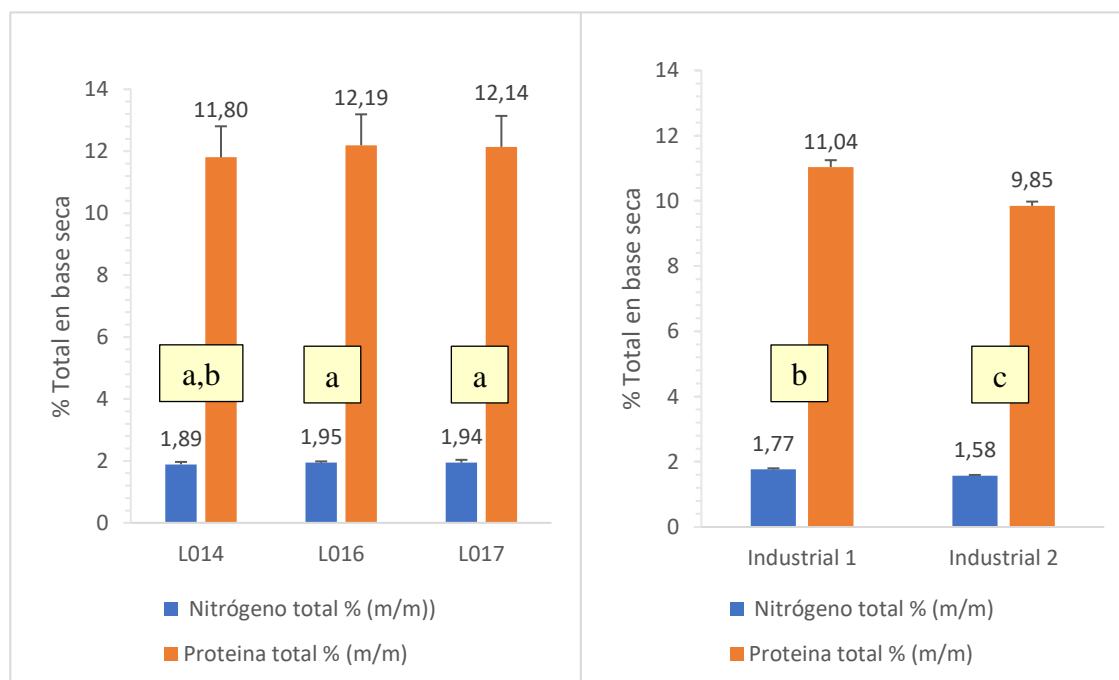


Gráfico 6: Contenido de nitrógeno y proteína total (en % de base seca) de los distintos lotes de maltas de la cervecería Lo Vilot (izquierda) y la maltería industrial (derecha). Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada lote (n = 3). Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes (p < 0.05, ANOVA 1 Factor - Tukey).

En el caso de la cervecera *Lo Vilot*, la cantidad de proteína está en el límite superior pudiendo ocasionar problemas en el filtrado por elevada viscosidad, turbidez y reducción del extracto obtenido

Aunque el contenido de nitrógeno está muy ligado a la variedad de cebada los factores ambientales también influyen, por lo que sería útil no utilizar nutrientes que aporten exceso de nitrógeno al campo, ya que aumentaría este valor. En la presente cosecha de *Lo Vilot* se utilizó nutrientes nitrogenados con la cebada. En futuras cosechas se deberían reducir este aporte ya que el nivel de proteína de su malta es elevado y aumentarlo podría traer consecuencias negativas al producto final.

Las raicillas y materia orgánica externa influirían en este valor, por lo que deberían ser separadas del grano.

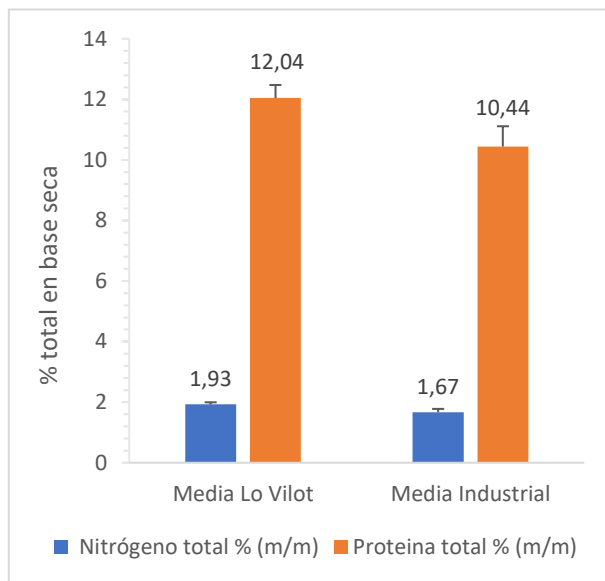


Gráfico 7: Valores medios del contenido total de nitrógeno y proteína (en % en base seca) en todos los lotes de maltas analizadas. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 3 para *Lo Vilot* y n = 2 para industrial).

6.2.4 Friabilidad.

El estudio de la friabilidad del grano fue realizado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 4.15, descrito en el Anexo 9.1.3. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. En esta ocasión no se realizaron estudios de diferencias estadísticas entre lotes y malterías al disponer de un solo dato por lote.

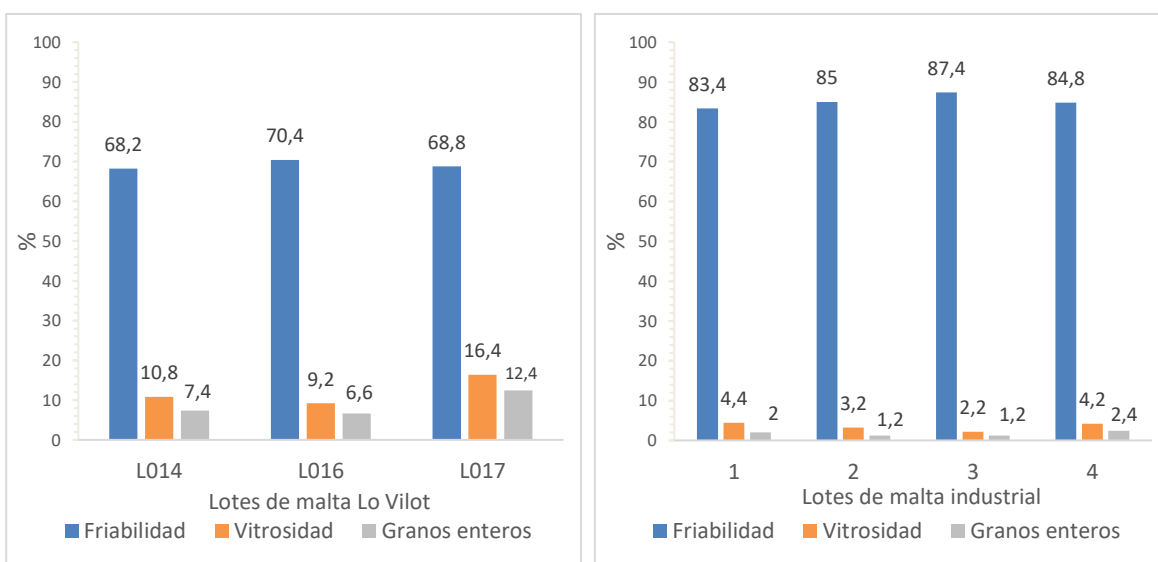


Gráfico 8: Datos obtenidos de los ensayos de friabilidad en los diferentes lotes de malta *Lo Vilot* (izquierda) e industrial (derecha).

La gráfica 9 muestra las acusadas diferencias en los parámetros estudiados (Friabilidad, vitrosidad y granos enteros) entre las dos malterías, siendo los resultados más estables dentro de los lotes de la misma maltería.

Los resultados de friabilidad se consideran aceptables si están por encima del 80 %. La malta procedente de Lo Vilot presenta un valor muy bajo de friabilidad lo que puede indicar que la malta no está modificada correctamente pudiendo ocasionar problemas de turbidez, filtración y clarificación del mosto, baja obtención de extracto y contenido de proteína soluble reducido.

Hay que destacar que la malta procedente de Lo Vilot presenta una humedad muy elevada la cual esta desaconsejada para realizar el estudio en friabilidad.

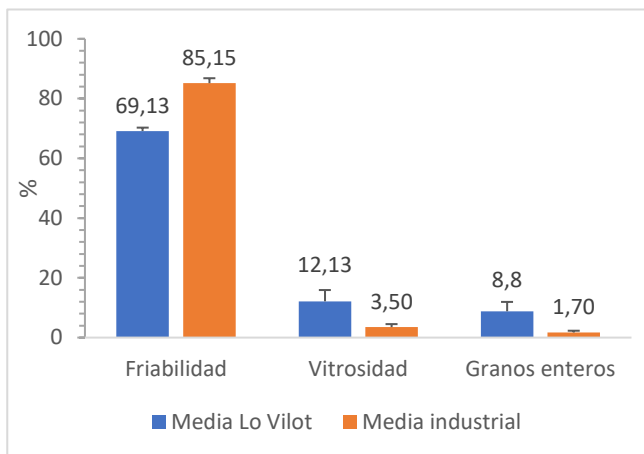


Gráfico 9: Comparación de valores medios de los ensayos de friabilidad de todos los lotes estudiados. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 3)

La vitrosidad recomendada debe estar en torno al 1%, valor que es superado por ambas malterías, aunque en escalas muy diferentes.

6.3 Resultados de los ensayos sobre mosto.

6.3.1 Poder diastásico.

El estudio del poder diastásico de la malta fue realizado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 4.12.1, descrito en el Anexo 9.2.2. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos, para los cuales se elaboraron dos mostos, según la norma, por cada lote y de cada mosto se obtuvieron dos mediciones y un blanco.

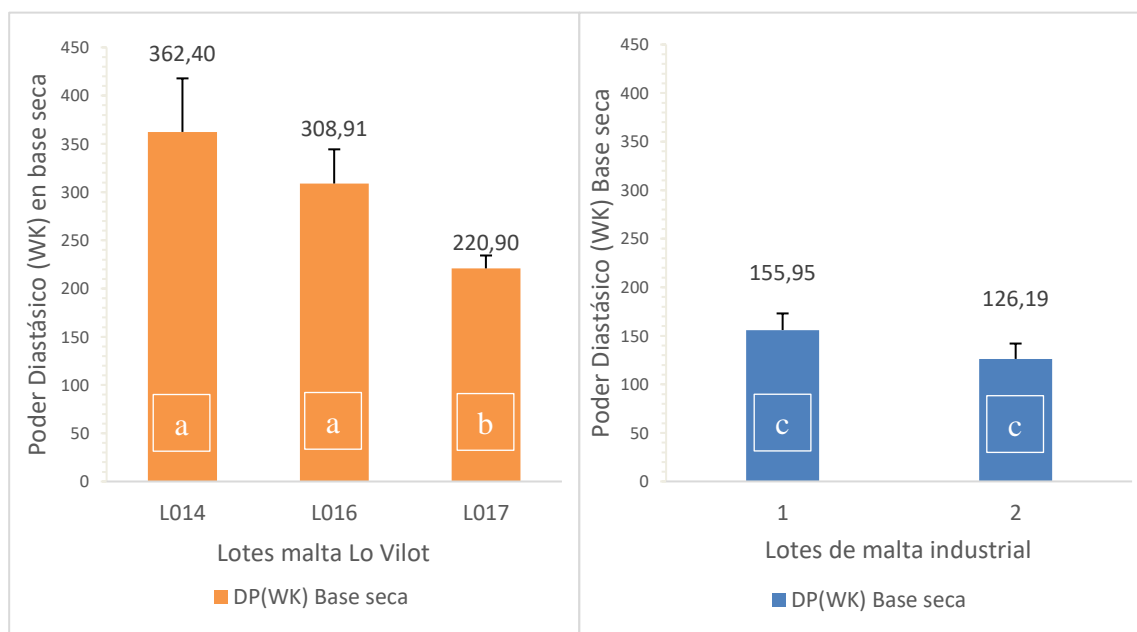


Gráfico 10: Poder diastásico en WK de los diferentes lotes de maltas estudiados. A la izquierda se sitúan las maltas procedentes de Lo Vilot y a la derecha de la maltería industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 4). Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes (p < 0.05, ANOVA 1 Factor – Games-Howell).

El poder diastásico mide la capacidad enzimática producida durante el macerado, tanto α como β amilasas. Al tratarse de maltas base se requieren unos valores mínimos que aseguren la desagregación total del almidón del grano de cebada, así como en algunos casos es recomendable una capacidad enzimática extra para poder asimilar los posibles adjuntos que puedan ser añadidos.

Los valores deseados de poder diastásico para maltas base suelen estar en torno a los 200 WK, aunque con 120 WK la malta es capaz de auto convertir su propio almidón en azúcares fermentables.

El gráfico 10 muestra los valores del poder diastásico entre los diferentes lotes de malta, tanto de Lo Vilot como industrial. Estadísticamente podemos afirmar que ambas malterías producen productos que difieren entre sí e incluso dentro de las malterías observamos diferencias, como en el caso del lote L017 de Lo Vilot que no es semejante al resto.

Al analizar los valores absolutos de poder diastásico entre malterías en la gráfica 11, se observa que se produce una diferencia considerable en magnitud a favor de la malta de Lo Vilot, los cuales suponen más del doble que los obtenidos por la malta industrial. Aunque los resultados son dispares entre las malterías, todos ellos son superiores al valor mínimo de enzimas que garantizan la auto conversión del almidón.

Las enzimas son termosensibles, por lo tanto, la temperatura influye de manera decisiva en el poder diastásico final de la malta, ya que puede desnaturalizarse un porcentaje determinado de estas proteínas durante el secado y que pierden su funcionalidad. Como se verá más adelante el proceso de secado de la malta Lo Vilot es bastante suave por lo que podemos pensar que ha ayudado a no perder una elevada cantidad de estas moléculas.

Un valor alto de este parámetro puede sugerir que se ha producido una sobre modificación de la estructura celular pudiéndose obtener un valor alto de nitrógeno soluble, así como una ligera pérdida de extracto utilizado en la sobre modificación que no llegaría a solubilizarse en el mosto y una rotura excesiva de proteínas que influyese en la estabilización de la espuma.

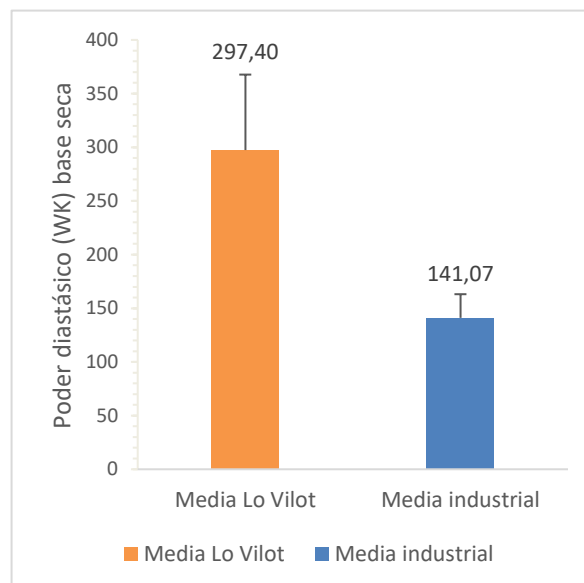


Gráfico 11: Poder diastásico en WK de las medias de los lotes de maltas estudiados para cada maltería. Izquierda maltas procedentes de Lo Vilot y derecha de la maltería industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto ($n = 12$ para Lo Vilot y $n = 8$ para industrial).

6.3.2 Nitrógeno soluble e índice Kolbach.

El estudio de la cantidad de nitrógeno soluble de la malta fue realizado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 4.9, descrito en el Anexo 9.2.3. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. Se analizó por duplicado muestras de dos mostos por cada lote según se dispone en el anexo 9.2.1.

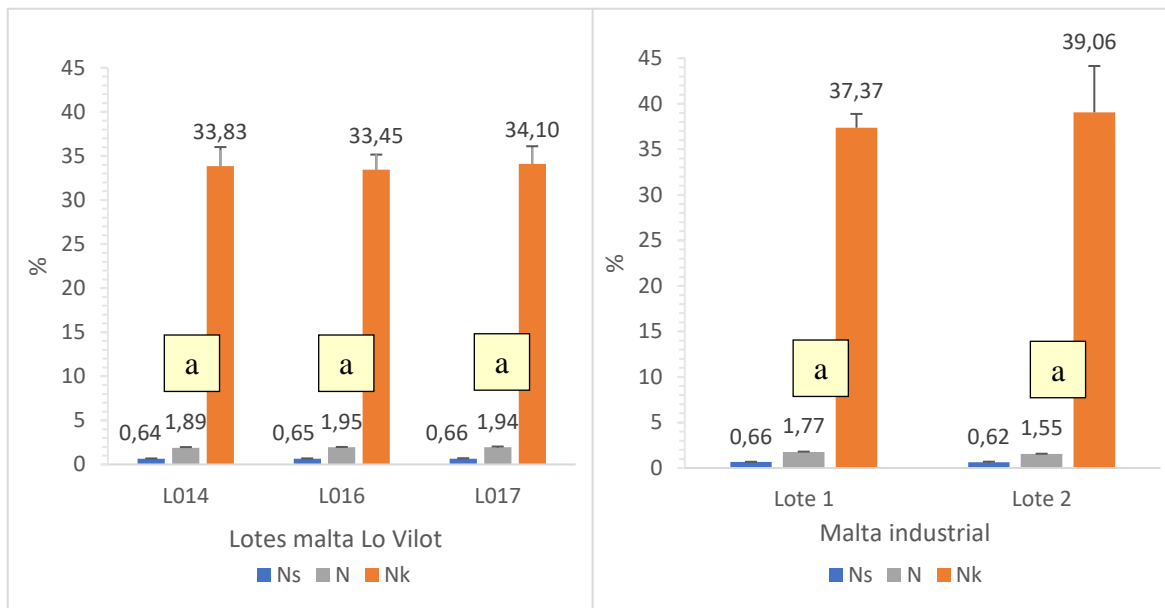


Gráfico 12: Comparación del nitrógeno soluble (Ns), nitrógeno total (N) e índice de Kolbach (Nk), de los distintos lotes de malta Lo Vilot estudiados (izquierda) y de la maltería industrial (derecha). Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 4). Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes (p<0,05, Anova de 1 factor-Tukey).

El gráfico 12 muestra un resumen de los valores obtenidos para todos los lotes. En este apartado se obtuvo la cantidad de nitrógeno solubilizado en el mosto (Ns) tras el macerado, expresado como el porcentaje respecto al total (N), obtenido en el apartado 6.2.3. La relación entre ambos nos lleva a un parámetro muy importante en el estudio calidad de malta, el índice de Kolbach (Nk).

Este valor nos indica la cantidad de nitrógeno solubilizado respecto al total, ofreciendo información sobre la magnitud de la desagregación de la estructura proteica interna del grano, fenómeno que ocurre principalmente durante el malteo, pero también posible en menor medida durante el macerado. El análisis estadístico ofrecida en la gráfica 12 muestra que no hay diferencias ni entre malterías, ni entre lotes.

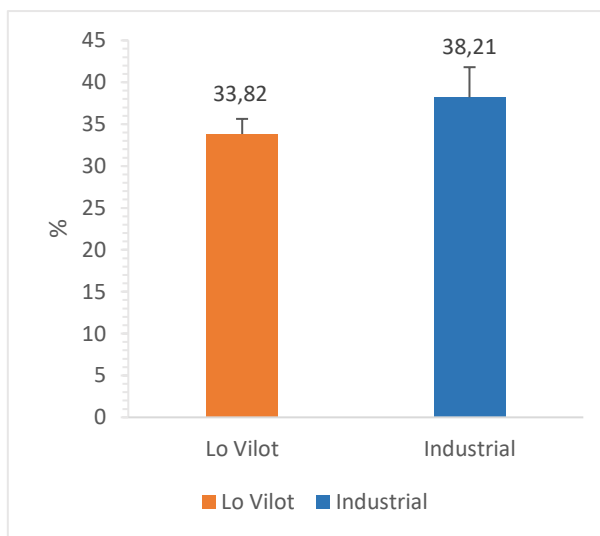


Gráfico 13: Comparación del índice de Kolbach medio de todos los lotes estudiados de malta, tanto de Lo Vilot como industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto (n = 11 para lo Vilot y n =8 para industrial).

Los valores óptimos para una malta base de este parámetro suelen estar en torno a un mínimo del 35% para una desagregación moderada hasta valores mayores a un 42% para una desagregación muy elevada. En el caso de la malta Lo Vilot estaríamos en un punto de desagregación baja mientras que la malta industrial tendría un valor de desagregación óptima.

El gráfico 13 enumera la media total del índice de Kolbach de todos los lotes de ambas malterías, en el cual se puede concluir una leve diferencia en el grado de desagregación entre ellas, siendo prácticamente un 13% mayor en la industrial. En el anexo 9.2.3. se puede observar que los valores de nitrógeno soluble medios medidos son bastante parejos (619.55 en Lo Vilot

frente a 660.00 mg N/ml en la industrial). Esta diferencia en el valor final del índice de Kolbach se debe a que la proteína solubilizada, combinada con la diferencia en la proteína total neta de la cebada en las dos malterías hace que el índice de Kolbach aumente en un caso (Industrial) y disminuya en otro (Lo Vilot).

Valores bajos del índice de Kolbach nos puede indicar una mala modificación que puede derivar en bajo extracto y problemas de filtración por una ineficiente disolución de β -glucanos.

6.3.3 Velocidad de filtrado.

El estudio de la velocidad de filtrado de la malta fue realizado siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 4.4.3 descrito en el Anexo 9.2.4. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. Para llegar a ellos se elaboraron dos mostos por ensayo, según lo descrito en el anexo 9.2.1, y de cada mosto se obtuvieron dos mediciones. Algunos lotes fueron analizados dos veces obteniéndose cuatro medidas

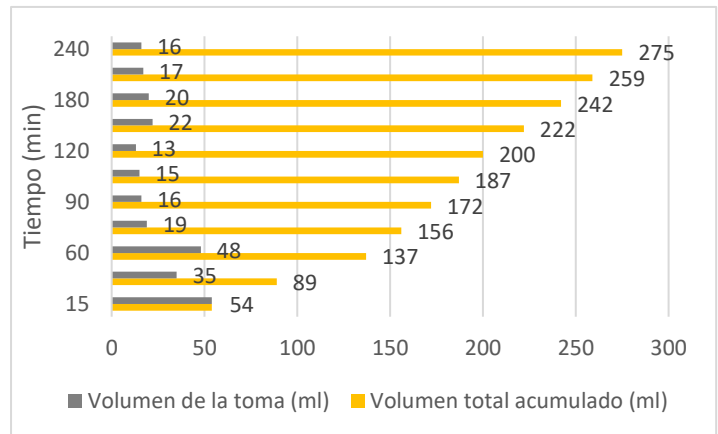


Gráfico 14: Evolución del volumen filtrado en el tiempo del macerado 3 del lote L016 de la malta Lo Vilot.

El anexo 9.2.4 muestra todos los valores obtenidos para la medición de tiempos de filtrados, el cual se dio por terminado cuando se observaba la superficie de la torta de filtrado seca o en su defecto a las 4 horas de proceso. En todos los casos se superaron las 2 horas de filtrado lo que según el protocolo E.B.C. 4.4.3. se cataloga como filtración lenta.

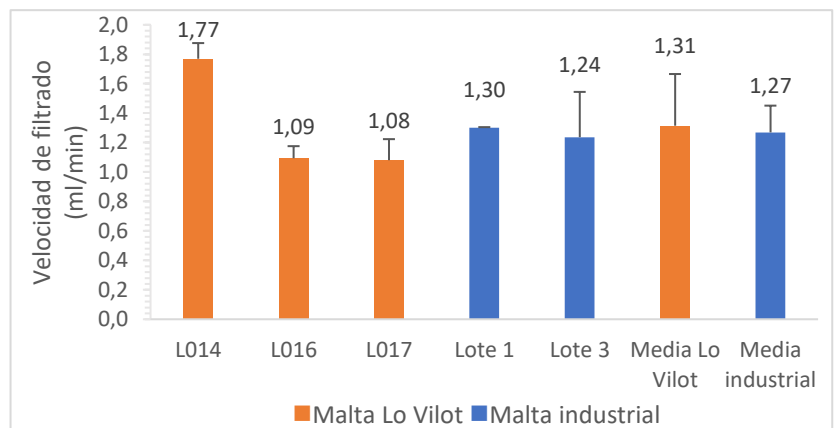


Gráfico 15: Comparación de la velocidad de filtrado en ml/min de los diferentes lotes de malta, tanto Lo Vilot como industrial, así como los valores medios de todas las medidas. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones $n = 4$, para lotes Lo Vilot, $n = 2$ para lotes industriales.

Hay que destacar que no se realizó el mosto congreso que dicta la norma por lo que para sacar más conclusiones se monitoreó el volumen filtrado de mosto en periodos concretos de tiempo para obtener la velocidad de filtrado en cada macerado. Un ejemplo de la curva de filtrado obtenida se puede apreciar en la gráfica 14.

El gráfico 15 muestra las distintas velocidades obtenidas, de las cuales se puede concluir que la velocidad es muy variable entre malterías e incluso lotes, aunque la media de todos los resultados por malterías acerca los valores.

Convendría realizar este estudio de nuevo elaborando un mosto congreso para poder comparar con otros datos, ya que un valor bajo de velocidad de filtrado conlleva largos periodos de filtración con el consiguiente gasto económico y temporal en el proceso.

6.3.4 Extracto.

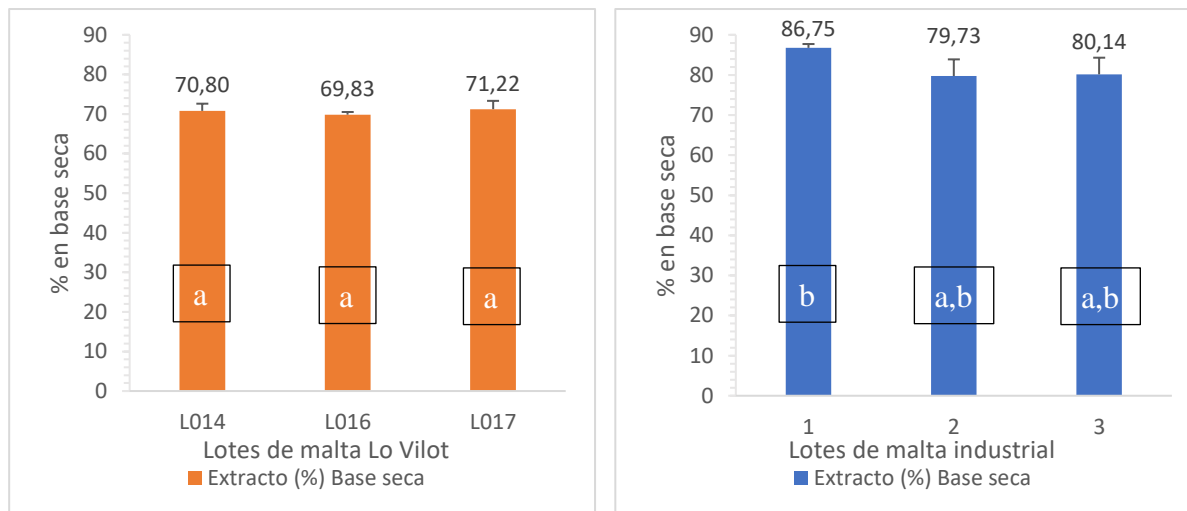


Gráfico 16: Resultados del cálculo del % de extracto en base seca de diferentes lotes de malta Lo Vilot e industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones n = 4, para lotes Lo Vilot, n = 2 para lotes Industriales. Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes (p<0.05, Anova de 1 factor- Games Howell).

La cantidad de azúcares solubilizados en el mosto fue determinada mediante el estudio del extracto siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convection* (E.B.C.) 4.4, descrito en el anexo 9.2.5. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos.

La gráfica 16 muestra los valores del extracto en porcentaje en base seca del mosto producido para cada lote de las dos malterías. Se puede observar que ante el mismo proceso de macerado la maltería Lo Vilot obtiene valores absolutos menores que la malta producida por la maltería industrial. Tras el examen estadístico de los datos se puede apuntar que no hay diferencias dentro de cada maltería, pero si tomamos todos los datos algunos lotes, como el 1 de la malta industrial si es diferente al resto. Se podría plantear tratarlo como dato discrepante y eliminarlo, pero al tener una muestra con pocos valores se decidió mantener.

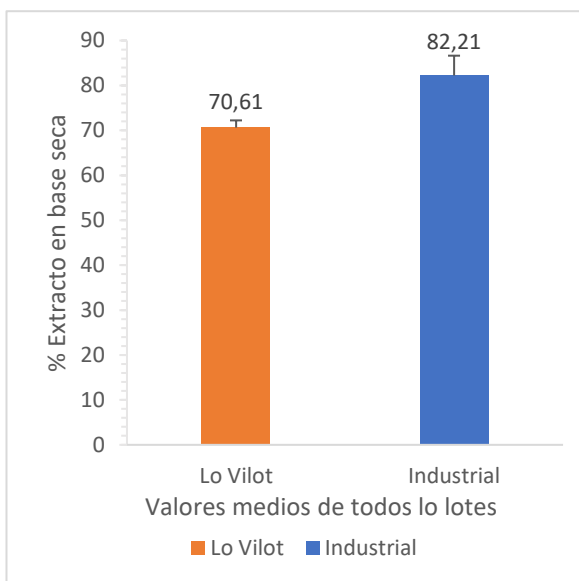


Gráfico 17: Valores medios del extracto en % de base seca calculados para las maltas estudiadas. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones n = 12, para lotes Lo Vilot, n = 6 para lotes Industriales

Este dato se reafirma al ver las medias totales en la gráfica 17, donde se ve una diferencia de un 16% de extracto mayor en la maltería industrial.

Un valor reducido de extracto hace necesario una mayor cantidad de malta para llegar al valor de densidad objetivo. Además del incremento de gasto de materia prima, se producen otros efectos negativos como posibles problemas y mayores tiempos en la filtración o reducción de la producción neta de cerveza por reducción de volumen de líquido en el tanque a favor del grano.

6.3.5 Color y sobrecoloración.

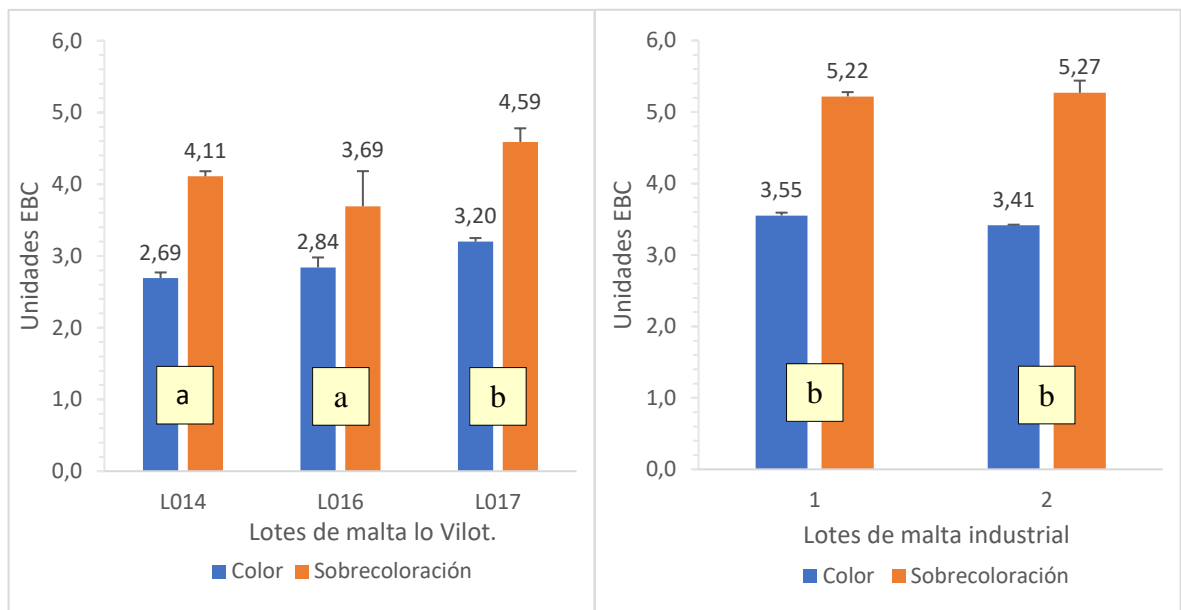


Gráfico 18: Valores de la intensidad de coloración del mosto antes y después del hervido para todos los lotes de malta estudiados, tanto de Lo Vilot como industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones $n = 12$, para lotes Lo Vilot L014 y L016, y $n = 6$ para el resto. Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$, Anova 1 factor - Tukey).

La intensidad de color fue determinada mediante el método espectrofotométrico descrito en el anexo 9.2.6. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. Se analizó una alícuota de mosto de cada macerado por triplicado, antes y después de la ebullición para cada lote de malta.

El color y la sobrecoloración van a influir de manera decisiva en el aspecto final del producto, por lo que es un parámetro que se debe conocer de antemano para poder ajustar la receta a los objetivos deseados.

El análisis estadístico de los datos presente en la gráfica 18, muestra que hay diferencia en el color entre malterías, aunque un lote de Lo Vilot (L017), pertenecería estadísticamente a la maltería industrial. Aunque el análisis anterior nos indique que hay diferencia, el valor de las mismas no supera una unidad EBC de color, que

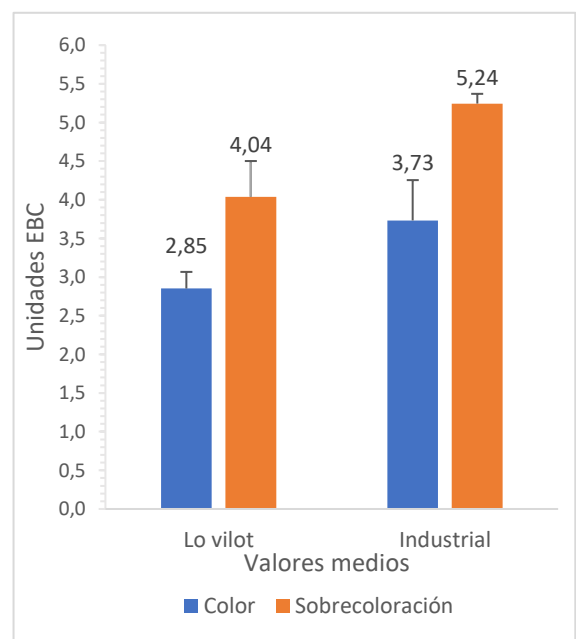


Gráfico 19: Valores medios de la intensidad de coloración del mosto antes y después del hervido para todos los lotes de malta estudiados, tanto Lo Vilot como industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar.

sería prácticamente inapreciable, por lo que a efectos prácticos ambas maltas presentarían un color similar.

En la gráfica 19 se puede observar el aumento en unidades E.B.C. tras el hervido en ambas malterías es similar, 1.19 unidades más en Lo Vilot por 1.51 en la industrial que representan en torno a un aumento del 40%.

La característica más remarcable es que la intensidad del color en la malta Lo Vilot es más baja de la esperada, ya que los elaboradores indicaron que era una malta tipo base tipo Pale Ale que suelen tener un valor más elevado de coloración.

El proceso de malteado y en especial el secado y tostado de la malta determina el color final, por lo que a partir estos datos se puede deducir que la malta Lo Vilot ha sufrido un secado a temperaturas poco acusadas.

6.3.6 pH del macerado.

El análisis del pH del mosto fue determinado mediante medida con pH-metro, cuyo procedimiento está descrito en el Anexo 9.2.7. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos para los cuales se tomó una medida del pH de cada mosto, elaborado con los distintos lotes de maltas, antes y después del hervido.

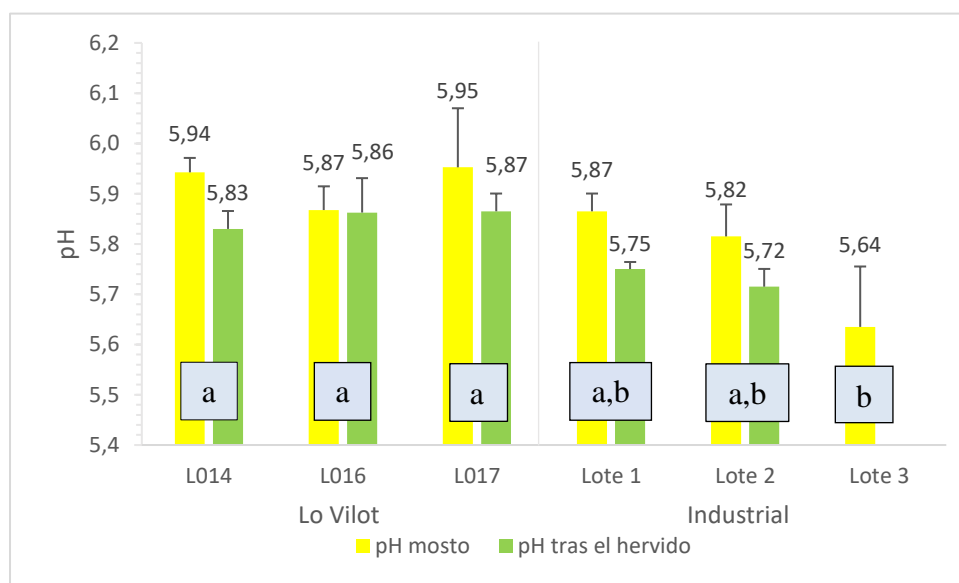


Gráfico 20: Resultados de la determinación del pH de diferentes lotes de malta Lo Vilot (izquierda) e industrial (derecha), tanto después del macerado (amarillo) como tres el hervido (verde). Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones $n = 4$, para lotes Lo Vilot y $n = 2$ para los industriales. Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$, Anova 1 factor - Tukey).

El pH del macerado es un parámetro fundamental que controlar durante la maceración, ya que va a influir de manera determinante en el proceso. Calcular el pH que se obtiene en un mosto estandarizado aporta información esencial al cervecero para saber si su macerado necesitara alguna adición para conseguir obtener el rango de pH en el cual las enzimas trabajan más eficientemente (5.4-5.6).

El gráfico 20 muestra los resultados obtenidos organizados por lotes y malterías. Del tratamiento estadístico de los datos se puede deducir que los resultados dentro de los lotes de una misma maltería no difieren entre sí. Si consideramos las diferencias entre malterías se observa que el lote 3 de la maltería industrial difiere del resto. Los valores absolutos son ligeramente mayores para la maltería Lo Vilot.

En el gráfico 21 se representan los valores medios para cada maltería, se ha incluido el lote 3 en la media de la malta industrial, debido a que solo se obtuvieron dos medidas por lote en esta maltería y se decidió no eliminarlo, si se hubiese podido ampliar el número de medidas podría haberse considerado si este dato era discrepante al resto y eliminarlo. Las medias de ambas malterías están próximas y se solapan con las desviaciones pudiendo concluir que las diferencias entre malterías son mínimas.

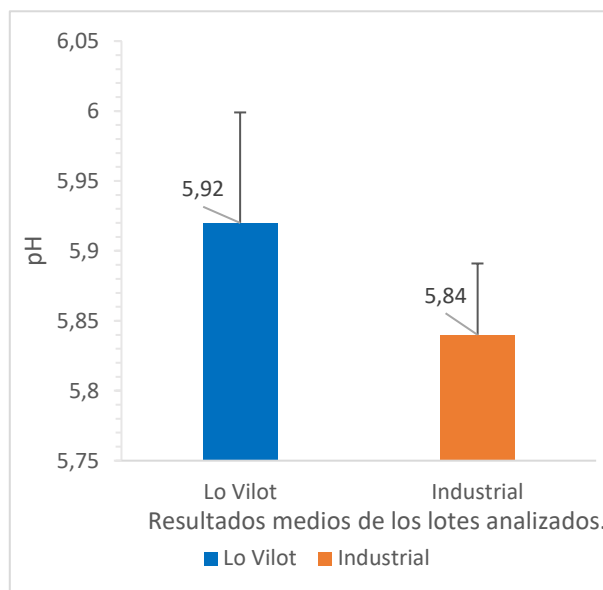


Gráfico 21: Comparación del valor medio de pH tras el macerado de todos los lotes estudiados de malta, tanto de Lo Vilot como industrial. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones $n = 12$, para lotes Lo Vilot y $n = 6$ para los industriales

Los valores de pH muestran un rango por encima del deseado para mejorar la actividad enzimática, por lo que hay que tener en cuenta que debería ser rebajado con alguno de los métodos estipulados como la adición de un determinado ácido o uso de maltas especiales entre otros. Cabe destacar que para asegurar esta conclusión sería deseable realizar un mosto ciego y medir este parámetro para poder compararlo con otras maltas comerciales para concluir que el pH es ligeramente elevado, ya que esto podría ser influido por el macerado que hemos realizado.

Adicionalmente se calculó el pH tras el hervido, como se observa en la figura 20. Se produce un leve descenso producido por la precipitación de sustancias con el trub caliente.

El pH que aporta el grano al mosto suele ir decreciendo según se desarrolla el proceso de malteado, por lo que se puede tomar como medida de modificación. Un pH elevado indicaría poca modificación y un pH más ácido indicaría una mejor desagregación. Por ejemplo, para una malta pálida se esperan valores entre 5.92-5.99, valores por encima o por debajo indicarían sobre modificación por un lado y poca desagregación por otro.

La cantidad de proteína podría influir en el valor de pH ligeramente alto de Lo Vilot ya que como se observó en el apartado 6.2.3 el porcentaje de proteína total está en torno al 12%, un valor elevado que podría producir un exceso de estos compuestos en el mosto influyendo en este parámetro. Hay que destacar que un pH por encima de 6 puede favorecer la extracción de compuestos que producen astringencia del grano al mosto.

6.3.7 Viscosidad.

La medida de la viscosidad del mosto fue determinada mediante el uso de un viscosímetro Cannon-Fenske. El procedimiento está descrito en el Anexo 9.2.8. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. El viscosímetro utilizado disponía de dos bulbos permitiendo obtener dos medidas de este parámetro en un ensayo.

Las mediciones contaban con el inconveniente de que no se disponía de un baño con control de temperatura para realizar los ensayos, dejando fuera de control un parámetro vital en la viscosidad como es la temperatura y produciendo una mayor incertidumbre en los resultados.

La gráfica 22 muestra las medias obtenidas de todos los ensayos realizados a los distintos lotes en ambas malterías, en el cual se puede observar que hay una gran variabilidad de los resultados, debido a no disponer de un control de temperatura eficiente. También vemos que los resultados de ambas malterías son bastantes próximos entre sí, si hubiésemos realizado un mosto congreso el valor esperado de este parámetro sería alrededor de los 1.6 mPa·s. Con el macerado realizado obtenemos un valor menor que puede deberse a que el tiempo de macerado a 65 °C, como se comentó en el anexo 9.2.1, fue de solo 30 minutos pudiendo ocasionar una menor extracción de proteínas y azúcares influyendo en la viscosidad.

Repetir este estudio controlando la temperatura reduciría la incertidumbre de las medidas y con un mosto congreso se podría analizar si la extracción de moléculas es mayor la viscosidad aumenta.

6.2.8 Free Amino Nitrogen (F.A.N).

El estudio de la cantidad de nitrógeno amínico o F.A.N. (*Free amino nitrogen*) de la malta fue realizado siguiendo el método del índice de formol, descrito en el Anexo 9.2.9. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos.

El nitrógeno del mosto proviene de la malta, pero solo una parte del total disuelto puede ser utilizado por la levadura en la fase de crecimiento y reproducción. La medida del F.A.N. nos indica la cantidad de este nitrógeno simple que está disponible en el mosto. Se recomiendan unos valores mínimos de entre 140 - 150 mg de FAN por litro en mostos de unos 12 °P, estos valores aumentarían si la densidad del mosto es mayor.

La gráfica 23 muestra las concentraciones de F.A.N. obtenidas en los ensayos tanto para los lotes de malta de cada maltería por separado como la media de las malterías. Del estudio estadístico podemos concluir que los valores no difieren estadísticamente tanto entre lotes como entre malterías.

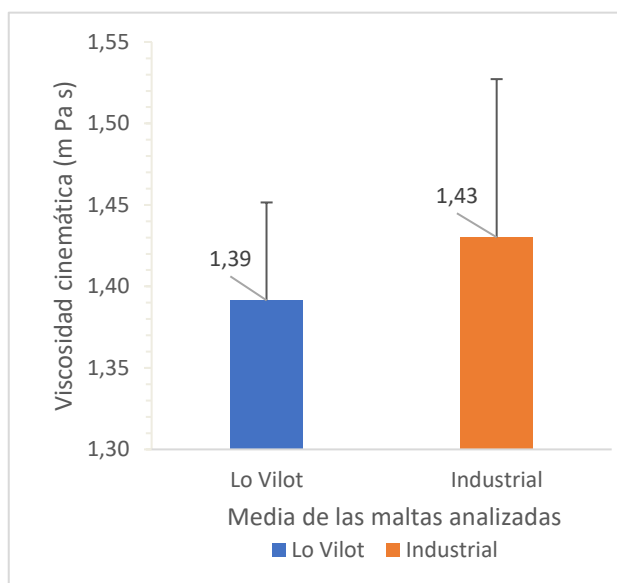


Gráfico 22: Valores medios de la viscosidad cinemática en mPa·s para cada maltería. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en cada punto siendo las repeticiones $n = 23$, para lotes Lo Vilot y $n = 8$ para los Industriales.

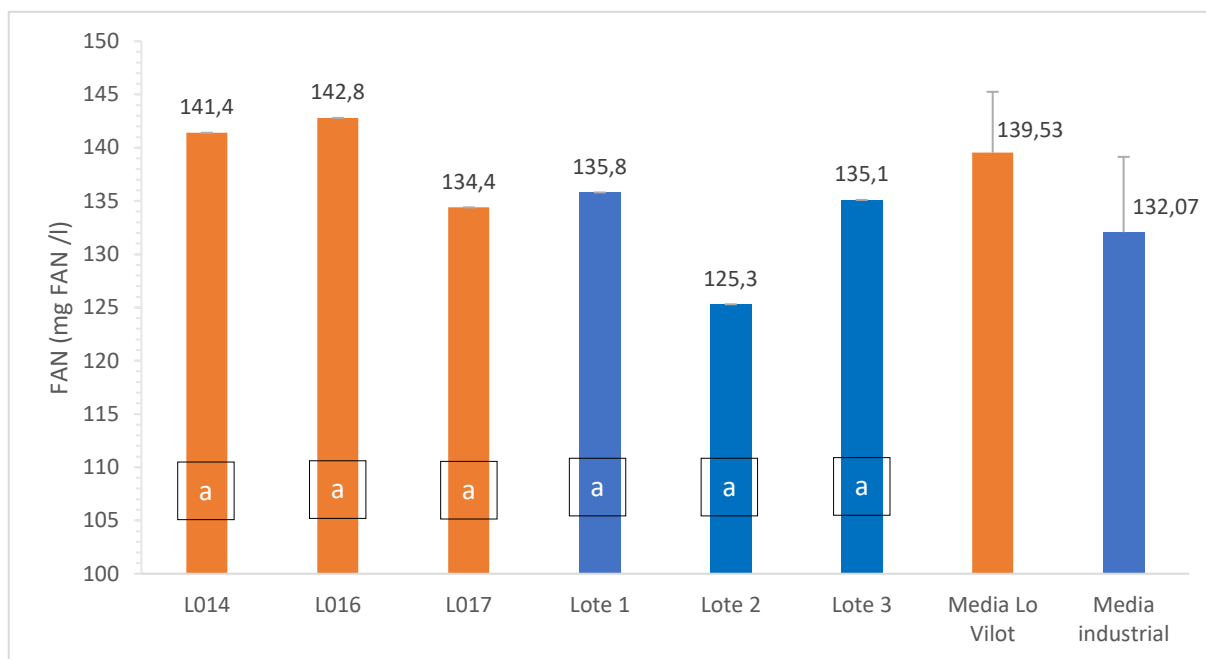


Gráfico 23: Resultados de la determinación del FAN de diferentes lotes de malta Lo Vilot (naranja) e industrial (azul), así como los valores medios por maltería. Las barras de error están representadas por la desviación estándar en ambas medias ($n = 6$). Las diferentes letras sobre cada lote representan que los valores son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$, Krustal-Wallis).

Las columnas finales de la derecha del gráfico 23 muestran los valores medios de todos los lotes por maltería, los cuales tienen una magnitud parecida en ambas malterías, pero están ligeramente por debajo del valor mínimo remarcado anteriormente para garantizar una buena fermentación posterior. Se debería estudiar si con un macerado más largo y eficiente se podría aumentar estos valores para no estar tan cerca del límite inferior recomendado. Valores reducidos de F.A.N. pueden indicar una modificación de la malta insuficiente.

6.2.9 Atenuación límite.

El cálculo de la atenuación límite de los mostos realizados según el apartado 9.2.1, producidos con las maltas a estudio, fueron realizados siguiendo el protocolo de la *European Brewing Convention* (E.B.C.) 8.4, descrito en el Anexo 9.2.10. En el mismo documento se incluye un resumen de los resultados finales obtenidos. No se realizaron comparaciones estadísticas entre lotes debido al reducido número de repeticiones.

La atenuación límite mide el porcentaje de azúcares fermentable que tiene un mosto respecto al total del extracto. Este valor otorgará una idea del grado de desagregación que tiene la malta, ya que cuanto más modificada está, más fácil será que actúen las enzimas y reduzcan las cadenas de almidón en azúcares fermentables.

La gráfica 24 muestra que los valores medios en el estudio de ambas malterías son próximos, aunque difieren en la dispersión de datos. Un valor en torno al 70% de atenuación límite nos indica que aún queda un 30% de azúcares no fermentables en el mosto, que acaban pasando a formar parte del producto final sin que la levadura pueda utilizarlos en la fermentación.

Debido al corto proceso de macerado los mostos obtuvieron extractos reducidos, por lo que podemos suponer que las enzimas no pudieron descomponer el almidón de manera efectiva en ese corto periodo de macerado. Un macerado más efectivo podría mejorar la ratio de azúcares fermentables en la malta producida en ambas malterías.

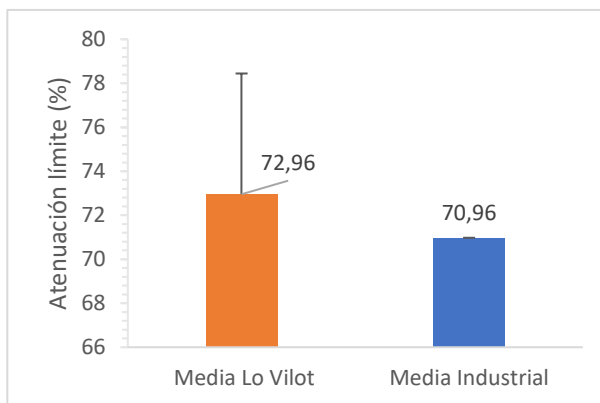


Gráfico 24: Resultados de la atenuación límite media (%) de las dos malterías, Lo Vilot (naranja) e industrial (azul). Las barras de error están representadas por la desviación estándar (n = 5 para Lo Vilot y n = 2 para industrial).

6.4 Estudio de componentes principales.

Se realizó un análisis en componentes principales de los valores medios de 5 lotes estudiados (3 de Lo Vilot y 2 industrial) en una selección de diez parámetros estudiados en el presente proyecto (humedad, nitrógeno total, friabilidad, poder diastásico, nitrógeno soluble, índice Kolbach, extracto, color, pH y FAN). Los resultados se muestran en el gráfico 25:

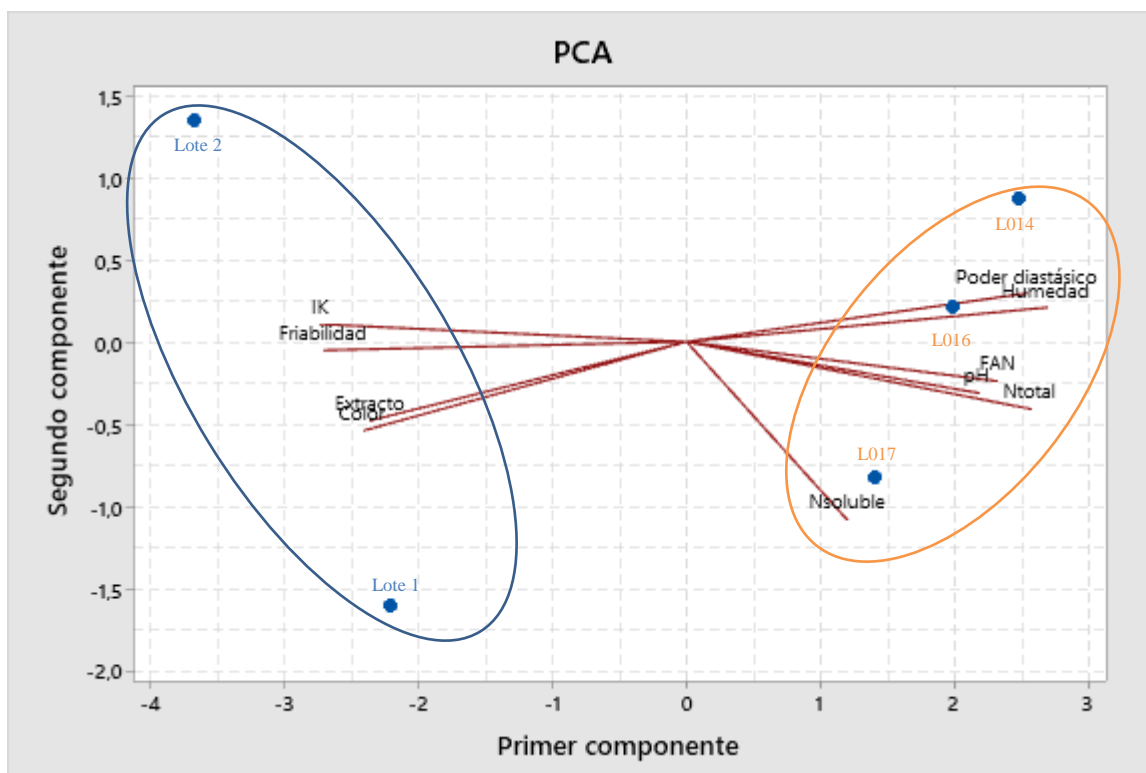


Gráfico 25: Análisis de Componentes Principales (PCA) donde se representan los scores y loading simultáneamente de los valores medios de 5 lotes estudiados (3 de Lo Vilot en color naranja y dos industriales en color azul) sobre diez variables estudiadas (humedad, nitrógeno total, friabilidad, poder diastásico, nitrógeno soluble, índice Kolbach, extracto, color, pH y FAN). PC1 + PC2 explican el 90.9 % de la matriz de varianza.

A la luz de la gráfica 23 se puede observar claramente como se agrupan las maltas de Lo Vilot e industrial en función de los atributos. La varianza explicada con las dos primeras componentes principales es casi un 91%, pero cabe destacar que con 4 componentes principales sobre 10 variables se explicaba el 100% de la matriz de varianza por lo que se puede deducir que algunas variables seleccionadas son combinación lineal de otras, como podría ser las concentraciones de nitrógeno total y soluble con el índice de Kolbach.

6.5 Datos del proceso de malteado en Lo Vilot.

Tabla 3: Datos del proceso de macerado en Lo Vilot.

	Remojo		Germinación		Secado y curado
	Tiempo (h)	T _{agua} (°C)	Tiempo (h)	T _{aire} (°C)	Programa
L014	26	De red	89	20	42h a 55°C + 6 h a 85°C
L016	22	De red	63	20	7h a 54°C + 15h a 64 °C + 5h a 84 °C
L017	20	De red	58	20	30.5h a 54 °C + 5h a 85°C

La tabla 3 muestra los datos que se pudieron recabar de los procesos de malteo estudiados. El patrón de temperaturas es más estable que el de tiempos empleados en cada fase que varía de un lote a otro. Cabe destacar que el curado es a una temperatura no muy elevada (85 °C), lo que produce una coloración tenue en el mosto como se vio en el apartado 6.3.5.

Los estudios de friabilidad mostraron un 12% de granos vitreos, una posible fuente de vitrosidad podría ser si al terminar la germinación y subir el aire a más de 50 grados para el secado, alguna cantidad de grano aumenta a esa temperatura cuando el contenido de humedad es alto, produciendo vitrificación de almidón y pérdida de extracto.

Debido a la falta de datos no se pudo profundizar más en el proceso.

7 Conclusiones.

El número de parámetros relacionados con la calidad que se pueden analizar de la malta es extenso, de los cuales se seleccionaron 14 para su estudio en este proyecto. Lo que si debe quedar claro es que los análisis están íntimamente interrelacionados entre sí y determinados ensayos ofrecen informaciones sobre un mismo fenómeno a estudio o se complementan entre ellos.

Para intentar facilitar el análisis de la amplia cantidad de resultados obtenidos se ha separado las pruebas realizadas en cinco objetivos principales que se desean conseguir en el malteado de cebada cervecera:

1. Modificación de los carbohidratos:

En este apartado se estudiaría el grado de disgregación que han tenido los carbohidratos estructurales que protegen al almidón y necesitan ser solubilizado para que durante el macerado sea accesible para las enzimas.

La friabilidad nos da una idea del grado de desagregación en este apartado, por lo que la baja friabilidad obtenida por la malta *Lo Vilot* parece indicar que no se ha conseguido solubilizar correctamente la estructura que recubre los gránulos de almidón pudiéndonos ocasionar la pérdida de extracto soluble.

La viscosidad nos puede ayudar a obtener más información de este apartado ya que hidratos de carbono presentes en las partes estructurales del grano, como los β -glucanos, deben ser solubilizado correctamente o podrían formar gomas aumentando la viscosidad y produciendo problemas en el filtrado, así como una reducción del brillo de la cerveza. El ensayo de viscosidad no arroja valores altos de la misma pero el escaso control de la temperatura y la naturaleza del mosto que se usó invita a repetir el ensayo en condiciones óptimas para sacar mejores conclusiones.

2. Modificación de proteínas.

Toda la proteína del proceso cervecero proviene íntegramente de la cebada. Esta proteína debe ser solubilizada para un que pueda ser, por un lado, aprovechada por la levadura como por otro que pase al mosto para aportar propiedades organolépticas y de retención de espuma.

De los parámetros estudiados la proteína total nos indica el porcentaje de este componente respecto al total y la proteína soluble dicta la cantidad de la misma que ha pasado al mosto. El índice de Kolbach mide la relación en porcentaje de estos valores ofreciendo información sobre el grado de modificación de la malta. En el caso de las muestras de *Lo Vilot* encontramos un porcentaje de proteína total elevado combinado con una cantidad de proteína soluble pareja a la calculada en la malta industrial, las cuales se situaban en límite inferior de la horquilla recomendada. El resultado es un índice de Kolbach menor del 35%, indicando una modificación reducida. Se debería confirmar si la materia orgánica externa y las raicillas halladas influyen aumentando de manera determinante este valor

La concentración de F.A.N. mide la cantidad de nitrógeno amínico que puede utilizar la levadura en la fermentación. Los valores calculados para *Lo Vilot* están justo por debajo de 140 mg N/ml lo que puede seguir indicando una baja modificación.

El pH puede utilizarse como medida del grado de la modificación ya que al aumentar la desagregación el pH baja, debido a la solubilización de proteínas. El pH de *Lo Vilot* está en

valores óptimos para una malta Pale Ale, pero es mayor que el obtenido por la malta industrial la cual se ha comprobado que esta mejor modificada.

3. Enzimas que degradan los hidratos de carbono.

El poder diastásico mide la concentración de enzimas encargadas de la ruptura de las largas cadenas de almidón. Teóricamente un valor alto de este parámetro, como el que se ha obtenido para la malta Lo Vilot, podría indicar un grado de desagregación alto, lo que refutaría las suposiciones anteriores de baja modificación.

Asumiendo que la malta posee ese gran poder diastásico y no se han cometido errores en el ensayo de laboratorio, se pueden apuntar dos hipótesis:

- a) El proceso de secado y tostado ha sido suave y no ha degradado una gran cantidad de enzimas manteniendo un considerable valor del poder diastásico.
- b) El cribado del grano ha sido ineficiente, como se apuntó en el examen visual, por lo que granos de diferente tamaño se han malteado en las mismas condiciones produciendo malteados no homogéneos. Esto quiere decir que los granos de menor tamaño estarán sobre modificados aportando mayor cantidad de enzimas y los de gran tamaño poco modificados, reduciendo el extracto y la friabilidad.

La atenuación límite también nos ofrece información sobre la cantidad de azúcares simples que se han conseguido obtener sobre el total solubilizado en el mosto y por lo tanto de la actuación de las enzimas. En el caso de Lo Vilot se obtuvo un 70%, cifra que puede ser mejorada quizás con un tiempo de macerado más largo para que actúen las enzimas.

4. Extracto.

El extracto está formado por todos los hidratos de carbono solubles que posteriormente la levadura usará como nutriente y se producirá la fermentación alcohólica. La malta está formada por esa fracción de componentes junto a otras, como son las proteínas, agua y los demás compuestos insolubles (cascaras, bagazo etc.). Un aumento de cualquier porcentaje de los descrito conllevaría a un descenso de la fracción de azúcares, reduciendo el extracto final. La malta Lo Vilot posee una humedad alta y un contenido de proteína alta, lo que impactaría directamente con la cantidad de extracto potencial que tiene la malta.

Los valores de friabilidad bajos y el porcentaje de granos enteros y vitreos, repercutirían en el extracto ya que ofrecen regiones no modificada donde no se puede extraer el almidón, caso que aparentemente ocurre en LoVilot.

5. Color.

El color no nos ofrece información sobre la calidad en sí, solamente nos sirve para orientarnos en la coloración final que tendrá la cerveza. El mosto obtenido con la malta Lo Vilot obtiene una coloración muy suave, propiciada por una etapa de secado durante el malteado con temperaturas suaves.

Recapitulando lo descrito anteriormente el bajo extracto que produce la malta Lo Vilot comparado con el obtenido por la malta industrial en las mismas condiciones, parece que se debe a un problema de modificación del grano. La baja friabilidad y la presencia de un alto porcentaje de granos vitreos y enteros provocaría un difícil acceso de las enzimas al almidón, aunque estas estén en una concentración considerable, provocando pérdida de extracto.

Los altos contenido de humedad y proteína tampoco favorecerían a mejorar la extracción de azúcares, todo ello unido a la falta de homogeneidad en el cribado antes del malteo nos indicaría que la mejora de la modificación es un paso esencial para aumentar la calidad final.

7.1 Posibles consideraciones para mejorar la calidad de la malta.

Tras todo lo expuesto con anterioridad se enumeran una serie de posibles acciones a tomar en cuenta para mejorar intentar mejorar la calidad final de la malta estudiada:

- Eliminación de elementos orgánicos extraño de la malta para evitar contaminaciones externas y desbarbar.
 - Aumento de la eficiencia del cribado con el fin de maltear granos con una distribución de tamaños homogéneos que eviten malteados irregulares.
 - Control de la humedad del grano malteado para intentar reducir a la mitad el contenido actual, eliminar raicillas.
 - Evitar nutrientes nitrogenados durante la cosecha para no aumentar la proteína total de la cebada.
 - Revisar la zona de inyección de aire caliente y los tornillos sin fin que remueven el grano en el tanque de secado para evitar que el grano se vitrifique por una subida de temperatura rápida con alta humedad.
 - Revisar los programas de malteado por si el proceso necesita algún cambio en los tiempos o temperaturas de germinación para mejorar la modificación.
 - Controlar la friabilidad cuando se realice algún cambio para observar modificaciones.
 - Aumentar la frecuencia y cantidad de controles de calidad de la malta.
-

8 **Bibliografía.**

- Métodos E.B.C. para análisis: 4.9 soluble nitrogen. 4.11 fermentability, 4.7 colour, 4.12.1 diastasic power, 4.15 friability and unmodified grains, 4.4 extract, 3.2 nitrogen, 4.4.3. speed of filtration, 1.2.1. DLFU disc mill. .
 - Bies, D. Roberts,B. 2012. Understanding a malt analysis. *The New Brewer*.(November/December): 82.
 - Boqué, R. Ferre,J. 2004. Análisis de componentes principales aplicado a la representación de datos multidimensionales-. *Técnicas De Laboratorio*. (290): 888.
 - Howard, G. 1971. Recommended methods of analyse. *Institute of Brewing Analysis Committe 77* : 181.
 - Kunze, W. 2006. 1. materias primas. In *Tecnología para cerveceros y malteros*. Primera edición en español. ed., 35-55. Westkreuz-Druckerei Ahrens KG Berlín/Bom: VLB Berlín.
 - Kunze, W. 2006. 2. Fabricación de malta. In *Tecnología para cerveceros y malteros*. Primera edición en español. ed., 35-55. Westkreuz-Druckerei Ahrens KG Berlín/Bom: VLB Berlín.
 - Mallet, J. 2014. 10. malt quality and analysis. In *Malt, a practical guide from fird to brewhouse*. PO Box 1679, Boulder, Colorado 80306–1679: Brewers publications.
 - O'Rourke, T. 2002. Malt specifications & brewing peformance. *The Brewer International 2* (10): 27.
 - Plata, R. 2019. Apuntes tecnología cervecera, Máster Bebidas Fermentadas URV.
 - Romero, M, . Apuntes tecnología maltera, Máster en Bebidas Fermentadas, URV, 2019.
 - Tortosa, G. 2011. Manual práctico de Quimiometría. Digital CSIC.
-

9 Anexos.

9.1 Pruebas sobre grano.

9.1.1 Humedad (Protocolo EBC 4.2).

El contenido de humedad en el grano tras el proceso de malteado es un valor importante a tener en cuenta y controlar, debido a que nos ofrece información sobre posibles deterioros que pudiera tener el grano malteado en su almacenamiento, ya que la combinación de humedad en el grano y temperatura puede favorecer la degradación de la materia prima y la aparición de insectos o microorganismos.

Para calcular el contenido de humedad se procederá a realizar un secado en condiciones controladas, monitorizando la pérdida de peso de la muestra.

Materiales:

- Molino Bühler universal del tipo DLFU. Tamaño de partícula buscado, aproximadamente 0.2 mm.
- Estufa con control de temperatura.
- Cápsulas metálicas de 5 cm de diámetro.
- Desecador.
- Balanza de precisión (± 0.0005 g.).

Procedimiento:

- Sacar las cápsulas de la estufa e introducirlas en el desecador hasta que estén a temperatura ambiente.
- Moler las muestras al tamaño de partícula deseado.
- Tarar las cápsulas frías en la balanza de precisión, anotando el valor de la masa del recipiente vacío, y añadir 5 gramos de muestra por cápsula.
- Introducir en la estufa las muestras durante $3 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$ a 109° C .
- Retirar las cápsulas de la estufa y colocar en el desecador hasta que estén a temperatura ambiente.
- Medir la masa de las muestras tras el secado.
- Limpiar las cápsulas e introducirlas en la estufa de nuevo para el siguiente análisis.

Expresión de los resultados:

El contenido de humedad de la malta se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$H \% (m/m) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \quad (1)$$

Siendo:

W_1 = Masa en gramos de la muestra antes del secado.

W_2 = Masa en gramos de la muestra después del secado.

Todas las medidas se realizaron por triplicado.

Resultados:

- Malta Lo Vilot:

Tabla 4: Humedad en % de los diferentes lotes de malta Lo Vilot.

Muestras \ Lotes	L014	L016	L017
1 (%)	8.42	7.79	7.80
2 (%)	8.54	7.90	7.75
3 (%)	8.67	7.81	7.86
Media (%)	8.54	7.83	7.80
Desviación estándar	0.122	0.061	0.054

Tabla 5: Humedad en % total conjunta de todos los lotes de malta Lo Vilot.

Humedad (%) conjunta de todos los lotes	8.06
Desviación estándar	0.370

- Malta industrial:

Tabla 6: Humedad en % de los diferentes lotes de malta industrial.

Muestras \ Lote	1	2	3	4
1 (%)	4.01	4.08	4.13	3.43
2 (%)	3.99	4.12	4.12	3.32
3 (%)	3.86	4.17	4.01	3.42
Media (%)	3.95	4.12	4.09	3.39
Desviación estándar	0.080	0.043	0.066	0.062

Tabla 7: Humedad en % total conjunta de todos los lotes de malta industrial.

Humedad (%) conjunta de todos los lotes	3.89
Desviación estándar	0.312

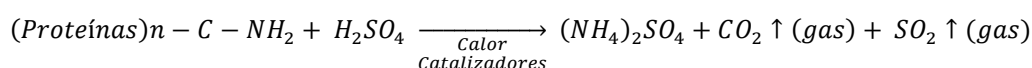
9.1.2 Nitrógeno o proteína total (Protocolo EBC 3.2).

El método Kjeldahl permite estimar de manera aproximada el contenido de proteína total de una muestra, mediante la determinación del nitrógeno orgánico presente en la misma.

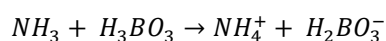
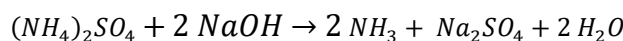
El método se basa en tres pasos:

1) Digestión:

El nitrógeno procedente de las proteínas y del resto de materia orgánica (nitrógeno orgánico) presente en la muestra se digiere con una mezcla de ácido sulfúrico y catalizadores a altas temperaturas. En este proceso se obtiene sulfato de amonio.

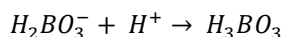
**2) Neutralización y destilación:**

La mezcla obtenida en el paso anterior se neutraliza con una base y se destila. El producto destilado se recoge en una solución con exceso de ácido bórico.



3) Titulación:

Los aniones de borato formado son proporcionales a la cantidad de nitrógeno de la muestra, por lo que realizando una titulación con ácido estándar (ácido clorhídrico o sulfúrico) y ayudándonos de un indicador mixto, podremos obtener la cantidad de nitrógeno orgánico.



Este método se puede aplicar a todo tipo de cebadas y maltas cuyo contenido de nitrógeno no exceda el 2.4%, en este caso se debe reducir el tamaño de la muestra.

Reactivos:

- Ácido sulfúrico al 98%, bajo en nitrógeno.
- Solución de hidróxido sódico al 35 % (p/v).
- Catalizador comercial Kjeldahl.
- Indicador mixto, especial para titulaciones de amoníaco.
- Ácido bórico al 4%.
- Ácido clorhídrico 0.1 N.
- Agua destilada.

Materiales:

- Balanza de precisión con sensibilidad de ± 0.001 g.
- Unidad calefactora Bloc-Digest.
- Tubos Kjeldahl para digestión de 500 ml.
- Unidad reguladora de temperatura y tiempo.
- Gradilla de soporte porta tubos.
- Colector de humos.
- Pro-Nitro I. (Para neutralización y destilación).
- Bureta de precisión.
- Material general de laboratorio.
- Molino Bühler del tipo DLFU para triturar la muestra de malta con un tamaño de partícula de 0.2 mm.

Procedimiento:

Digestión:

1. Pesar en la balanza alrededor de 1 ± 0.1 gramos de la muestra a analizar, perfectamente molida y homogeneizada. Recubrirla con un papel exento de nitrógeno e introducirlo en un tubo de digestión.
 2. Añadir al tubo de digestión 10 gramos de catalizador Kjeldahl, 25 ml de ácido sulfúrico al 96% y homogeneizar.
 3. Colocar los tubos con las muestras y reactivos en el Bloc-Digest y tapar con el colector de humos.
 4. Calentar el Bloc-Digest hasta que no forme espuma.
 5. Continuar la reacción por calefacción intensa a 400 °C, hasta que el líquido quede totalmente limpio (unas 4 horas).
 6. Dejar enfriar los tubos a temperatura ambiente y añadir 25 ml de agua destilada.
-

Destilación y titulación:

1. Añadir unas gotas de indicador mixto en el tubo Kjeldahl y colocarlo en el Pro-Nitro.
2. En un Erlenmeyer, introducir 25 ml de ácido bórico al 4% con un par de gotas de indicador mixto. Asegurarse que al introducir el Erlenmeyer en el Pro-Nitro el tubo de la salida de la destilación este en contacto con el ácido.
3. Accionar el dosificador de sosa las veces necesaria hasta que vire el color de la muestra del tubo de Kjeldahl y se garantice un medio alcalino.
4. Iniciar la destilación del amoníaco por arrastre de vapor.
5. Se prolongará la destilación hasta obtener 150 ml en el Erlenmeyer.
6. Valorar la muestra recolectada en el matraz con ácido clorhídrico 0.1 N, hasta obtener la coloración original, anotando el volumen de ácido consumido.

Se debe realizar una prueba en blanco incluyendo los reactivos y el papel que envuelve la muestra para garantizar que estos no aportan nitrógeno a los resultados.

Expresión de los resultados:

El cálculo del nitrógeno total en base seca de la muestra vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\text{Nitrógeno total en base seca (\%)} = \frac{T \cdot 14}{W \cdot MS} \quad (2)$$

Siendo:

T = El valor en ml de la titración con ácido clorhídrico, a este valor habría que restarle el obtenido en la medida del blanco que en estos ensayos fue 0, por lo que el papel y reactivos estaban exentos de nitrógeno.

W = Peso de la muestra analizada en gramos.

MS = Porcentaje de materia seca, esto es 100 menos el valor de la humedad de la malta.

En cada lote se realizaron medidas por triplicado.

Para obtener el valor de proteína total en base seca se debe multiplicar el resultado anterior por el factor 6.25.

Resultados:

En las siguientes tablas se muestran los valores obtenidos para el ensayo de nitrógeno total sobre el grano de malta, tanto para la malta procedente de Lo Vilot como para la industrial. Las medidas se realizaron por triplicado, analizando tres lotes de malta Lo Vilot y dos de la malta industrial.

Para el cálculo del valor final de nitrógeno se utilizó la ecuación (2), en la cual se sustituyó para obtener el porcentaje en materia seca (MS) ,el valor de la humedad calculado en el anexo 9.1.1. específico de cada lote de malta.

- Malta Lo Vilot

Tabla 8: Medidas del estudio de nitrógeno y proteína (en % base seca) total en cada uno de los lotes estudiados de la malta Lo Vilot.

	Masa malta (gr)	Volumen consumido de HCl (ml)	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)
L014					
Blanco	0	0			
1	1.062	12.5	8.54	1.80	11.26
2	1.081	13.8	8.54	1.95	12.21
3	1.098	13.7	8.54	1.91	11.94
L016					
Blanco	0	0			
1	1.001	12.8	7.83	1.94	12.14
2	1.078	14.1	7.83	1.99	12.42
3	1.051	13.3	7.83	1.92	12.01
L017					
Blanco	0	0			
1	1.007	12.2	7.8	1.84	11.50
2	1.032	13.4	7.8	1.97	12.32
3	1.017	13.5	7.8	2.02	12.60

Tabla 9: Resultados medios de cada lote, así como valores medios de toda la cebada de la cosecha de 2019.

	Nitrógeno total % (m/m)	Desviación estándar	Proteína total % (m/m)	Desviación estándar
L014	1.89	0.078	11.80	0.490
L016	1.95	0.033	12.19	0.207
L017	1.94	0.092	12.14	0.572
Valores de la cosecha de 2019	1.93	0.069	12.04	0.431

- Malta industrial:

Tabla 10: Resultados del ensayo de nitrógeno total en dos lotes de malta industrial.

	Masa malta (gr)	Volumen consumido de HCl (ml)	Humedad (%)	% Nitrógeno	% de proteína
Lote 1 industrial					
Blanco	0	0			
1	1.020	12.3	3.95	1.75	10.96
2	1.022	12.2	3.95	1.74	10.87
3	1.010	12.5	3.95	1.80	11.27
Lote 2 industrial					
Blanco		0			
1	1.036	11.2	4.12	1.59	9.96
2	1.026	11.1	4.12	1.58	9.87
3	1.006	10.7	4.12	1.55	9.71

Tabla 11: Resultados medios de cada lote, así como valores medios de todos los lotes analizados.

	Nitrógeno total % (m/m)	Desviación estándar	Proteína total % (m/m)	Desviación estándar
Lote 1	1.77	0.034	11.04	0.210
Lote 2	1.58	0.021	9.85	0.130
Valores medios de los lotes analizados	1.67	0.107	10.44	0.670

9.1.3 Friabilidad, vitrosidad y granos enteros. (Protocolo EBC 4.15).

El ensayo de friabilidad permite determinar el grado de modificación física de los granos de malta mediante un proceso de molienda en un instrumento estándar llamado friabilímetro. Los valores obtenidos están influenciados por la variedad de cebada, contenido de humedad, tamaño y forma del grano, grosor de la cascarilla y contenido proteico, lo que hace que sea uno de los parámetros de calidad más importantes de la industria cervecera.

Variedades de maltas que presenten alto contenido de cascarillas o maltas con contenido de humedad fuera del rango de 3.5% - 5 % pueden afectar a los resultados.

Fragmentos grandes no friables de endospermo y granos enteros no malteados son dos las fuentes principales de β -glucanos, los cuales pueden formar geles y crear problemas en el producto final.

Se suele pedir valores mayores al 81% en este parámetro.

Materiales:

- Friabilímetro.
- Balanza con precisión de ± 0.1 gramos.
- Pincel y pincho.
- Plato vibratorio con tamiz de calibre 2.2 mm.

Procedimiento:

- Se pesan 50 ± 0.1 g de malta y se introducen en el tambor del friabilímetro.
- Accionar el equipo y dejarlo actuar el ciclo completo (8 minutos).
- Una vez finalizado, retirar el protector y extraer el tambor. Transferir a la balanza toda la fracción de malta que no haya atravesado el tamiz, ayudándose de un pincel y de un pincho para recuperar las porciones de grano que se quedan enganchadas en el tamiz.
- Anotar la masa recuperada. En el caso que haya una cantidad de paja importante, soplar la muestra para eliminar la paja y volver a pesar.
- Traspasar el contenido del plato de la balanza a el plato vibratorio con tamiz de 2,2 mm. Accionar la vibración durante 10 segundos y pesar el contenido de muestra que ha quedado sobre el tamiz.
- De esta última fracción recuperada, separar los granos enteros y los partidos que sean mayores de $\frac{3}{4}$ partes que uno completo. Pesar la fracción separada.

Expresión de los resultados:

1. Friabilidad:

$$\text{Friabilidad (\%)} = 100 - (2 \cdot A) \quad (3)$$

Siendo A la masa en gramos de la primera fracción retenida en el tambor del friabilímetro.

2. Vitrosidad:

$$\text{Vitrosidad (\%)} = 2 \cdot B \quad (4)$$

Siendo B la masa en gramos de la fracción retenida en el tamiz de 2.2 mm de luz.

3. Granos enteros:

$$\text{Granos enteros (\%)} = 2 \cdot C \quad (5)$$

Siendo C la masa en gramos enteros o mayores de $\frac{3}{4}$ del tamaño original que se han obtenido tras el tamizado de 2.2 mm.

Al usar un equipo externo en calidad de préstamo solo se pudo realizar una repetición del ensayo por lote.

Resultados.

- Malta Lo Vilot:

Tabla 12: Medidas (en %) del estudio de friabilidad, vitrosidad y granos enteros en cada uno de los lotes estudiados de la malta Lo Vilot y la media final de la cosecha del 2019.

	Friabilidad	Vitrosidad	Granos enteros
L014	68.2	10.8	7.4
L016	70.4	9.2	6.6
L017	68.8	16.4	12.4
Media total	69.1	12.1	8.8
Desviación estándar	1.14	3.78	3.14

- Malta industrial:

Tabla 13: Medidas (en %) del estudio de friabilidad, vitrosidad y granos enteros en cada uno de los lotes estudiados de la malta industrial y los valores medios de todos los lotes.

	Friabilidad	Vitrosidad	Granos enteros
1	83.4	4.4	2.00
2	85.0	3.2	1.2
3	87.4	2.2	1.2
4	84.8	4.2	2.4
Media total	85.15	3.50	1.70
Desviación estándar	1.660	1.013	0.600

9.2 Pruebas sobre mosto.

Para obtener la mayor información posible sobre las características y la calidad de la malta, es indispensable producir un mosto sobre el cual se realizarán diferentes análisis. El mosto debería ser realizado mediante alguno de los protocolos de maceración estándares que dictan las diferentes asociaciones cerveceras mundiales con el fin de poder comparar los resultados entre sí y obtener información válida de ellos.

Debido a la imposibilidad de realizar con los métodos disponibles de manera correcta algunos de los procedimientos estándares reconocidos internacionalmente, como el caso de la *European Brewing Convention (EBC)* o el *Institute of Brewing and Distilling in the UK (IOB)*, se decidió adaptar el macerado a la tecnología que disponíamos en el laboratorio realizando exactamente el mismo procedimiento en todas las muestras, ya fuesen las comerciales como las que provenían de la cervecera *Lo Vilot*.

Por el motivo anterior los resultados solo son comparables entre sí, no pudiéndose extender esta comparación con otras maltas que hayan tenido otros procesos de macerado.

Durante la elaboración del mosto se fueron realizando diferentes análisis, los cuales se explicarán a continuación.

9.2.1 Elaboración del mosto.

Proceso de maceración:

Materiales:

- Molino DLFU.
- Balanza con precisión de $\pm 0,1$ g.
- Baño de agua con control de temperatura y agitación.
- Material de laboratorio general (Vasos de precipitados, varillas etc.)

Procedimiento:

1. Encender el baño y programarlo a una temperatura de 65°C.
2. El método de la IOB propone utilizar un 10% de malta en masa sobre el total del macerado. Para los análisis se utilizó una masa aproximada de 45 gramos de malta respecto a una masa total de malta más agua de 450 gramos.
3. Introducir la mezcla de agua y malta a temperatura ambiente en el baño a 65 °C y dejar macerar una hora con agitación.
4. Una vez acabada la maceración enfriar los recipientes hasta temperatura ambiente.

Se realizó un estudio de la evolución de la temperatura del macerado en función del tiempo durante el proceso, obteniéndose la siguiente curva:

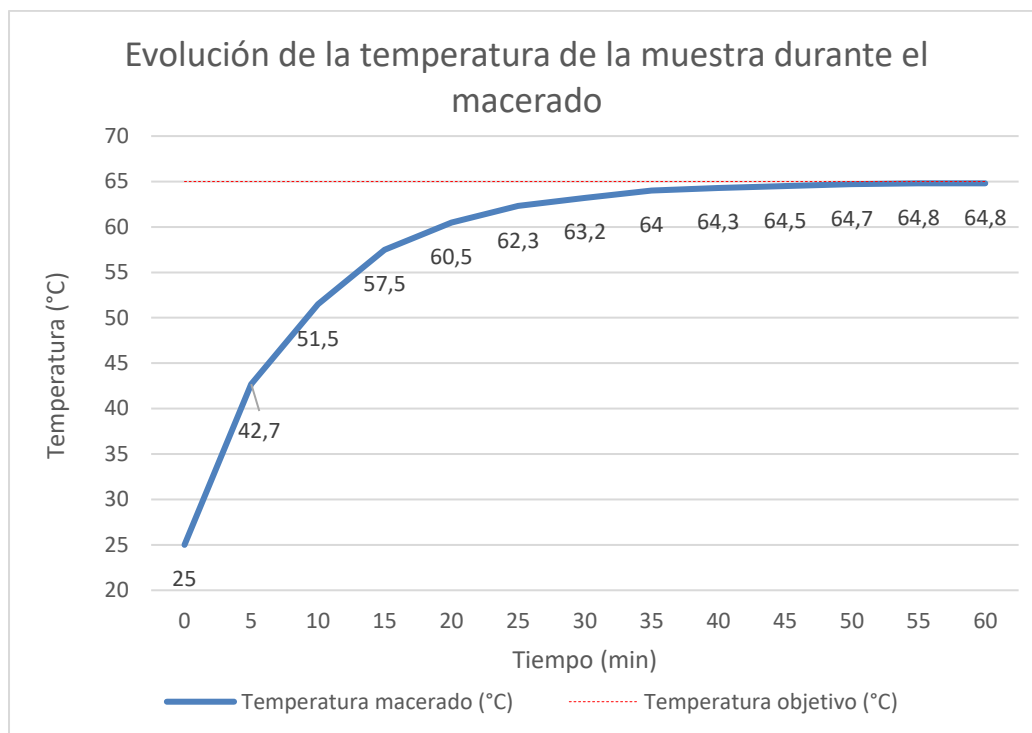


Gráfico 26: Curva temperatura- tiempo sometida durante el macerado a las muestras.

Filtración:

Materiales:

- Embudos.
- Papel de filtro: Schleicher and Schuell N° 597 ½ o equivalente
- Material de laboratorio.
- Cronometro.

Procedimiento:

1. Comenzar la filtración. Esperar a que se forme una torta de filtración, para ello dejar filtrar un volumen de unos 100 ml y añadir de nuevo alterando la torta lo mínimo posible.
2. Filtrar todo el volumen de macerado anotando el tiempo total, así como como los volúmenes filtrados periódicamente.
3. Tras la filtración se tomarán muestras para realizar determinados análisis.

Ebullición:

Ciertos análisis requieren llevar a ebullición el mosto.

Materiales:

- Baño para llevar las muestras a ebullición.
- Columnas de destilación con reflujo para evitar perdida de muestra.
- Material de laboratorio.

Procedimiento:

1. Hervir las muestras a reflujo durante una hora y media.
2. Enfriar a temperatura ambiente.
3. Filtrar el mosto resultante con los materiales y método explicado en el apartado de *filtración*.

Nota: Todos los ensayos que se describen a continuación se realizan sobre mostos que se han obtenido como se describió anteriormente menos en el cálculo del poder diastásico. En este caso se realiza una maceración especial según la norma que se explica detalladamente en el apartado 9.2.2.

9.2.2 Poder diastásico (Protocolo E.B.C. 4.12.1).

Mediante el ensayo del poder diastático se propone un método, utilizable sobre cualquier tipo de malta, que permite determinar la actividad combinada de las enzimas α y β -amilasas bajo unas condiciones estandarizadas.

Para realizar la prueba se deben extraer las enzimas de la malta de una manera estandarizada. Con este extracto se hidrolizará una solución de almidón preparada con anterioridad. Finalmente, mediante una iodometría obtenemos la cantidad de azúcares no reductores presentes, y se podrá calcular la capacidad de hidrólisis en estas condiciones de la malta a estudio.

Extracto:

El ensayo necesita la creación de un mosto específico, en el cual el tiempo y temperatura de maceración, así como la cantidad y molturado de la harina están estandarizadas.

Materiales:

- Molino DLFU.
- Balanza de precisión de ± 0.1 g.
- Baño de agua con control de temperatura y agitación.
- Material de laboratorio general.
- Filtros de papel y embudos.

Procedimiento:

1. Molturar unos 21 gramos de malta (si es pálida) con un molturado fino de 0.2 mm. En caso de que tengamos una malta oscura aumentar la cantidad a 42 gramos. Al observar que los valores de consumo de tiosulfato eran altos en la valoración se decidió reducir a 10 gramos de muestra analizada por ensayo.
 2. Preparar el baño a 40 °C.
 3. Tarar un vaso de precipitados, anotando su peso vacío, y a continuación añadir 20 gramos de harina de malta. (finalmente 10 gramos en los ensayos definitivos)
 4. Introducir en el vaso 480 ml de agua destilada.
 5. Cuando el baño tenga la temperatura adecuada, introducir los vasos y con agitación constante y mantenerlos 1 hora a 40°C. Tras este tiempo, retirar y enfriar a 20 °C.
 6. Secar el vaso y adicionar 520 ml de agua destilada.
-

7. Proceder al filtrado. Los primeros 200 ml se descartan, y se reservan los 50 ml siguientes en un matraz.

Disolución de almidón:

Esta disolución se debe utilizar fresca cada día que se realicen ensayos para garantizar unos resultados correctos.

Materiales:

- Almidón en polvo.
- Placa calefactora.
- Vasos de precipitados.
- Varilla de vidrio.
- Matraz aforado
- Vidrio de reloj.
- Balanza de precisión.

Procedimiento:

1. Pesar la cantidad necesaria de almidón para obtener una disolución con una concentración de 20 g/l.
2. Poner un vaso de precipitados de 500 ml con unos 300 ml de agua destilada y dejar hervir.
3. Cuando el agua este en ebullición. Introducir poco a poco el almidón.
4. Dejar hervir durante 15 minutos removiendo periódicamente para evitar la formación de una tela gelatinosa superficial.
5. Tras este tiempo pasar aun matraz aforado y enfriar la solución antes de enrasar al volumen que proceda.

Análisis:

Reactivos:

- Solución de almidón.
- Tampón acetato; formado por la mezcla de una disolución de 15 gramos de ácido acético en 500 ml de agua destilada, más otra de 17 gramos de acetato sódico trihidratado en 250 ml de agua destilada. La solución final debe tener un pH de 4.3.
- Hidróxido de sodio 1N.
- Solución de yodo 0.1 N, formada por la disolución de 6.35 gramos de I, más 10 gramos de KI en 500 ml de agua destilada.
- Ácido Sulfúrico 0.5 M.
- Tiosulfato de sodio 0.1 N como agente valorante.
- Indicador Timolftaleína.

Materiales:

- Baño con termostato.
 - Matraces aforados.
 - Matraces Erlenmeyer con tapón.
-

- Pipetas.
- Bureta.

Procedimiento:

a) *Muestras hidrolizadas:*

1. En un matraz aforado de 200 ml, añadimos 100 ml de la disolución de almidón y 5 ml de la disolución tampón.
2. Se deja reposar a 20 ° C durante 20 minutos.
3. Se introduce 5 ml de extracto filtrado, se agita y se deja reposar 30 minutos a 20 °C desde la adición del extracto.
4. Transcurrido ese tiempo se para la reacción inactivando las enzimas con 4 ml de sosa y se procede a enrasar el matraz a 200 ml con agua destilada. Se comprueba la alcalinidad de la muestra adicionando 2 gotas de indicador y observando que la muestra se torna azulada.

b) *Blanco:*

En un matraz aforado de 200 ml se pipetea 100 ml de almidón y se adicionan 2.35 ml de NaOH para evitar que actúen las enzimas. Tras ello se enrasa con agua destilada y se comprueba la alcalinidad a través del indicador.

c) *Determinación de los azúcares reductores (tanto en la muestra como en el blanco):*

1. Colocar 50 ml del almidón hidrolizado en un Erlenmeyer de 250 ml con tapón.
2. Anadir 25 ml de la disolución de yodo, 3 ml de NaOH y agita vigorosamente.
3. Tapar el frasco y dejar reposar durante 15 minutos.
4. Adicionar 4.5 ml de ácido sulfúrico y valorar el yodo residual con tiosulfato sódico, hasta que desaparezca la coloración.

Expresión de los resultados:

El resultado es expresado en unidades Windisch-Kolbach (WK), que representan los gramos de maltosa que se forman con 100 gramos de malta en las condiciones descritas.

$$\text{Poder diastásico en base húmeda } DP_{bh} = F \cdot (V_b - V_e) \quad (6)$$

$$\text{Poder diastásico en base seca } DP_{bs} = \left(\frac{DP_{bh} \cdot 100}{100 - H} \right) \quad (7)$$

Siendo:

F : Constante para referir el resultado a 100 gramos de malta. Depende del peso inicial de la malta que se utilizó y se obtiene de la siguiente forma:

$$F = \frac{684}{M_{malta}} \quad (8)$$

V_b : Volumen en ml de tiosulfato sódico consumido en la valoración del blanco.

V_e : Volumen en ml de tiosulfato consumido en la valoración de la muestra hidrolizada.

H : Humedad de la malta en tanto por ciento.

Resultados:

Notas previas:

Se utilizo una masa de malta para el macerado de unos 10 gramos debido a que las primeras pruebas con 20 gramos daban un consumo alto de reactivo en la iodometría. La reducción de masa no repercutió en una disminución apreciable del volumen de tiosulfato consumido.

Con el fin de minimizar los errores propios sistemáticos, se realizaron dos macerados idénticos de cada lote a estudio de los cuales se realizó una prueba de blanco y dos mediciones de cada macerado.

- Malta Lo Vilot:

Tabla 14: Resultado de los ensayos de poder diastásico (en WK) de los diferentes lotes de malta Lo Vilot.

Lotes	Macerado	Masa malta (g)	ml yodo consumido por el blanco	ml yodo consumido por la muestra	Humedad (%)	DP (WK) base seca
L014	1	10.03	25.00	19.40	8.54	417.55
	1	10.03	25.00	19.60	8.54	402.64
	2	10.10	23.40	19.20	8.54	310.99
	2	10.10	23.40	19.10	8.54	318.40
L016	1	10.04	23.40	18.70	7.83	347.40
	1	10.04	23.40	19.80	7.83	266.09
	2	10.02	24.00	20.00	7.83	296.25
	2	10.02	24.00	19.60	7.83	325.88
L017	1	10.08	24.30	21.10	7.80	235.51
	1	10.08	24.30	21.40	7.80	213.43
	2	10.07	23.70	20.90	7.80	206.28
	2	10.07	23.70	20.60	7.80	228.38

- Malta comercial:

Tabla 15: Resultado de los ensayos de poder diastásico (en WK) de dos lotes de malta comercial.

Lotes	Macerado	Masa malta (g)	ml yodo consumido por el blanco	ml yodo consumido por la muestra	Humedad (%)	DP (WK) base seca
1	1	10.03	24.00	22.00	3.95	142.00
	1	10.03	24.00	22.00	3.95	142.00
	2	10.06	24.10	21.60	3.95	176.97
	2	10.06	24.10	21.80	3.95	162.81
2	1	10.03	23.90	22.00	4.12	135.14
	1	10.03	23.90	21.90	4.12	142.25
	2	10.04	22.50	20.80	4.12	120.79
	2	10.04	22.50	21.00	4.12	106.58

- Comparación:

Tabla 16: Valores medios finales del poder diastásico de todas las maltas estudiadas.

	DP(WK) Base seca	Desviación
Media malta Lo Vilot	297,40	70,31
Media malta comercial	141,07	22,04

9.2.3 Nitrógeno soluble (Protocolo E.B.C. 4.9).

La medida del nitrógeno soluble nos indica la cantidad de nitrógeno que se ha solubilizado tras el macerado en el mosto. Este valor nos permitirá realizar una comparación con el valor de la proteína total calculado en el anexo 9.1.2 para obtener información importante sobre la desagregación ocurrida durante el malteo y la acción de las enzimas durante el macerado.

Este ensayo se realizó sobre todos los lotes de la cervecera Lo Vilot y sobre el lote 1 y 2 de la maltería industrial.

Materiales, procedimiento y reactivos.

Para obtener el valor del nitrógeno soluble se utilizó el método Kjeldahl. Este método está descrito en el anexo 9.1.2 y se siguió el mismo protocolo con la única salvedad que la muestra a análisis es líquida y corresponde a un volumen de 5 ml de mosto tras la filtración.

Expresión de resultados:

Se puede calcular la cantidad de nitrógeno soluble en un litro de mosto como porcentaje en materia seca o como el porcentaje respecto al nitrógeno total, conocido como el índice Kolbach. Para llegar a estos valores deberemos calcular previamente el nitrógeno soluble en un litro de mosto de la siguiente forma:

$$N_V = \frac{T \cdot 14}{V \cdot 10} \cdot 1000 \quad (9)$$

Siendo:

N_V = Nitrógeno soluble contenido en un litro de mosto expresado en mg/l.

T = Cantidad de ácido consumido en la titulación en ml, teniendo en cuenta la corrección por el blanco.

14 = Peso atómico del nitrógeno.

Factor de corrección volumétrico (1000) y factor de corrección de la normalidad (10).

Para obtener el contenido de nitrógeno soluble como porcentaje de malta seca se utilizará la siguiente expresión:

$$N_S = \frac{N_V \cdot E_1}{10000 \cdot E_W} \quad (10)$$

Siendo:

N_S = Nitrógeno soluble contenido, expresado en % de malta seca (m/m).

N_V = Nitrógeno soluble contenido en un litro de mosto expresado en mg/l.

E_1 = Extracto contenido en la malta seca expresado en % (m/m).

E_W = Gramos de extracto en el mosto, expresado como gramos de extracto /100 ml de mosto.

Factor de corrección para obtener un porcentaje (10000).

Finalmente se puede expresar el contenido de nitrógeno como un porcentaje del nitrógeno total mediante el cálculo del índice de Kolbach:

$$N_K = \frac{N_S \cdot 100}{N} \quad (11)$$

Siendo:

N_K = Nitrógeno soluble contenido, expresado como porcentaje del nitrógeno total (m/m).

N_S = Nitrógeno soluble contenido, expresado en % de malta seca (m/m).

N = Nitrógeno total contenido en la malta seca en porcentaje (m/m).

Resultados:

Notas previas:

Se realizaron dos macerados distintos para cada lote según lo descrito en el apartado 9.2.1 (elaboración del mosto). Tras la filtración se tomaron muestras de mosto de ambos macerados y se realizaron las pruebas por duplicado en ambas maltas (Lo Vilot e industrial). Solamente en el caso del lote L016 de la malta Lo Vilot no se pudo hacer el ensayo de proteína soluble del primer mosto y se realizó el del segundo por triplicado.

- Malta Lo Vilot:

Tabla 17: Valores obtenidos en el ensayo de proteína soluble a la malta Lo Vilot.

Macerado	Repetición	V (ml)	N _V (mg/l)	E1 (%)	E _W (g/100 ml)	N _S (%)	N (%)	N _K (%)
L014								
3	1	2.4	672	72.94	7.02	0.70	1.89	36.92
3	2	2.1	588	72.94	7.02	0.61	1.89	32.30
4	1	2.1	588	71.45	6.89	0.61	1.89	32.27
4	2	2.2	616	71.45	6.89	0.64	1.89	33.81
L016								
4	1	2.4	672	69.49	6.76	0.69	1.95	35.42
4	2	2.2	616	69.49	6.76	0.63	1.95	32.47
4	3	2.2	616	69.49	6.76	0.63	1.95	32.47
L017								
3	1	2.2	616	73.65	6.77	0.67	1.94	34.52
3	2	2.3	644	73.65	6.77	0.70	1.94	36.09
4	1	2.0	560	72.29	6.66	0.61	1.94	31.33
4	2	2.2	616	72.29	6.66	0.67	1.94	34.46

Tabla 18: Valores medios de los ensayos de proteína soluble realizados a los distintos lotes de malta Lo Vilot.

	N _V (mg/l)	Desviación	N _S (%)	Desviación	N _K (%)	Desviación
L014	616.00	39.60	0.64	0.041	33.83	2.18
L016	634.67	32.33	0.65	0.033	33.45	1.70
L017	609.00	35.23	0.66	0.039	34.10	2.00
Valores medios de la Malta Lo Vilot	618.55	34.19	0.65	0.036	33.82	1.81

- Malta industrial:

Tabla 19: Valores obtenidos en el ensayo de proteína soluble a la malta industrial.

Macerado	Repetición	V (ml)	N _V (mg/l)	E1 (%)	E _W (g/100 ml)	N _S (%)	N (%)	N _K (%)
Lote 1								
1	1	2.4	672	87.43	8.79	0.67	1.77	37.77
1	2	2.5	700	87.43	8.79	0.70	1.77	39.34
2	1	2.3	644	86.08	8.66	0.64	1.77	36.18
2	2	2.3	644	86.08	8.66	0.64	1.77	36.18
Lote 2								
1	1	1.8	504	76.79	7.76	0.50	1.58	31.58
1	2	2.2	616	79.79	7.76	0.63	1.58	40.11
2	1	2.4	672	82.67	8.32	0.67	1.58	42.27
2	2	2.4	672	82.67	8.32	0.67	1.58	42.27

Tabla 20: Valores medios de los ensayos de proteína soluble realizados a los distintos lotes de malta industrial.

	N _V (mg/l)	Desviación	N _S (%)	Desviación	N _K (%)	Desviación
Lote 1	665.00	26.81	0.66	0.03	37.37	1.51
Lote 2	653.33	32.33	0.62	0.08	39.06	5.09
Valores medios de la Malta industrial.	660.00	27.33	0.64	0.06	38.21	3.59

- Comparación:

Tabla 21: Comparación de los valores finales de cada malta estudiada.

	N _V (mg/l)	Desviación	N _S (%)	Desviación	N _K (%)	Desviación
Valores medios de la Malta Lo Vilot	618.55	34.19	0.65	0.036	33.82	1.81
Valores medios de la Malta industrial.	660.00	27.33	0.64	0.06	38.21	3.59

9.2.4 Velocidad de filtrado (Protocolo E.B.C. 4.4.3).

Este parámetro mide la rapidez y eficacia de la torta de malta como lecho filtrante. Para obtener este valor se elaborará un mosto y se filtrará según lo expuesto en el anexo 9.2.1. Se anotarán los valores de tiempo total y volumen recuperado, con los cuales obtendremos la velocidad de filtrado en ml/min.

Interpretación de los resultados:

Según la norma el ensayo tendrá estos resultados según el valor del tiempo de filtrado obtenido:

- Menor de una hora: Filtrado correcto.
- Entre una y dos horas: Filtración lenta.
- Mayor de dos horas: Filtración muy lenta.

Resultados:

- Malta Lo Vilot:

Tabla 22: Tiempo, volumen y velocidad de filtrado de los distintos lotes de malta Lo Vilot.

	Macerado	Tiempo (min)	Volumen (ml)	Velocidad (ml/min)
L014	1	180	328	1.82
	2	180	290	1.61
	3	180	331	1.84
	4	180	325	1.81
L016	1	240	283.5	1.18
	2	240	244.5	1.02
	3	240	275	1.15
	4	240	247	1.03
L017	1	235	291	1.24
	2	235	213.5	0.91
	3	240	275	1.15
	4	240	247	1.03

Tabla 23: Valores medios de los distintos lotes de malta Lo Vilot.

Lote	Velocidad	Desviación
L014	1.77	0.106
L016	1.09	0.082
L017	1.08	0.143
Total	1.31	0.351

- Malta industrial:

Tabla 24: Tiempo, volumen y velocidad de filtrado de los distintos lotes de malta industrial.

	Macerado	Tiempo (min)	Volumen (ml)	Velocidad (ml/min)
Lote 1	1	240	312	1.30
	2	240	313	1.30
Lote 3	1	240	349	1.45
	2	240	244.5	1.02

Tabla 25: Valores medios de los distintos lotes de malta industrial.

Lote	Velocidad media	Desviación
Lote 1	1.30	0.003
Lote 3	1.24	0.308
Total	1.27	0.182

9.2.5 Extracto (Protocolo E.B.C. 4.4).

El extracto mide la cantidad de azúcares que se recuperan procedentes de la malta en el mosto. Para ello se procederá a elaborar un mosto como se indica en el apartado 9.2.1, y se medirá la gravedad específica del mismo utilizando un densímetro o aerómetro a una temperatura determinada.

Materiales:

- Mosto.
- Densímetro o aerómetro.
- Tubo de vidrio.
- Soporte.
- Termómetro.

Procedimiento:

1. Introducir el mosto el tubo de vidrio a la temperatura deseada intentando evita la formación de espuma.

2. Colocar el densímetro o aerómetro dentro de la muestra con suavidad y dejar que se estabilice. Tomar la medida y realizar corrección de temperatura si fuese necesario.
3. Vaciar el tubo, limpiar el densímetro o aerómetro con agua destilada y secarlo.

Expresión de los resultados:

Las medidas de densidad o extracto se tomarán a 20 °C, en caso de que la temperatura sea diferente y el dispositivo tenga corrección del valor por temperatura se realizará esta corrección, en caso contrario se aproximara la muestra a la temperatura objetivo lo máximo posible.

Debido a lo expuesto en el anexo 9.2.1 para le elaboración del macerado se utilizó 45 gramos de malta, en lugar de los 50 gramos que dice la norma E.B.C., y se agregó agua destilada hasta llegar a la masa de 450 gramos, esto produce una desviación en el protocolo que hay que tener en cuenta modificando la ecuación (12), ya que al utilizar menos malta se ha tenido que añadir más agua. La fórmula siguiente indica el extracto en % (m/m):

$$E_1 = \frac{P \cdot (M + 900)}{100 - P} \quad (12)$$

Siendo:

E_1 = Extracto contenido en la muestra en % (m/m).

P = Extracto contenido en el mosto, expresado en gramos de extracto en 100 gramos de mosto.

M = Contenido de humedad de la malta en % (m/m).

Cantidad de agua destilada que se añade al macerado por cada 100 gramos de malta (900 gramos).

Para cálculo del porcentaje de extracto en base seca, se utiliza la siguiente expresión:

$$E_2 = \frac{E_1 \cdot 100}{100 - M} \quad (13)$$

Resultados:

- Malta Lo Vilot:

Tabla 26: Valores obtenidos en el cálculo del extracto de la malta Lo Vilot.

Macerado	Malta (gr)	Humedad (%)	Temp (°C)	Densidad gr/ml	°P	Extracto (%)	Extracto (%) Base seca
L014							
1	45.14	8.54	22.3	1.0260	6.59	64.10	70.08
2	45.15	8.54	22.5	1.0255	6.47	62.85	68.72
3	45.37	8.54	19.7	1.0270	6.84	66.71	72.94
4	45.13	8.54	19.7	1.0265	6.71	65.35	71.45
L016							
1	45.07	7.83	20.8	1.0265	6.71	65.30	70.84
2	45.19	7.83	20.6	1.0260	6.59	64.05	69.49

3	45.05	7.83	19.7	1.0260	6.59	64.05	69.49
4	45.10	7.83	19.8	1.0260	6.59	64.05	69.49
L017							
1	45.13	7.80	20.0	1.026	6.59	64.04	69.46
2	45.07	7.80	21.0	1.0260	6.59	64.04	69.46
3	45.21	7.80	19.7	1.0275	6.96	67.91	73.65
4	45.07	7.80	19.5	1.0270	6.84	66.65	72.29

Tabla 27: Valores medios del cálculo del extracto (en % base seca) a los distintos lotes de malta Lo Vilot.

	Extracto (%) Base seca	Desviación
L014	70,80	1,81
L016	69,83	0,68
L017	71,22	2,10
Media total	70,61	1,61

- Malta industrial:

Tabla 28: Valores obtenidos en el cálculo del extracto de la malta industrial.

Macerado	Malta (gr)	Humedad (%)	Temp (°C)	Densidad gr/ml	°P	Extracto (%)	Extracto (%) Base seca
Lote 1							
1	45.11	3.95	19.5	1.034	8.50	83.97	87.43
2	45.13	3.95	20.2	1.033	8.38	82.68	86.08
Lote 2							
1	45.09	4.12	19.6	1.030	7.53	73.62	76.79
2	45.1	4.12	19.7	1.032	8.06	79.26	82.67
Lote 3							
1	45.03	4.09	20.4	1.030	7.57	74.04	77.20
2	45.31	4.09	19.7	1.032	8.10	79.69	83.08

Tabla 29: Valores medios del cálculo del extracto (en % base seca) a los distintos lotes de malta industrial.

	Extracto (%) Base seca	Desviación
1	86.75	0.95
2	79.73	4.16
3	80.14	4.16
Media total	82.21	4.42

9.2.6 Coloración y sobrecoloración.

El análisis del color del mosto mediante espectrofotometría otorga un valor objetivo a este parámetro desplazando al sistema anterior de comparación con discos coloreados.

Se puede aplicar a cualquier tipo de mosto teniendo en cuenta que si se produce un resultado de absorbancia mayor a 0.8 debemos diluir la muestra o utilizar una cubeta de menor paso.

Debido al aumento de color que se produce tras el hervido del mosto, la siguiente prueba se realizara tras el filtrado y tras la ebullición del mosto.

Materiales:

- Equipamiento para elaborar el mosto a determinar. (Ver anexo 9.2.1)
- Material de laboratorio general.
- Jeringuilla.
- Filtro de membrana de 0.45 μm . (PVDF).
- Cubetas de cristal óptico de 10 mm de paso.
- Espectrofotómetro.

Procedimiento:

1. Obtener el mosto de la manera que se indica en el anexo 9.2.1.
2. Tomar una muestra después del filtrado y otra después del hervido de unos 5 ml y filtrarla.
3. Realizar una medición de blanco con agua destilada en el espectrofotómetro a 430 nm.
4. Medir la Absorbancia de la muestra 430 nm.
5. Para la sobrecoloración repetir los pasos 2 al 4 tras hervir el mosto durante una hora y media y filtrarlo según se indica en el anexo 9.2.1.

Expresión de los resultados:

El color de la muestra vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\text{Color EBC} = 25 \cdot f \cdot \left(\frac{10}{e}\right) \cdot A_{430} \quad (14)$$

Siendo:

F = factor de dilución (En los ensayos no hubo necesidad de diluir la muestra, por lo tanto, F =1).

e = Espesor de la cubeta en mm (en este caso 10 mm).

A_{430} = Absorbancia media a 430 nm.

Expresar los resultados con dos cifras significativas.

Si se desea se puede expresar el resultado en otras escalas:

$$\text{SMR} = 0.508 \cdot \text{EBC} \quad (15)$$

$$^{\circ}\text{L} = \frac{\text{SMR} + 0.76}{1.3546} \quad (16)$$

Resultados:

- Lo Vilot:

Tabla 30: Resultados de la medida de color del mosto tras el macerado de los diferentes lotes de malta Lo Vilot.

Coloración	L014		L016		L017	
Macerado	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC
1	0.1031	2.58	0.1109	2.77	0.1276	3.19
1	0.1033	2.58	0.1110	2.78	0.1305	3.26
1	0.1034	2.59	0.1111	2.78	0.1306	3.27
2	0.1066	2.67	0.1066	2.67	0.1262	3.16
2	0.1074	2.69	0.1063	2.66	0.1264	3.16
2	0.1069	2.67	0.1062	2.66	0.1266	3.17
3	0.1118	2.80	0.1204	3.01		
3	0.1120	2.80	0.1203	3.01		
3	0.1122	2.81	0.1204	3.01		
4	0.1082	2.71	0.1165	2.91		
4	0.1082	2.71	0.1166	2.92		
4	0.1083	2.71	0.1166	2.92		
Media		2.69		2.84		3.20
Desviación		0.08		0.14		0.05

Tabla 31: : Resultados de la medida de color del mosto tras la ebullición del mosto de los diferentes lotes de malta Lo Vilot.

Sobrecoloración	L014		L016		L017	
Macerado	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC
1	0.1645	4.11	0.1316	3.29	0.1902	4.76
1	0.1647	4.12	0.1319	3.30	0.1904	4.76
1	0.1649	4.12	0.1320	3.30	0.1907	4.77
2	0.1627	4.07	0.1264	3.16	0.1769	4.42
2	0.1634	4.09	0.1264	3.16	0.1766	4.42
2	0.1628	4.07	0.1264	3.16	0.1766	4.42
3	0.1684	4.21	0.1672	4.18		
3	0.1687	4.22	0.1685	4.21		
3	0.1693	4.23	0.1690	4.23		
4	0.1615	4.04	0.1640	4.10		
4	0.1612	4.03	0.1644	4.11		
4	0.1611	4.03	0.1645	4.11		
Media		4.11		3.69		4.59
Desviación		0.07		0.49		0.19

Tabla 32: Resumen de la variación de coloración en la malta Lo Vilot.

	Color	Sobrecoloración	Aumento en %	Δ Unidades EBC
L014	2.69	4.11	52.8	+ 1.42
L015	2.84	3.69	30.0	+ 0.85
L016	3.20	4.59	43.4	+ 1.39
Media Total	2.85	4.04	41.6	+ 1.19
Desviación	0.215	0.462		

- Maltería industrial:

Tabla 33: Resultados de la medida de color del mosto tras el macerado de los diferentes lotes de malta Lo industrial.

Coloración	Lote 1		Lote 2			
	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC
1	0.1436	3.59	0.1366	3.42	0.1890	4.73
1	0.1433	3.58	0.1369	3.42	0.1894	4.74
1	0.1433	3.58	0.1369	3.42	0.1894	4.74
2	0.1405	3.51	0.1356	3.39		
2	0.1408	3.52	0.1366	3.42		
2	0.1410	3.53	0.1368	3.42		
Media		3.55		3.41		4.73
Desviación		0.04		0.01		0.01

Tabla 34: : Resultados de la medida de color del mosto tras la ebullición del mosto de los diferentes lotes de malta Lo industrial.

Sobrecoloración	Lote 1		Lote 2	
	A ₄₃₀	Color EBC	A ₄₃₀	Color EBC
1	0.2110	5.28	0.2173	5.43
1	0.2110	5.28	0.2169	5.42
1	0.2104	5.26	0.2172	5.43
2	0.2069	5.17	0.2045	5.11
2	0.2064	5.16	0.2045	5.11
2	0.2068	5.17	0.2043	5.11
Media		5.22		5.27
Desviación		0.06		0.17

Tabla 35: Resumen de la variación de coloración en la malta industrial.

	Color	Sobrecoloración	Aumento en %	Δ Unidades EBC
Lote 1	3.55	5.22	46.9	+ 1.67
Lote 2	3.41	5.27	54.3	+ 1.86
Lote 3	4.73			
Media Total	3.73	5.24	40.5	+ 1.51
Desviación	0.521	0.13		

9.2.7 pH del macerado.

El control del pH es fundamental que debe controlarse a lo largo del proceso cervecero.

Se tomarán medidas de pH después de la filtración del mosto cuando esté a una determinada temperatura de referencia, normalmente 20 °C. Adicionalmente a este estudio se controlará el pH después del hervido.

Materiales:

- pH-metro con sensor de temperatura y agitación magnética.
- Soluciones de calibrado estandarizadas.
- Imanes.

Procedimiento:

1. Comprobar que el equipo este calibrado, en caso contrario hacerlo.
2. Limpiar el electrodo con agua destilada.
3. Colocar un imán dentro de la muestra y anotar el valor obtenido junto a la temperatura de medida.

Expresión de los resultados:

Representar los valores obtenidos con dos cifras significativas indicando la temperatura a la que estaba la muestra durante la medición, preferiblemente 20°C.

Resultados:

- Malta Lo Vilot:

Tabla 36: Resultados de la medida del pH del mosto en diferentes lotes de malta Lo Vilot.

Macerado	pH mosto	Temperatura (°C)	pH tras hervido	Temperatura (°C)
L014				
1	5.91	20.2	5.83	19.9
2	5.94	20.3	5.88	19.3
3	5.98	20.1	5.80	19.6
4	5.94	20.1	5.81	20.5
L016				
1	5.90	18.9	5.86	19.3
2	5.87	21.1	5.82	20.7
3	5.90	20.5	5.96	20.7
4	5.80	19.6	5.81	21.0
L017				
1	6.12	19.3	5.89	18.6
2	5.94	18.3	5.84	20.5
3	5.85	20.2		
4	5.90	20.7		

Tabla 37: Valores medios de la medida de pH de los diferentes lotes de la malta Lo Vilot,

	pH mosto	pH tras el hervido
L014	5.94	5.83
L016	5.87	5.86
L017	5.95	5.87
Media	5.92	5.85
Desviación	0.079	0.049

- Malta industrial:

Tabla 38: Resultados de la medida del pH del mosto en diferentes lotes de malta industrial.

Macerado	pH mosto	Temperatura (°C)	pH tras hervido	Temperatura (°C)
Lote 1				
1	5.84	20.3	5.74	19.5
2	5.89	20.2	5.76	20.5
Lote 2				
1	5.77	19.9	5.74	19.5
2	5.86	19.7	5.69	19.3
Lote 3				
1	5.55	20.2		
2	5.72	20.0		

Tabla 39: Valores medios de la medida de pH de los diferentes lotes de la malta industrial,

	pH mosto	pH tras el hervido
Lote 1	5.87	5.75
Lote 2	5.82	5.72
Lote 3	5.64	
Media	5.77	5.73
Desviación	0.125	0.030

9.2.8 Viscosidad.

La medida de viscosidad se puede realizar a cualquier tipo de mosto mediante el uso de un viscosímetro. La toma de la muestra se hará después del filtrado del mosto, en este caso se sigue el método descrito en el apartado 9.2.1.

Para garantizar un valor exacto de la viscosidad se debería disponer de un equipo que garantice la medida a una temperatura constante de la muestra o introducir el dispositivo en un baño con temperatura controlada. Al no disponer de ninguno de esas opciones el ensayo se realizó a temperatura ambiente.

Materiales:

- Viscosímetro del tipo Cannon-Fenske con certificación de sus constantes.
- Trompa o jeringa para hacer el vacío.

- Tubos de goma flexibles.
- Soporte con pinzas.
- Agua destilada y acetona para la limpieza.
- Material general de laboratorio.
- Cronometro.

Procedimiento:

1. Atemperar la muestra a la temperatura deseada, en este caso la ambiente.
2. Invertir el viscosímetro (que estará limpio y seco) e introducir la mezcla mediante succión por las gomas hasta la marca indicada.
3. Pinzar las gomas y girar el aparato a su posición normal.
4. Quitar el pinzamiento y dejar que el líquido fluya.
5. Anotar los tiempos que necesita el fluido para pasar por las marcas.
6. Limpiar y secar el dispositivo antes de una nueva medida con agua destilada, luego acetona y finalmente si fuera necesario, aire comprimido.

Expresión de los resultados:

Los resultados vendrán dados por las siguientes ecuaciones y se expresarán con dos cifras significativas:

$$\text{Viscosidad cinemática (en centistokes)} = c_{\text{viscosímetro}}(T_{\text{emp}}) \cdot t \quad (17)$$

$$\text{Viscosidad absoluta (en mPa} \cdot \text{s)} = c_{\text{viscosímetro}}(T_{\text{emp}}) \cdot d \cdot t \quad (18)$$

Siendo:

$c_{\text{viscosímetro}}(T_{\text{emp}})$: Constante del viscosímetro. Es una función de la temperatura y viene dada por el fabricante. En el caso que para la temperatura deseada no esté indicado el valor correspondiente de la constante, se buscare mediante ajuste lineal.

t: Tiempo en segundos.

d: Densidad en g/ml del mosto a la temperatura del ensayo.

Los datos del viscosímetro del laboratorio son:

Viscosímetro : Modelo Cannon-Fenske
Referencia: 27597

1. Bulbo inferior:

$c_{\text{viscosímetro}}$ a 37,78 °C: 0,003177

$c_{\text{viscosímetro}}$ a 50,00 °C: 0,003180

$c_{\text{viscosímetro}}$ a 98,89 °C: 0,003193

$$C_{\text{viscosímetro}}(T_{\text{emp}}) = 2,629888E-07 \cdot t + 3,166969E-03$$
$$R^2 = 0,9998363$$

2. Bulbo superior:

Cviscosímetro a 37,78 °C: 0,002290

Cviscosímetro a 50,00 °C: 0,002293

Cviscosímetro a 98,89 °C: 0,002305

$$C_{\text{viscosímetro}}(T_{\text{emp}}) = 2,454561E-07x + 2,280727E-03$$
$$R^2 = 1,000000$$

El modelo de viscosímetro utilizado en las medidas disponía de un doble bulbo de medición calibrado, con los cuales se obtenían dos resultados en cada medición.

Resultados:

Notas previas: Se excluyo de los resultados finales el macerado 2 de la malta L017 de Lo Vilot al considerarse un dato discrepante.

Al no disponer de un baño para controlar la temperatura se estimó la temperatura de todos los ensayos como la media entre la temperatura inicial de la muestra de mosto y la final tras la medida.

- Malta Lo Vilot:

Tabla 40: Resumen de los datos obtenidos en el ensayo de viscosidad de las diferentes maltas de Lo Vilot.

L014						
Macerado	1	2	3	4	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	404	437	424	417		
Tiempo bulbo superior (s)	561	609	593	584		
T° ensayo (°C)	20.65	21.05	21.2	21.55		
Densidad (g/ml)	1.0255	1.026	1.027	1.0265		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.28	1.39	1.35	1.32	1.33	0.044
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.31	1.42	1.38	1.36	1.37	0.045
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.28	1.39	1.36	1.34	1.34	0.046
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.32	1.43	1.39	1.37	1.38	0.047
L016						
Macerado	1	2	3	4	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	436	396	427	409		
Tiempo bulbo superior (s)	605	555	597	582		
T° ensayo (°C)	22.35	23.5	21.7	21.8		
Densidad (g/ml)	1,027	1,026	1,026	1,026		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.38	1.26	1.35	1.30	1.32	0.057
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.42	1.29	1.39	1.33	1.36	0.059
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.38	1.27	1.36	1.33	1.34	0.050
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.42	1.30	1.40	1.37	1.37	0.052
L017						
Macerado	1	2	3	4	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	429	716	459	439		
Tiempo bulbo superior (s)	601	1100	652	616		
T° ensayo (°C)	21.75	22.15	22.3	21.35		
Densidad (g/ml)	1.026	1.026	1.0275	1.027		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.36	2.27	1.46	1.39	1.40	0.049
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.40	2.33	1.50	1.43	1.44	0.051
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.37	2.51	1.49	1.41	1.42	0.060
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.41	2.58	1.53	1.45	1.46	0.063

- Malta industrial:

Tabla 41: : Resumen de los datos obtenidos en el ensayo de viscosidad de las diferentes maltas de la maltería industrial.

Lote 1				
Macerado	1	2	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	417	406		
Tiempo bulbo superior (s)	573	564		
T° ensayo (°C)	22.15	22.45		
Densidad (g/ml)	1.038	1.033		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.32	1.29	1.31	0.025
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.37	1.33	1.35	0.030
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.31	1.29	1.30	0.015
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.36	1.33	1.35	0.020
Lote 2				
Macerado	1	2	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	444	487		
Tiempo bulbo superior (s)	636	687		
T° ensayo (°C)	20.6	21.0		
Densidad (g/ml)	1.038	1.032		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.41	1.55	1.48	0.096
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.46	1.59	1.53	0.094
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.45	1.57	1.51	0.082
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.51	1.62	1.56	0.079
Lote 3				
Macerado	1	2	Media	Desviación
Tiempo bulbo inferior (s)	423	424		
Tiempo bulbo superior (s)	595	597		
T° ensayo (°C)	21.35	21.9		
Densidad (g/ml)	1.030	1.032		
Viscosidad cinemática inferior (csk)	1.34	1.35	1.34	0.002
Viscosidad absoluta inferior (mPa·s)	1.38	1.39	1.39	0.004
Viscosidad cinemática superior (csk)	1.36	1.36	1.36	0.003
Viscosidad absoluta superior (mPa·s)	1.40	1.41	1.40	0.005

- Comparación:

Tabla 42: Resumen de los valores de viscosidad medios obtenidos en los ensayos.

	Media de la viscosidad cinemática (mPa·s)	Desviación
Lo Vilot	1.39	0.60
Industrial	1.43	0.097

9.2.9 FAN (Free amino nitrogen).

Para la determinación de nitrógeno asimilable se realizó la prueba del índice de formol. En este ensayo se adiciona al mosto formaldehído en exceso a un pH determinado. Este último compuesto bloquea la función amino y permite al aminoácido o al ion amonio liberar un protón. Una valoración potenciométrica con sosa nos permitirá calcular el índice de formol y con este los mg/L de nitrógeno asimilable por las levaduras que tiene la muestra.

Hay que destacar que este método es sensible al ion amonio y a aminoácidos primarios, no es específico con aminoácidos con grupos aminos secundarios y es efectivo parcialmente con algunos, como la prolina e hidroxiprolina.

Materiales:

- Mosto.
- pH-metro calibrado y con posibilidad de medida en continuo.
- Bureta y soporte para valorar.
- Imán y vasos de precipitados.
- Solución de formaldehído al 37%.
- Soluciones de sosa 0.25 M y 0.025 M para ajustar pH.

Procedimiento:

- 1) Ajustar a solución de formaldehído a pH 8.1.
- 2) Ajustar una muestra de 25 ml de mosto a pH 8.1.
- 3) Adicionar a la muestra 10 ml de la solución de formaldehído ajustada y mezclar.
- 4) Dejarlo reposar durante un minuto a temperatura ambiente y valorar con la disolución de sosa 0.025 M hasta que vuelva al pH inicial (8.1).
- 5) Anotar el valor de sosa 0.025 M en ml consumido.

Expresión de los resultados:

El índice de formol se obtendrá de la siguiente manera:

$$\text{Índice de formol (adimensional)} = \text{ml de NaOH consumidos en la valoración.} \quad (19)$$

El contenido de nitrógeno asimilable por la levadura vendrá dado por la siguiente relación:

$$\text{Nitrógeno asimilable (mg de nitrógeno/litro)} = 14 \cdot \text{índice de formol.} \quad (20)$$

Resultados:

- Lo Vilot:

Tabla 43: Valores obtenidos en el ensayo de nitrógeno amínico libre de los distintos lotes de malta Lo Vilot.

Macerado	NaOH consumido (ml)	Nitrógeno asimilable (mg de N/L)
L014		
3	10.2	142.8
4	10.0	140.0
Media		141.4
L016		
3	10.0	140.0
4	10.4	145.6
Media		142.8
L017		
3	9.2	128.8
4	10.0	140.0
Media		134.4

- Maltería industrial:

Tabla 44: Valores obtenidos en el ensayo de nitrógeno amínico libre de los distintos lotes de malta industrial.

Macerado	NaOH consumido (ml)	Nitrógeno asimilable (mg de N/L)
Lote 1		
1	9.5	133.0
2	9.9	138.6
Media		135.8
Lote 2		
1	8.6	120.4
2	9.3	130.2
Media		125.3
Lote 3		
1	10.0	140.0
2	9.3	130.2
Media		135.1

- Comparación:

Tabla 45: Resumen de los valores medios de F.A.N. obtenidos en todas las muestras analizadas.

	Media	Desviación
Lo Vilot	139.53	5.72
Industrial	132.07	7.07

9.2.10 Atenuación límite (Protocolo E.B.C. 8.4).

Mediante este análisis se obtendrá la proporción de azúcares que han fermentado respecto al total que se consiguieron recuperar de la malta mediante el macerado. Se utilizará el mosto descrito en el apartado 9.2.1, filtrado, hervido y atemperado a 20 °C.

Materiales:

- Mosto a analizar.
- Erlenmeyer de 500 ml con tapón y borboteador.
- Imán.
- Placa con agitación magnética.
- Levadura cervecera de panificación.
- Aerómetro o densímetro.
- Tubo para medida de extracto.
- Soporte y pinzas.
- Papel de filtro.
- Embudo
- Material general de laboratorio.

Procedimiento:

1. Medir el extracto del mosto tras la ebullición a 20 °C (o en su defecto corregir la medida si es a otra temperatura) y anotar el valor.
2. En el Erlenmeyer añadir 15 gramos de levadura y la cantidad de mosto deseada para la fermentación.
3. Introducir el imán en el matraz y cerrar con el tapón con borboteador.
4. Dejar que la fermentación siga su curso durante al menos 40 horas con agitación continua.
5. Parar la agitación y filtrar.
6. Medir el extracto tras la fermentación con el aerómetro o densímetro a 20°C.

Expresión de los resultados:

La medida de los extractos debe obtenerse en grados platos a 20 °C y el resultado final será un porcentaje con un decimal.

$$\text{Atenuación límite (\%)} = \frac{(E_0 - E_F)}{E_0} \quad (21)$$

Siendo:

E_0 = Extracto inicial antes de fermentar expresado en °P a 20 °C.

E_F = Extracto final después de fermentar expresado en °P a 20 °C.

Resultados:

Tabla 46: Valores obtenidos para en el ensayo de atenuación límite de los distintos lotes de malta tanto Lo Vilot como industrial.

Lote	Macerado	E ₀ (°P)	T ₀ (°C)	E _F (°P)	T _F (°C)	Atenuación límite (%)
Lo Vilot						
L014	1	6.47	20.0	1.55	20.4	76.04
	3	6.84	19.7	1.64	20.1	76.02
Media						76.03
L016	1	6.84	19.6	1.88	19.5	72.51
	3	6,59	19,7	2,4	19,3	63,58
Media						68.05
L017	1	6.59	20.0	1.54	20.5	76.63
Industrial						
Lote 1	1	8.50	19.5	2.47	20.0	70.94
Lote 2	2	8.06	19.7	2.34	20.0	70.97
Media						70.96

- Comparación:

Tabla 47: Resumen de los valores medios obtenidos en el ensayo de atenuación límite.

Atenuación límite (%)	Media	Desviación
Lo Vilot	72.96	5.489
Industrial	70.96	0.021