



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DESARROLLO DE UN MÉTODO DE MALTEADO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN
DE MALTA TIPO PILSEN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía
MSc. Pablo Santiago Moncayo Moncayo

Autor
Xavier Nicolás Arroyo León

Año
2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Pablo Santiago Moncayo Moncayo
Master Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial
CI: 1712367505

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Viviana del Rocío Yáñez Mendizábal
Doctora en Ciencias Agrícolas y de Alimentos
CI: 1710469782

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Xavier Nicolás Arroyo León
C.I. 1713546214

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres, por su apoyo incondicional. Gracias a mis profesores, por compartir su conocimiento. Gracias a mis amigos, por estar a mi lado. Gracias a la Gato Ferro y su hermosa familia por todo su amor.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Pilar León Gándara, mi mamá. Quisiera darte el mundo entero y más. Gracias por ser mi ejemplo a seguir todos los días.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo establecer un método eficiente para la obtención de una malta tipo Pilsen usando como materia prima amaranto nacional (*Amaranthus caudatus*) variedad "Alegría". Se evaluó el efecto de 27 tratamientos térmicos distintos sobre la malta verde de amaranto durante el malteado en las concentraciones de sólidos solubles (azúcares) y la calidad posterior de los mostos. La malta verde de amaranto fue sometida a tres niveles de secado (50, 60 o 70 °C durante seis horas), tres niveles de tostado inicial (65, 70 o 75 °C durante una hora) y tres niveles de curado o tostado final (70, 80 o 90 °C durante media hora). En base a la concentración de sólidos solubles en grados Brix y pH de los mostos realizados con un porcentaje de malta de amaranto se determinó que los tres mejores tratamientos térmicos fueron: secado a 60 °C durante seis horas, tostado inicial a 75 °C durante una hora, tostado final a 80 °C durante media hora, secado a 60 °C durante seis horas, tostado inicial a 75 °C durante una hora, tostado final a 90 °C durante media hora, secado a 70 °C durante seis horas, tostado inicial a 65 °C durante una hora, tostado final a 70 °C durante media hora. Con estos resultados se elaboraron mostos cerveceros a partir de la malta de amaranto para evaluar su calidad en variación de pH, grados Brix, crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y producción alcohólica. Se determinó que los mostos elaborados con la sustitución de malta de cebada en un 20% por malta de amaranto presentaron resultados más satisfactorios con rango entre 5,6 a 5,9 de pH y sobre 9,2 grados Brix (es decir, una mayor extracción de sólidos solubles y azúcares fermentables). Los resultados demostraron que el tratamiento con un secado inicial a 70 °C durante seis horas, tostado inicial a 60 °C durante una hora y curado a 70 °C durante media hora fue el mejor comparado con el mosto testigo preparado solamente con la malta de cebada. En este tratamiento se determinó que aun cuando se mantuvo la misma humedad que la malta de la cebada, se obtuvo un mosto con mayor índice de extracción (Brix) y un pH dentro de los parámetros establecidos por la EBC para una cerveza tipo Pilsen (5,7-5,9). Por otro lado, este tratamiento presentó el mejor rendimiento como sustrato para el crecimiento de la levadura cervecera, *Saccharomyces*

cerevisiae y su correcta acción sobre el mosto que al cabo de nueve días de fermentación primaria resulto en una cerveza “verde” con 4,1% de alcohol. Estos resultados demuestran que si es posible obtener una cerveza tipo Pilsen utilizando malta de amaranto.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish an efficient method to obtain a Pilsen type malt using amaranth (*Amaranthus caudatus*) variety "Alegria". The effect of 27 different heat treatments on the green malt of amaranth during malting was evaluated in terms of soluble solids (sugars) and pH of the brewing musts obtained using each of the different malts. The green amaranth malt was subjected to three levels of drying (50, 60, or 70 °C for six hours), three levels of initial roasting (65, 70, or 75 °C for one hour) and three levels of curing or Final roasting (70, 80, or 90 °C for half an hour). Based on the concentration of soluble solids measured in Brix and the pH of these musts made with a percentage of amaranth malt, the three best thermal treatments were determined to be S2: TI3: TF2 (Drying at 60 °C for six hours, initial roasting at 75 °C for one hour, final roasting at 80 °C for half an hour), S2: TI3: TF3 (Drying at 60 °C for six hours, initial roasting at 75 °C for one hour, final roasting at 90 °C For half an hour), S3:TI1:TF1 (dried at 70 °C for 6 hours, initial roasting at 65 °C for 1 hour, final roasting at 70 °C for half an hour). With these results, brewer's musts were made from amaranth malt to evaluate their quality in pH variation, Brix grades, *Saccharomyces cerevisiae* growth and alcohol production. It was determined that the musts produced with the substitution of malt of barley in 20% per malt of amaranth presented more satisfactory results of 5,6 to 5,9 pH and 9,2 Brix degrees (that resulted in a higher soluble solids extraction and thus fermentable sugars). The results showed that the treatment with an initial drying at 70 °C for six hours, initial roasting at 60 °C for one hour and curing at 70 °C for half an hour were the best compared to the control wort prepared only with barley. In this treatment, it was determined that even when the same moisture content as the barley malt was maintained, a wort with a higher extraction index (Brix) and a pH within the parameters established by the EBC for a Pilsen beer (5,7-5,9). On the other hand, this treatment presented the best yield as a substrate for the growth of brewer's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* and its correct action on the must after nine days of primary fermentation resulted in a "green" beer with 4,1% alcohol. These results show that if it is possible to obtain a Pilsen beer using amaranth malt.

ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	3
1.2	Formulación del problema.....	4
1.2.1	Objetivo General.....	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
1.2.3	Hipótesis.....	5
2.	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Etapas del proceso para la elaboración de cerveza.....	6
2.2	El proceso de malteado.....	9
2.2.1	Tratamientos previos y remojo.....	9
2.2.2	Aireación.....	11
2.2.3	Germinación.....	11
2.2.4	Secado y curado.....	13
2.2.5	Limpieza y clasificación.....	15
2.3	Malta tipo Pilsen.....	16
2.4	El Amaranto.....	16
3.	CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1.	Ensayos preliminares en semilla de amaranto.....	19
3.1.1	Pruebas de germinación.....	19
3.1.2	Pruebas preliminares de tiempo de germinación.....	19
3.1.3	Pruebas preliminares de secado y tostado.....	20
3.1.4	Pruebas preliminares de sustitución de malta de amaranto.....	20
3.2	Lugar de ejecución.....	20
3.3	Materia Prima.....	20
3.4	Control de calidad de materia prima.....	21
3.4.1	Grado de calidad del grano.....	21
3.5	Diseño experimental.....	21

3.5.1	Unidad experimental	21
3.5.2	Factores y niveles	21
3.5.3	Tratamientos	22
3.5.4	Características del diseño.....	23
3.5.5	Análisis estadístico	24
3.6	Métodos de análisis	24
4.	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Experimentos preliminares en semilla de amaranto.....	27
4.1.1.	Porcentaje germinación	27
4.1.2.	Tiempo de germinación	27
4.1.3.	Pruebas de secado y tostado	28
4.1.4.	Sustitución de malta de amaranto.....	28
4.2	Análisis proximal para el amaranto malteado.....	29
4.2.1	Análisis de humedad.....	29
4.2.2	Análisis estadístico: Humedad.....	30
4.2.3	Análisis de varianza: Humedad.....	30
4.2.4	Interpretación ANOVA: Humedad.....	31
4.2.5	Resumen de comparación múltiple de medias: Humedad.....	31
4.2.6	Interpretación de comparación múltiple de las medias: Humedad....	32
4.2.7	Discusión del factor de humedad y la calidad de las maltas	32
4.3	Análisis físico-químico para mostos cerveceros	33
4.3.1	Análisis de pH.....	33
4.3.2	Análisis de grados Brix	37
4.2.3	Discusión de parámetros físico-químicos	40
4.3	Análisis microbiológico de los mostos seleccionados	41
5.	CAPÍTULO V CONCLUSIONES	
	Y RECOMENDACIONES	46
5.1	Conclusiones.....	46
5.2	Recomendaciones	47

REFERENCIAS	48
ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis proximal de Amaranto variedad "Alegría"	18
Tabla 2 Factores y Niveles.....	21
Tabla 3 Diagramación de tratamientos	22
Tabla 4 ANOVA Diseño factorial 3x3	24
Tabla 5 Resultados pruebas preliminares de germinación	27
Tabla 6 Grados Brix del mosto en función al tiempo de germinación de la malta verde de amaranto	28
Tabla 7 Maltas: Humedad.....	29
Tabla 8 Diseño completamente al azar en arreglo factorial 3x3+1 con tres repeticiones: Humedad	30
Tabla 9 ANOVA: Humedad.....	30
Tabla 10 Análisis de pH de los mostos experimentales.....	33
Tabla 11 Caso 2: Diseño completamente al azar en arreglo factorial 3x3+1 con dos repeticiones pH.....	34
Tabla 12 ANOVA pH.....	35
Tabla 13 Análisis de grados Brix.....	37
Tabla 14 Caso 3: Diseño completamente al azar en arreglo factorial 3x3+1 con dos repeticiones Brix	38
Tabla 15 ANOVA Brix	39
Tabla 16 pH de los mostos experimentales inoculados al inicio y final del ensayo.....	44
Tabla 17 Grados Brix de los mostos experimentales inoculados al inicio y final del ensayo	44
Tabla 18 Densidad Original, Final y Alcohol/Vol de los mostos experimentales	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Análisis de medias significativas humedad..	32
Figura 2 Análisis de medias significativas para pH.....	36
Figura 3 Análisis de medias significativas Brix..	40
Figura 4 Curva de crecimiento logarítmica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en Mosto experimental S2:T13:TF2.	42
Figura 5 Curva de crecimiento logarítmica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en Mosto experimental S2:T13:TF3.	42
Figura 6 Curva de crecimiento logarítmica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en Mosto experimental S3:T11:TF1.	43
Figura 7 Curva de crecimiento logarítmica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en Mosto experimental Control.	43
Figura 8 <i>Comparación de curvas de crecimiento de Saccharomyces cerevisiae en los distintos mostos experimentales</i>	44

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Además del pan y el vino, la cerveza es uno de los productos alimenticios más antiguos elaborados y consumidos por el hombre. Los records arqueológicos han demostrado que la primera receta para la elaboración de cerveza se remonta al año 4000 antes de Cristo siendo los sumerios los primeros en elaborar una bebida fermentada a base de cebada malteada con características de similares a la cerveza como la conocemos hoy en día (Briggs, Boulton, Brookes, & Stevens, 2004, p. 89). Esta evidencia es considerada como la primera aplicación de biotecnología agroindustrial para la obtención de malta y la elaboración de las primeras cervezas.

La cerveza, más allá de ser una bebida alcohólica es un alimento balanceado y nutritivo. Esto se debe a que contiene una gama de sustancias necesarias para nuestro organismo como: agua, sales minerales, vitaminas, aminoácidos, malto dextrina, enzimas, antioxidantes y fibra (Passaghe, 2014, p. 47). De acuerdo a diferentes estudios científicos, el consumo moderado de cerveza ha demostrado ser beneficioso para la salud. Según datos reportados por Romeo, y colaboradores (2007) el consumo hasta tres vasos de cerveza diarios ayuda a disminuir la concentración de colesterol (LDL), mejora la acción del sistema inmunológico y reduce el riesgo de enfermedades cardíacas, especialmente en mujeres.

En el Ecuador la industria cervecera ha cambiado mucho en años recientes debido a la introducción y popularización de cervezas artesanales al mercado versus a las tradicionalmente consumidas. El consumidor, hoy en día, tiene nuevas exigencias y se ha demostrado que en años recientes la demanda por productos libres de gluten se ha disparado a nivel mundial. La cerveza, elaborada tradicionalmente a partir de cebada y trigo, es uno de los primeros alimentos prohibidos para personas que padecen de la enfermedad celiaca. Se estima que el 2% de la población mundial sufre de la enfermedad Celiaca (Catassi, 2005, p.171); lo cual significa que solo en el Ecuador alrededor de 314800 personas sufren de este trastorno digestivo y son consumidores

potenciales para este tipo de producto. Según datos reportados por la revista Líderes (2016), a pesar del éxito de estas nuevas cervecerías, estas solo llegan a una inclusión del mercado nacional del 0,52%. Sin embargo la participación por parte de las cervecerías artesanales en el mercado cervecero nacional está aumentando rápidamente dada la popularidad y demanda creciente. La competencia entre las decenas de cervecerías artesanales y comerciales es ardua y las innovaciones empleadas por cada una de ellas para destacar sus productos son factores críticos de éxito.

Entre las alternativas viables en la industria cervecera para satisfacer la demanda de productos libres de gluten se encuentra el uso de pseudocereales como el amaranto. Según datos reportados por Passaghe (2014, p. 37) la quinua, sorgo y amaranto son materias primas promisorias para la obtención malta y cerveza libre de gluten. Adicionalmente, la cerveza no es el único producto que se elabora con malta, existen productos como café de malta, dulces, bizcochos, panes, tortas, whiskey, vinagre, etc. Al crear alternativas de consumo de este grano milenario andino, se fomenta la soberanía alimentaria y el desarrollo rural del país.

Con esta base científica, el objetivo de la presente investigación fue desarrollar una metodología para la obtención de malta de calidad, tipo Pilsen, a partir de amaranto nacional *Amaranthus caudatus* variedad "Alegría". Para lo cual se realizaron experimentos piloto de micromalteado de amaranto y determinaron las mejores condiciones para la germinación uniforme del grano. Además se realizó un ensayo para determinar el tiempo óptimo de germinación en función a las concentraciones de sólidos solubles medidas en grados Brix del mosto obtenido de la malta verde al transcurrir 8, 24, 48 y 72 horas. El tiempo óptimo de germinación fue de 48 horas. Posteriormente se realizaron pruebas de secado y tostado de la malta verde para seleccionar los tratamientos térmicos más eficientes. Se secó la malta verde aplicando los 27 tratamientos térmicos distintos para obtener diferentes tipos de maltas de amaranto. Primero se realizó un ensayo para determinar la humedad de cada una de estas maltas. Después, se elaboraron los mostos, con sustitución parcial de la malta de

cebada por malta de amaranto (20%, 30%, 40%, 50%) para determinar una relación que permita la obtención de un mosto cervecero con parámetros similares al control—midiendo el pH y las concentraciones de sólidos solubles en grados Brix de cada ensayo. Posteriormente se elaboraron 27 mostos cerveceros utilizando la malta de amaranto proveniente de cada tratamiento térmico establecido en el diseño experimental y se midieron el pH y grados Brix de cada uno. En base a estas determinaciones se escogieron los tratamientos más similares al grupo control, elaborado con 100% malta de cebada, con una sustitución parcial del 20% para la determinación de su viabilidad para el crecimiento de la levadura cervecera, *Saccharomyces cerevisiae*.

1.1 Antecedentes

En la actualidad dentro de la industria cervecera se ha incrementado el uso de materias primas alternativas para la elaboración de adjuntos cerveceros. En países como Chile y Perú estos adjuntos cerveceros corresponden a granos andinos como la quinua. En estudios conducidos por Rodríguez (2015, p. 133) se demostró que la sustitución parcial de malta de cebada por quinua entre el 25 al 50% reduce el grado de extracción durante la maceración, produce un mosto con un pH elevado, bajo índice de fermentación y una cerveza con excepcional retención de espuma. De forma similar, Valenzuela (2007, p. 172) indicó que una sustitución parcial de malta de cebada por quinua resulta en un mosto con menor índice de fermentación, pH elevado, con mala capacidad de retención de espuma y carbonatación. Aun cuando en ambas investigaciones la sustitución fue del grano de cebada por quinua resultó en una cerveza de mala calidad a diferencia de la tradicional el proceso se condujo con granos sin maltear y sin un tratamiento previo para eliminar las saponinas presentes en este pseudocereal. Investigaciones realizadas por Passaghe (2014, p. 67) establecieron que existe una relación entre la estabilidad coloidal de cervezas elaboradas con adjuntos no tradicionales como quinua, amaranto, mijo y sarraceno. La cerveza con una sustitución del 20% de malta de amaranto resulto tener un bajo grado de extracción, pH elevado, pobre retención de

espuma y bajo índice de fermentación y sustituciones mayores tuvieron resultados aún más negativos.

1.2 Formulación del problema

En la actualidad el proceso de producción de cerveza incorporando materias primas alternativas, como el amaranto, va en progreso. En países como Estados Unidos y Alemania son los principales importadores de amaranto como materia prima para elaboración y comercialización de productos con valor agregado (Passaghe, 2014, p. 87). En el Ecuador la subutilización del amaranto va en incremento comparado con países vecinos como Bolivia y Perú. Debido a esto es necesario desarrollar alternativas de consumo de este grano andino milenario e incentivar la siembra y mejora de este pseudocereal con altísimo potencial para ingresar a mercados internacionales.

La industria maltera en el Ecuador está restringida a las grandes cervecerías que se ven forzadas a importar malta de Argentina y Canadá. El uso de estas maltas importadas se debe a que la cebada nacional es de baja calidad por lo cual el proceso de malteado local se realiza mezclando ambas materias primas (La Hora, 2013). En el caso de las cervecerías artesanales, en su gran mayoría, utilizan malta importada de Bélgica y Alemania de mayor calidad. Sin embargo, el costo de maltas importadas es mucho mayor a la materia prima nacional y por ende aumenta el costo de elaboración para este tipo de cervezas. En este contexto la búsqueda de materias primas, como la malta proveniente del Amaranto, puede ser una alternativa viable para satisfacer esta demanda.

Al desarrollar un método para la obtención de maltas cerveceras de amaranto de alta calidad, con buena actividad enzimática, es posible reducir los costos de producción y mejorar la calidad nutritiva y estabilidad coloidal de la cerveza local. Además, estos ensayos pueden ser el primer paso para la obtención de cervezas libres de gluten.

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un método de malteado para la obtención de malta de amaranto tipo Pilsen.

1.2.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los tratamientos térmicos en la malta verde de amaranto, durante el malteado.

Identificar el tratamiento térmico que permite obtener malta seca de amaranto de características similares a la malta de cebada tipo Pilsen.

Evaluar los mostos obtenidos a partir de las diferentes maltas obtenidas como sustratos para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*.

1.2.3 Hipótesis

H1

El efecto de los distintos tratamientos térmicos permitirá obtener una malta seca de amaranto con características similares a la malta de cebada tipo Pilsen.

Ho

El efecto de los distintos tratamientos térmicos no permitirá obtener una malta seca de amaranto con características similares a la malta de cebada tipo Pilsen.

2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Etapas del proceso para la elaboración de cerveza

Los dos procesos más importantes en la producción de cerveza son la degradación del almidón a azúcares fermentables durante la maceración, seguida de la fermentación microbiana de estos azúcares para formar alcohol y dióxido de carbono (Briggs, *et al.*, 2004, p. 175). Estos dos procesos son clave dentro de los siete pasos del proceso cervecero: molienda, mezcla y macerado, filtrado, hervor, fermentación primaria y secundaria.

Al inicio del proceso la malta, a veces premezclada con adjuntos cerveceros particulares, se tritura hasta un tamaño aceptable mediante la molienda para crear el 'grist'. El tipo de molino usado y la medida en que se tritura la malta y adjuntos se elige para adaptarse a los tipos de sistemas de maceración y filtración del mosto que se utilizan (Briggs, *et al.*, 2004, p. 173).

En el siguiente paso de mezcla y macerado, la malta triturada y adjuntos se agregan al licor de infusión (agua) y mezclan con los adjuntos a intervalos controlados, en un recipiente de maceración a una temperatura controlada. Las enzimas de la malta (especialmente α - y β -amilasa), que se produjeron durante el malteado, se activan y empiezan a hidrolizar el endospermo modificado de la malta y demás adjuntos ricos en almidones (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 142). En esta etapa, la maceración, debe mantenerse una temperatura seleccionada (o a diferentes temperaturas sucesivas), durante tiempos predeterminados, para permitir que las enzimas "conviertan" (degraden) el almidón y las dextrinas en azúcares solubles y además para provocar la descomposición parcial de las proteínas y finalmente para degradar los ácidos nucleicos y otras sustancias (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 167). En el "lauter tun", el extracto soluble del mosto se filtra a través de los sólidos gastados insolubles (cáscara del grano) (fase de filtrado). Además, se rocía agua caliente desde la parte superior del tanque sobre la cama de granos para aumentar el extracto (lavado).

Posteriormente, el mosto se hierve en una olla de cocción. Esto detiene la acción enzimática, esteriliza el mosto, coagula algunas proteínas y polifenoles (conocido como “trub” caliente) (Briggs, *et al.*, 2004, p. 179). Aquí se incorpora el lúpulo, el cual imparte sabores y aromas distintivos al mosto. Durante esta fase la evaporación de agua, reduce el volumen en 7-10%, y por lo tanto se concentra (Briggs *et al.*, 2004, p. 143). La fase de ebullición ayuda a eliminar las sustancias volátiles aromáticas no deseadas (De Meo, Freeman, Marconi, Booer, *et al.*, 2011, p. 87). Durante la ebullición, el mosto cambia de sabor y se produce un oscurecimiento del color (reacciones de Maillard). El hervor del mosto consume aproximadamente la mitad del uso de energía global en el proceso de elaboración de la cerveza (Briggs, *et al.*, 2004, p. 147). Al final de la ebullición el mosto contiene flóculos de “trub” (el “hot break” o “trub” caliente, sedimento) y fragmentos de lúpulo suspendidos. Los fragmentos de lúpulo (si están presentes) y el trub/sedimento se suelen separar mediante centrifugación (Briggs, *et al.*, 2004, p. 147).

Para el inicio de la fase de fermentación el mosto hervido y clarificado, se enfría rápidamente y se procede a inocular con levadura (Allen, 2016, p. 156). El mosto es aireado o incluso oxigenado, para proporcionar oxígeno para la levadura en las etapas iniciales de la fermentación. La fermentación puede realizarse en muchos diferentes tipos de fermentadores. Los fermentadores pueden ser completamente herméticos o pueden permitir que parte de la levadura sea expuesta corrientes de aire durante parte del período de fermentación (Briggs, *et al.*, 2004, p. 147). La variedad de fermentadores que existen hoy en día se da porque las levaduras empleadas en diferentes recipientes producen cervezas con diferentes sabores (Allen, 2016, p. 157).

Las cepas de levadura varían en sus características y por ende en los sabores resultantes en el proceso de fermentación (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 147). Tradicionalmente, las cervezas tipo “ale” son fermentadas con levaduras superiores que suben a la parte superior del mosto en la cabeza de espuma denominada “Kreisen”. Este tipo de levadura se agrega a aproximadamente 16 °C y la fermentación se lleva a cabo a temperatura ambiente (18-26 °C) durante

2 a 7 días (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). Las cervezas tradicionales tipo lager se fermentan con levaduras inferiores que se depositan en la base del fermentador. Estas levaduras se inoculan a temperaturas más bajas (7 °C) y las fermentaciones también se llevan a cabo a temperaturas más bajas (por ejemplo, entre 10 y 15 °C), por lo tanto estas cervezas toman más tiempo en fermentarse que las tipo ale (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 167). Los carbohidratos presentes se convierten en alcohol y dióxido de carbono (Passaghe, 2014). Otros metabolitos de la levadura contribuyen al sabor y al aroma de la cerveza (Briggs, *et al.*, 2004, p. 153). Cuando la fermentación principal o primaria está casi completa, la densidad de la levadura se reduce a un valor predeterminado (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 179).

En el siguiente paso, la cerveza "verde" o inmadura (no es de color verde, pero tiene un sabor inmaduro inaceptable) se mantiene durante un período de maduración o fermentación secundaria a bajas temperaturas (4-8 °C) denominada proceso "lager", "lagern", almacenado o depositado (Passaghe, 2014, p. 87). Durante este proceso se refina el sabor de la cerveza madura. Ahora, después del proceso de "lagering", la mayoría de las cervezas son enfriadas y filtradas o centrifugadas para eliminar la levadura residual (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 175). Estas cervezas completamente brillantes son carbonatadas (su contenido de dióxido de carbono es ajustado) y se transfieren a botellas, latas, barriles o tanques. Antes del envasado, la cerveza puede ser filtrada nuevamente, un proceso que evita el daño al sabor, pero se deduce que todos los movimientos posteriores de la cerveza deben realizarse bajo condiciones rígidamente asépticas (Briggs, *et al.*, 2004, p. 137). Frecuentemente, la cerveza se somete a un tratamiento térmico cuidadosamente regulado de pasteurización (Briggs, *et al.*, 2004, p. 147). La carbonatación de las cervezas en botella es un proceso usualmente utilizado en cervecerías artesanales. En este paso final, la cerveza sin filtrar ni pasteurizar se mezcla con extracto fermentable y posteriormente se embotella lo cual carbonata naturalmente a la cerveza. Sin embargo, esta práctica tiene muchos problemas ya que es difícil controlar la carbonatación de esta manera.

2.2 El proceso de malteado

La cebada (*Hordeum vulgare*) es el grano de cereal más tradicionalmente usado para el malteado a nivel mundial (Hough, *et al.*, 1982, p. 217). El trigo (*Triticum aestivum*) y el sorgo (*Sorghum vulgare*) también se maltean frecuentemente en África. Además, pequeñas cantidades de centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativum*) y mijo (Varias especies) son malteadas de manera se industrial en Canadá, EEUU y en Europa (Zarnkow, *et al.*, 2005, p. 289). El grano de cebada tiene una estructura compleja y es una fruta de una sola semilla (una cariopsis). Las diferentes variedades de cebada difieren en sus aptitudes como maltas cerveceras (Fachverlag, 2007, p. 75). Las plantas de cebada son hierbas anuales. Algunas variedades se plantan en el otoño (cebada de invierno) mientras que otros se plantan en la primavera (cebada de primavera). Los granos están dispuestos en hileras, soportados en la infrutescencia. El número de filas varía, existen dos variedades: de dos filas y seis en seis filas (Hough, *et al.*, 1982, p. 214). En Europa continental las cebadas de invierno suelen ser de mala calidad, pero algunas de las variedades de invierno de dos filas cultivadas en el Reino Unido (como “Maris Otter”, “Halcyon” y “Pearl”) son de excelente calidad. Las buenas cebadas de la primavera incluyen “Alexis”, “Chariot”, “Optic” y “Prisma” (Briggs, *et al.*, 2004, p. 145). Los granos varían en tamaño, forma y composición química por lo cual es importante entender que las maltas consisten en mezclas de granos con propiedades similares. Para obtener una malta de excelente calidad es importante partir de granos con un alto grado de uniformidad tanto en tamaño, forma, composición química y su capacidad germinativa (Briggs, *et al.*, 2004, p.145).

2.2.1 Tratamientos previos y remojo

Antes de iniciar el proceso de malteado, el grano es tamizado y aspirado para eliminar impurezas, polvo y granos pequeños (Briggs, *et al.*, 2004, p. 152). Para

iniciar el malteado se hidrata el grano (De Meo, *et al.*, 2011, p. 189). Esto se logra mediante el remojo o inmersión del grano en agua. Posteriormente, el contenido de humedad puede aumentarse al rociar el grano con atomizadores (Briggs, *et al.*, 2004). La temperatura del agua de remojo debe ser controlada si es posible (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 143). A temperaturas elevadas, la absorción de agua es más rápida, pero el crecimiento microbiano aumenta también lo cual puede ocasionar la muerte del embrión (Briggs, *et al.*, 2004, p. 175). La mejor temperatura para inmersión (en granos latentes) es baja (alrededor de 12 °C). Para un grano con letargo un valor de 16 y 18 °C se utiliza a menudo (Briggs, *et al.*, 2004, p. 175). A medida que el grano se hidrata, este incrementa a $1,3 \pm 1,4$ veces su volumen (Briggs, *et al.*, 2004, p. 175).

Un remojo excesivo puede matar al embrión ya que los microorganismos y embriones consumen el oxígeno disuelto en el agua rápidamente y su carencia puede afectar las tasas de germinación del grano por lo cual es importante oxigenar el agua de remojo constantemente y someter al grano a periodos de aireación (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 168). Las enzimas de los microorganismos y del mismo grano comienzan a degradar los materiales en las capas superficiales del grano y empiezan a lixiviar nutrientes del grano (Hough, *et al.*, 1982, p. 214). Por lo tanto, el agua de remojo contiene un número creciente de microorganismos, metabolitos microbianos y sustancias y se torna en amarillo, adquiere un olor característico y puede espumar (Briggs *et al.*, 2004, p. 176).

Algunas de las sustancias y los microorganismos en el agua de remojo controlan la germinación del grano (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). Las infestaciones de microorganismos son indeseables ya que estos compiten con el grano por el oxígeno y reducen el porcentaje y vigor de germinación (Briggs, *et al.*, 2004, p. 179). Algunos microorganismos producen sustancias que estimulan o inhiben el crecimiento de plantas (incluyendo giberelinas), otros pueden producir micotoxinas que dañan a las levaduras y además pueden ser tóxicas para los seres humanos (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 189). Por otro

lado, existen microorganismos que producen sustancias espumantes en la cerveza provocando un cuerpo excesivo (sobre-espume), mientras otros producen algunas enzimas hidrolíticas que pueden mejorar el rendimiento de la malta durante el macerado (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). La contaminación por bacterias puede causar que las cervezas se tornen opacas con los microorganismos muertos suspendidos (Briggs, *et al.*, 2004, p. 167).

2.2.2 Aireación

Después de que el grano alcanza una hidratación aceptable se somete a un proceso de aireación. Una vez que el grano ha sido lavado y drenado se alimenta aire húmedo y a la temperatura correcta a través de la cama de grano. Esta ventilación promueve la eliminación de CO₂ y provoca un aumento en las concentraciones de oxígeno (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). Este paso es importante ya que asiste en eliminar el dióxido de carbono que es un inhibidor de la germinación y además elimina parte del calor generado por la metabolización del grano (Briggs, *et al.*, 2004, p. 132). Cuando el grano está sumergido, es parcialmente anaeróbico, y fermenta, formando dióxido de carbono y alcohol etílico (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). Bajo tales condiciones, el grano no germinará. En contraste, bajo las condiciones aeróbicas durante la aireación, la fermentación es reprimida y la germinación puede ocurrir (Briggs, *et al.*, 2004, p. 149).

2.2.3 Germinación

El inicio de la germinación está representado por la aparición en el grano de la pequeña y blanca raicilla o coleorhiza que posteriormente crece, produciendo un mechón de raicillas. En el caso del amaranto, se forma una sola raicilla en la base del grano. Por otro lado el coleóptilo, o “acrosipire”, crece a lo largo del lado dorsal del grano, debajo de su cáscara. La extensión del crecimiento del coleóptilo, expresada como una proporción del tamaño total del grano, representa uno de los parámetros para medir el avance del proceso de malteado (Briggs, *et al.*, 2004, p. 137).

Durante la germinación los tejidos vivos respiran y generan dióxido de carbono y agua, resultando en una pérdida de materia seca (Bokulich & Bamforth, 2013). La energía de metabolización del grano se libera como calor el cual es considerable y debe ser controlado (Briggs, *et al.*, 2004, p. 167).

A medida que progresa la germinación, muchas enzimas hidrolíticas aparecen o aumentan en cantidad (Briggs, *et al.*, 2004, p. 189). Algunas de estas catalizan la modificación física del endospermo amiláceo. En las etapas iniciales de germinación, estas hidrolasas se liberan desde el escutelo (Bokulich & Bamforth, 2013). Sin embargo, después de un breve retraso el embrión libera hormonas de giberelina (GA1 y GA3, ácido giberélico) (Briggs, *et al.*, 2004). Estas se difunden a lo largo del grano provocando la formación de algunas enzimas en la capa de aleurona y la liberación de estas y otras enzimas en el endospermo amiláceo (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176). Aquí se unen a las enzimas del embrión y catalizan la modificación del endospermo. A medida que la germinación progresa, el endospermo se suaviza y el grano se torna muy delicado (Hough, *et al.*, 1982, p. 247). Cuando la malta se ha secado, el material modificado es "friable", y es fácilmente triturado en molinos de rodillos que se utilizan comúnmente en cervecerías, en contraste con la cebada la cual es resistente (Wijngaard, *et al.*, 2008, p. 67). Las etapas de la modificación física afectan progresivamente a las paredes celulares del endospermo amiláceo y producen la degradación de glucanos y pentosanos, seguido por la degradación parcial de la proteína dentro de las células y la degradación parcial o localmente completa de algunos de los gránulos de almidón (Briggs, *et al.*, 2004, p. 197). El grado de degradación es limitado por la disponibilidad de agua (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 176).

Como se mencionó anteriormente, la modificación comienza bajo toda la superficie del escutelo. En una proporción de granos este proceso avanza más rápidamente en el lado ventral del endospermo, mientras que en otros avanza aproximadamente en paralelo a la cara del escutelo (Briggs, *et al.*, 2004, p. 149). Cuando se han producido enzimas de la capa de aleurona la modificación progresa más rápidamente, particularmente adyacente a la capa de aleurona.

Así, la modificación continua adyacente al embrión y avanza hacia el ápice del grano (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 179). En malta bien hecha, sólo una pequeña proporción de granos están sub-modificados y contienen bajas cantidades de tejido endospermo amiláceo no degradado (no modificado). Los productos de descomposición del endospermo: azúcares, aminoácidos, etc., junto con materiales de la aleurona (fosfato, iones metálicos, etc.), se moviliza a través del endospermo y una proporción apoya el metabolismo de los tejidos vivos del embrión y estructuras crecientes, mientras que el resto se acumula (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 189).

Inicialmente el embrión se nutre de sus propias sustancias de reserva y posteriormente por los materiales solubles del endospermo amiláceo modificado, por lo que hay una migración neta de nutrientes hacia embrión (Briggs, *et al.*, 2004, p. 203). Los niveles de materiales solubles que se acumulan están regulados por el equilibrio entre sus tasas de formación en el endospermo y sus tasas de utilización por el embrión (Briggs, *et al.*, 2004, p. 209). En la malta acabada estos materiales pueden estimarse como extracto en agua fría, CWE; “Cold Water Extract” o la materia soluble preformada. La acumulación, con el tiempo, de las enzimas y la modificación física del grano, permiten una mayor recuperación de extracto de agua caliente hasta un valor máximo, después del cual empieza a declinar por consumo propio del embrión (Briggs, *et al.*, 2004, p. 173). Cuando el coleóptilo ha crecido hasta aproximadamente 3/4 a 7/8 la longitud del grano, el extracto de agua caliente, el extracto de agua fría y el nivel de sustancias nitrogenadas solubles dejan de aumentar con el progreso del tiempo de germinación (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 213). En este momento se debe detener la germinación mediante el secado y curado del grano.

2.2.4 Secado y curado

La mayoría de los hornos de secado modernos mantienen un lecho de grano de aproximadamente un metro de profundidad (que no está girado durante el secado ya que el grano es sumamente frágil al inicio del secado) a través del

cual pasa una corriente de aire caliente proporcionado por un ventilador desde abajo (Hough, *et al.*, 1982, p. 207). Este aire se calienta ya sea directamente, utilizando quemadores alimentados con petróleo o gas (que generan pocos Óxidos de nitrógeno), o indirectamente por intercambiadores de calor (Briggs, *et al.*, 2004, p. 178). Se evitan los óxidos de nitrógeno para prevenir la formación de nitrosaminas las cuales son potencialmente nocivas (Briggs, *et al.*, 2004, p. 186). Cuando se preparan maltas pálidas, el flujo de aire es rápido y la temperatura del aire de entrada es baja durante la fase inicial de secado (Briggs, *et al.*, 2004). Ya que el aire se eleva a través de la cama de malta, este se satura con humedad y se enfría por la necesidad de proporcionar energía para evaporar el agua. Considerando que este proceso puede durar entre ocho y veinticuatro horas, en la parte superior de la cama los granos pueden seguir germinando, el aire saturado de humedad causa que el grano pueda seguir generando enzimas y modificándose (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 217). En las etapas iniciales, la temperatura de aire de entrada puede ser de aproximadamente 50 °C, y la temperatura de aire de salida es de alrededor de 25 °C. Es recomendable, que para economizar con el uso de combustible este aire recircule a través de un intercambiador de calor para precalentar el aire entrante (Briggs, *et al.*, 2004, p. 186). Con el paso del tiempo, la zona de secado se extiende hacia arriba a través del lecho de malta hasta que alcanza la superficie del lecho de grano. En este momento el lecho empieza a fluidizarse. Cuando esto ocurre, el flujo de aire se reduce y la temperatura de aire de entrada se incrementa para comenzar la etapa de curado (Briggs, *et al.*, 2004, p. 187). Cuando la malta ya está seca la temperatura se aumenta progresivamente al máximo, esto se denomina “curado”. Muchas maltas pálidas se curan a aproximadamente 80 °C, pero se terminan de curar a temperaturas más altas, hasta 105 °C (Briggs, *et al.*, 2004, p. 188). Mientras que la destrucción enzimática ocurre a estas temperaturas elevadas algunas enzimas no se desnaturalizan siempre y cuando que la malta se haya secado primero a bajas temperaturas hasta lograr un bajo contenido de humedad (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 218). Las maltas secadas y curadas a bajas temperaturas mantienen un color pálido. En la fabricación de algunas maltas

coloreadas la temperatura se incrementa mientras que el grano es todavía comparativamente húmedo para promover la formación de azúcares y aminoácidos libres y la interacción de estos y otras sustancias forman las melanoidinas coloreadas, sabrosas y aromáticas (Passaghe, 2014, p. 86). En estas maltas la destrucción enzimática es casi total, o completa (Briggs, *et al.*, 2004, p. 189).

2.2.5 Limpieza y clasificación

Después del secado, la malta se limpia (se elimina la raíz seca) y se clasifica. La malta enfriada es agitada para romper las raicillas quebradizas y éstas, y el polvo, se separan por tamizado y aspiración con corrientes de aire (Briggs, *et al.*, 2004, p. 194). Las maltas pálidas se almacenan por lo general durante 4 a 6 semanas antes del uso cuando, por razones desconocidas, el grado de extracción mejora a menudo (Briggs, *et al.*, 2004, p. 196) (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 224). Maltas de colores y especiales deben ser utilizadas con rapidez, ya que durante el almacenamiento sus aromas especiales (y quizás sabores) declinan. Las maltas se almacenan de manera que se pretende minimizar la absorción de humedad, y para excluir aves, ratas, ratones e insectos. Es importante prevenir que las maltas sean mezcladas o contaminadas con cebada no malteada durante su manipulación o almacenamiento (Briggs, *et al.*, 2004, p. 196). Es imposible hacer sucesivos lotes de malta que tengan precisamente el mismo análisis (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 226). Cada lote se debe almacenar por separado y diferentes lotes deben ser mezclados de modo que la mezcla cumpla con los requisitos de la cervecería (De Meo, *et al.*, 2011, p. 132). Antes de ser empacada, comercializada y distribuida, la malta se limpiará mediante cribado, aspiración, y se la pasa a través de separadores magnéticos para eliminar posibles fragmentos metálicos (Briggs, *et al.*, 2004, 201).

2.3 Malta tipo Pilsen

Las maltas más pálidas y con mayor actividad enzimática de los productos europeos son Pilsen “malts” (Pilsener Malz). En el pasado, estas maltas eran sub-modificadas pero ahora parten de granos de cebada totalmente modificados. Estas maltas se caracterizan por su contenido moderado de nitrógeno (Bokulich & Bamforth, 2013, p. 197). Se secan y curan a bajas temperaturas para minimizar formación de color y la desnaturalización de enzimas amilolíticas. Los análisis típicos son % de fermentación del mosto de al menos 81%, Nitrógeno total (10,5% de proteína); Índice de Kolbach 38-42%; Humedad menor que 6,5%; Tiempo de sacarificación 10 - 15 minutos; color, 2,5 EBC; Color del mosto hervido, 4,2 – 6,2 EBC; pH del mosto, 5,8 – 6,0 (Briggs, *et al.*, 2004, p. 234). Cada región y cada maltería tienen sus parámetros de calidad para producir sus maltas características (Allen, 2016, p. 97). La malta tipo Pilsen de marca Weyermann fue utilizada como testigo para esta investigación.

2.4 El Amaranto

Durante milenios el amaranto (*Amaranthus* sp.) ha sido una fuente de alimento fundamental en el continente Americano; junto con otros granos andinos como el chocho, quinua y ataco (Peralta, *et al.*, 2009, p. 57) (Jacobsen & Sherwood, 2002, p. 76). Sin embargo, con la llegada de los españoles, este cultivo ancestral fue desplazado por la siembra de granos introducidos como el trigo y la cebada (Peralta E. , 2012, p. 37). En la actualidad, el grano del amaranto ha captado un creciente interés debido a su potencial como alimento por su calidad nutritiva (Valcárcel-Yamani & Caetano, 2012, p. 79).

El amaranto se encuentra distribuido naturalmente en áreas de Norte, centro y sur América, por lo cual tiene una gran variabilidad genética. Sin embargo, existen especies de amaranto alrededor de todo el mundo gracias a su diseminación por el hombre. Entre Norte, Centro, y Sudamérica existen 3.000 accesiones de *Amaranthus* sp., en bancos de germoplasma y se han

certificado la existencia de 87 especies (Mujica, Izquierdo, & Jacobsen, 1999, p. 31). En África y la India el amaranto se cultiva para consumir sus hojas como hortaliza (Jacobsen & Sherwood, 2002, p. 83).

Las especies domesticadas para la producción de grano se encuentran distribuidas geográficamente de la siguiente manera: *Amaranthus cruentus* en México y la zona centro-sur de los EEUU, *Amaranthus hypochondriacus* se sitúa en el sudoeste de los EEUU y *Amaranthus caudatus* en las cordilleras andinas. *Amaranthus hybridus* es otra especie común en Sudamérica y produce un grano negro al igual que muchas de las especies silvestres (Rojas, Pinto, & Soto, 2010, p. 74). Dentro de las especies silvestres de importancia económica en América se han identificado: *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus tricolor*, *Amaranthus blitum* L., *Amaranthus viridis* L. y *Amaranthus dubius* Mart. (Jacobsen & Sherwood, 2002, p. 86). Las características importantes que se pueden obtener mediante cruces con estas especies silvestres para el mejoramiento del amaranto a futuro son: semillas más grandes, precocidad, alto rendimiento, plasticidad genética, y adaptabilidad a ambientes nuevos (Jacobsen, Mujica, & Guarino, 2000, p. 47)

El amaranto tiene un valor nutritivo similar al de la quinua (mayor concentración de aminoácidos esenciales en relación a las gramíneas y leguminosas) (Peralta E. , 2012, p. 58). En comparación a la quinua, el amaranto no es tan resistente a heladas y es necesario sembrarlo en los valles interandinos (Peralta, *et al.*, 2009, p. 176). Además, la semilla del amaranto no contiene saponinas como la quinua. Esto significa que el amaranto no requiere un proceso de desaponificación y no presenta un riesgo para el medio ambiente ni para su consumo directo (Peralta E. , 2012, p. 76).

En el Ecuador, la especie *Amaranthus caudatus* se encuentra en los valles interandinos y es especialmente apreciada por el grano blanco, relativamente grande y apetecible que produce (Peralta, 2012). El rendimiento del amaranto blanco en condiciones experimentales se promedia a 2000 kg/ha, sin embargo, es inferior en los campos de los agricultores (Peralta E. , 2012, p. 76). El INIAP asevera que el período productivo oscila entre cuatro a seis meses, con un

rendimiento de 640 a 3750 kg/ha para su variedad mejorada (INIAP Alegría) (Peralta E., 2012, p. 53). El amaranto blanco se adapta bien entre 1500 y 2800 msnm (Peralta E. , 2012, p. 17).

El contenido nutricional de la variedad de amaranto utilizada para esta investigación según datos publicados por Peralta (2012, p. 17) se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Análisis proximal de Amaranto variedad "Alegría."

Contenido	Valor
Proteína	15,5%
Cenizas	3,06%
Grasa	8,78%
Fibra	4,7%
Carbohidratos	68,41%
Calcio	0,09%
Fósforo	0,74%
Magnesio	0,29%
Sodio	0,02%
Potasio	0,54%
Hierro	71 ppm
Manganeso	24 ppm
Zinc	30 ppm
Cobre	7 ppm
Energía total	478,73 kcal/100 g

Adaptado de Peralta (Peralta , 2012, p. 17)

3. CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ensayos preliminares en semilla de amaranto

Previo al desarrollo del presente trabajo de investigación se llevaron a cabo cuatro experimentos preliminares de germinación en las que se cuantificó: el tiempo de germinación, secado y tostado, y sustitución de malta de amaranto por malta de cebada para evaluar su calidad como substrato para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*.

3.1.1 Pruebas de germinación

Se utilizó la Norma NTE INEN 1557: Granos y cereales (1987). Ensayo de Germinación. Primero, se contaron manualmente 9 lotes de 100 granos de Amaranto variedad Alegría y se agruparon aleatoriamente en tres tratamientos, con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en hidratar las semillas con agua destilada durante un tiempo determinado, drenar las semillas y dejarlas en reposo durante un tiempo determinado y después cuantificar el porcentaje de germinación del total. Los diferentes tratamientos y sus repeticiones fueron humedecidos con 100 ml de agua destilada durante 4, 8 y 10 horas, drenados y almacenados a temperatura ambiente durante 2, 2, y 4 horas respectivamente, humedecidos nuevamente durante 4, 4, y 6 horas respectivamente, drenados y almacenados a temperatura ambiente durante 48 horas. Una vez transcurridas las 48 horas se inspecciono visualmente cada semilla y se determinó si había germinado o no y finalmente se calculó el porcentaje de germinación

3.1.2 Pruebas preliminares de tiempo de germinación.

En base a los excelentes resultados de germinación se quiso determinar si la actividad enzimática del embrión realmente era la óptima y no solo basarse en la observación visual de la aparición de la radícula. Se prepararon 9 mostos a partir de la malta verde con 24, 48 y 72 horas de germinación (tres repeticiones

de cada tratamiento). Se utilizaron 300 gramos de malta verde, licuada, con 1 litro de agua y se maceró la mezcla durante 1 hora a 65-70 °C cada tratamiento, se filtró el mosto resultante en un colador y se dejó enfriar hasta los 20 °C para poder tomar una medición correcta de los grados Brix del mosto.

3.1.3 Pruebas preliminares de secado y tostado.

Se llevaron a cabo 18 pruebas de secado, tostado y curado con grados variables de tiempo y temperatura de cada etapa.

3.1.4 Pruebas preliminares de sustitución de malta de amaranto

Se quiso determinar qué porcentaje de sustitución de malta de cebada por malta de amaranto tenía el mejor rendimiento en cuanto a los grados Brix y pH de los mostos resultantes. Utilizando como testigo un mosto elaborado con 100% malta de cebada tipo Pilsen, marca Weyermann. Replicando las experiencias de Passaghe, se elaboraron mostos con un 20, 30, 40 y 50% de sustitución.

3.2 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Análisis de Alimentos y Biotecnología de la Universidad de las Américas.

3.3 Materia Prima

El amaranto utilizado para los ensayos de investigación proviene de la comunidad de Puéllaro, Pichincha de varios pequeños productores de la zona. Clasificado como semilla de primera. La variedad de amaranto utilizada se denomina INIAP-Alegría y pertenece a la especie *Amaranthus caudatus*.

3.4 Control de calidad de materia prima

3.4.1 Grado de calidad del grano

El Amaranto utilizado para la investigación fue previamente clasificado como semilla de primera, siendo mayor a un milímetro de diámetro, sin impurezas ni mezcla de otras especies mediante el uso de una clasificadora óptica perteneciente al INIAP.

3.5 Diseño experimental

3.5.1 Unidad experimental

1000 g de malta verde por repetición

3.5.2 Factores y niveles

La tabla a continuación es un resumen de los distintos factores con sus respectivos niveles. Se realizaron 3 repeticiones.

Tabla 2.
Factores y Niveles

Factores	Niveles	Descripción
Secado	S1	Secado a 50°C durante 6 horas
	S2	Secado a 60°C durante 6 horas
	S3	Secado a 70 °C durante 6 horas
Primer tostado	T11	Tostado a 65 °C durante 1 hora
	T12	Tostado a 70 °C durante 1 hora
	T13	Tostado a 75 °C durante 1 hora
Segundo tostado	TF1	Tostado a 70 °C durante media hora

	TF2	Tostado a 80 °C durante media hora
	TF3	Tostado a 90 °C durante media hora
Malta de cebada	Testigo	Testigo

Se utilizó un diseño completamente al azar en diseño factorial 3 x 3 +1 para evaluar la interacción de los factores en las variables dependientes de humedad de la malta, pH de los mostos, y Brix de los mostos.

3.5.3 Tratamientos

Diagramación de los niveles de estudio y los procesos asociados obtenidos en la tabla anterior.

Tabla 3.
Diagramación de tratamientos

Código del tratamiento	Combinación de tratamientos
S1:TI1:TF1	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S1:TI1:TF2	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S1:TI1:TF3	Secado a 50 °C , 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C , 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S1:TI2:TF1	Secado a 50 °C , 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C , 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
SI1:TI2:TF2	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
SI1:TI2:TF3	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
SI1:TI3:TF1	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S1:TI3:TF2	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S1:TI3:TF3	Secado a 50 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S2:TI1:TF1	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h

S2:TI1:TF2	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S2:TI1:TF3	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S2:TI2:TF1	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S2:TI2:TF2	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S2:TI2:TF3	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S2:TI3:TF1	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S2:TI3:TF2	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S2:TI3:TF3	Secado a 60 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S3:TI1:TF1	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S3:TI1:TF2	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S3:TI1:TF3	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 65 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S3:TI2:TF1	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S3:TI2:TF2	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S3:TI2:TF3	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 70 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h
S3:TI3:TF1	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 70 °C 1/2 h
S3:TI3:TF2	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 80 °C 1/2 h
S3:TI3:TF3	Secado a 70 °C, 6 horas; Tostado Inicial a 75 °C, 1 h; Tostado Final 90 °C 1/2 h

3.5.4 Características del diseño

Número de repeticiones: 3 en humedad, 2 en Brix y pH

Número de tratamientos 27

Unidades experimentales: 84 en humedad, 56 en Brix y pH

3.5.5 Análisis estadístico

Tabla 4.
ANOVA Diseño factorial 3x3

FUENTE DE VARIACIÓN	Suma de cuadrados	de GL	C.M.	F0
Factor S	SC(S)	(a-1)	CM(S)	CM(S)/CMR
Factor TI	SC(TI)	(b-1)	CM(TI)	CM(TI)/CMR
Factor TF	SC(TF)	(c-1)	CM(TF)	CM(TF)/CMR
SxTI	SC(SxTI)	(a-1)(b-1)	CM(SxTI)	CM(SxTI)/CMR
SxTF	SC(SxTF)	(a-1)(c-1)	CM(SxTF)	CM(SxTF)/CMR
TlxTF	SC(TlxTF)	(b-1)(c-1)	CM(TlxTF)	CM(TlxTF)/CMR
Efecto SxTlxTF	SC(SxTlxTF)	(a-1)(b-1)(c-1)	CM(SxTlxTF)	CM(SxTlxTF)/CMR
Residual	SCR	abc(r-1)	CMR	
Total	SCT	abc-1	CMT	

3.6 Métodos de análisis

3.6.1 Análisis proximal para el amaranto malteado

3.6.1.1 Contenido de humedad (NTE INEN 2646- Amaranto) Adaptado de (NTE INEN 1235 –Pruebas de humedad en cereales y pseudocereales)

1. Pesar crisol, registrar valor
2. Pesar 1 gramo de muestra, registrar valor
3. Precalentar estufa a 80 °C
4. Calentar muestra durante 2 horas
5. Pesar transcurridas 2 horas, registrar valor
6. Pesar trascurridas 2 horas y 30 minutos, registrar valor
7. Pesar transcurridas 3 horas, registrar valor
8. Si no existe diferencia en los valores de los puntos v, vi, y vii, se deduce que toda el agua ha sido evaporada
9. Se resta el valor final al valor inicial y se obtiene el peso de agua eliminada
10. El peso del agua eliminada sobre el peso total de la muestra inicial permite obtener el porcentaje de humedad presente en la muestra.

3.6.2 Análisis físico-químico

3.6.2.1 Grados Brix y pH del mosto con sustitución parcial de cada malta

1. Se preparó individualmente cada mosto con una sustitución parcial del 20% de malta de amaranto de la receta original. (3 kg Malta por cada 15 litros; 7.5 Litros de agua de choque a 72 °C, macerado a 65 °C durante 55 minutos; Agua de lavado a 75 °C, titular hasta 15 litros. Hervir durante 1 hora con 15 gramos de lúpulo Columbus)
2. A escala de laboratorio, se realizó la misma fórmula solo que el objetivo era obtener 2 litros de mosto para cada tratamiento. Se utilizó 160 gramos de malta de cebada y 40 gramos de malta de amaranto, 1 litro de agua de choque a 75 °C, macerado a 65 °C durante 55 minutos; Agua de lavado a 75 °C, titular hasta 2 litros. Hervir durante 1 hora con 2 gramos de lúpulo “Columbus”).
3. Una vez que el mosto alcanzo la temperatura de 20 °C, se tomó una medición de los grados Brix y pH.

3.6.3 Análisis microbiológico

3.6.3.1 Curva de crecimiento de levaduras en los mostos de malta de amaranto más promisorios (Método de recuento en cámara de Neubauer).

1. Se seleccionaron los tratamientos S2:T13:TF2, S2:T13:TF3, y S3:T11:TF1 por su similitud al grupo control en cuanto a humedad de la malta; pH a niveles aceptables; y por qué estos tratamientos consistentemente conseguían los grados Brix más elevados (9,2) de todos los tratamientos al titularse hasta 2 L una vez completada la fase de macerado y lavado del grano.
2. Los mostos fueron divididos y 600 mL fueron agregados cuidadosamente dentro de envases de vidrio estériles. Se realizaron 3

repeticiones para cada tratamiento y además 3 repeticiones para el grupo control para controlar el sesgo.

3. Se inoculó dentro de cada envase, 0.015 gramos de levadura Safale S-04 *Sacharomyces cerevisiae* según las instrucciones del fabricante, para lograr una población inicial de $1.8E6$ y $3.0E6$ levaduras viables.
4. Se utilizó una tapa con parafina para permitir el intercambio gaseoso y la liberación de CO_2 producido durante la fermentación.
5. Se incubó el mosto a una temperatura constante de $22\text{ }^{\circ}C$ durante 10 días.
6. Cada día se tomó 2 mL de muestra utilizando puntas autoclavadas y un micro pipeta, se depositó la muestra en un tubo de ensayo el cual fue agitado en un vortex. Nuevamente se tomó la muestra y con un micro pipeta calibrada se agregó precisamente 1 mL dentro de la cámara de Neubauer.
7. Utilizando la metodología descrita en el manual de GAB Sistemática Analítica SL se realizó el recuento (System Gab, 2016).

4. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimentos preliminares en semilla de amaranto

4.1.1. Porcentaje germinación

Como se observa en la tabla a continuación, luego de remojo y aireación 99% de germinación de los granos transcurridas 48 horas. Un remojo durante 8 horas con agitación cada 2 horas, aireación durante 2 horas, segundo remojo durante 4 horas y finalmente un drenado y reposo durante 48 horas a temperatura ambiente (18-20 °C) tuvo los mejores resultados.

Tabla 5.

Resultados pruebas preliminares de germinación

Código	% Visible de germinación
T1R1	87
T1R2	85
T1R3	81
Promedio T1	84,3
T2R1	99
T2R2	100
T2R3	98
Promedio T2	99
T3R1	77
T3R2	69
T3R3	76
Promedio T3	74

4.1.2. Tiempo de germinación

En la tabla a continuación se observa que el grano con tan solo 24 horas de germinación presenta un bajo contenido de azúcares disueltos, sube a las 48 horas, y se evidencia un descenso a las 72 horas. La hidrólisis del almidón es

deficiente a las 24 horas y a las 72 horas es excesiva ya que el embrión empieza a nutrirse de los carbohidratos de cadena corta.

Tabla 6.

Grados Brix del mosto en función al tiempo de germinación de la malta verde de amaranto.

Código	Tiempo (h)	Brix
24R1	24	4
24R2	24	4,2
24R3	24	4,1
48R1	48	9,4
48R2	48	9,6
48R3	48	9,5
72R1	72	8,3
72R2	72	8,1
72R3	72	8,4

4.1.3. Pruebas de secado y tostado

Mediante una observación sensorial del color y olor de la malta resultante, fue posible determinar un rango para cada etapa para evitar que el grano se quemara. Utilizando este ensayo preliminar se elaboró un diseño experimental para la presente investigación.

4.1.4. Sustitución de malta de amaranto

Mediante la evaluación de los mostos obtenidos de cada formulación se determinó que la sustitución del 20% tuvo los mejores resultados con 9,2 grados Brix y 5,83 de pH.

4.2 Análisis proximal para el amaranto malteado

4.2.1 Análisis de humedad

Una vez aplicados los tratamientos térmicos a la malta verde de amaranto se analizó su porcentaje de humedad. A continuación se encuentra la tabla 5 con los resultados del ensayo adaptado de la norma NTE INEN 1235 (Pruebas de humedad en cereales y pseudocereales).

Tabla 7.

Maltas: Humedad

Tratamiento	Secado	Tostado Inicial	Tostado Final	Humedad		
				R 1	R2	R3
T1			TF1	9%	9%	9%
T2		TI1	TF2	9%	9%	9%
T3			TF3	8%	8%	8%
T4			TF1	8%	8%	8%
T5	S1	TI2	TF2	8%	8%	8%
T6			TF3	8%	8%	8%
T7			TF1	8%	8%	8%
T8		TI3	TF2	8%	8%	7%
T9			TF3	8%	7%	7%
T10			TF1	7%	7%	7%
T11		TI1	TF2	7%	7%	7%
T12			TF3	7%	7%	7%
T13			TF1	7%	7%	7%
T14	S2	TI2	TF2	7%	7%	7%
T15			TF3	7%	7%	7%
T16			TF1	6%	6%	6%
T17		TI3	TF2	6%	6%	6%
T18			TF3	6%	6%	6%
T19			TF1	6%	6%	6%
T20		TI1	TF2	6%	6%	6%
T21			TF3	6%	6%	6%
T22	S3		TF1	6%	5%	6%
T23		TI2	TF2	6%	5%	6%
T24			TF3	5%	5%	6%
T25		TI3	TF1	5%	5%	5%

T26		TF2	5%	5%	5%
T27		TF3	5%	5%	5%
C	C		6%	6%	6%

4.2.2 Análisis estadístico: Humedad

Se realizó un diseño factorial 3 x 3 + 1 con tres repeticiones para evaluar el efecto de cada factor y sus respectivos niveles, la interacción entre factores, y una comparación ortogonal para comparar los tratamientos vs el testigo (malta de cebada).

La estructura del diseño es la siguiente:

Tabla 8.

Diseño completamente al azar en arreglo factorial 3x3+1 con tres repeticiones: Humedad

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	83
Secado (S)	2
Tostado Inicial (TI)	2
Tostado Final (TF)	2
SxTI	4
SxTF	4
TIxTF	4
SxTixTF	8
SxTixTF + C	1
Error	57

4.2.3 Análisis de varianza: Humedad

Tabla 9.

ANOVA: Humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Efecto
Total	0,0100 00	83				
Secado	0,0100 00	2	4,60E -03	766,6 7	0,0000 00	Simple
Tostado Inicial	0,0014 00	2	6,90E -04	115,0 0	0,0000 00	Simple
Tostado Final	0,0000 77	2	3,80E -05	6,33	0,0033 14	Simple

Secado*Tostado Inicial	0,0001 40	4	3,50E -05	5,83	0,0005 37	Interacción
Secado*Tostado Final	0,0000 86	4	2,20E -05	3,67	0,0101 04	Interacción
Tostado Inicial*Tostado Final	0,0000 20	4	4,90E -06	0,82	0,5199 59	No existe interacción
Secado*Tostado Inicial*Tostado Final	0,0001 10	8	1,30E -05	2,17	0,0441 22	Interacción
Factores vs Testigo	0,0001 70	1	1,70E -04	28,47	<0,000 1	Diferencia
Error	0,0003 30	56	6,00E -06			

4.2.4 Interpretación ANOVA: Humedad

Existe un efecto simple, es decir el secado, tostado inicial, y tostado final influyen en la variable dependiente (humedad) ya que el p-valor es menor a 0.05 y no niega la hipótesis (secado afecta la humedad, tostado inicial afecta la humedad, tostado final afecta la humedad). El secado es el factor que tiene mayor efecto en la humedad de las maltas por su elevado valor crítico (F). Existe interacción entre los factores de secado*tostado inicial y secado*tostado final, es decir, estos factores tienen un efecto sumatorio. No existe interacción entre el tostado inicial y el tostado final ya que el p-valor es mayor a 0.05. Existe una leve interacción cumulativa entre todos los factores (Secado*Tostado Inicial*Tostado final). Se realizó una comparación ortogonal entre los factores y el testigo (malta de cebada) y se concluye que si existe una diferencia marcada, esto se puede comprobar además por las pruebas de comparación de medias significativas en la siguiente sección.

4.2.5 Resumen de comparación múltiple de medias: Humedad

Se realizó una comparación de las medias significativas dentro de los niveles de cada factor frente al grupo testigo utilizando la prueba de Fischer, también conocida como prueba LSD ($p < 0.01$).

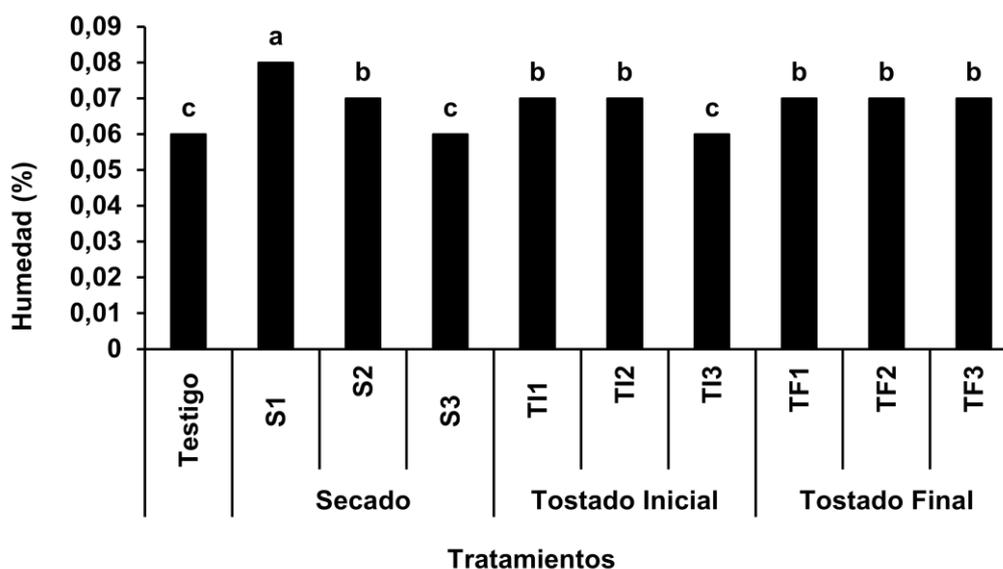


Figura 1 Variación de humedad en maltas. Los datos corresponden a las medias de tres repeticiones. Las barras con diferentes letras representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba LSD ($p < 0.01$).

4.2.6 Interpretación de comparación múltiple de las medias: Humedad

Dentro del factor de secado, existen tres medias distintas de los niveles con un efecto directo en la humedad. El tostado inicial solo tuvo dos medias distintas de sus niveles, TI1 y TI2 son estadísticamente equivalentes, mientras que TI3 presenta una media significativa menor. No hubo una diferencia marcada entre los niveles de tostado final por lo cual todos los niveles son iguales ($TF1=TF2=TF3$); para este factor no existe una diferencia marcada entre los niveles. La prueba de Fischer demuestra que la media significativa de todos los tratamientos es distinta a la media de los testigos.

4.2.7 Discusión del factor de humedad y la calidad de las maltas

Los tratamientos seleccionados en la tabla 6, contienen la misma humedad que el grupo control de malta de cebada tipo Pilsen de la marca Weyermann. Como se mencionó anteriormente, el rango de humedad de este tipo de malta debe

mantenerse por debajo del 6,5% lo cual se pudo comprobar mediante este ensayo. La malta obtenida es de muy buena calidad, con excelentes índices de uniformidad tanto en tamaño, vigor y tasas de germinación, grado de modificación. Es evidente que el grano sufrió una modificación satisfactoria ya que se tornó friable. La coloración de los tratamientos elegidos es consistente con la coloración de la malta pálida tipo Pilsen. A diferencia de los tratamientos térmicos más leves, en los cuales tal vez el secado y curado no fueron lo suficientemente fuertes, los tratamientos elegidos presentan una coloración adecuada, un aroma agradable, friabilidad adecuada. Además, estos tratamientos permitieron una fácil separación de la raíz, suficientemente seca y quebradiza como para ser eliminada mediante agitación y tamizado, lo cual no fue el caso con los tratamientos más leves. Los tratamientos más fuertes fueron excesivos ya que la coloración del grano se tornó color caramelo, y hasta café y fue muy excesivo el calor inicial lo cual pudo haber dado como producto una malta más parecida a la tipo cristal con menor actividad enzimática, la cual se elabora con un secado fuerte inicial, caramelizando los azúcares disponibles en el endospermo y produciendo aromas y sabores característicos. Esta caramelización y el cambio estructural de las proteínas por exceso de calor también parece ser el causante en una disminución de la friabilidad de las maltas ya que se tornaron de cierta manera más elásticas que friables.

4.3 Análisis físico-químico para mostos cerveceros

4.3.1 Análisis de pH

Tabla 10.

Análisis de pH de los mostos experimentales

Tratamiento	Secado	Tostado Inicial	Tostado Final	pH Mosto R1	pH Mosto R2
T1			TF1	5,98	5,97
T2		TI1	TF2	5,98	5,96
T3	S1		TF3	5,96	5,96
T4		TI2	TF1	5,93	5,94
T5			TF2	5,93	5,93

T6			TF3	5,91	5,93
T7			TF1	5,88	5,89
T8		TI3	TF2	5,86	5,88
T9			TF3	5,86	5,86
T10			TF1	5,86	5,84
T11		TI1	TF2	5,86	5,86
T12			TF3	5,84	5,85
T13			TF1	5,84	5,85
T14	S2	TI2	TF2	5,84	5,85
T15			TF3	5,83	5,85
T16			TF1	5,83	5,83
T17		TI3	TF2	5,82	5,8
T18			TF3	5,82	5,81
T19			TF1	5,81	5,79
T20		TI1	TF2	5,81	5,81
T21			TF3	5,8	5,81
T22			TF1	5,76	5,79
T23	S3	TI2	TF2	5,75	5,79
T24			TF3	5,71	5,78
T25			TF1	5,7	5,73
T26		TI3	TF2	5,69	5,71
T27			TF3	5,66	5,69
C	C			5,6	5,6

4.3.1.1 Análisis estadístico: pH

Se realizó un diseño factorial $3 \times 3 + 1$ con dos repeticiones para evaluar el efecto de cada factor y sus respectivos niveles, la interacción entre factores, y una comparación ortogonal para comparar los tratamientos vs el testigo (malta de cebada).

La estructura del diseño es la siguiente:

Tabla 11.

Caso 2: Diseño completamente al azar en arreglo factorial $3 \times 3 + 1$ con dos repeticiones pH

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	56
Secado (S)	2
Tostado Inicial (TI)	2
Tostado Final (TF)	2

SxTI	4
SxTF	4
TlxTF	4
SxTlxTF	8
SxTlxTF + C	1
Error	30

4.3.1.2 Análisis de varianza: pH

Tabla 12.

ANOVA pH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Efecto
Total	0,44000	55				
Secado	0,25000	2	0,1300 00	541,66 67	0,00000 00	Simple
Tostado Inicial	0,06000	2	0,0300 00	125,00 00	0,00000 00	Simple
Tostado Final	0,00240	2	0,0012 00	5,0000	0,01390 73	Simple
Secado*Tostado Inicial	0,01000	4	0,0025 00	10,416 7	0,00002 69	Interacción
Secado*Tostado Final	0,00041	4	0,0001 00	0,4167	0,79516 46	No existe interacción
Tostado Inicial*Tostado Final	0,00096	4	0,0002 40	1,0000	0,42407 77	No existe interacción
Secado*Tostado Inicial*Tostado Final	0,00075	8	0,0000 94	0,3917	0,91579 71	No existe interacción
Factores Vs Testigo	0,11000	1	0,1100 00	465,47 00	<0,0001	Diferencia
Error	0,01000	28	0,0002 40			

4.3.1.3 Interpretación ANOVA: pH

Existe un efecto simple, es decir el secado, tostado inicial, y tostado final influyen en la variable dependiente (pH) ya que el p-valor es menor a 0.05 y no niega la hipótesis (secado afecta el pH, tostado inicial afecta el pH, tostado final afecta el pH). El secado es el factor que tiene mayor efecto en el pH de los mostos elaborados con las maltas experimentales por su elevado valor crítico (F). Existe interacción entre los factores de secado*tostado inicial, es decir,

estos factores tienen un efecto sumatorio. No existe interacción entre el secado*tostado final, ni entre el tostado inicial y el tostado final ya que el p-valor es mayor a 0.05. No existe interacción acumulativa entre todos los factores (Secado*Tostado Inicial*Tostado final). Se realizó una comparación ortogonal entre los factores y el testigo (malta de cebada) y se concluye que si existe una diferencia marcada, esto se puede comprobar además por las pruebas de comparación de medias significativas en la siguiente sección.

4.3.1.4 Resumen de comparación múltiple de medias: pH

Se realizó una comparación de las medias significativas dentro de los niveles de cada factor frente al testigo y utilizando la prueba de Fischer (LSD) ($p < 0.01$)

4.3.1.5 Interpretación de comparación múltiple de las medias: pH

Existen tres medias distintas de los niveles del factor de secado, con un efecto directo en el pH. El tostado inicial y tostado final tiene una distribución similar

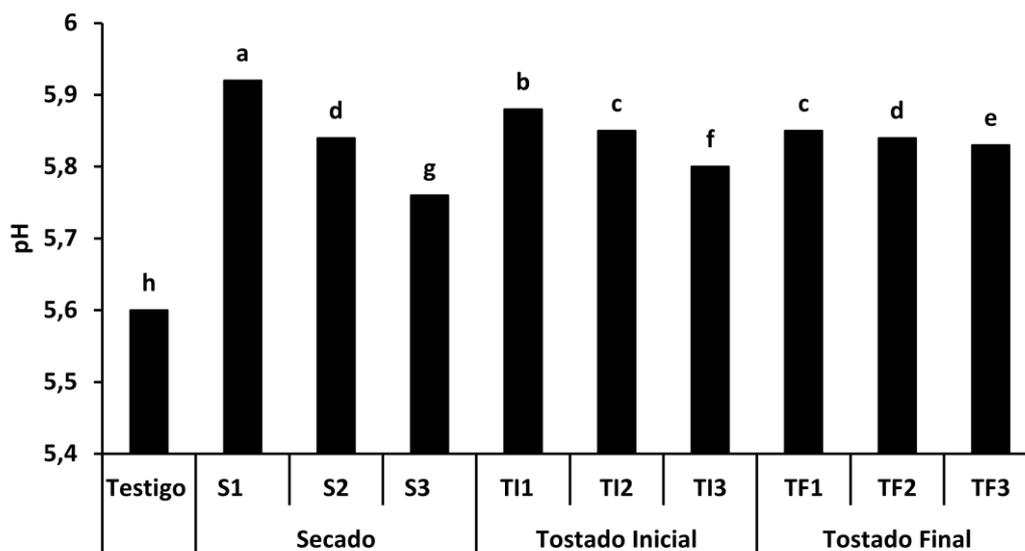


Figura 2 Análisis de medias significativas para pH. Los datos corresponden a las medias de dos repeticiones. barras con diferentes letras representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba LSD ($p < 0.01$).

de sus respectivas medias significativas. En esta prueba todos los niveles de cada tratamiento son distintos. La prueba de Fischer demuestra que la media significativa de todos los tratamientos es distinta a la media de los testigos.

4.3.2 Análisis de grados Brix

Tabla 13.

Análisis de grados Brix

Tratamiento	Secado	Tostado Inicial	Tostado Final	Brix Mosto R1	Brix Mosto R2
T1			TF1	8,8	8,7
T2		TI1	TF2	8,8	8,8
T3			TF3	8,8	8,7
T4			TF1	8,8	8,8
T5	S1	TI2	TF2	8,9	8,8
T6			TF3	8,9	8,9
T7			TF1	8,9	9
T8		TI3	TF2	8,9	8,9
T9			TF3	8,9	8,8
T10			TF1	8,9	8,9
T11		TI1	TF2	9	9
T12			TF3	9	9
T13			TF1	9	8,9
T14	S2	TI2	TF2	9,1	9,1
T15			TF3	9,1	9,1
T16			TF1	9,2	9,1
T17		TI3	TF2	9,2	9,2
T18			TF3	9,2	9,2
T19			TF1	9,2	9,2
T20		TI1	TF2	9,1	9,1
T21			TF3	9,1	9,1
T22			TF1	9	9
T23	S3	TI2	TF2	9	8,9
T24			TF3	9	9
T25			TF1	9	9
T26		TI3	TF2	8,9	8,9
T27			TF3	8,9	8,8
C	C			9,0	9,0

4.3.2.1 Análisis estadístico: Brix

Se realizó un diseño factorial $3 \times 3 + 1$ con dos repeticiones para evaluar el efecto de cada factor y sus respectivos niveles, la interacción entre factores, y una comparación ortogonal para comparar los tratamientos vs el testigo (malta de cebada).

La estructura del diseño es la siguiente:

Tabla 14.

Caso 3: Diseño completamente al azar en arreglo factorial $3 \times 3 + 1$ con dos repeticiones Brix

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	56
Secado (S)	2
Tostado Inicial (TI)	2
Tostado Final (TF)	2
SxTI	4
SxTF	4
TIxTF	4
SxTIxTF	8
SxTIxTF + C	1
Error	30

4.3.2.2 Análisis de varianza: Brix

Tabla 15.

ANOVA Brix

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Efecto
Total	1,0100	55				
Secado	0,5100	2	0,2500	156,25	0,0000	simple
Tostado Inicial	0,0200	2	0,0100	6,25	0,0057	simple
Tostado Final	0,0011	2	0,00056	0,35	0,84178	no hay efecto
Secado*Tostado Inicial	0,3200	4	0,080	50,00	0,0000	Interacción

			00		0	
Secado*Tostado Final	0,0700	4	0,0200	12,50	0,00001	Interacción
Tostado Inicial*Tostado Final	0,0300	4	0,0100	6,25	0,00012	Interacción
Secado*Tostado Inicial*Tostado Final	0,0100	8	0,00083	0,52	0,47735	No existe interacción
Tratamientos vs testigo	0,0015	1	0,00150	0,93	0,3442	No hay diferencia
Error	0,0400	28	0,00160			

4.3.2.3 Interpretación ANOVA: Brix

Existe un efecto simple de dos de los factores, es decir el secado y tostado inicial influyen en la variable dependiente (Brix) ya que el p-valor es menor a 0.05 y no niega la hipótesis (secado afecta el pH, tostado inicial afecta el pH. El valor crítico de TF sugiere que se puede aceptar la hipótesis nula que el tostado final no influye en los grados Brix observados. El secado es el factor que tiene mayor efecto en los grados Brix de los mostos elaborados con las maltas experimentales por su elevado valor crítico (F). Existe interacción entre los factores de secado*tostado inicial, secado*tostado final, tostado inicial*tostado final, es decir, estos factores tienen un efecto sumatorio. No existe interacción acumulativa entre todos los factores (Secado*Tostado Inicial*Tostado final). Se realizó una comparación ortogonal entre los factores y el testigo (malta de cebada) y se concluye que no existe una diferencia marcada, esto se puede comprobar además por las pruebas de comparación de medias significativas en la siguiente sección.

4.2.2.4 Resumen de comparación múltiple de medias: Brix

Se realizó una comparación de las medias significativas dentro de los niveles de cada factor frente al testigo (C), utilizando la prueba de Fischer (LSD) ($p < 0.01$)

4.2.2.5 Interpretación de comparación múltiple de las medias: Brix

Existen tres medias distintas de los niveles del factor de secado; siendo S2 el rango óptimo para la obtención de mostos con mayor índice de extracción. El tostado inicial tiene solo dos medias significativas, T11 y T12 son estadísticamente equivalentes mientras que T13 tiene una media que afirma que este tratamiento es el mejor en términos de eficiencia de extracción. Todos los niveles del tostado final (TF) son estadísticamente equivalentes. La prueba de Fischer demuestra que la media significativa del tostado inicial 3 es igual al testigo, por ende existe una similitud en este tratamiento que debe ser considerada.

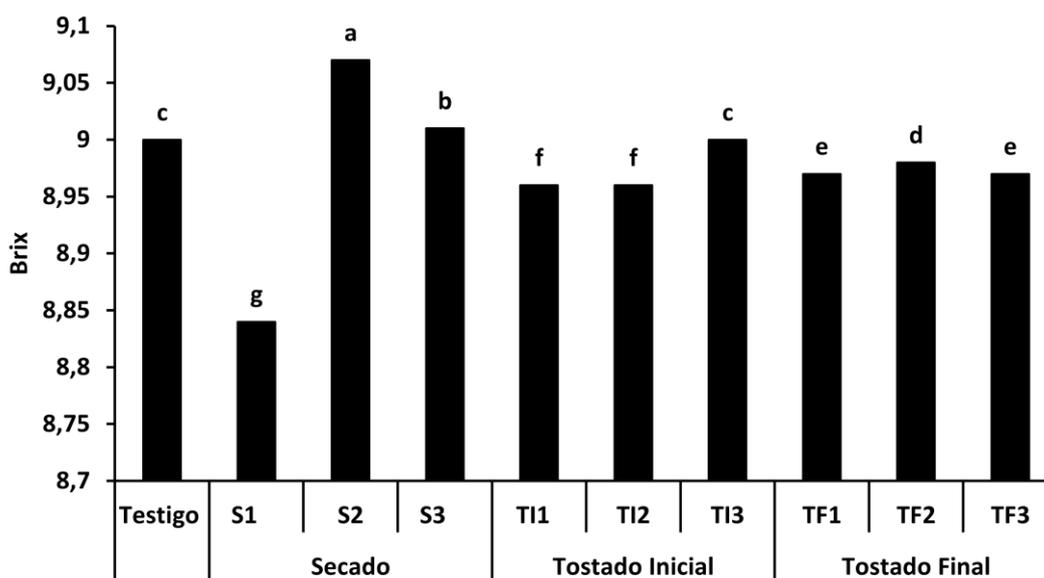


Figura 3 Análisis de medias significativas Brix en mostos experimentales. Los datos corresponden a las medias de dos repeticiones. Las barras con diferentes letras representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba LSD ($p < 0.05$).

4.2.3 Discusión de parámetros físico-químicos

Los tratamientos resaltados en amarillo (Ver Tabla 11) tienen el mayor valor de grados Brix, lo cual significa que las maltas obtenidas, utilizando la combinación de tratamientos térmicos respectivos, producen maltas con altos grados de extracción—inclusive mejor que el grupo control. Una mayor

extracción significa que se lograron altas tasas de conversión de almidones en azúcares solubles y se logró producir maltas con alta actividad enzimática, es decir, los tratamientos térmicos aplicados no desnaturalizaron las enzimas amilolíticas: α -amilasa y β -amilasa; las cuales a su vez catalizaron la extracción de azúcares fermentables durante el proceso de maceración.

Por otro lado, estos tratamientos resaltados son los que mantienen un pH dentro del rango aceptable para la elaboración de cervezas tipo Pilsen (5,7-6). Utilizando esto como una norma, los tratamientos resaltados son los más satisfactorios.

4.3 Análisis microbiológico de los mostos seleccionados

4.3.1 Curvas de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en mostos cerveceros experimentales

Los tratamientos térmicos S2:TI3:TF2, S2:TI3:TF2, y S3:TI1:TF1 fueron elegidos ya que tuvieron el mejor rendimiento al producir mostos cerveceros con un pH aceptable, alto grado de extracción (Brix), y una humedad de la malta idéntica al grupo control. Se inocularon los mostos cerveceros elaborados con las maltas resultantes de cada uno de estos tratamientos térmicos con *Saccharomyces cerevisiae* y se analizó su crecimiento a lo largo de diez días.

A continuación se representan los datos obtenidos.

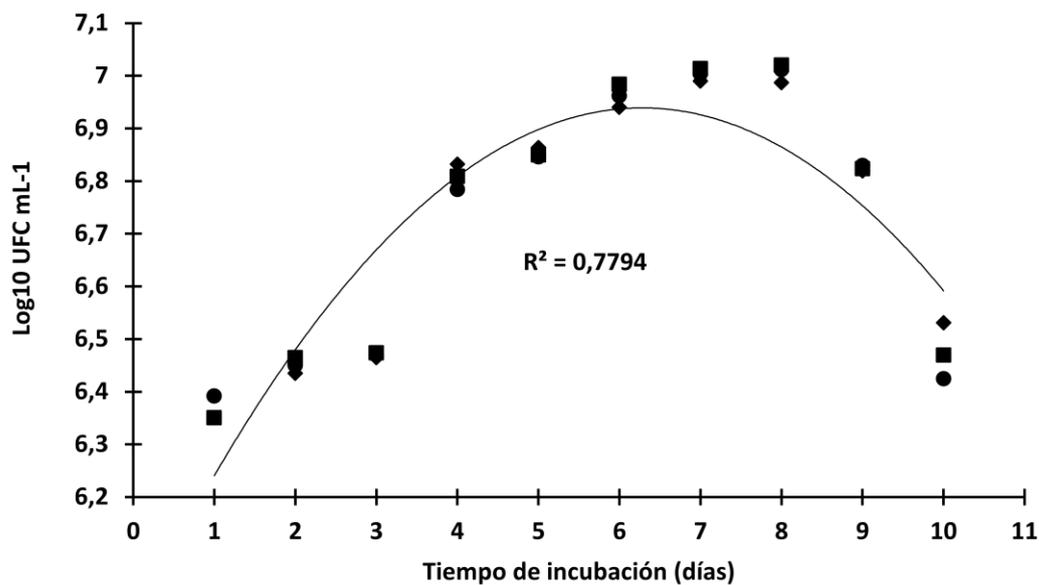


Figura 4 Curva de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en mosto experimental S2:TI3:TF2 (Secado Inicial 60 C, Tostado Inicial 75 C, Tostado Final 80 C). Los datos (■, ● y ◆) representan la variación de las concentraciones (Log UFC mL-1) de la levadura en función del tiempo. La línea representa el valor de correlación (r^2).

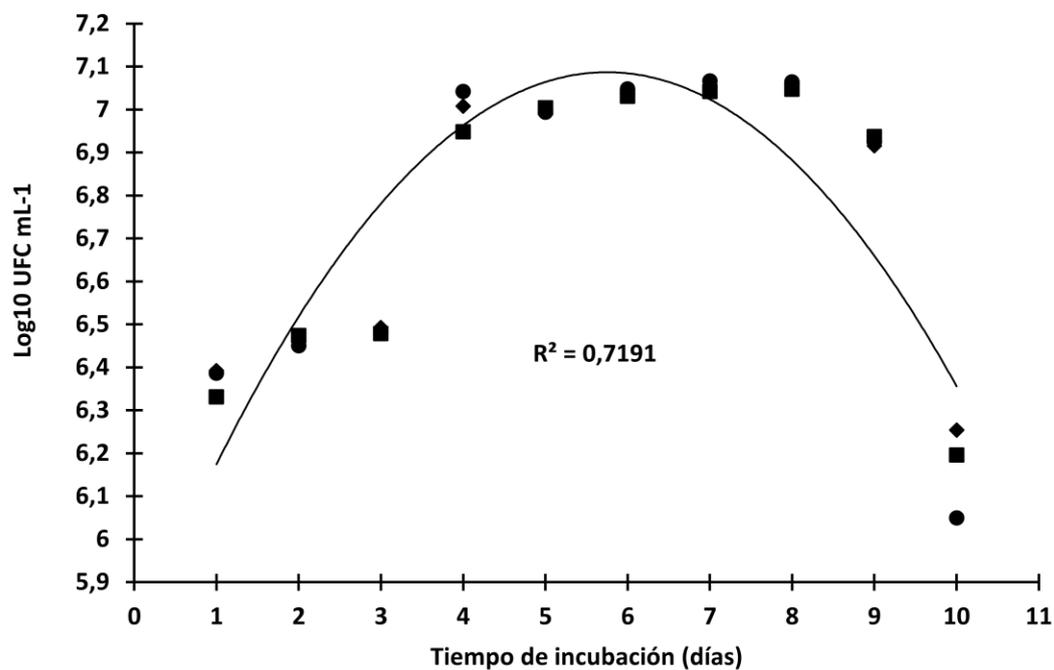


Figura 5 Curva de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en mosto experimental S2:TI3:TF3 (Secado Inicial 60 C, Tostado Inicial 75 C, Tostado Final 90 C). Los datos (■, ● y ◆) representan la variación de las concentraciones (Log UFC mL-1) de la levadura en función del tiempo. La línea representa el valor de correlación (r^2).

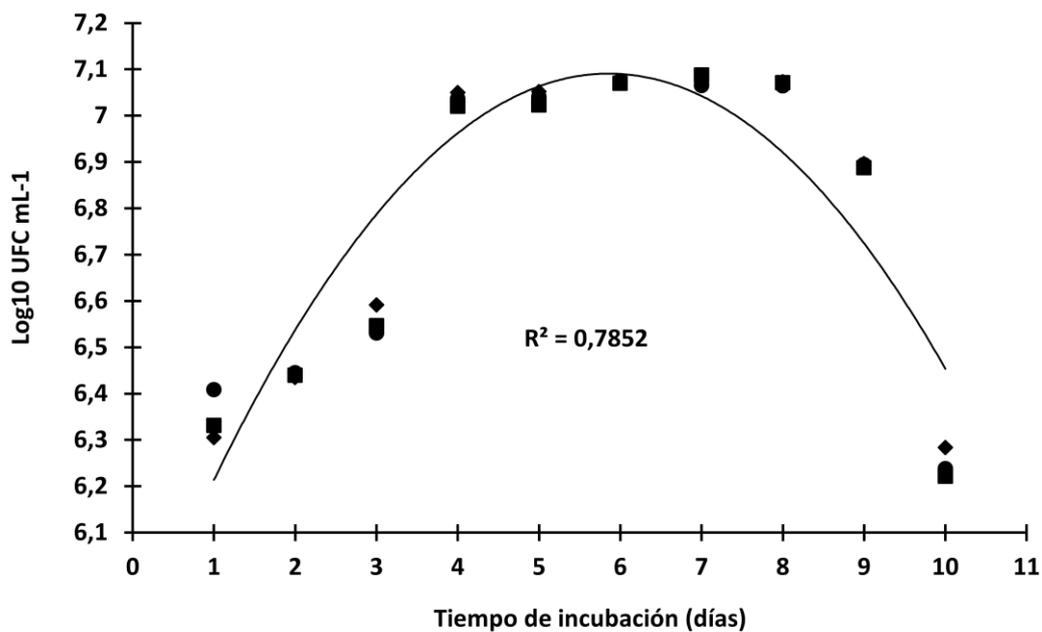


Figura 6 Curva de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en mosto experimental S3:T11:TF1 (Secado Inicial 70 C, Tostado Inicial 65 C, Tostado Final 70 C). Los datos (■, ● y ◆) representan la variación de las concentraciones (Log UFC mL-1) de la levadura en función del tiempo. La línea representa el valor de correlación (r^2).

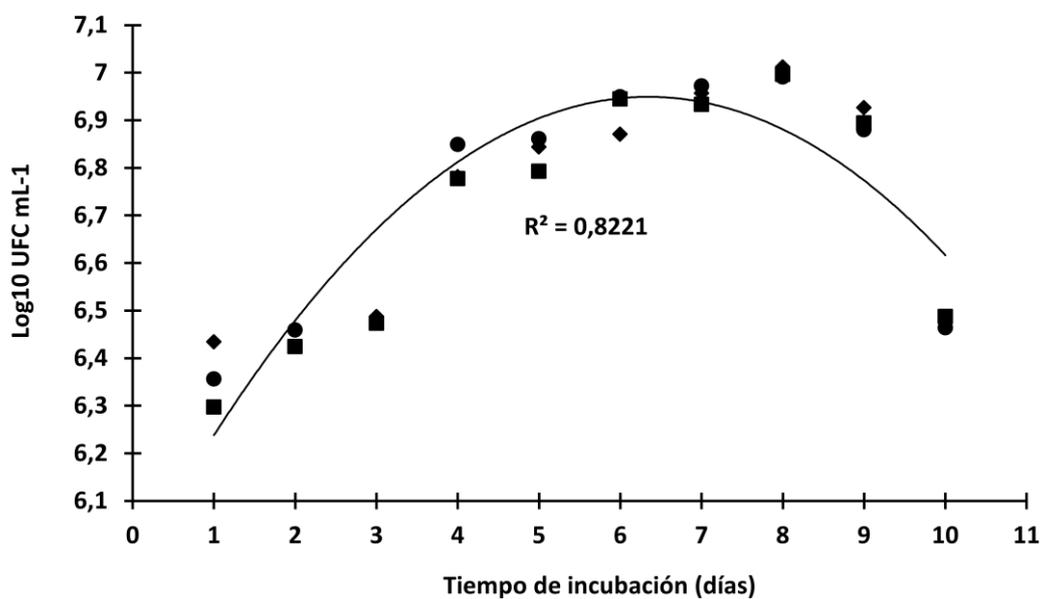


Figura 7 Curva de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en mosto experimental Control (100% malta de cebada). Los datos (■, ● y ◆) representan la variación de las concentraciones (Log UFC mL-1) de la levadura en función del tiempo. La línea representa el valor de correlación (r^2).

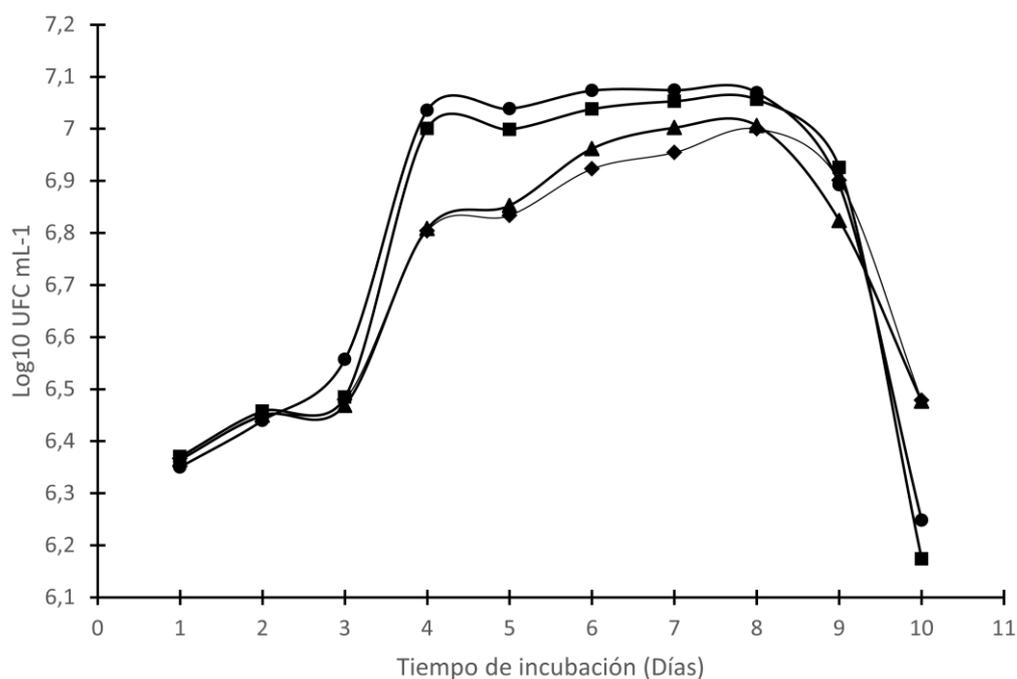


Figura 8 Comparación de curvas de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en los distintos mostos experimentales. Los datos (▲, ■, ● y ◆) expresados representan la media de tres repeticiones para S2:TI3:TF2, S2:TI3:TF3, S3:T11:TF1 respectivamente.

Tabla 16.

pH de los mostos experimentales inoculados al inicio y final del ensayo

Código	pH inicial	pH día 8	pH día 9	pH día 10
M1R1	5,82	4,92	4,9	4,76
M1R2	5,82	5,03	4,95	4,77
M1R3	5,82	4,97	4,93	4,73
M2R1	5,82	4,56	4,5	4,49
M2R2	5,82	4,57	4,52	4,49
M2R3	5,82	4,55	4,49	4,47
M3R1	5,81	4,53	4,48	4,46
M3R2	5,81	4,49	4,44	4,43
M3R3	5,81	4,5	4,46	4,44
C1R1	5,4	4,96	4,88	4,81
C2R2	5,4	4,75	4,73	4,7
C3R3	5,4	4,92	4,88	4,8

Tabla 17

Grados Brix de los mostos experimentales inoculados al inicio y final del ensayo

Código	Brix inicial	Brix día 8	Brix día 9	Brix día 10
M1R1	9,2	5,7	5,5	4,9
M1R2	9,2	5,4	5,3	4,8
M1R3	9,2	5,6	5,3	4,9
M2R1	9,2	4,1	3,9	3,8
M2R2	9,2	4,3	4	3,8
M2R3	9,2	4,1	3,8	3,8
M3R1	9,2	4,3	4	3,8
M3R2	9,2	4,2	3,9	3,8
M3R3	9,2	4,3	4,1	3,9
C1R1	9	5,5	5,3	5,1
C2R2	9	5,7	5,4	5,1
C3R3	9	5,7	5,4	5

Tabla 18

Densidad Inicial, Final y Alcohol/Vol de los mostos experimentales

Código	Densidad Inicial (g/L)	Densidad Final (g/L)	Alcohol/Vol (%)
M1R1	1036,7	1011	3,41
M1R2	1036,7	1010	3,54
M1R3	1036,7	1011	3,41
M2R1	1036,7	1006	4,05
M2R2	1036,7	1006	4,05
M2R3	1036,7	1006	4,05
M3R1	1036,7	1006	4,05
M3R2	1036,7	1006	4,05
M3R3	1036,7	1007	3,92
C1R1	1035,9	1012	3,15
C2R2	1035,9	1012	3,15
C3R3	1035,9	1012	3,15

5. CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los ensayos utilizados durante este proceso de investigación han sido una herramienta valiosa para entender el efecto de los tratamientos térmicos en la malta verde de amaranto durante su proceso de secado y curado. Toda la información recopilada, durante los ensayos piloto, fue la base para desarrollar un diseño experimental que permita realizar exitosamente una comparación estadística de los resultados ya que a simple vista y por evaluación sensorial, es muy difícil establecer parámetros de aceptación objetivos.

El uso de herramientas estadísticas para la evaluación de resultados permitió la identificación de los tratamientos térmicos que producen una malta de amaranto con mayor similitud a la malta de cebada tipo Pilsen. Las maltas de los tratamientos S2:TI3:T2, S2:TI3:TF3, y S3:TI1:TF1 fueron escogidas en base a su contenido de humedad y el desempeño de estas maltas para la elaboración de mostos cerveceros. Para este segundo parámetro se evaluó el pH y Brix de los mostos elaborados con las respectivas maltas de estos tres tratamientos. Tomando en cuenta tanto la humedad de la malta obtenida, su eficiencia (Brix), estabilidad (pH), y desempeño como sustrato para el crecimiento de la principal levadura cervecera, *Sacharomyces cerevisiae*, se escogió el tratamiento S3:TI1:TF1 como el mejor tratamiento para la obtención de una malta cervecera de calidad y similitud al grupo control, es decir, la malta de cebada tipo Pilsen.

La malta obtenida por el tratamiento térmico S3:TI1:TF1 produjo el mejor mosto, o sustrato, para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*. La curva de crecimiento dentro de este mosto fue regular, es decir, siguió el patrón esperado. Tanto el pH, como la concentración de nutrientes y azúcares fermentables (Brix) del mosto obtenido con esta malta permitieron el crecimiento característico y deseado de esta levadura.

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados las recomendaciones a futuro son:

Realizar un análisis bromatológico de las maltas para tener una mejor idea del grado de modificación alcanzado.

Replicar los tratamientos a escala industrial.

Realizar todos los ensayos de la EBC para las maltas, de tal forma que se pueda estandarizar este proceso y se puedan realizar comparaciones más completas entre las maltas de amaranto y cebada. (Ej. Friabilidad, Color, Aroma, Sabor, Índice de Kolbach, Nitrogeno soluble, etc)

Comprobar los resultados obtenidos, con un mayor número de repeticiones.

Ensayar posibles métodos distintos para la obtención de maltas de amaranto.

Adaptar esta metodología para la obtención de diversas maltas especiales de amaranto (“Caramunich”, “Arome”, “Caramelo”, “Cristal”, etc).

REFERENCIAS

- Allen, F. (12 de Noviembre de 2016). *Brewing Techniques* . Recuperado el 7 de Noviembre de 2016 de <http://www.morebeer.com/brewingtechniques/library/backissues/issue2.4/allen.html>
- Aufhammer, W. (2010). *Pseudo-getreidearten: buchweizen, reismelde und amaranth, herkunft, nutzung und anbau*. Stuttgart: Ulmer GmbH & Co.
- Bokulich, N. A., & Bamforth, C. W. (2013). *The Microbiology of Malting and Brewing*. Davis: MMBR.
- Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing Science and Practice*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Capriles, V., Coelho, K., Guerra-Matías, A., & Areas, J. (2008). Effects of processing methods on amaranth Starch digestibility and predicted glycemic index. *Journal of Food Science*, 160-164.
- Catassi, C. (2005). *El Mapa Mundial de la Enfermedad Celiaca*. Ancona: Univerita Politecnica Delle Marche.
- De Meo, B., Freeman, G., Marconi, O., Booer, C., Perretti, G., & Fantozzi, P. (2011). *Behavior of Malted Cereals and Pseudo-Cereals for Gluten-Free Beer Production*. Campden : The Institute of Brewing and Distilling.
- Fachverlag, H. (2007). *European Brewery Convention*. Nürnberg.
- Fano, H., & Benavides, M. (1992). *Los cultivos andinos en perspectiva: producción y utilización en el Cusco*. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Fries, A., Morón, C., Pérez, A., & Rosero, M. (2001). *Manual sobre la utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación*. Santiago: FAO.
- Gutierrez, R., & Lozano, G. (2008). *Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la fórmula comercial de una bebida a base de amaranto*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Hough, J., Briggs, D., Stevens, R., & Young, T. (1982). Malting and brewing science Vol.2. *Hopped wort and beer, 2nd edn.*, 877.

- INIAP. (2011). *Manejo Integrado de los Cultivos de Quinoa Amaranto y Ataco*. Quito: INIAP Archivo Historico .
- Jacobsen, S., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de Granos Andinos en el Ecuador. Informe sobre los rubros Quinoa, Chocho, y Amaranto*. Quito: FAO, CIP, CRS.
- Jacobsen, S., Mujica, A., & Guarino, L. (2000). The genetic resources of the Andean crop grain Amaranth. *International converence on science and techonology for managing plant genetic diversity in the 21st century*. Kuala Lumpur.
- Kuan, J. (2008). *La crisis alimentaria : retos y oportunidades en los Andes*. Lima: CIP.
- La Hora. (2013). Recuperado el 8 de Noviembre de 2016 de http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101545939/-1/Ecuador_produce_por_primera_vez_cebada_para_cerveza.html#.WEI4odLhDIX
- Lideres, R. (2016). Recuperado el 9 de Noviembre de 2016 de <http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-ventas-cerveza-mercado.html>
- Mujica, A., Izquierdo, J., & Jacobsen, S. (1999). Prueba Americana de Cultivares de Amaranto. *Reunion tecnica y taller de formulacion de proyecto regional sobre produccion y nutricion humana en base a cultivos andinos*, (págs. 47-54). Arequipa.
- Mukherjee, J. (2014). *Biotechnological Applications of Biodiversity*. Heidelberg: Springer.
- Nación, L. (22 de Agosto de 2016). *La Nación*. Obtenido de <http://lanacion.com.ec/la-cervecera-ecuatoriana-nacional-se-bebe-la-crisis/>
- Passaghe, P. (2014). *The colloidal stability of craft beers obtained with gluten-free adjuncts: an assessment of aspects related to technology, composition and analysis*. Udine: University of Udine.
- Peralta, E. (2012). *Amaranto Y Ataco: Preguntas y Respuestas*. Quito : INIAP.

- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., Villacrés, E., Rivera, M., & Subía, C. (2009). Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinoa y amaranto, para la Sierra de Ecuador. *INIAP*, 24.
- Rodriguez, W. (2015). *EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE CEBADA (Hordeum vulgare) POR QUINUA (Chenopodium quinoa) Y DEL pH INICIAL DE MACERACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD GENERAL DE UNA CERVEZA TIPO ALE*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Rojas, W., Pinto, M., & Soto, J. (2010). Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. En Rojas W, J. Soto, M. Pinto, M. Jäger, & P. S, *Granos Andinos. Avances, logros, y experiencias desarrolladas en quinoa, cañahua, y amaranto en Bolivia*. Roma: Biodiversity International.
- Romeo, J., J., W., Gonzáles-Gross, M., & Marcos, A. (2007). Effects of moderate beer consumption on first-line immunity of healthy adults. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 153–159.
- Schiwek, V., Kunz, T., Seewald, T., Lee, E.-J., & and Methner, F.-J. (2011). *Optimised Chapon method to ascertain the reduction potential of fermentable and unfermentable sugars in beverages and the brewing process*. Glasgow.
- Sollid, L., & Khosla, C. (2005). Future therapeutic options for celiac disease. . *Nat. Clin. Pract. Gastroenterol. Hepatol.* 2, 140-147.
- System Gab. (2016). *Cámara Thoma y Neubauer*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2016 de http://shop.gabsystem.com/data/descargas/Camara%20Thoma%20Neubauer_SP.pdf
- Valcárcel-Yamani, B., & Caetano, S. (2012). *Applications of Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.) and Amaranth (Amaranthus Spp.) and Their Influence in the Nutritional Value of Cereal Based Foods* . Sao Paulo : Journal of Food and Public Health University of Sao Paulo.

- Valenzuela, R. (2007). *Elaboración artesanal de cerveza orgánica de quínoa*. Santiago: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
- Wijngaard, H., Ulmer, H., & Arendt, E. (2008). The effect of germination time on the final malt quality of buckwheat. *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 64(3), 214-221.
- Zarnkow, M., Kebler, M., B., F., K. S., & Back, W. (2005). Gluten free beer from malted cereals and pseudocereals. *Proceedings of the 30th European Brewery Convention*, (págs. 104, 1-8). Prague.

ANEXOS

Índice de abreviaciones

°C: Centígrados

Bx: Grados Brix

h: Horas

pH: medida de acidez o alcalinidad de una disolución

EBC: European Brewing Convention

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ANOVA: Análisis de Varianza

LDL: Lipoproteína de baja densidad (colesterol)

LSD: "Least significant difference" Diferencia mínima significativa

EEUU: Estados Unidos de América

et al.: et alii (Latín) "y otros"

CO₂: Dióxido de Carbono

GA1: Giberelina; una fitohormona.

GA3: Giberelina; una fitohormona

CWE: "Cold Water Extract"

kg/há: Kilogramos por hectárea

msnm: Metros sobre el nivel del mar

kcal: Kilocalorías

ppm: partes por millón

F.V.: Fuente de varianza

SC: Suma de cuadrados (total) estadística

gl: Grados de libertad (estadística)

C:M: Cuadrado Medio (estadística)

F0: Distribución calculada (estadística)

mL: mililitros

L: Litros

R1, R2, R3...: Repetición 1, 2, 3...

S: Secado

TI: Tostado Inicial

TF: Tostado Final (Curado)

C: Grupo control

Anexo 1 Ficha técnica malta Pilsner Weyermann



WEYERMANN®
SPECIALTY MALTING COMPANY

Andreas Richter - Quality Manager
Brennerstraße 17-19 D-96052 Bamberg, Germany
phone: +49 (0)961 93220-22 fax: +49 (0)961 93220-922
email: andreas.richter@weyermann.de homepage: www.weyermannmalt.com



Product Specification

Product: Weyermann® Pilsner Malt

Crop: 2016

Produced from quality two-row spring barley. Perfect foundation grist for all lagers. Excellent modification and favorable protein and glucan levels. Excellent lautering properties. Provides finished beer with substantial body and mouthfeel, as well as good foam development and head retention. Very flexible grain with high extract efficiency for reliable lager-making in any brew house, including pub ale systems. Yields optimum results for any process from single-step to multi-step infusion, to decoction. Flavor: malty-sweet and gentle notes of honey

Raw Material: Two-row spring barley

Raw Material Source: Germany, Bohemia

Ingredients: Barley
Water

Recommended Quantities: Brewery up to [%]: 100
Food Industry as required

Beer Style: alcohol-reduced Beer; all other beer types; Pils; non-alcoholic Beer;

The following values are subject to harvest-specific variations. All analyses are performed by independent, certified laboratories according to MEBAK "Brew-Technical Analysis Methods."

Parameter	Minimum	Maximum	Unit
Moisture content		5	%
Extract (dry substance)	80.5		%
Colour (EBC)	2.5	4.5	EBC
Colour (Lovibond)	1.5	2.2	Lovibond
Boiled wort colour	4	5.5	EBC
Boiled wort colour (Lovib)	2.1	2.6	Lovibond
Protein (dry substance)	9.5	11.5	%
Kolbach Index	36	42.5	%
Hartong Index 45°C	35	41	%
Saccharification time		15	min
Viscosity (8.6%)		1.58	mPa s

Anexo 2 Ficha técnica malta Pilsen Bestmalz

MALT-INFORMATION

BEST PILSEN MALT



THE MALT	<p>BEST Pilsen Malt gives beer a fresh and rounded taste. It is used for all types of beers based on basically barley malt. It forms an excellent "light" and enzyme-rich foundation for almost all beer styles.</p> <p>Malt characteristics: low protein levels, high extract content, light color and high enzymatic activity. BEST Pilsen Malt is also available in organic quality.</p>
USE	For premium pilsner, lager, ale, Kölsch, light beers
RATE	100 % of the grainbill
PACKAGING	In bulk, sacks size 25 kg/55 lbs and 50 kg/110 lbs, super sacks size 500-1,000 kg/1,100-2,200 lbs
SHELF LIFE	At least 24 months under dry conditions (max. 20 °C/68 °F, max. 35 % RH).
SERVICE	Should you need personal assistance, one of our experts will be happy to advise you. Please do not hesitate to contact us with any questions. Or find more information on our website at www.bestmalz.com .
REMARKS	<p>All of our malts are produced in accordance with the purity guidelines of the German Reinheitsgebot of 1516. We use no genetically modified raw materials. Our malts are produced in compliance with all valid food regulations and legal provisions. Of course, absolute compliance with strict statutory limits relating to pesticides, herbicides, fungicides, mycotoxins and nitrosamines is guaranteed. This is checked by independent laboratories on a regular basis.</p> <p>All processes are conducted according to procedures that are stipulated in our quality management system in accordance with the European standard DIN-EN-ISO 9001:2008. This also comprises a HACCP system. Certification of the systems is performed regularly by the LGA InterCert.</p> <p>Malting barley and wheat are natural products. This means that the specifications given here are subject to seasonal variation and are based on a minimum level of quality for the harvested grain. Please find more information on our website at www.bestmalz.com.</p>

STANDARD MALT SPECIFICATIONS (the values are harvest dependent)

Specification	Unit	Minimum	Maximum
Moisture content	%		5,0
Extract fine grind, dry basis	%	80,5	
Fine-coarse difference EBC	%		2,0
Viscosity (8,6%)	mPa·s		1,60
Friability	%	80,0	
Glassiness	%		3,0
Protein, dry basis	%	9,0	11,5
Soluble nitrogen	mg/100g	610	780
Kolbach index	%	36,0	45,0
Wort color	EBC	3,0	4,9
Wort color	L	1,6	2,3
Wort pH		5,80	6,10
Grading > 2,5mm	%	90,0	
Diastatic power	WK	250	



BESTMALZ AG • P.O. BOX 10 43 20 • D-69033 HEIDELBERG • GERMANY

T +49 (0)62 21 - 64 66-0 • F +49 (0)62 21 - 64 66-99 • INFO@BESTMALZ.DE • WWW.BESTMALZ.COM

Anexo 3 Ficha técnica malta Pilsen Castle Malting



Castle Malting®

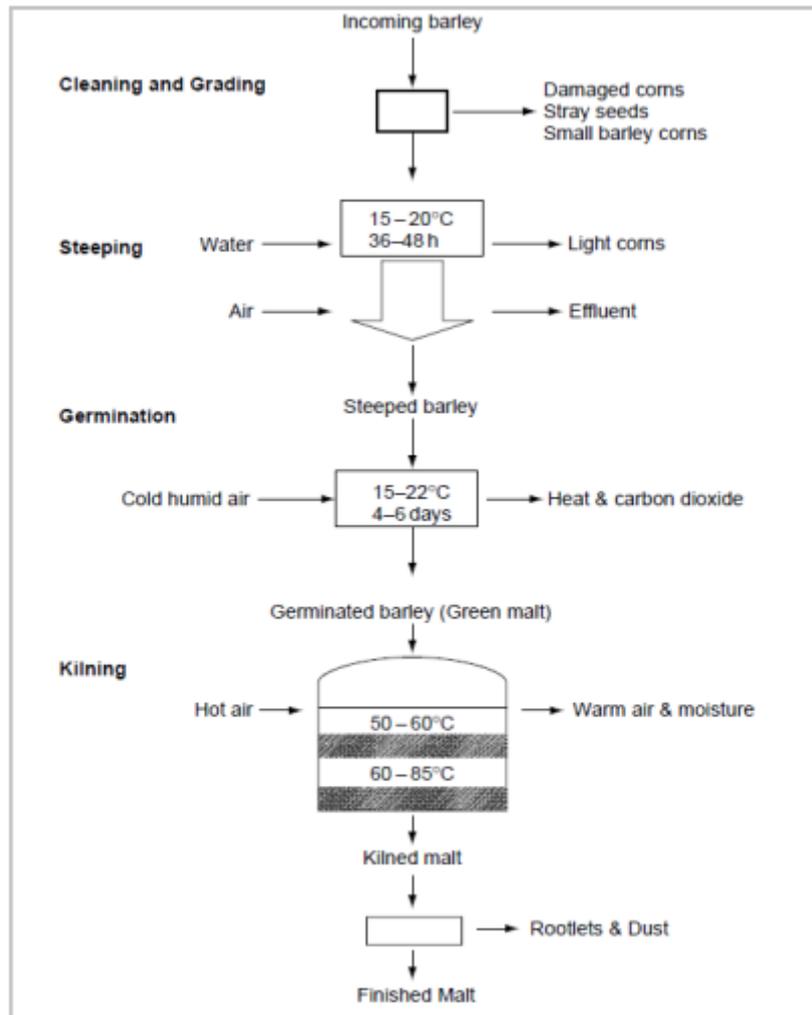
Malteamos con pasión para su suceso cervecero!

Especificación malta

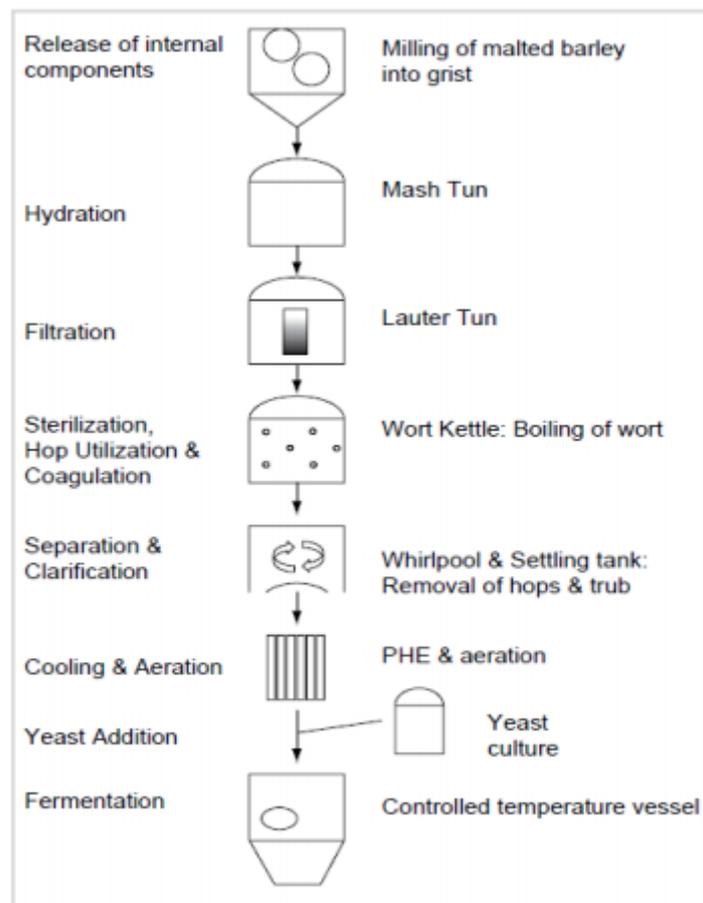
MALTA CHÂTEAU PILSEN 2RS			
También disponible en orgánico			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÍN.	MÁX.
Humedad	%		4,5
Extracto (sustancia seca)	%	81,0	
Diferencia f/g	%	1,5	2,5
Color mosto	EBC (°L)		3,5 (1,9)
Poscoloración	EBC (°L)	4,0	6,0 (2,8)
Total proteínas (malta seca)	%		11,2
Proteína soluble	%	3,5	4,4
Índice Kolbach	%	35,0	45,0
Hartong 45°	%	34,0	43,0
Viscosidad	cp		1,6
pH		5,6	6,0
Potencia diastática	WK	250	
Friabilidad	%	81,0	
Vidriado (granos enteros)	%		2,5
PDMS			5,0
NDMA	ppb		2,5
Filtración			normal
Tiempo de sacarificación	min		15
Claridad del mosto			claro
Calibración: - superior a 2,5 mm	%	90,0	
- rechazada	%		2,0



Anexo 4 Diagrama de flujo para la obtención de malta



Anexo 5 Diagrama de flujo para la elaboración de cerveza



Anexo 7 Resultados pruebas preliminares de tratamientos térmicos

Prueba 1				Prueba 4				Prueba 7				Prueba 10				Prueba 13				Prueba 116			
Secado	70 grados	8 horas		Secado	65 grados	8 horas		Secado	70 grados	6 horas		Secado	65 grados	6 horas		Secado	70 grados	4 horas		Secado	65 grados	4 horas	
Tostado I	80 grados	2 horas		Tostado I	75 grados	2 horas		Tostado I	80 grados	1 hora		Tostado I	75 grados	1 hora		Tostado I	80 grados	30 mins		Tostado I	75 grados	30 mins	
Tostado F	90 grados	1 hora		Tostado F	85 grados	1 hora		Tostado F	90 grados	30 mins		Tostado F	85 grados	30 mins		Tostado F	90 grados	15 mins		Tostado F	85 grados	15 mins	
Color	Café oscuro			Color	Café oscuro			Color	Café claro			Color	Café oscuro			Color	Café claro			Color	Café oscuro		
Olor	Quemado			Olor	Quemado			Olor	Tostado			Olor	Tostado			Olor	Humedo			Olor	Humedo		
Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g		
Peso Final	215 g			Peso Final	219 g			Peso Final	247 g			Peso Final	253 g			Peso Final	389 g			Peso Final	396 g		
Prueba 2				Prueba 5				Prueba 8				Prueba 11				Prueba 14				Prueba 17			
Secado	60 grados	8 horas		Secado	55 grados	8 horas		Secado	60 grados	6 horas		Secado	55 grados	6 horas		Secado	60 grados	4 horas		Secado	55 grados	4 horas	
Tostado I	70 grados	2 horas		Tostado I	65 grados	2 horas		Tostado I	70 grados	1 hora		Tostado I	65 grados	1 hora		Tostado I	70 grados	30 mins		Tostado I	65 grados	30 mins	
Tostado F	80 grados	1 hora		Tostado F	75 grados	1 hora		Tostado F	80 grados	30 mins		Tostado F	75 grados	30 mins		Tostado F	80 grados	15 mins		Tostado F	75 grados	15 mins	
Color	Café oscuro			Color	Café oscuro			Color	Café claro			Color	Café claro			Color	Café claro			Color	Café claro		
Olor	Quemado			Olor	Quemado			Olor	Tostado			Olor	Tostado			Olor	Humedo			Olor	Humedo		
Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g		
Peso Final	227 g			Peso Final	220 g			Peso Final	262 g			Peso Final	266 g			Peso Final	412 g			Peso Final	419 g		
Prueba 3				Prueba 6				Prueba 9				Prueba 12				Prueba 15				Prueba 18			
Secado	50 grados	8 horas		Secado	45 grados	8 horas		Secado	50 grados	6 horas		Secado	45 grados	6 horas		Secado	50 grados	4 horas		Secado	45 grados	4 horas	
Tostado I	60 grados	2 horas		Tostado I	55 grados	2 horas		Tostado I	60 grados	1 hora		Tostado I	55 grados	1 hora		Tostado I	60 grados	30 mins		Tostado I	55 grados	30 mins	
Tostado F	70 grados	1 hora		Tostado F	65 grados	1 hora		Tostado F	70 grados	30 mins		Tostado F	65 grados	30 mins		Tostado F	70 grados	15 mins		Tostado F	65 grados	15 mins	
Color	Café oscuro			Color	Café oscuro			Color	Café claro			Color	Café claro			Color	Café claro			Color	Café claro		
Olor	Tostado			Olor	Tostado			Olor	Tostado			Olor	Tostado			Olor	Humedo			Olor	Humedo		
Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g			Peso Inicial	500 g		
Peso Final	234 g			Peso Final	234 g			Peso Final	271 g			Peso Final	273 g			Peso Final	423 g			Peso Final	431 g		

Anexo 8 Peso de muestras durante el proceso de secado, tostado y curado

Secado						Tostado Inicial						Tostado Final						Zaranda	Peso Inicial	Peso Final	Peso perdido
Codigo	Temperatura C*	Tiempo (h)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Peso perdido (g)	Codigo	Temperatura C*	Tiempo (m)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Peso perdido (g)	Codigo	Temperatura C*	Tiempo (m)	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Peso perdido (g)	S1:T1:TF1	572	571	1
S1:T1:TF1	50	6	1000	654	346	S1:T1:TF1	65	60	654	600	54	S1:T1:TF1	70	30	600	572	28	S1:T1:TF2	568	566	2
S1:T1:TF2	50	6	1000	656	344	S1:T1:TF2	65	60	656	604	52	S1:T1:TF2	80	30	604	568	36	S1:T1:TF3	566	565	1
S1:T1:TF3	50	6	1000	660	340	S1:T1:TF3	65	60	660	604	56	S1:T1:TF3	90	30	604	566	38	S1:T2:TF1	562	561	1
S1:T2:TF1	50	6	1000	650	350	S1:T2:TF1	70	60	650	592	58	S1:T2:TF1	70	30	592	562	30	S1:T2:TF2	560	559	1
S1:T2:TF2	50	6	1000	654	346	S1:T2:TF2	70	60	654	594	60	S1:T2:TF2	80	30	594	560	34	S1:T2:TF3	552	551	1
S1:T2:TF3	50	6	1000	658	342	S1:T2:TF3	70	60	658	598	60	S1:T2:TF3	90	30	598	552	46	S1:T3:TF1	566	564	2
S1:T3:TF1	50	6	1000	652	348	S1:T3:TF1	75	60	652	592	60	S1:T3:TF1	70	30	592	566	26	S1:T3:TF2	562	561	1
S1:T3:TF2	50	6	1000	658	342	S1:T3:TF2	75	60	658	588	70	S1:T3:TF2	80	30	588	562	26	S1:T3:TF3	552	551	1
S1:T3:TF3	50	6	1000	654	346	S1:T3:TF3	75	60	654	588	66	S1:T3:TF3	90	30	588	552	36	S2:T1:TF1	552	552	0
S2:T1:TF1	55	6	1000	638	362	S2:T1:TF1	65	60	638	584	54	S2:T1:TF1	70	30	584	552	32	S2:T1:TF2	544	543	1
S2:T1:TF2	55	6	1000	634	366	S2:T1:TF2	65	60	634	578	56	S2:T1:TF2	80	30	578	544	34	S2:T1:TF3	542	542	0
S2:T1:TF3	55	6	1000	642	358	S2:T1:TF3	65	60	642	586	56	S2:T1:TF3	90	30	586	542	44	S2:T2:TF1	544	542	2
S2:T2:TF1	55	6	1000	634	366	S2:T2:TF1	70	60	634	574	60	S2:T2:TF1	70	30	574	544	30	S2:T2:TF2	538	538	0
S2:T2:TF2	55	6	1000	632	368	S2:T2:TF2	70	60	632	572	60	S2:T2:TF2	80	30	572	538	34	S2:T2:TF3	538	536	2
S2:T2:TF3	55	6	1000	638	362	S2:T2:TF3	70	60	638	576	62	S2:T2:TF3	90	30	576	538	38	S2:T3:TF1	532	531	1
S2:T3:TF1	55	6	1000	636	364	S2:T3:TF1	75	60	636	566	70	S2:T3:TF1	70	30	566	532	34	S2:T3:TF2	534	533	1
S2:T3:TF2	55	6	1000	640	360	S2:T3:TF2	75	60	640	568	72	S2:T3:TF2	80	30	568	534	34	S2:T3:TF3	528	527	1
S2:T3:TF3	55	6	1000	634	366	S2:T3:TF3	75	60	634	564	70	S2:T3:TF3	90	30	564	528	36	S3:T1:TF1	534	533	1
S3:T1:TF1	60	6	1000	606	394	S3:T1:TF1	65	60	606	566	40	S3:T1:TF1	70	30	566	534	32	S3:T1:TF2	534	533	1
S3:T1:TF2	60	6	1000	612	388	S3:T1:TF2	65	60	612	570	42	S3:T1:TF2	80	30	570	534	36	S3:T1:TF3	526	524	2
S3:T1:TF3	60	6	1000	618	382	S3:T1:TF3	65	60	618	572	46	S3:T1:TF3	90	30	572	526	46	S3:T2:TF1	524	523	1
S3:T2:TF1	60	6	1000	614	386	S3:T2:TF1	70	60	614	552	62	S3:T2:TF1	70	30	552	524	28	S3:T2:TF2	518	518	0
S3:T2:TF2	60	6	1000	614	386	S3:T2:TF2	70	60	614	546	68	S3:T2:TF2	80	30	546	518	28	S3:T2:TF3	518	516	2
S3:T2:TF3	60	6	1000	616	384	S3:T2:TF3	70	60	616	552	64	S3:T2:TF3	90	30	552	518	34	S3:T3:TF1	514	513	1
S3:T3:TF1	60	6	1000	610	390	S3:T3:TF1	75	60	610	540	70	S3:T3:TF1	70	30	540	514	26	S3:T3:TF2	512	511	1
S3:T3:TF2	60	6	1000	606	394	S3:T3:TF2	75	60	606	538	68	S3:T3:TF2	80	30	538	512	26	S3:T3:TF3	508	505	3
S3:T3:TF3	60	6	1000	614	386	S3:T3:TF3	75	60	614	538	76	S3:T3:TF3	90	30	538	508	30				

Anexo 9 Resultados pruebas preliminares de sustitución

20%		Codigo S1T11TF3			
kilos	litros			Gravedad especifica	1037
3	15				
0,2	1			pH	5,83
				Brix	9,2
0,04	Amaranto	40 g			
0,16	Cebada	160 g			
30%		Codigo S1T11TF3		Gravedad especifica	1036
3	15			pH	5,88
0,2	1			Brix	9,1
0,06	Amaranto	60 g			
0,14	Cebada	140 g			
40%		Codigo S1T11TF3		Gravedad especifica	1035
3	15			pH	5,97
0,2	1			Brix	8,9
0,08	Amaranto	80 g			
0,12	Cebada	120 g			
50%		Codigo S1T11TF3		Gravedad especifica	1034
3	15			pH	6,1
0,2	1			Brix	8,7
0,1	Amaranto	100 g			
0,1	Cebada	100 g			

Anexo 10 Data recopilada para determinación de humedad R1

#	Codigo	CRISOL (g)	Muestra (g)	Total PI	Peso (2 h)	Peso (2 h 30)	Peso (3 h)	Agua eliminada	Humedad %
1	S1:TI1:TF1	24,61	1	25,61	25,52	25,52	25,52	0,09	0,09
2	S1:TI1:TF2	24,87	1	25,87	25,78	25,78	25,78	0,09	0,09
3	S1:TI1:TF3	26,08	1	27,08	27	27	27	0,08	0,08
4	S1:TI2:TF1	28,36	1	29,36	29,28	29,28	29,28	0,08	0,08
5	SI1:TI2:TF2	24,51	1	25,51	25,43	25,43	25,43	0,08	0,08
6	SI1:TI2:TF3	25,03	1	26,03	25,95	25,95	25,95	0,08	0,08
7	SI1:TI3:TF1	25,78	1	26,78	26,7	26,7	26,7	0,08	0,08
8	S1:TI3:TF2	25,97	1	26,97	26,89	26,89	26,89	0,08	0,08
9	S1:TI3:TF3	25,15	1	26,15	26,07	26,07	26,07	0,08	0,08
10	S2:TI1:TF1	24,25	1	25,25	25,18	25,18	25,18	0,07	0,07
11	S2:TI1:TF2	25,11	1	26,11	26,04	26,04	26,04	0,07	0,07
12	S2:TI1:TF3	24,29	1	25,29	25,22	25,22	25,22	0,07	0,07
13	S2:TI2:TF1	24,98	1	25,98	25,91	25,91	25,91	0,07	0,07
14	S2:TI2:TF2	28,36	1	29,36	29,29	29,29	29,29	0,07	0,07
15	S2:TI2:TF3	24,61	1	25,61	25,54	25,54	25,54	0,07	0,07
16	S2:TI3:TF1	24,87	1	25,87	25,81	25,81	25,81	0,06	0,06
17	S2:TI3:TF2	26,08	1	27,08	27,02	27,02	27,02	0,06	0,06
18	S2:TI3:TF3	28,36	1	29,36	29,30	29,30	29,30	0,06	0,06
19	S3:TI1:TF1	24,51	1	25,51	25,45	25,45	25,45	0,06	0,06
20	S3:TI1:TF2	25,03	1	26,03	25,97	25,97	25,97	0,06	0,06
21	S3:TI1:TF3	25,78	1	26,78	26,72	26,66	26,66	0,06	0,06
22	S3:TI2:TF1	25,97	1	26,97	26,91	26,85	26,85	0,06	0,06
23	S3:TI2:TF2	25,15	1	26,15	26,09	26,09	26,09	0,06	0,06
24	S3:TI2:TF3	24,25	1	25,25	25,20	25,20	25,20	0,05	0,05
25	S3:TI3:TF1	25,11	1	26,11	26,06	26,06	26,06	0,05	0,05
26	S3:TI3:TF2	24,29	1	25,29	25,24	25,24	25,24	0,05	0,05
27	S3:TI3:TF3	24,98	1	25,98	25,93	25,93	25,93	0,05	0,05
28	Malta Cebad	28,36	1	29,36	29,30	29,30	29,30	0,06	0,06

Anexo 11 Data recopilada mostos experimentales

#	Codigo	Malta de c	Malta de ceb	% reemplazo	pH Mosto R1	pH Mosto R2	Brix Mosto R1	Brix Mosto R2	Gravedad especifica	Tiempo (m)
1	S1:T11:TF1	160	40	20	5,98	5,97	8,8	8,7	1035,1	55
2	S1:T11:TF2	160	40	20	5,98	5,96	8,8	8,8	1035,1	55
3	S1:T11:TF3	160	40	20	5,96	5,96	8,8	8,7	1035,1	55
4	S1:T12:TF1	160	40	20	5,93	5,94	8,8	8,8	1035,1	55
5	S1:T12:TF2	160	40	20	5,93	5,93	8,9	8,8	1035,5	55
6	S1:T12:TF3	160	40	20	5,91	5,93	8,9	8,9	1035,5	55
7	S1:T13:TF1	160	40	20	5,88	5,89	8,9	9	1035,5	55
8	S1:T13:TF2	160	40	20	5,86	5,88	8,9	8,9	1035,5	55
9	S1:T13:TF3	160	40	20	5,86	5,86	8,9	8,8	1035,5	55
10	S2:T11:TF1	160	40	20	5,86	5,84	8,9	8,9	1035,5	55
11	S2:T11:TF2	160	40	20	5,86	5,86	9	9	1035,9	55
12	S2:T11:TF3	160	40	20	5,84	5,85	9	9	1035,9	55
13	S2:T12:TF1	160	40	20	5,84	5,85	9	8,9	1035,9	55
14	S2:T12:TF2	160	40	20	5,84	5,85	9,1	9,1	1036,3	55
15	S2:T12:TF3	160	40	20	5,83	5,85	9,1	9,1	1036,3	55
16	S2:T13:TF1	160	40	20	5,83	5,83	9,2	9,1	1036,7	55
17	S2:T13:TF2	160	40	20	5,82	5,8	9,2	9,2	1036,7	55
18	S2:T13:TF3	160	40	20	5,82	5,81	9,2	9,2	1036,7	55
19	S3:T11:TF1	160	40	20	5,81	5,79	9,2	9,2	1036,7	55
20	S3:T11:TF2	160	40	20	5,81	5,81	9,1	9,1	1036,3	55
21	S3:T11:TF3	160	40	20	5,8	5,81	9,1	9,1	1036,3	55
22	S3:T12:TF1	160	40	20	5,76	5,79	9	9	1035,9	55
23	S3:T12:TF2	160	40	20	5,75	5,79	9	8,9	1035,9	55
24	S3:T12:TF3	160	40	20	5,71	5,78	9	9	1035,9	55
25	S3:T13:TF1	160	40	20	5,7	5,73	9	9	1035,9	55
26	S3:T13:TF2	160	40	20	5,69	5,71	8,9	8,9	1035,5	55
27	S3:T13:TF3	160	40	20	5,66	5,69	8,9	8,8	1035,5	55
28	Malta Ceba	200	0	0	5,6	5,6	9,0	9,0	1035,9	55

Anexo 12 Resumen de conteo de levaduras en mostos experimentales

Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Media grupo	log/10
M1R1D1	14	2240000	6,350248018	M1R2D1	14	2240000	6,350248018	M1R3D1	15,4	2464000	6,391640703	2314666,667	6,36448846
M1R1D2	17	2720000	6,434568904	M1R2D2	18,2	2912000	6,464191371	M1R3D2	17,6	2816000	6,44963265	2816000	6,44963265
M1R1D3	18,2	2912000	6,464191371	M1R2D3	18,6	2976000	6,473632927	M1R3D3	18,4	2944000	6,468937806	2944000	6,46893781
M1R1D4	42,4	6784000	6,831485839	M1R2D4	40,2	6432000	6,808346036	M1R3D4	38	6080000	6,783903579	6432000	6,80834604
M1R1D5	45,6	7296000	6,863084825	M1R2D5	44,2	7072000	6,849542252	M1R3D5	43,8	7008000	6,845594093	7125333,333	6,85280519
M1R1D6	54,4	8704000	6,939718882	M1R2D6	60,2	9632000	6,983716474	M1R3D6	57,2	9152000	6,961516011	9162666,667	6,96202189
M1R1D7	61	9760000	6,989449818	M1R2D7	64,4	10304000	7,01300585	M1R3D7	63	10080000	7,003460532	10048000	7,00207963
M1R1D8	60,6	9696000	6,986592607	M1R2D8	65,4	10464000	7,019697731	M1R3D8	64,2	10272000	7,011655011	10144000	7,00620924
M1R1D9	41,2	6592000	6,819017199	M1R2D9	41,6	6656000	6,823213313	M1R3D9	42,2	6752000	6,829432434	6666666,667	6,82390874
M1R1D10	21,2	3392000	6,530455844	M1R2D10	18,4	2944000	6,468937806	M1R3D10	16,6	2656000	6,424228071	2997333,333	6,47673504
Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Media grupo	log/10
M2R1D1	15,4	2464000	6,391640703	M2R2D1	13,4	2144000	6,331224781	M2R3D1	15,2	2432000	6,385963571	2346666,667	6,3704514
M2R1D2	17,6	2816000	6,44963265	M2R2D2	18,6	2976000	6,473632927	M2R3D2	17,6	2816000	6,44963265	2869333,333	6,457781
M2R1D3	19,4	3104000	6,491921713	M2R2D3	18,8	3008000	6,478277832	M2R3D3	19	3040000	6,482873584	3050666,667	6,48439476
M2R1D4	63,6	10176000	7,007577098	M2R2D4	55,4	8864000	6,947629747	M2R3D4	68,8	11008000	7,041708421	10016000	7,00069432
M2R1D5	62,4	9984000	6,999304572	M2R2D5	63	10080000	7,003460532	M2R3D5	61,6	9856000	6,993700695	9973333,333	6,99884033
M2R1D6	67,8	10848000	7,035349677	M2R2D6	67	10720000	7,030194785	M2R3D6	69,8	11168000	7,047975405	10912000	7,03790436
M2R1D7	70,2	11232000	7,050457095	M2R2D7	68,8	11008000	7,041708421	M2R3D7	72,8	11648000	7,066251362	11296000	7,05292468
M2R1D8	71,4	11424000	7,057818194	M2R2D8	69,6	11136000	7,046729222	M2R3D8	72,4	11584000	7,063858549	11381333,333	7,05619314
M2R1D9	51,4	8224000	6,915083102	M2R2D9	54	8640000	6,936513742	M2R3D9	52,6	8416000	6,925105727	8426666,667	6,92565581
M2R1D10	11,2	1792000	6,253338005	M2R2D10	9,8	1568000	6,195346058	M2R3D10	7	1120000	6,049218023	1493333,333	6,17415676
Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Media grupo	log/10
M3R1D1	12,6	2016000	6,304490528	M3R2D1	13,4	2144000	6,331224781	M3R3D1	16	2560000	6,408239965	2240000	6,35024802
M3R1D2	17	2720000	6,434568904	M3R2D2	17,2	2752000	6,43964843	M3R3D2	17,4	2784000	6,444669231	2752000	6,43964843
M3R1D3	24,4	3904000	6,591509809	M3R2D3	22	3520000	6,546542663	M3R3D3	21,2	3392000	6,530455844	3605333,333	6,55694542
M3R1D4	70	11200000	7,049218023	M3R2D4	65,4	10464000	7,019697731	M3R3D4	68	10880000	7,036628895	10848000	7,03534968
M3R1D5	70,4	11264000	7,051692642	M3R2D5	65,8	10528000	7,022345876	M3R3D5	68,6	10976000	7,040444098	10922666,667	7,03832868
M3R1D6	74,4	11904000	7,075692918	M3R2D6	73,4	11744000	7,069816043	M3R3D6	74,2	11872000	7,074523888	11840000	7,0733517
M3R1D7	73,4	11744000	7,069816043	M3R2D7	76,4	12224000	7,087213341	M3R3D7	72,6	11616000	7,065056603	11861333,333	7,07413351
M3R1D8	74	11840000	7,073351702	M3R2D8	73,6	11776000	7,070997797	M3R3D8	72,4	11584000	7,063858549	11733333,333	7,06942141
M3R1D9	49,2	7872000	6,896085085	M3R2D9	48,2	7712000	6,887167021	M3R3D9	49	7840000	6,894316063	7808000	6,8925398
M3R1D10	12	1920000	6,283301229	M3R2D10	10,4	1664000	6,221153322	M3R3D10	10,8	1728000	6,237543738	1770666,667	6,24813681
Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Codigo	media por 25 cuadros	recuento total	log/10	Media grupo	log/10
C1R1D1	17	2720000	6,434568904	C1R2D1	12,4	1984000	6,297541668	C1R3D1	14,2	2272000	6,356408327	2325333,333	6,36648522
C1R1D2	18	2880000	6,459392488	C1R2D2	16,6	2656000	6,424228071	C1R3D2	18	2880000	6,459392488	2805333,333	6,44798447
C1R1D3	19,2	3072000	6,487421211	C1R2D3	18,6	2976000	6,473632927	C1R3D3	18,8	3008000	6,478277832	3018666,667	6,47981516
C1R1D4	37,8	6048000	6,781611782	C1R2D4	37,4	5984000	6,776991585	C1R3D4	44,2	7072000	6,849542252	6368000	6,80400305
C1R1D5	43,6	6976000	6,843606472	C1R2D5	38,8	6208000	6,792951708	C1R3D5	45,4	7264000	6,861175836	6816000	6,83352958
C1R1D6	46,4	7424000	6,870637963	C1R2D6	55	8800000	6,944482672	C1R3D6	55,6	8896000	6,949194774	8373333,333	6,92289838
C1R1D7	56,6	9056000	6,956936414	C1R2D7	53,6	8576000	6,933284772	C1R3D7	58,6	9376000	6,972017599	9002666,667	6,95437117
C1R1D8	64,2	10272000	7,011655011	C1R2D8	62	9920000	6,996511672	C1R3D8	61,2	9792000	6,990871405	9994666,667	6,99976831
C1R1D9	52,8	8448000	6,926753905	C1R2D9	49	7840000	6,894316063	C1R3D9	47,4	7584000	6,879898324	7957333,333	6,90076755
C1R1D10	19	3040000	6,482873584	C1R2D10	19,2	3072000	6,487421211	C1R3D10	18,2	2912000	6,464191371	3008000	6,47827783

Anexo 13 Resultados pH, Brix, Densidad, Alcohol/Vol de mostos experimentales inoculados

Mosto	Codigo	pH inicia	Brix inicia	Densidad	Brix dia 8	Brix dia 9	Brix dia 10	pH dia 8	pH dia 9	pH dia 10	Densidad Final	Alcohol/Vol
S2:TI3:TF	M1R1	5,82	9,2	1036,7	5,7	5,5	4,9	4,92	4,9	4,76	1011	3,41
S2:TI3:TF	M1R2	5,82	9,2	1036,7	5,4	5,3	4,8	5,03	4,95	4,77	1010	3,54
S2:TI3:TF	M1R3	5,82	9,2	1036,7	5,6	5,3	4,9	4,97	4,93	4,73	1011	3,41
S2:TI3:TF	M2R1	5,82	9,2	1036,7	4,1	3,9	3,8	4,56	4,5	4,49	1006	4,05
S2:TI3:TF	M2R2	5,82	9,2	1036,7	4,3	4	3,8	4,57	4,52	4,49	1006	4,05
S2:TI3:TF	M2R3	5,82	9,2	1036,7	4,1	3,8	3,8	4,55	4,49	4,47	1006	4,05
S3:TI1:TF	M3R1	5,81	9,2	1036,7	4,3	4	3,8	4,53	4,48	4,46	1006	4,05
S3:TI1:TF	M3R2	5,81	9,2	1036,7	4,2	3,9	3,8	4,49	4,44	4,43	1006	4,05
S3:TI1:TF	M3R3	5,81	9,2	1036,7	4,3	4,1	3,9	4,5	4,46	4,44	1007	3,92
Cebada	C1R1	5,4	9	1035,9	5,5	5,3	5,1	4,96	4,88	4,81	1012	3,15
Cebada	C2R2	5,4	9	1035,9	5,7	5,4	5,1	4,75	4,73	4,7	1012	3,15
Cebada	C3R3	5,4	9	1035,9	5,7	5,4	5	4,92	4,88	4,8	1012	3,15

