

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Optimización de tiempo y temperatura de germinado de dos variedades de
cebada para la obtención de malta cervecera

AUTORES:

Bach. Aguilar Molina, Lucia Fernanda

Bach. Arroyo Condor, Jesus Antonio

ASESOR:

Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward

NUEVO CHIMBOTE – PERU

2025



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadro dentro de las áreas y líneas de investigación conforme el reglamento general para obtener el Título profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

“Optimización de tiempo y temperatura de germinado de dos variedades de cebada para la obtención de malta cervecera”

Autores:

Bach. Aguilar Molina Lucia Fernanda

Bach. Arroyo Condor Jesus Antonio

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
ASESOR

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente trabajo de tesis titulado “Optimización de tiempo y temperatura de germinado de dos variedades de cebada para la obtención de malta cervecera” para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres: **Aguilar Molina Lucia Fernanda**, con código de matrícula 0201712006 y **Arroyo Condor Jesus Antonio**, con código de matrícula 0201712003, que tienen como asesor al Dr. Williams Esteward Castillo Martínez. Según R.D.Nº 257-2023-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 23 de Abril del 2025 por el siguiente jurado evaluar, designado mediante la resolución Nº 089-2025-UNS-CFI, revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador.

M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara

Presidente

DNI: 32854604

Código ORCID:0000-0001-6875-240X

Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca

Secretario

DNI: 18146173

Código ORCID:0000-0003-4326-1852

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez

Integrante

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día veintitres de abril del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA - 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°089-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Ms. Saúl Eusebio Lara (Presidente)
- Dr. Daniel Sánchez Vaca (Secretario)
- Dr. Williams Castillo Martinez (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **OPTIMIZACION DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE GERMINADO DE DOS VARIETADES DE CEBADA PARA LA OBTENCION DE MALTA CERVECERA**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- AGUILAR MOLINA LUCIA FERNANDA
- ARROYO CONDOR JESUS ANTONIO

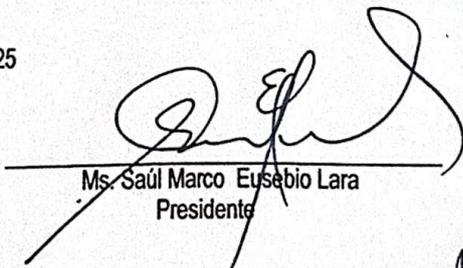
Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Williams Castillo Martinez**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
AGUILAR MOLINA LUCIA FERNANDA	19	excelente
ARROYO CONDOR JESUS ANTONIO	19	excelente

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 23 de abril del 2025


Ms. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente


Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario


Dr. Williams Castillo Martinez
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Lucia Fernanda AGUILAR MOLINA
Título del ejercicio: Revision de proyectos de tesis
Título de la entrega: TESIS AGUILAR Y ARROYO
Nombre del archivo: INFORME_TESIS_FINAL.docx
Tamaño del archivo: 15.42M
Total páginas: 72
Total de palabras: 15,640
Total de caracteres: 83,979
Fecha de entrega: 03-mar.-2025 05:11p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2604391134

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



TITULO: "Optimización de tiempo y temperatura de germinado de dos variedades de cebada para la obtención de malta cervicera"

AUTOR(ES):

Bach. Aguilar Molina, Lucia Fernanda

Bach. Arroyo Condor, Jesus Antonio

ASESOR:

Dr. Williams Esteward Castillo Martínez

NUEVO CHIMBOTE – PERU

2024

i

TESIS AGUILAR Y ARROYO

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	rid.unrn.edu.ar Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	www.asbcnet.org Fuente de Internet	<1%
6	staging.oec.world Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Victoria University Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.unsaac.edu.pe	

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por concederme la sabiduría y la fortaleza necesaria para aprender y orientarme a lo largo de este camino fundamental para mi futuro.

A mi familia, que me acompañó en esta travesía con su ejemplo de esfuerzo y dedicación, inculcándome valores y brindándome su apoyo incondicional, especialmente a mi madre.

A los profesionales que me guiaron y contribuyeron a mi formación tanto profesional como personal, y a mis amigos, por su comprensión y respaldo en todo momento.

Jesus Antonio Arroyo Condor

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza para enfrentar los desafíos en cada etapa de mi vida y por iluminar mi camino hacia el logro de mis metas.

A mi familia, por siempre celebrar mis logros y ser parte de ellos, especialmente a mis papas, este es el resultado de un gran esfuerzo que los tres hemos hecho juntos.

A los docentes y compañeros que compartieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional, y que, además, me ofrecieron su amistad y comprensión para seguir adelante.

Lucia Fernanda Aguilar Molina

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO</i>	<i>ii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>vii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>viii</i>
<i>I. INTRODUCCION</i>	<i>9</i>
<i>II. MARCO TEORICO</i>	<i>12</i>
2.1. <i>Antecedentes</i>	<i>12</i>
2.2. <i>Marco conceptual</i>	<i>16</i>
2.2.1. <i>Cebada</i>	<i>16</i>
2.2.1.1. <i>Generalidades.</i>	<i>16</i>
2.2.1.2. <i>Composición química proximal.</i>	<i>17</i>
2.2.1.3. <i>Beneficios.</i>	<i>18</i>
2.2.1.4. <i>Importancia del cultivo.</i>	<i>18</i>
2.2.1.5. <i>Variedades</i>	<i>19</i>
2.2.1.6. <i>Lugares de producción de cebada</i>	<i>20</i>
2.2.1.7. <i>Indicadores económicos de la producción de cebada.</i>	<i>21</i>
2.2.1.8. <i>Cebada cervecera</i>	<i>22</i>
2.2.1.9. <i>Composición química de la cebada malteada</i>	<i>24</i>
2.2.1.10. <i>Calidad maltera de la cebada.</i>	<i>25</i>
2.2.2. <i>Malta</i>	<i>26</i>
2.2.2.1. <i>Generalidades</i>	<i>26</i>
2.2.2.2. <i>Descripción del proceso de malteo</i>	<i>26</i>
2.2.2.3. <i>Características durante el proceso de malteado</i>	<i>27</i>
2.2.2.4. <i>Tipos de malta cervecera</i>	<i>28</i>
2.2.2.5. <i>Poder diástasico en la producción cervecera</i>	<i>29</i>
2.2.2.5.1. <i>Definición.</i>	<i>29</i>
2.2.2.5.2. <i>Enzimas responsables de la hidrólisis del almidón.</i>	<i>30</i>
2.2.2.5.3. <i>Importancia de la temperatura y el pH en el poder diástasico durante la maceración.</i>	<i>30</i>
<i>III. MATERIALES Y METODOS</i>	<i>32</i>
3.1. <i>Materia Prima</i>	<i>32</i>
3.2. <i>Equipos, Materiales, Instrumentos y Reactivos</i>	<i>32</i>
3.2.1. <i>Equipos</i>	<i>32</i>

3.2.2.	<i>Materiales</i>	33
3.2.3.	<i>Instrumentos</i>	33
3.2.4.	<i>Reactivos</i>	34
3.3.	<i>Métodos de Análisis</i>	35
3.3.1.	<i>Análisis proximal</i>	35
3.3.2.	<i>Análisis Fisicoquímico</i>	35
3.3.3.	<i>Análisis Espectrofotométricos</i>	35
3.3.4.	<i>Ensayos de Germinación</i>	35
3.4.	<i>Metodología</i>	36
3.4.1.	<i>Obtención de Malta</i>	36
3.4.2.	<i>Diseño experimental</i>	37
IV.	<i>RESULTADOS Y DISCUSION</i>	39
4.1.	<i>Composición química proximal del grano de cebada</i>	39
4.2.	<i>Evaluación de calidad de malta</i>	41
4.2.1.	<i>Poder Germinativo</i>	41
4.2.2.	<i>Poder Diastásico</i>	44
4.2.3.	<i>Azúcares Reductores</i>	49
4.2.4.	<i>Proteínas</i>	53
4.3.	<i>Determinación de parámetros óptimos</i>	57
V.	<i>CONCLUSIONES</i>	60
VI.	<i>RECOMENDACIONES</i>	61
VII.	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</i>	62
VIII.	<i>ANEXOS</i>	67

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 01. Composición química de cebada en 100 gr.</i>	17
<i>Tabla 02 Climatografía de las localidades de estudio</i>	21
<i>Tabla 03 Producción de cebada a nivel nacional 2022-2023</i>	22
<i>Tabla 05 Tipos de maltas</i>	29
<i>Tabla 06 Rangos de activación para enzimas específicas</i>	31
<i>Tabla 07 Operacionalización de las variables independiente</i>	37
<i>Tabla 08 Operacionalización de las variables dependiente</i>	37
<i>Tabla 09 Diseño experimental</i>	38
<i>Tabla 10 Composición química proximal de cebada Centenario y UNA 80</i>	39
<i>Tabla 11 Resumen del modelo estadístico</i>	41
<i>Tabla 12 ANOVA para modelo cuadrático</i>	41
<i>Tabla 13 Poder Germinativo de la malta</i>	42
<i>Tabla 14 Resumen del modelo estadístico</i>	45
<i>Tabla 15 ANOVA para modelo 2FI</i>	45
<i>Tabla 16 Poder Diastásico de la malta</i>	46
<i>Tabla 17 Resumen del modelo estadístico</i>	50
<i>Tabla 18 ANOVA para modelo cuadrático</i>	50
<i>Tabla 19 Azúcares reductores de la malta</i>	51
<i>Tabla 20 Resumen del modelo estadístico</i>	53
<i>Tabla 21 ANOVA para modelo cuadrático</i>	54
<i>Tabla 22 Proteínas (%) en la malta</i>	55
<i>Tabla 23 Contraste de parámetros</i>	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 01 Procedimiento para la obtención de la malta</i>	36
<i>Gráfico 02 Caracterización de materia prima</i>	39
<i>Gráfico 03 Poder germinativo en función a las variables – UNA 80</i>	43
<i>Gráfico 04 Poder germinativo en función a las variables – CENTENARIO</i>	43
<i>Gráfico 05 Poder diástasico en función a las variables – UNA 80</i>	47
<i>Gráfico 06 Poder diástasico en función a las variables – CENTENARIO</i>	48
<i>Gráfico 07 Azúcares reductores en función a las variables – UNA 80</i>	52
<i>Gráfico 08 Proteína en función a las variables – UNA 80</i>	55
<i>Gráfico 09 Proteína en función a las variables – CENTENARIO</i>	56
<i>Gráfico 10 Solución 1</i>	58
<i>Gráfico 11 Solución 2</i>	58
<i>Gráfico 12 Interacción de las variables</i>	59

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 01 Procedimiento determinación de Poder Diástasico según EBC 4.12</i>	67
<i>Anexo 02 Materia prima y proceso productivo</i>	68
<i>Anexo 03 Determinación de Poder Diástasico</i>	69
<i>Anexo 04 Determinación de Fibra</i>	70
<i>Anexo 05 Determinación de Grasa</i>	70
<i>Anexo 06 Determinación de azúcares reductores</i>	71
<i>Anexo 07 Superficie respuesta según el comportamiento de las variables</i>	72
<i>Anexo 08 Optimización – Solucion 1</i>	73
<i>Anexo 09 Optimización – Solucion 2</i>	73

RESUMEN

A nivel nacional, el Perú no se posiciona como exponente cervecero, sin embargo, la industria ha ido creciendo considerablemente en los últimos años, por ello, se busca ampliar las investigaciones a nivel regional sobre el cultivo de cebada y su aplicación en la industria cervecera para conocer alternativas que permitan explotar la cebada de manera industrial. El objetivo principal es determinar los parámetros óptimos de germinado en dos variedades de cebada producidas en la región Ancash para la obtención de malta cervecera, se realizó la caracterización de los dos cultivares de cebada (Centenario y UNA-80) y se germinó según los 22 ensayos descritos en el diseño experimental superficie respuesta - STATEASE DESIGN EXPERT V.13.0, se trabajó con un modelo cuadrático en un diseño inicial compuesto central de dos variables numéricas (tiempo y temperatura) y una categórica (variedad); luego, se evaluó la calidad de la malta según 04 variables dependientes: Poder germinativo (%), Poder diastásico ($^{\circ}$ WK), Azúcares reductores (%) y Proteínas (%), de ello, se concluye que el cultivar centenario responde con mejores resultados frente al cultivar UNA-80 en todas las variables de estudio a excepción del % de azúcares reductores. Por último, la optimización sugiere germinar el cultivar centenario durante 63.97 horas a 22.63°C, para obtener un poder germinativo de 93.47%, un poder diastásico de 224.75 $^{\circ}$ WK, 11.87% de proteínas y 9.02% de azúcares reductores; valores que posicionan a la malta proveniente de la región Ancash como una malta cervecera de calidad.

Palabras claves: Cebada, Malta, Poder germinativo, Poder diastásico, Azúcares reductores, Proteínas

ABSTRACT

At a national level, Peru is not positioned as a beer exponent, however, the industry has been growing considerably in recent years, therefore, we seek to expand research at a regional level on barley cultivation and its application in the beer industry in order to know alternatives that allow barley to be exploited industrially. The main objective is to determine the optimal germination parameters in two varieties of barley produced in the Ancash region to obtain brewing malt, the two barley cultivars (Centenario and UNA-80) were characterized and germinated according to the 22 tests described in the experimental surface response design - STATEASE DESIGN EXPERT V.13.0, a quadratic model was worked with in an initial central composite design of two numerical variables (time and temperature) and one categorical (variety); Then, the quality of the malt was evaluated according to 04 dependent variables: Germination power (%), Diastasis power (°WK), Reducing sugars (%) and Proteins (%), from this, it is sincere that the Centenario cultivar responds with better results compared to the UNA-80 cultivar in all the study variables except the % of reducing sugars. Finally, the optimization suggests germinating the Centenario cultivar for 63.97 hours at 22.63°C, to obtain a germination power of 93.47%, a diastasis power of 224.75°WK, 11.87% proteins and 9.02% reducing sugars; values that position the malt from the Ancash region as a quality brewing malt.

Keywords: Barley, Malt, Germination power, Diastatic power, Reducing sugars, Proteins

I. INTRODUCCION

Según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, 2022), la malta, es considerada el producto en el puesto 587 más comercializado en el mundo, su demanda se debe al crecimiento en el sector cervecero en aproximadamente 40 millones de hectolitros entre los años 2020 y 2021, esta cifra posiciona a la cerveza como el producto numero 246 más comercializado a nivel mundial en el 2021, con un 8.21% de crecimiento exportable respecto al año anterior. En el 2021, México (\$5.49MM), Países Bajos (\$2.11MM), Bélgica (\$1.98MM), Alemania (\$1.38MM), y Reino Unido (\$513M) fueron los principales exportadores de Cerveza; por el contrario, Estados Unidos (\$6.21MM), Francia (\$1.13MM), Italia (\$722M), Reino Unido (\$660M), y Países Bajos (\$637M) fueron los principales importadores; sin embargo, en el mismo año, Francia (\$484M), Bélgica (\$422M), Australia (\$391M), Alemania (\$370M), y Canadá (\$314M) fueron los principales exportadores de malta; y Brasil (\$646M), México (\$382M), Estados Unidos (\$287M), Japón (\$203M), y Bélgica (\$197M) fueron los principales importadores. Lo mencionado nos sitúa en la diferenciación en cuanto a producción de cerveza y producción de malta en todos los mercados a nivel mundial.

En el 2021, nuestro país importó 35.1M de dólares en Malta, posicionándose en el importador número 23 de malta en el mundo, en ese mismo año, la malta ocupó el puesto 261 entre los productos más importados a nivel nacional, y a su vez, el numero 695 más exportado, con tan solo 237,000 dólares en exportaciones, según OEC (2022). La baja producción de malta se evidencia por el bajo valor de industrialización de la cebada producida en nuestro país. Además, según la Agencia agraria de noticias (2018), las importaciones de malta aumentaron en un 40% en el 2017 respecto al año anterior, el aumento es debido al crecimiento en la industria cervecera en el país, siendo las empresas UNION DE CER PER BACKUS Y JOHNSTON S.A.A, COMPAÑÍA CERVECERA AMBEV PERU S.A.C. y AGRO MI PERU FOODS S.A.C., las principales exportadoras de cerveza, y a su vez, las principales responsables de las importaciones de malta en el país, incluyendo también a las pequeñas y medianas empresas enfocadas a la elaboración de cerveza artesanal.

Según la Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra (ENIS, 2019, citado por Sánchez y Onofre, 2020), La Libertad (20,5 %), Puno (19,5%), Huancavelica (10,7 %), Cusco (10,3 %), Ayacucho (10 %) y Cajamarca (7,6 %) fueron las regiones con mayor

participación durante la campaña agrícola 2019 - 2020 de cebada. Los autores mencionan que, a pesar de los volúmenes de producción, ninguna de las variedades fue destinada a la industria cervecera, por lo contrario, se utilizó únicamente para el consumo interno en preparación de bebidas a base de cebada o para comida de animales.

Según BCRP (2022), el sector agropecuario creció 1.9% gracias al crecimiento del subsector agrícola; sin embargo, este crecimiento fue destinado al mercado interno con la producción de diferentes cultivos, incluyendo la cebada y cualquier otro producto para el autoconsumo que no tienen mayor valor agregado. La República (2016) menciona que la industria de las cervezas artesanales ha crecido con notoriedad, pasando de 6 a más de 60 marcas aproximadamente entre el 2012 – 2016; sin embargo, las marcas ancashinas más reconocidas como Indian Red Ale, Sierra Andina, Ultimo Inka, Craft Huaraz y Ucuha hacen mención en cuanto a la utilización de malta importada para la fabricación de su producto, obviando la visión de producir uno de sus principales ingredientes.

En la actualidad, a pesar que ya se han creado pequeñas empresas productoras de cerveza artesanal que van creciendo considerablemente, aún no se evidencian investigaciones respecto a la cebada y su industrialización como malta cervecera dentro de la región; esto se refleja en la poca información y escasos estudios sobre la malta, su elaboración, parámetros óptimos, control de calidad y aceptabilidad según la variedad de cebada empleada.

Con lo mencionado, el problema de investigación es ¿Cuáles serán los parámetros óptimos de tiempo y temperatura de germinación que permitan obtener una malta cervecera a partir de dos variedades de cebada producidas en Ancash?; la cual se busca determinar comprobando la siguiente Hipotesis; Ho: la germinación de cebada producida en Ancash a una temperatura y tiempo óptimos de 17.0°C y 72 h respectivamente permitirá obtener una malta cervecera con mayor actividad enzimática.

El proyecto tiene como objetivo general determinar los parámetros óptimos de germinado de dos variedades de cebada producidas en la Región Ancash para obtener malta cervecera; se desarrolla teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos: determinar la composición química proximal del grano de dos variedades de cebada correspondiente a dos localidades diferentes dentro de la región Ancash; determinar los parámetros de tiempo y temperatura óptimos de germinado de las 2 variedades de cebada;

evaluar la mejor calidad de malta mediante la cuantificación de azúcares reductores (%), poder Diastásico (°L), Proteínas (%) y Poder germinativo (%); por último, determinar el contenido de Carbohidratos totales (%) del mejor tratamiento.

A nivel general, la importancia de la investigación se basa en determinar los parámetros óptimos de malteado para lograr producir malta de cebada sembrada y cosechada en la región Ancash, de esa manera, le damos valor agregado a la cebada peruana que actualmente no tiene gran valor de industrialización.

A nivel social, la cebada tendrá un gran aporte al sector productivo debido a una mayor demanda en el mercado cervecero, sobre todo, en el gremio de los agricultores que actualmente destinan su producción únicamente al autoconsumo, en lugar de ello, se incentivara aumentar la producción de este cultivo.

A nivel económico, se busca la instalación de nuevas plantas productoras de malta para completar el ciclo de la producción de cerveza, ya que se conoce que tanto las pequeñas como grandes empresas productoras de cerveza industrial o artesanal tienen costes de producción más elevados debido a la importación de la malta, estos costes de producción serian reducidos considerablemente si se obtiene la malta en el mercado nacional, además se evaluaría los parámetros óptimos para que la calidad de la misma no se vea afectada . La creación de estas nuevas empresas generaría trabajo y abastecerían al mercado nacional e internacional.

El proyecto busca ampliar conocimientos a futuras investigaciones sobre la producción de malta con todos los parámetros tecnológicos necesarios a partir del cultivo de cebada proveniente de la región Ancash, con características que cumplan las exigencias no solo normativas, sino también de los consumidores, brindando una mejora en la estabilidad económica de los agricultores y empresarios dedicados a este rubro laboral.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes como fundamento para el avance en el trabajo de investigación.:

Carrasco (2020) en su investigación sobre “Determinación de la calidad maltera aplicada en el grano de cebada *Hordeum vulgare* variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003, su análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza artesanal (Rubia) producida a partir de su procesamiento” analiza las características fisicoquímicas y organolépticas de la cerveza artesanal (Blonde) elaborada a partir de estas. El estudio busca incentivar a los agricultores a utilizar cebada de estas variedades, cultivadas en la Estación Santa Catalina del INIAP, con el fin de reducir importaciones y costos, y cumplir con los estándares ecuatorianos para la elaboración de cerveza. La investigación abarcó análisis fisicoquímicos como la humedad, absorción de agua, índice de llenado de grano, peso de mil granos, conversión de almidón en azúcar, y mediciones de colorimetría, pH y Brix. Tras las pruebas, ambas muestras de cebada se emplearon en la producción de cerveza. Al compararla con una cerveza artesanal y una industrial, la cerveza rubia elaborada con las variedades analizadas obtuvo una puntuación global de 2,5 sobre 4. Esto respalda el objetivo principal de la investigación, que es evaluar la calidad maltera de ambas variedades de cebada, complementando los análisis fisicoquímicos.

Cynthia A, et. al. (2024) en su investigación “Influence of the malting conditions on the modification and variation in the physicochemical properties and volatile composition of barley (*Hordeum vulgare* L.), rye (*Secale cereale* L.), and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) malts”; los autores emplearon un diseño compuesto central centrado en las caras para examinar los efectos individuales e interacciones de tres parámetros de malteado: humedad pronunciada (SM), temperatura de germinación (T) y tiempo de germinación (t) sobre los indicadores de calidad de la malta (como el extracto) y la producción de compuestos volátiles (por ejemplo, 3-metilbutanal) en centeno y quinua, comparándolos con la cebada. Posteriormente, se aplicaron modelos predictivos de modificación de la malta para establecer los regímenes estándar de malteado que permiten obtener maltas de calidad. Los parámetros de malteado para las fases de remojo

y germinación fueron: 43 %, 15 °C y 6 días para la cebada; 45 %, 12 °C y 8 días para el centeno; y 46 %, 16 °C y 6 días para la quinua. Concluyendo que en las maltas de cebada, la formación fue más efectiva con niveles de humedad pronunciada más bajos. En contraste, las maltas de centeno y quinua mostraron que temperaturas más elevadas favorecieron la producción de todos los compuestos volátiles, excepto las cetonas. Por otro lado, la cebada se benefició de temperaturas más altas para el desarrollo de cetonas, mientras que temperaturas más bajas fueron más adecuadas para la formación de aldehídos y furanos. En todos los (pseudo)cereales, se observó un aumento progresivo en la concentración de todas las clases químicas a medida que se prolongaba el tiempo de germinación.

Chavez y Onofre (2020) realizaron su proyecto de investigación con la finalidad de evaluar cuatro distintas variedades de cebada cultivadas en la ciudad de Huancavelica y con ello, producir cerveza tipo Ale; los autores desarrollaron un diseño cuasiexperimental junto con la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos; de la investigación, se determinó que solo las variedades Centenario y UNA-80 alcanzaron los parámetros de calidad exigidos por la normativa vigente; sin embargo, la variedad centenario tuvo un mejor comportamiento durante la producción de cerveza, determinándose 1.1% de alcohol, 28 EBC y 0.7 °Brix. Además, el autor recomienda optimizar el proceso, determinar las propiedades funcionales de la cerveza a base de malta cultivada en la región y aumentar las investigaciones acerca de los cultivos, de esa manera se aprovecharía mucho mejor en el sector agrónomo y agroindustrial.

Delgado y Vidaurre (2020) determinaron parámetros de humedad y temperatura óptimo para el crecimiento de la acrospira, en los procesos de remojo y germinación de la cebada destinados a la producción de malta, se utilizaron 50 kg de cebada, de los cuales se extrajo 1 kg para cada grupo experimental. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple, obteniendo una muestra de 61 g. A los cuales se les tomó medidas de su acrospira y se optaron 3 tipos de humedades (38-40%, 40-42%, 42-44%) y 3 tipos de temperatura (12-13 °C, 14-15 °C, 16-18 °C) lo cual combinados dieron 9 muestras, donde se realizó una repetición obteniendo 18 muestras. Lo cual mediante un análisis de varianza ANOVA se concluye a que la humedad significativa es de 42-44% en el proceso de remojo y germinado, y la temperatura no es nada significativa para el proceso.

Filipowska et al. (2021) en su artículo “On the contribution of malt quality and the malting process to the formation of beer staling aldehydes: A review.” nos explica sobre la inestabilidad del sabor de la cerveza la cual sigue siendo un reto para las industrias cervecera y malteadora. La malta no solo influye en el proceso de elaboración de la cerveza, sino que también impacta en la calidad del producto final. Además, la malta afecta la estabilidad del sabor, ya que introduce diversos compuestos que pueden alterar las características de sabor deseadas. Entre estos compuestos se encuentran aldehídos rancios y sus precursores, como aminoácidos, azúcares reductores, α -dicarbonilos y aldehídos ligados. En general, la cantidad de estos compuestos depende de la variedad y calidad de la cebada, del proceso de malteado y de la calidad final de la malta. Una malta que tiene bajo potencial para el envejecimiento de la cerveza, caracterizada por un bajo índice de Kolbach, baja carga de calor, color adecuado, actividad de LOX, bajos niveles de aldehídos de Strecker y metales de transición, así como una alta actividad antioxidante, contribuye a una mayor estabilidad del sabor en la cerveza. No obstante, lograr una producción constante de malta con la calidad deseada sigue siendo un desafío. Para abordar esto, se pueden ajustar las condiciones de remojo y germinación, lo que permite un mejor control sobre la modificación del grano y el reservorio de precursores de aldehídos. Asimismo, el uso de tecnologías de secado alternativas puede disminuir la carga de calor aplicada, lo que ayuda a reducir la formación de aldehídos rancios y a limitar el desarrollo de especies de radicales libres oxidantes.

Flores (2018) busco evaluar la aptitud cervecera de diferentes variedades de cebadas producidas en el departamento de Boyacá; para ello, evaluó fisicoquímicamente 05 muestras de cebada de diferente localidades, determinando humedad (%), proteínas (%), minerales (%) y poder germinativo (%); para la producción de malta trabajo con parámetros estandarizados y también realizo análisis fisicoquímicos (gravedad específica, color, turbidez, extracto aparente, acidez total, viscosidad, pH y azúcares), los cuales fueron contratados con evaluaciones de maltas industrializadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor y comparaciones múltiples POST HOC DMS, destacando en este, el análisis de los azúcares fermentables, concluyendo que todas las cebadas demuestran aptitud para la producción cervecera según los diversos parámetros evaluados.

Gutiérrez B., et al. (2019) demostraron la evaluación de las operaciones que influyen en la calidad de la cerveza tipo ale utilizando cebada del cultivar Centenario. Se

analizaron tres muestras de mosto, diferenciadas según el tamaño de las partículas de malta: grano molido, grano entero y grano partido. Los procesos principales considerados fueron el remojo y la germinación. En el remojo, la cebada se trató con agua para alcanzar un 45% de humedad, y durante la germinación, la cebada remojada fue rociada con agua tratada cada 3 o 4 horas para maximizar la conversión de almidón en azúcares simples. Se concluyó que el rendimiento en volumen de la cebada del cultivar Centenario es igual o superior al de la malta importada, solo si se sigue los parámetros correspondientes, mientras tanto, la obtención de azúcares reductores sigue siendo baja, además, la evaluación sensorial que tiene las mejores características y otorga un sabor y aroma muy agradable a comparación de las otras variedades es el grano molido.

Hübner y Arendt (2010) en su artículo “Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts” evaluaron cómo el tiempo y la temperatura de germinación afectan las proteínas y la actividad proteolítica en maltas de cebada y centeno, empleando la metodología de superficie de respuesta como herramienta estadística. El contenido total de nitrógeno no presentó cambios significativos en respuesta a las variaciones en las condiciones de germinación para ninguno de los granos. Sin embargo, en los mostos experimentales, el nitrógeno soluble aumentó de manera significativa ($P < 0.05$) en ambas maltas como resultado de períodos de germinación más prolongados, con niveles de nitrógeno soluble mucho más altos en las maltas de cebada. Se registraron elevadas concentraciones de nitrógeno amino libre en las maltas de centeno, las cuales también aumentaron durante el proceso de germinación. En las maltas de cebada, se observó que tanto los largos períodos de germinación como las altas temperaturas incrementaron de manera significativa el nitrógeno amino libre. En las maltas de centeno, únicamente el tiempo de germinación tuvo un impacto notable en la actividad proteolítica. El peso molecular de las proteínas se determinó a través de electroforesis capilar, y se constató que los períodos prolongados de germinación ocasionaron una descomposición considerable de las proteínas en ambos granos. En el caso de la cebada, esta descomposición se intensificó con altas temperaturas de germinación.

Rosas R. (2019) evaluó el efecto de la temperatura de germinación en el proceso de malteo en el triticale (X *Triticosecale* Wittmack) donde se tuvo como objetivo determinar por medio del poder diastásico el efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática durante el proceso de germinación del triticale en el malteo. Por lo cual se

emplearon distintas medidas y parámetros, tales como el °Brix, el nivel de humedad, el porcentaje de la gravedad específica, extracto de malta, el poder diastásico y los grados Plato (°L), siguiendo las pautas y estándares establecidos en las normas AOAC 2002, ASBC 2003 y EBC 2003, con el fin de analizar la calidad de la malta. Los tratamientos que se analizaron tuvieron como enfoque principal la temperatura de germinación, la cual se mantuvo a niveles de 20°C, 25°C y 30°C. Los resultados obtenidos revelaron que no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en las variables de estudio, a excepción del poder diastásico. Concluyendo que el mejor tratamiento es el T1 a una temperatura de 20 °C obteniendo como resultado un porcentaje de germinación de 94%, ° Brix de 15.9 ± 0.4 , humedad de 12.3 ± 0.6 %, Extracto de 84.9 ± 50.3 %, gravedad específica 1.03 ± 0.01 y un poder diastásico de 154.0 ± 5.29 .

Ruiz, Y. (2006) elaboro y evaluó las maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala (México), donde se busca definir las condiciones ideales para la producción de malta a partir de diferentes variedades de cebada, analizar la calidad de las maltas y, con base en ello, elegir la más adecuada. Se empleó la evaluación de la calidad mediante pruebas como la pérdida de malteado, β -glucanos, poder diastático, nitrógeno total y determinación de proteínas; además, mediante pruebas preliminares se determinó ciertos parámetros en las etapas de remojo a una temperatura de 10°C con un tiempo de 2 y 4 días, germinación a una temperatura de 16 y 20 °C con un tiempo de 2 y 4 días y el secado a una temperatura de 55 °C y con un tiempo de 58 h. Los autores concluyen que las condiciones óptimas de malteado para las cebadas producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala son 2 días de remojo a 10 °C, cambio de agua cada 24 h., 4 días de germinación a 20°C y 58h. de secado a 55 °C.

2.2.Marco conceptual

2.2.1. Cebada

2.2.1.1.Generalidades.

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un cereal que se cultiva extensamente a nivel mundial y cuenta con una larga tradición de uso en la alimentación tanto humana como animal, por lo cual, es considerado como un cultivo de seguridad alimentaria, sin embargo, también se encuentra destinada para productos de malta dentro de la industria cervecera. Este

cultivo es una hierba anual que se desarrolla en diversos climas y se adapta a una gran variedad de tipos de suelo.

Los granos de cebada son pequeños y tienen una forma ovalada. Se pueden encontrar en diferentes colores como blanco, amarillo, marrón o incluso negro, dependiendo de la variedad. Es conocida por ser una fuente importante de nutrientes y se utiliza principalmente en la producción de cerveza y whisky, aunque también se utiliza en la elaboración de alimentos como el pan, los cereales y las sopas. (Papa, 2014)

- Cebada (Cultivar Centenario): Es una variedad del grupo de 2 hileras caracterizadas porque en la triada de espiguillas se llega a desarrollar más la espiguilla central mientras que las espiguillas laterales abortan una sola flor. (Pinedo et al., 2020).
- Cebada (Cultivar UNA 80): Es una variedad de semilla mejorada la cual se encuentra adaptada a las condiciones de la localidad.

2.2.1.2. Composición química proximal.

De acuerdo a su composición química la cebada contiene agua, proteínas, grasa, carbohidratos, fibra dietaria y cenizas.

Tabla 01.

Composición química de cebada en 100 gr.

Componente	%
Agua	9.7
Proteínas	8.4
Grasa Total	2
Carbohidratos totales	77.5
Fibra dietaria	17.3
Cenizas	2.4

Nota: MINSa (2017)

2.2.1.3.Beneficios.

Según Papa (2014) menciona que la cebada es rica en carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitamina B y minerales como el magnesio, hierro y zinc. Su contenido de fibra favorece la salud digestiva y ayuda a mantener estables los niveles de azúcar en la sangre. Además, es una fuente de energía de liberación lenta, lo que la convierte en un alimento ideal para mantenerse satisfecho durante más tiempo. Presentando los siguientes beneficios:

- Fuente de energía: La cebada destaca por ser un cereal que aporta hidratos de carbono de absorción lenta convirtiéndolo en un alimento ideal para el día a día y necesario para aquellas personas que son deportistas, niños o personas que padezcan de alguna enfermedad.
- Control del colesterol y protección cardiovascular: La cebada aparte de reducir la presencia del colesterol LDL en sangre (conocido como malo) también incide en menor riesgo a sufrir un problema cardiovascular.
- Regulación de la glucosa en sangre: Esto se debe a que el cereal contiene fibra lo cual permite regular los niveles de glucosa en la sangre.
- Aumento de la variedad de la dieta: La cebada se considera que pueda aumentar la variedad de alimentos sanos en la dieta lo que conlleva a una mejor salud y a favorecer la longevidad.
- Mejora del proceso digestivo: Se debe a la cantidad de fibra insoluble que contiene ya que ayuda a formar masa y aumentar el bolo fecal lo cual conlleva a mejorar la defecación y por lo tanto prevenir el estreñimiento.

2.2.1.4.Importancia del cultivo.

Actualmente, la cebada en Perú es considerada el tercer cereal más cultivado después del maíz y el arroz. Se siembra en mayor superficie que el trigo, con más de 133.144 hectáreas sembradas en 2017. El rendimiento promedio fue de 1130 kg/ha.

El cultivo de cebada en la región andina es muy importante tanto para la alimentación como para la nutrición, forma parte de la dieta básica de los pueblos. En

cuanto a la alimentación animal, se utiliza como forraje para generar ingresos adicionales a los agricultores de la región.

A nivel mundial la cebada es considerada como el cuarto cereal de mayor superficie cultivada después del trigo, arroz y maíz, representando las dos terceras partes de los granos forrajeros que demanda el mundo. La superficie plantada en el mundo es de unos 70 millones de hectáreas de producción. La producción total es de 160 millones de toneladas y las regiones con mayor volumen de producción se ubican en Rusia, Zonas Áridas, Europa y semiáridas de Medio Oriente, Asia y el Norte de África. (Pinedo, R. et. al, 2020)

Antiguamente, la cebada tenía un uso primordial, lo cual era solo destinado a la alimentación humana, pero ahora es considerada también para el consumo animal y la elaboración de maltas para la industria cervecera.

2.2.1.5. Variedades.

Generalmente los agricultores tienden a cultivar variedades que se adapten a las diferentes regiones del Perú teniendo en cuenta su alto rendimiento, la resistente a las plagas y que ofrezca una buena calidad de granos. Según la NTP 205.016 la clasifica en:

Grupo 2 hilares: Aquella que procede de espigas formadas por dos hileras de granos y presenta las siguientes características:

- Cáscara delgada
- Cáscara de superficie arrugada y bien pegada
- Grano en forma de huso redondeado
- La inserción del grano es recta
- Bajo contenido enzimático
- Menor contenido de proteína
- Alto contenido de almidones

La cebada centenario es una cebada de granos grandes, pesa aproximadamente 62g y su cáscara es de color crema. La planta es robusta y puede alcanzar una altura

promedio de 100 cm. Su follaje presenta un tono verde claro. La espiga es inclinada, lo que les otorga cierta resistencia a los granizos. Es aristada, de dos hileras y poco densa, con entre 24 y 26 granos de gran tamaño, además de presentar pubescencia en la raquilla y en las glumas. Se adapta a la sierra del Perú y su época de siembra varía de acuerdo al tipo de sierra, en la sierra alta es de octubre a noviembre y en la sierra media es de diciembre a enero. (Collantes, 2007)

Grupo 6 hileras: Aquella que procede de espigas formadas por seis hileras de granos y presenta las siguientes características:

- Cáscara gruesa
- Cáscara de superficie lisa
- Grano en forma de huso alargado.
- La inserción del grano es en bisel.
- Bajo contenido proteico
- Bajo contenido de almidones

La cebada UNA-80 es una cebada de granos grandes y largos, de color crema a amarillo oscuro y de cáscara gruesa. Este cultivar posee una excelente capacidad de macollamiento, con un color verde natural y hojas anchas. Su espiga es de seis hileras y presenta aristas largas. La altura de la planta varía entre 70 y 120 cm. Se adapta a 3800 m.s.n.m. y su época de siembra puede ser tanto en la Sierra como en la Costa, en el caso de la Sierra puede sembrarse tanto en la Sierra Alta como en la Sierra Media, en la Sierra Alta se siembra desde septiembre hasta octubre y en la Sierra Media se siembra desde diciembre a enero. (Collantes, 2007)

2.2.1.6.Lugares de producción de cebada

La cebada ha encontrado su condición de crecimiento ideal en diferentes partes del mundo en veranos e inviernos controlados, de esa manera, localidades con suelos fértiles, temperaturas moderadas y un correcto régimen pluvial son los estándares líderes para un siempre de cebada de calidad.

A pesar de que la cebada (*Hordeum vulgare*) se adapta a diferentes climas, sus condiciones específicas para un mayor potencial vegetativo son temperaturas bajas entre los 10 y 20°C durante su periodo de crecimiento, estas temperaturas favorecen la germinación de sus semillas, para evitar el estrés en la planta debido a temperaturas más elevadas la etapa de floración protege a los granos

Además, el grano es resistente a bajas temperaturas y eso se relaciona a la temperatura de germinación a utilizar, sin embargo, a pesar de ser mas tolerante en comparación a otros granos, también puede tener un impacto negativo como el bajo rendimiento, sobre todo en las épocas de sequía. La tabla 02 represente las diferencias climatograficas entre las dos localidades de estudio.

Tabla 02

Climatografía de las localidades de estudio

Provincia	Altitud (msnm)	Textura de suelo	Temperatura (°C)	pH
YUNGAR (Provincia de Carhuaz)	2800	Franco-arenosos y franco-limosos con buena capacidad de drenaje	10-22	5.5-7.0
SAN JUAN (Provincia de Sihuas)	2500-3500	Franco-arenosos y franco-limosos con buena capacidad de drenaje	10-22	5.5-7.0

Nota: Fuente: Municipalidad provincial de Yungar, 2020

2.2.1.7.Indicadores económicos de la producción de cebada.

Pinedo T., et. al. (2020) mencionan que el cultivo de cebada a nivel mundial es el cuarto de mayor superficie que se encuentra cultivada, esta cifra representa más del 60% de los granos forrajeros que demanda el mundo. En el siglo XX, la cebada se cultivó y se destinó principalmente para el consumo humano, sin embargo, en la actualidad se destina también como alimento de animales y producción de malta.

70 millones de hectáreas en el mundo aproximadamente son utilizadas para el cultivo de cebada, representado por 160 millones de toneladas de cultivo anualmente. Las zonas con mayor alcance de producción se ubican en Zonas Áridas, Rusia, Europa y semiáridas de Asia, Medio Oriente y el norte de África. (Pinedo T., et al, 2020)

A nivel nacional, la producción de cebada en el Perú fue de 225 488 toneladas durante el año 2022, siendo julio el mes con mayor capacidad de producción según el Ministerio de desarrollo agrario y riego en el 2023, tal como se detalla en la tabla 3.

Tabla 03

Producción de cebada a nivel nacional 2022-2023

Mes	Producción de cebada (Tn)
Enero	102
Febrero	63
Marzo	144
Abril	15 108
Mayo	26 606
Junio	58 822
Julio	77 840
Agosto	36 166
Septiembre	10 251
Octubre	186
Noviembre	197
Diciembre	4
Producción Total	25 488

Nota: MIDAGRI (2023)

2.2.1.8.Cebada cervecera.

Según la NTP 205.016 la cebada cervecera es la cebada de dos y seis hileras de color amarillo marfil claro, de cascara delgada y apropiada para la fabricación de la malta. La cebada es la principal materia prima en la elaboración de cerveza, ya que la malta (cebada germinada y tostada) representa el insumo más costoso en el precio final del producto. La malta se produce al hacer germinar los granos de cebada en condiciones controladas.

Durante la germinación, se generan enzimas hidrolíticas que descomponen el almidón y alteran la estructura de los granos, incluidas la matriz proteica y las paredes celulares. Una vez que se alcanza el estado deseado en el proceso, la germinación se detiene mediante el secado de los granos.

La cebada es la principal materia prima en la elaboración de cerveza, ya que la malta (cebada germinada y tostada) representa el insumo más costoso en el precio final del producto. La malta se produce al hacer germinar los granos de cebada en condiciones controladas. Durante la germinación, se generan enzimas hidrolíticas que descomponen el almidón y alteran la estructura de los granos, incluidas la matriz proteica y las paredes celulares. Una vez que se alcanza el estado deseado en el proceso, la germinación se detiene mediante el secado de los granos.

Muchas de las características de la cebada que están vinculadas a una mejor calidad industrial están fuertemente determinadas por factores genéticos, aunque algunas también pueden ser afectadas por las condiciones ambientales y de manejo. Debido a esta influencia genética, es fundamental que los granos de cebada cervecera mantengan la pureza y la identidad del cultivar hasta la etapa de producción de la malta, ya que cada cultivar presenta un proceso de malteado diferente que resulta en maltas con características únicas. La calidad comercial de la cebada cervecera se refiere a atributos específicos que afectan su rendimiento en la maltería. (María M., 2022)

Las características que deben presentar la cebada germinada según Arriola A., La Spina B. (2017) son las siguientes:

- Sin mezcla de variedades
- Granos homogéneos en tamaño
- Libre de granos dañados o quebrados
- Granos con brillo
- Contenido de proteínas (10-12.5%)
- Bajo nivel de humedad (<12%)
- Germinación uniforme (> 95%)

- Alto contenido de extracto fermentable

2.2.1.9. Composición química de la cebada malteada.

Según Intermalta (2022) De acuerdo a su composición química la cebada malteada contiene hidratos de carbono, proteínas, grasas, sustancias minerales, otras sustancias.

Tabla 04

Composición química de la cebada malteada

Componente	%	Observación
Hidratos de Carbono	70 – 85	<ul style="list-style-type: none"> - Almidón - Azúcar - Celulosa - Hemicelulosa, β – Glucanos y pentosanos
Proteínas	9.5 – 11.5	<ul style="list-style-type: none"> - Alto peso molecular - Mediano peso molecular: espuma de cerveza - Bajo peso molecular
Grasas	1.5 – 2.0	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicados en la capa aleurona y embrión del grano - Provocan el sabor del envejecimiento en la cerveza final - Actúa negativamente en la formación de espuma
Sustancias Minerales	2 – 4	<ul style="list-style-type: none"> - Fosfatos - Silicatos - Sales de Potasio
Otras sustancias	1 – 2	<ul style="list-style-type: none"> - Enzimas α y β Amilasas, Proteasas - Vitaminas - Taninos y Polifenoles

Nota: Intermalta (2022)

2.2.1.10. Calidad maltera de la cebada.

La calidad maltera es un atributo complejo que resulta de la interacción de características individuales que se presentan durante el crecimiento del grano y a lo largo del proceso industrial (Aguinaga, 2019). Los principales parámetros de calidad comercial incluyen el poder germinativo, la pureza varietal, el tamaño de los granos, así como el contenido y tipo de proteínas. Este estudio se enfoca en el poder germinativo y en el contenido y tipo de proteínas que son relevantes para el malteado de variedades comerciales.

El poder germinativo es la característica más esencial de la cebada cervecera, ya que todos los granos deben germinar durante el proceso de malteo. Este poder debe ser alto (superior al 95%), ya que los granos que no germinan no ayudarán en la producción de enzimas ni en la transformación de la cebada, además de ser más propensos a los microorganismos durante la germinación. Una buena cebada cervecera debe poseer la máxima energía germinativa (EG) posible, dado que la rapidez con la que inicia la germinación es fundamental en el malteado.

Otro aspecto relevante es el contenido total de proteínas, con un valor entre el 10-12%. Un bajo contenido de proteínas afectará de manera negativa la capacidad enzimática de la malta, la formación y retención de espuma en la cerveza, así como la disponibilidad de aminoácidos libres para las levaduras durante la fermentación. Por otro lado, altos niveles de proteínas pueden resultar en una menor cantidad de almidón, debido a la relación entre almidón y proteínas en el endosperma.

Las proteínas en el grano de cebada se clasifican en globulina, prolamina, albúmina y fracciones de gluten. Las principales proteínas de almacenamiento (que representan entre el 30% y el 50% del total de proteínas del grano) son las prolaminas, también conocidas como hordeínas. Estas se almacenan en estructuras proteicas dentro del endosperma y muestran polimorfismos entre los distintos genotipos de la especie, lo cual se atribuye a su procedencia de familias multigénicas, permitiendo su utilización como marcadores genéticos. (Salgado-Albarrán et al., 2015).

El poder diastásico o también conocido como potencia diastásica o diastática es un indicador para estimar la capacidad de una malta o una mezcla de ellas para hacer un mosto a base de una conversión de almidones en azúcares fermentables. Así lo define

Henson y Duke (2008), el poder diastásico es una medida precisa de la capacidad de una malta para hidrolizar el almidón.

2.2.2. Malta

2.2.2.1.Generalidades

La malta es el resultado de la germinación controlada a un determinado cereal, con el fin de potenciar sus propiedades funcionales, a este proceso se le llama malteado, y puede realizarse con cualquier cereal, principalmente con cebada, sin embargo, se han propuesto diferentes alternativas como sorgo, arroz, centeno, trigo, y demás. El malteado consta de 03 etapas, germinado, remojo y secado; el conjunto de estas etapas activa las enzimas diastáticas, las cuales transforman el almidón en azúcares fermentables.

Carlos A., s/f, citado por InterMalta 2021, indica que existen registros sobre una malta originaria en Mesopotamia hace aproximadamente 10.000 años, los registros indican la utilización de una una cebada de 4 carreras, la cual en la actualidad ya no se cultiva y solo permanecen vigentes la de 2 y 6 carreras. Además, la denominada malta era restos de una masa de pan que fermentaba sin adición de microorganismos, sin embargo, se logró producir bebidas fermentadas para la época.

2.2.2.2.Descripción del proceso de malteo

Remojo. Esta es una etapa de inmersión y su principal objetivo es iniciar el proceso de absorción de humedad, así como la eliminación de polvo, suciedad e impurezas residuales. Esta etapa prepara a la cebada para iniciar la germinación, por lo tanto, se adecuan las condiciones aeróbicas, mediante la inyección de aire u oxígeno en el medio; el remojo se da en temperaturas entre los 15 – 18°C y por lo general dura entre 18 y 36 horas; sin embargo, se evalúan los parámetros para optimizar el proceso dependiendo la materia prima a germinar; luego de la etapa de remojo, los granos se envían a los cajones de germinación. Arriola y La Spina (2017).

Los principales objetivos de esta etapa es lavar el grano; remover los residuales, aumentar la humedad aproximadamente desde 12% hasta 42-44%, brindar suficiente oxígeno al embrión y remover inhibidores del crecimiento

Germinación. Durante esta etapa, se liberan las enzimas existentes en el cereal, a su vez, se producen nuevas enzimas y se libera el contenido celular mediante la ruptura de las paredes celulares del endospermo.

Sus principales objetivos son, continuar con el proceso de germinación controlada luego de la etapa del remojo, de esta manera se asegura la ruptura de paredes y de matriz proteica. También se busca dejar el almidón del endospermo disponible a las enzimas que destacarán en la maceración, además, esta etapa busca lograr un nivel capaz de hidrolizar enzimas hidrolíticas. (Arriola y La Spina, 2017).

Secado. El principal objetivo de la etapa de secado es interrumpir la germinación, de esa manera, se mantienen las enzimas potencialmente vivas, ya que es necesario para el proceso de maceración. Además, desde el punto de vista microbiológico, al reducir la humedad, se reducen también los medios para la proliferación de los microorganismos y aumenta el tiempo de vida útil. (Arriola y La Spina 2017).

Se busca reducir la humedad desde 45 - 46% hasta 4.0 - 4.5% con parámetros de tiempo y temperatura controlados, de esa manera, se asegura que la capacidad metabólica de las enzimas sintetizadas esté presente en la malta. En esta etapa, el secado deshidrata a la cebada ya germinada, si la deshidratación es por un tiempo largo y a una temperatura baja (80-85°), el resultado final es una malta clara; por lo contrario, una deshidratación rápida y a temperaturas más elevadas (95-105°) da como resultado una malta oscuras actividad de enzimática relativamente baja.

2.2.2.3. Características durante el proceso de malteado.

Según Pinedo, R. et al (2020) debe presentar las siguientes características objetivas y subjetivas:

Color y Brillo: De color amarillo pajizo con un brillo adecuado.

Olor: Propio, sano y definido del cereal.

Porcentaje de cáscaras: La forma influye tanto en el rendimiento del extracto de la malta obtenido, en un porcentaje del 7 al 13%.

Forma del grano: De forma redonda y cerrada el surco central, teniendo así un mayor porcentaje de almidón y menor en cáscaras. Teniendo en cuenta que el grano si es de forma redonda durante el malteo tiene una mejor distribución enzimática a comparación de que si el grano es de forma alargada.

Aspecto del grano de cebada al corte: De aspecto claro total o parcial esto va relacionado con la acumulación de proteínas y/o betaglucanos.

Características objetivas: Se toma en cuenta los análisis físico-químicos para definir la calidad del grano de la cebada cervecera como el poder germinativo, la humedad, sensibilidad al agua, pureza varietal, peso del grano, porcentaje de proteínas, clasificación por tamaño y homogeneidad.

2.2.2.4. Tipos de malta cervecera

Según Gutiérrez, B. et. al (2019), hay diversos tipos de malta que se distinguen por las diferentes temperaturas y tiempos a los que fueron sometidos durante el proceso de malteado, lo que les otorga propiedades particulares en cuanto a color y sabor

Tabla 05

Tipos de maltas

Tipo de Malta	Parámetros	Usos
Maltas cerveceras claras	50 – 70°C	Cerveza tipo Lager o Pilsner
Maltas cerveceras claras especiales	Añadido ácido láctico (reducir pH de malta)	Concentración máxima 10%
Maltas oscuras (secado parcialmente)	80 – 100°C	Ale “coloradas” u oscuras
Maltas tostadas	Secado: Humedad controlada	Cerveza tipo stout
	Tratamientos: cristalización y enfriado	Cerveza tipo Ale
Maltas destiladas	Requiere nitrógeno	Elaboración de bebidas alcohólicas destiladas
	Bajas temperaturas	
	Ahumado y secado	

Nota: Gutiérrez, B. et. al (2019)

2.2.2.5. Poder diástasico en la producción cervecera**2.2.2.5.1. Definición.**

El poder diastático del grano de maíz está vinculado a la capacidad enzimática del cereal para convertir almidones en azúcares más simples durante el proceso de maceración para la fermentación alcohólica. Este poder puede fluctuar según la variedad de maíz y diversos factores, como la calidad del agua utilizada, así como la temperatura y duración de la maceración, y la cantidad y calidad de las enzimas presentes en el grano (Torres y Bohórquez, 2017).

2.2.2.5.2. Enzimas responsables de la hidrólisis del almidón.

Las enzimas son responsables de convertir los almidones en azúcares simples, siendo las amilasas las principales encargadas de este proceso. Estas enzimas actúan como catalizadores en la hidrólisis del almidón, transformándolo en azúcares fermentables como la maltosa y la glucosa. Dentro de este contexto, hay dos tipos principales de amilasas: las alfa-amilasas, que llevan a cabo una hidrólisis aleatoria del almidón, y las beta-amilasas, que realizan una hidrólisis secuencial, liberando maltosa y glucosa en el proceso. Además de estas amilasas, otras enzimas, como la dextrinasa límite y la beta gluconasa, también pueden encontrarse en la malta de maíz, contribuyendo a la hidrólisis del almidón (Benitez y Morales, 2018; Toledo et al., 2018).

2.2.2.5.3. Importancia de la temperatura y el pH en el poder diástasico durante la maceración.

La temperatura y el pH son factores esenciales en el proceso de maceración, ya que influyen en las características sensoriales y químicas del producto final. La temperatura impacta considerablemente en la actividad enzimática de la malta de maíz, siendo el rango óptimo entre 62 °C y 67 °C. Esta temperatura de maceración afecta directamente tanto la cantidad como la calidad de los azúcares fermentables generados. Por otro lado, el pH también es crucial para la actividad enzimática de las amilasas, con un pH óptimo que se encuentra entre 5,2 y 5,5.

El pH de la malta de maíz puede verse afectado por varios factores, como la calidad del agua utilizada en la elaboración de la cerveza y la cantidad y calidad de las enzimas presentes en el grano. Por lo tanto, controlar tanto la temperatura como el pH durante la maceración de la malta de maíz es fundamental para optimizar el poder diastático y, en consecuencia, la producción de azúcares fermentables (Paredes, 2017).

Tabla 06*Rangos de activación para enzimas específicas*

Enzima	Rango óptimo Temperatura (°C)	Rango óptimo pH	Función
Fitasa	30 - 52	4.4 - 5.5	Baja el pH del mosto
Beta Glucanasa	36 - 45	4.5 - 5.0	Reduce la viscosidad del mosto y mejora la clarificación
Peptidasa	46 - 57	4.6 - 5.2	Produce amino nitrógeno libre (FAN) que es esencial para la levadura y la fermentación
Proteasa	46 - 57	4.6 - 5.2	Rompe proteínas grandes y reduce la turbiedad
Bea Amilasa	54 - 65	5.0 - 5.6	Produce azúcares de cadena, altamente fermentables
Limite dextrinasa	60 - 63	4.5	Degrada los almidones grandes en almidones más pequeños
Alpha amilasa	68 - 75	5.3 - 5.8	Produce azúcares de larga cadena, poco fermentables, que agregan cuerpo a la cerveza.

Nota: (Benitez y Morales 2018)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materia Prima

Cebada Centenario: 20kg de cebada 2 hileras proveniente del Distrito Yungar, Provincia Carhuaz, Región Ancash (altitud media de 3393 msnm)

Cebada UNA80: 20kg de cebada 6 hileras proveniente del Distrito de San Juan, Provincia Sihuas, Región Ancash (altitud media de 2700 msnm)

3.2. Equipos, Materiales, Instrumentos y Reactivos

3.2.1. Equipos

- Equipo germinador (Marca: Maquilak, Modelo: BJPX-HT400 II, Serie No: 06121901)
- Estufa (Marca: POL. EKO – Polonia, modelo SLW115 TOP+, Serie SW1TF121018)
- Mufla (Marca: Protherm, Modelo: ECO 110/3, Serie: 22050159)
- Balanza analítica (Marca T-scale, Modelo: DBH+; Serie: 6920028004)
- Balanza analítica (Marca: Precisa, Modelo: XB 320M - Polonia)
- Extractor de grasa Soxhlet (Marca: FOSS, Modelo SOXTEC 2043, Serie 204300089)
- Determinador elemental CHNS628 (Marca: Leco, Modelo 622-00-300)
- Determinador de Fibra (Marca Foss, Serie: 91760484, Pais: China)
- Lector Multimodal (Marca: Synergy, Modelo: H1MFD, Serie: 1502032)
- Procesador eléctrico (Marca: Holstein, Modelo: HH-0914902RB)
- Molino (Marca: Retsch, Modelo: ZM200, Serie: 1216010320Q, País: Alemania)
- Agitador magnético (Marca: Nahita, Modelo: 690/5, Serie: 50690050)
- Baño María (Marca Foss, Serie 91761482, Pais: China)
- pH metro (Marca Hanna, Modelo HI2211)

- Rotavapor (Marca; IKA, Modelo: RV 10C S000, Pais: USA)
- Centrifuga (Marca: SIGMA, Modelo: 4-16Ks, Serie: 156050, Pais: Alemania)

3.2.2. Materiales

- Bandejas plásticas 10 x 15 cm
- Bandejas plásticas 19.00 x 29.50 cm
- Tubos tapa rosca 10ml
- Tubos para centrifuga
- Microplacas
- Papel filtro
- Papel toalla
- Papel aluminio
- Placas Petri
- Rejillas metálicas
- Pinzas de madera
- Crisoles
- Embudo
- Soporte Universal
- Bolsas para sellar al vacío 10cm
- Bolsas herméticas 6 x 8 cm
- Agua tratada (Planta Piloto UNS)
- Agua destilada

3.2.3. Instrumentos

- Vernier
- Vasos de precipitación: 100ml, 250ml, 500 ml y 1000ml

- Matraz Erlenmeyer: 250ml, 500ml
- Fiola: 100ml, 250ml, 1000ml
- Pipeta: 2ml, 5ml, 25ml
- Bureta: 25ml
- Probeta: 5ml, 25ml
- Micropipetas: 100ul

3.2.4. Reactivos

- Eter de petróleo
- Ácido Acético Glacial
- Acetato de Sodio Tri-hidratado
- Yoduro de Potasio
- Yodo
- Tiosulfato de Sodio Anhidro
- Tetraborato de Sodio (Borax)
- Hidróxido de Sodio
- Ácido Sulfúrico
- Almidón Soluble
- Timolftaleina
- Alcohol etílico 96°
- Celite 545
- Fosfato di básico de sodio anhidro
- Fosfato monobásico de sodio monohidratado
- Acido clorhidrico 0.325N
- Hidroxido de sodio 0.275N

- DNS (Acido 3.5dinitrisalisilico)
- Glucosa

3.3.Métodos de Análisis

3.3.1. Análisis proximal

- Determinación de Humedad: Según la Norma Técnica Nacional 21:02-003 Cereales y Menestras.
- Determinación de cenizas: Método AOAC 940.26 2005
- Determinación de proteínas: ISO/TS 16634-2:2009 (Método de combustión Dumas)
- Determinación de grasas: Método AOAC 2000 (Método de extracción Soxhlet 31.4.02)
- Determinación de fibra: Método AOAC 1995

3.3.2. Análisis Físicoquímico

- Determinación de Poder Diastásico: Método Manual por espectrofotometría – E.B.C Analytica 4.12.1 (Descrito en el Anexo N° 01)

3.3.3. Análisis Espectrofotométricos

- Cuantificación de Azúcares Reductores: Descrito por Miller en 1959

3.3.4. Ensayos de Germinación

- Poder Germinativo: Se determinó relacionando los granos germinados en una muestra de 100 granos respecto al total de la muestra por el 100%; el ensayo se realizó por triplicado. según la NTP 21:02-016 Cereales y Menestras - Determinación de la Germinación de Cebada.
- Poder de crecimiento de raicilla: En una muestra de 10 granos germinados, se determinó la relación de crecimiento de raicilla respecto al grano; se realizó por triplicado

3.4. Metodología

3.4.1. Obtención de Malta

El proceso tecnológico de malta consta de 03 etapas principales: Remojo, Germinado y Secado.

Selección y Lavado: Se seleccionaron y lavaron los granos con agua tratada para eliminar impurezas, polvo y suciedad; se descartan los granos que flotan.

Remojo: Se inmersió la cebada en agua con una dilución 1:4, controlando el tiempo, temperatura y suministro suficiente de oxígeno para evitar que los granos se asfixien.

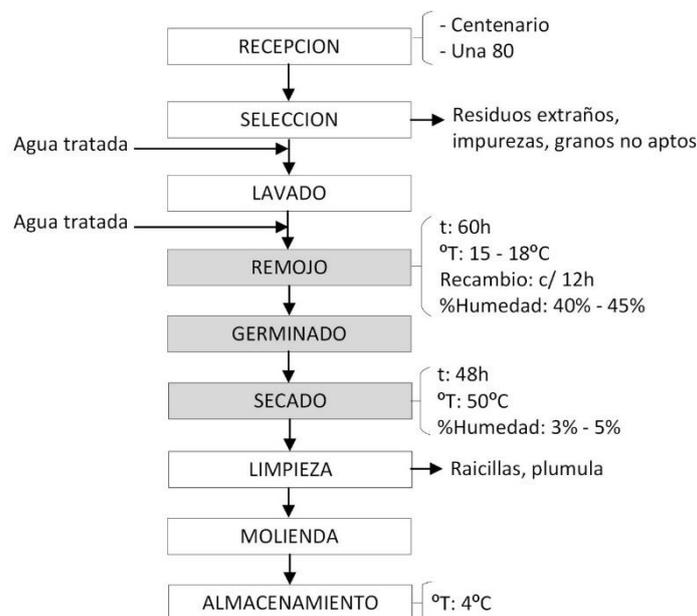
Germinado: Se distribuyó los granos de cebada sobre papel filtro en 30 rejillas metálicas perforadas dentro de bandejas plásticas con suficiente agua; se cubrieron los granos con papel filtro hasta que tenga contacto con el agua de la bandeja.

Secado: Los granos germinados redujeron su porcentaje humedad entre 3 – 5% en una estufa a 50°C durante 48h.

Limpieza: Se frotaron los granos secos con las manos para facilitar el desprendimiento de las raicillas; con ayuda de un tamiz se realizó la separación de las mismas.

Gráfico 01

Procedimiento para la obtención de la malta



3.4.2. Diseño experimental

Se realizó un tipo de diseño superficie respuesta con un diseño inicial compuesto central en un modelo cuadrático utilizando el Software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0. El diseño experimental planteado nos determina el parámetro óptimo dentro del rango establecido para cada factor (variedad, tiempo y temperatura de germinado).

Tipo de estudio : Superficie Respuesta

Diseño Inicial : Compuesto Central

Modelo de Diseño : Cuadrático

Corridas : 22

La operacionalización de las variables independientes y dependientes se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 07

Operacionalización de las variables independiente

Factor	Variable	Unidades	Tipo	Rango bajo	Rango alto
A	Temperatura	°C	Numérica	17	23
B	Tiempo	Horas	Numérica	48	72
C	Variedad	-	Categoría	Centenario	UNA 80

Tabla 08

Operacionalización de las variables dependiente

Factor	Variable	Unidades	Instrumento / Fuente
Y1	Azúcares reductores	%	Método DNS
Y2	Poder Diastásico	°L	Método °EBC
Y3	Poder germinativo	%	Conteo
Y4	Proteínas	%	Método Dumas

Tabla 09*Diseño experimental.*

Std	Run	FACTOR A	FACTOR B	FACTOR C
		Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Variedad
19	1	20,0	77	Centenario
10	2	20,0	60	UNA 80
6	3	24,2	60	UNA 80
7	4	20,0	43	UNA 80
20	5	20,0	60	Centenario
11	6	20,0	60	UNA 80
5	7	15,8	60	UNA 80
15	8	23,0	72	Centenario
16	9	15,8	60	Centenario
9	10	20,0	60	UNA 80
21	11	20,0	60	Centenario
17	12	24,2	60	Centenario
3	13	17,0	72	UNA 80
18	14	20,0	43	Centenario
2	15	23,0	48	UNA 80
8	16	20,0	77	UNA 80
4	17	23,0	72	UNA 80
1	18	17,0	48	UNA 80
14	19	17,0	72	Centenario
12	20	17,0	48	Centenario
13	21	23,0	48	Centenario
22	22	20,0	60	Centenario

Nota. Extraído de STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Composición química proximal del grano de cebada

Se determinó la composición química de la materia prima utilizada para predecir su comportamiento durante la germinación, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para considerar a una cebada como cebada cervecera.

Tabla 10

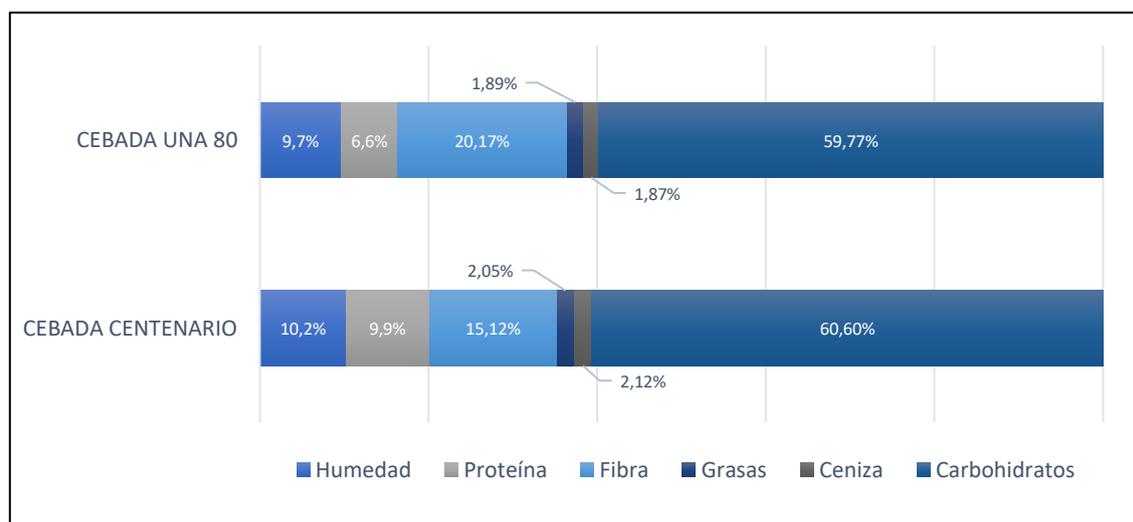
Composición química proximal de cebada Centenario y UNA 80

PARAMETROS	CEBADA CENTENARIO	CEBADA UNA 80
Humedad (%)	10.22 ± 0.002	9.71 ± 0.003
Ceniza (%)	2.12 ± 0.002	1.87 ± 0.002
Proteína (%)	9.89 ± 0.002	6.59 ± 0.003
Grasas (%)	2.05 ± 0.003	1,89 ± 0.002
Fibra (%)	15,12 ± 0.003	20,17% ± 0.002
Carbohidratos (%)	60,60 ± 0.002	59,77% ± 0.002

Nota: Elaboración propia

Gráfico 02

Caracterización de materia prima



En contraste a la tabla peruana de composición de alimentos, 2017; ambas variedades cumplen con el porcentaje humedad establecido para una cebada con cascara

(9.7%); en el Grafico 02 se alcanza a identificar mayor humedad en la variedad centenario (2 hileras) respecto a la variedad UNA-80 (6 hileras); sin embargo, la NTP 205.016 indica que para ambas variedades, se acepta hasta un 14.5% de humedad, lo que posiciona a ambos resultados dentro de lo establecido, tal como se contrasta con otras investigaciones: Chavez y Onofre (2020) validan que la variedad centenario tiene un 11.6% de humedad y la UNA-80 un 12%.

De acuerdo con lo mencionado por la tabla peruana de composición de alimentos (2017); la cebada con cascara tiene 17.3% de fibra dietaria y un 2.4% de ceniza; resultados respaldados por otros autores y congruente con los resultados descritos en el grafico 02; la variedad UNA-80 tiene mayor contenido de fibra que la variedad centenario y también refleja un mayor resultado que el citado; respecto a la ceniza, ambos cultivares están por debajo de lo expresado.

La variedad Centenario refleja un 3.3% más de proteína respecto a la variedad UNA-80, de acuerdo con la tabla peruana de composición de alimentos (2017), el contenido de humedad es 9.7%; sin embargo, UMA Malta (2024) menciona que las variedades de 6H tienen mayor contenido proteico que la de dos hileras, esto no refleja los resultados obtenidos; sin embargo, contenidos altos pueden ocasionar turbidez no deseada en la cerveza.

Los carbohidratos totales según la tabla de composición de alimentos (2017) se encuentra en 77.5%, respecto a los datos obtenidos, la variedad centenario supera a la variedad UNA-80, información respaldada por industria cervecera (2020), donde señala que la variedad de dos hileras tiene mayor contenido de almidones y una cascara más delgada que permite una mejor extracción del grano.

De acuerdo a lo revisado por Intermalta (2021), el cultivar centenario aporta mayor cantidad de azúcares fermentables, contiene menor cantidad de enzimas no deseadas y a su vez menos proteínas, esto favorece a no tener problemas en la etapa de maceración, turbidez y/o una cerveza inestable; sin embargo, en comparación a los resultados obtenidos, no es congruente a los resultados de evaluación en la materia prima.

4.2. Evaluación de calidad de malta

4.2.1. Poder Germinativo

De acuerdo con la tabla 10, el modelo sugerido es el orden polinomial más alto, maximizando el R^2 ajustado y el R^2 predicho.

Tabla 11

Resumen del modelo estadístico

Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	5.82	0.8864	0.8674	0.8376	872.60	
2FI	5.60	0.9124	0.8773	0.8343	890.37	
Quadratic	2.25	0.9877	0.9802	0.9575	228.52	Suggested
Cubic	1.61	0.9961	0.9898	0.9551	241.42	Aliased

Nota. Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

De acuerdo con el análisis de varianza en la tabla 12, los p-valor menores a 0,0500 indican significancia en los términos del modelo (A, B, C, BC, A², B²), valores mayores a 0,1000 no son significativos.

Tabla 12

ANOVA para modelo cuadrático

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	5290.16	8	661.27	153.20	< 0.0001	significant
A-Temperatura (°C)	187.16	1	187.16	43.36	< 0.0001	
B-Tiempo (h)	2389.83	1	2389.83	553.68	< 0.0001	
C-Variedad	2167.72	1	2167.72	502.22	< 0.0001	
BC	114.84	1	114.84	26.61	0.0002	
A ²	173.48	1	173.48	40.19	< 0.0001	
B ²	350.92	1	350.92	81.30	< 0.0001	
Residual	56.11	13	4.32			
Lack of Fit	49.45	9	5.49	3.30	0.1311	not significant
Pure Error	6.66	4	1.66			
Cor Total	5346.27	21				

Nota. Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La suma de cuadrados es Tipo III – Parcial y el F-valor es 153.20, el cual determina la significancia del modelo. El F-valor de falta de ajuste 3,30 implica que el modelo no es significativo en relación con el error puro, además, existe una probabilidad del 13,11% de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido a la distorsión de los datos.

Según la tabla 12, la temperatura, el tiempo y la variedad si influyen en el % de poder germinativo de las cebadas estudiadas, el resultado de influencia se refleja en la tabla 12, donde se alcanza a observar mayor poder germinativo (PG) a 20 °C durante 77 hr de germinacion, 98.32% ± 0.03 en la variedad Centenario y 91.16% ± 0.03 en la variedad UNA-80.

Tabla 13

Poder Germinativo de la malta

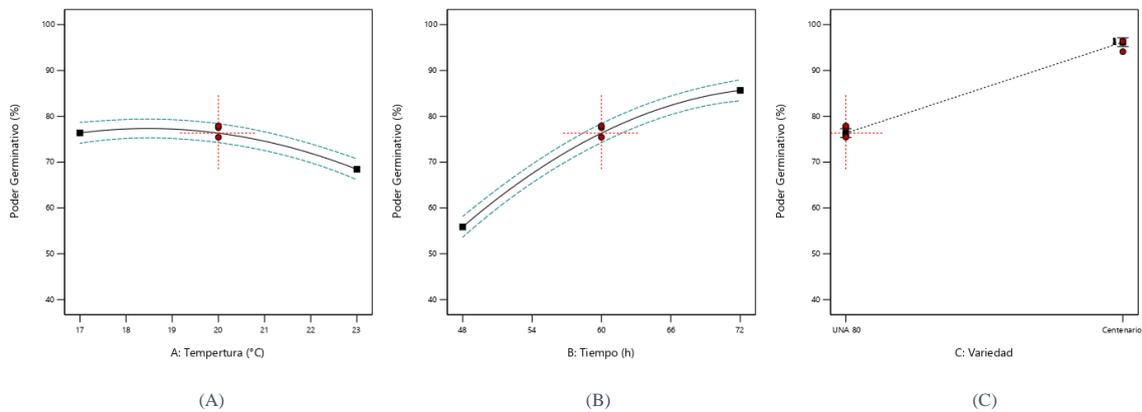
Tiempo (h) / Temperatura (°C)	Poder Germinativo (%)	
	Centenario	UNA-80
43		
20	70,22 ± 0,02	45,03 ± 0,02
48		
17	81,72 ± 0,03	57,27 ± 0,03
23	72,34 ± 0,04	46,48 ± 0,02
60		
15,7	94,41 ± 0,02	72,30 ± 0,03
20	95,55 ± 0,05	77,00 ± 0,03
24	87,71 ± 0,03	62,31 ± 0,02
72		
17	97,39 ± 0,02	83,15 ± 0,04
23	93,27 ± 0,04	76,32 ± 0,02
77		
20	98,32 ± 0,03	91,16 ± 0,03

Nota: Elaboración propia

El Grafico 3 permite visualizar el comportamiento del poder germinativo en la variedad UNA-80, la curva polinomial describe el aumento del %PG respecto al aumento de horas de germinacion (Grafico 3-B); sin embargo, respecto a la temperatura, el grafico 3-A muestra el incremento entre los 17 y 20°C y un decremento en temperaturas superiores a los 20°C debido a la sobregerminacion del grano, representada por la perdida de nutrientes cuando el tamaño de la raicilla y plumula alcanzan los $\frac{3}{4}$ del tamaño del grano de acuerdo a lo expresado por Chavez y Onofre (2020).

Gráfico 03

Poder germinativo en función a las variables – UNA 80

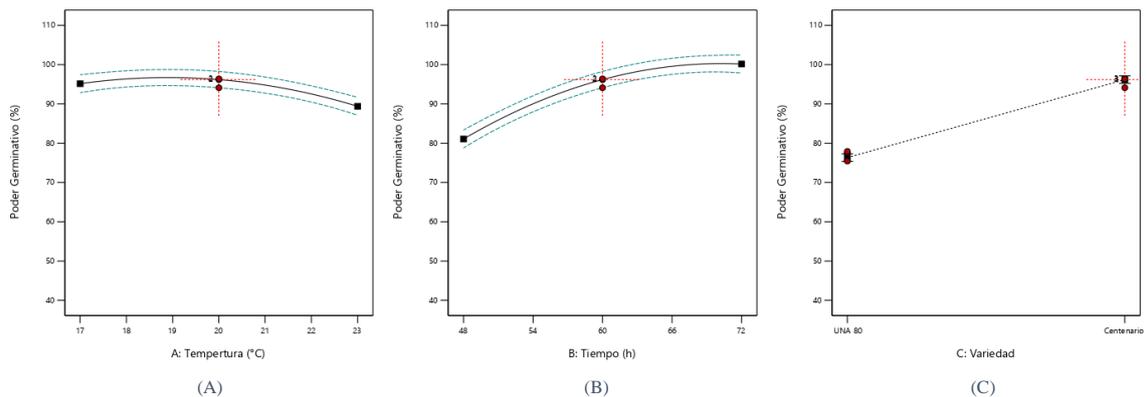


Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El comportamiento del poder germinativo en la variedad centenario se representa en el grafico 4; sin embargo, se observa un comportamiento similar al de la variedad UNA-80 pero con valores superiores (Grafico 3-C), esta variedad tambien tiene un pico a los 20°C y luego muestra un decrecimiento debido a la sobregerminacion del grano. El grafico 4-B muestra el incremento del %PG respecto al incremento de horas de germinacion en una curva polinomial que es estable entre las 66 y 72h.

Gráfico 04

Poder germinativo en función a las variables – CENTENARIO



Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La NTP 025.216 clasifica la capacidad de germinación por niveles, donde una malta que alcanza el 95% de germinacion se clasifica en el grado I y II y las maltas con una capacidad del 90% de germinacion se encuentran en el grado III y IV; de acuerdo a

lo expresado por la NTP, la cebada centenario es una malta de grado I y la cebada UNA-80 se considera una malta de grado IV.

El Grafico 4-C nos detalla la superioridad del poder germinativo de la variedad centenario respecto a la variedad UNA-80 en todos los tratamientos, esto representa los resultados obtenidos por Chavez y Onofre (2020) al obtener 96.6% de PG en la variedad centenario y 95.5% en la variedad UNA -80 al trabajar entre 72 y 92h de germinacion. Por otro lado, responde a lo mencionado por Republica cervecera (2020), donde se señala que los granos de 2 hileras (centenario) son mas uniformes respecto a la forma y al tamaño que los granos de 6 hileras (UNA -80), por ende, absorven agua, germinan y secan al mismo tiempo, dando como resultado un poder germinativo mas optimo. Además, el % de impurezas y granos dañados tambien influyen en la disminucion del poder germinativo de acuerdo con Solano (2019).

En tiempos de germinacion superiores a las 60h y temperaturas entre los 17 y 20°C, ambas variedades tienen un PG por encima de lo que indica la NTP, sin embargo Carhuatanta (2021) nos recomienda no destinar para el uso cervecero una malta con un poder germinativo menor al 90%, esto deja por fuera los tratamientos de germinacion con menos de 60h, a pesar de la relacion directa entre el menor tiempo de germinado y mayor temperatura, ya que este equilibrio busca evitar la infeccion del grano por proliferacion de microorganismos y/o bacterias.

Los resultados obtenidos contrastan con los del centro de desarrollo de cultivo de la University of Saskatchewan, Saskatoon en Canada (1996) donde determinaron entre un 96 – 100% de poder germinativo en 4 variedades diferentes de cebada con cascara, teniendo en cuenta las diferencias en las condiciones climaticas y manejo integral de los granos, los resultados siguen siendo satisfactorios en variedades no comerciales.

4.2.2. Poder Diastásico

El orden polinomial más alto sugiere utilizar el modelo 2FI y rechazar el modelo cubico de acuerdo con el R^2 ajustado y predicho.

Tabla 14*Resumen del modelo estadístico*

Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	24.35	0.8992	0.8824	0.8370	17258.66	
2FI	11.46	0.9814	0.9740	0.9511	5177.61	Suggested
Quadratic	11.12	0.9848	0.9755	0.9477	5542.22	
Cubic	9.72	0.9929	0.9813	0.9001	10584.90	Aliased

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La tabla 15 detalla el análisis de varianza donde un F-valor de 163,29 implica la significancia del modelo donde solo hay un 0,01 % de posibilidad de que el F-valor sea mayor debido a la distorsión de datos. A, B, C, AC y BC son variables significativas en el modelo de acuerdo con su p-valor (<0,0500), por lo contrario, la interacción AB no indican significancia en el modelo.

Tabla 15*ANOVA para modelo 2FI*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1.039E+05	5	20774.17	163.29	< 0.0001	significant
A-Temperatura (°C)	3259.08	1	3259.08	25.62	0.0001	
B-Tiempo (h)	32325.50	1	32325.50	254.08	< 0.0001	
C-Variedad	59647.23	1	59647.23	468.83	< 0.0001	
AC	865.71	1	865.71	6.80	0.0190	
BC	7773.34	1	7773.34	61.10	< 0.0001	
Residual	2035.60	16	127.22			
Lack of Fit	1925.61	12	160.47	5.84	0.0511	not significant
Pure Error	109.98	4	27.50			
Cor Total	1.059E+05	21				

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La tabla 15 indica que las variables jerárquicas (tiempo, temperatura y variedad) influyen directamente en el comportamiento del poder diastásico (DP), con ello, la tabla 15 detalla que al aumentar los tiempos y temperatura de germinación, el DP tiene un aumento polinomial. Sin embargo, de acuerdo a lo mencionado por UMA Malta (2024), DP inferior a 90°WK da como resultado una hidrólisis de almidón casi nula, estas requerirán tiempo de maceración extremadamente altos y por ende no son rentables ni aceptables, por otro lado, con índices superiores a 90°WK se obtienen conversiones viables en tiempos relativamente cortos; esto nos relaciona que a mayor DP, mejor calidad de malta.

Evans, Chengdao y Eglinton (2018) mencionan que el DP ha sido considerado desde hace muchos años uno de los análisis más efectivos para determinar una buena transformación de almidones en azúcares fermentables; sin embargo, se está constante desarrollo de nuevos métodos que indiquen la fiabilidad de los resultados, teniendo en cuenta todos los aspectos intrínsecos que influyen en el aumento o disminución del DP.

Tabla 16

Poder Diástasico de la malta

Tiempo (h) / Temperatura (°C)	Poder Diastásico (°WK)	
	Centenario	UNA 80
43		
20	97,5 ± 7,12	41,05 ± 4,08
48		
17	100,93 ± 2,41	51,32 ± 5,11
23	121,32 ± 3,86	71,85 ± 3,87
60		
16	137,38 ± 7,67	73,24 ± 6,12
20	189,31 ± 4,83	76,55 ± 5,97
24	213,82 ± 7,25	84,13 ± 3,46
72		
17	214,09 ± 5,12	86,66 ± 4,75
23	258,62 ± 3,22	106,06 ± 3,61
77		
20	299,35 ± 3,57	121,45 ± 5,44

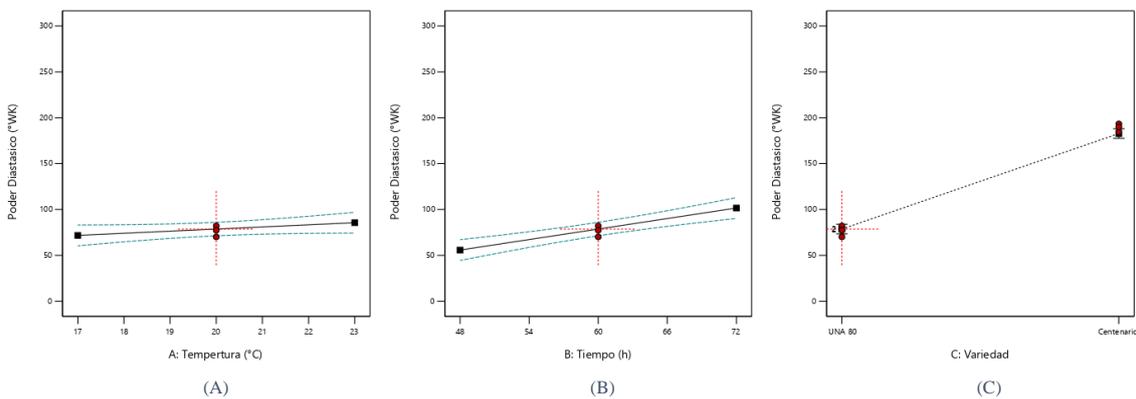
Nota: Elaboración propia

La tabla 16 expresa valores de DP superiores en la variedad centenario respecto a la variedad UNA-80 (expresado en el gráfico 5-C); además, la variedad Centenario supera los 90°WK en todos los tratamientos, a diferencia de la variedad UNA-80, la cual lo supera a partir de las 72h de germinación y temperaturas por encima de los 20°C. Lo mencionado difiere con lo descrito por República cervecera (2020), donde se señala que las variedades de cebada 6H tienen mayor poder diastásico que las variedades de 2H, esto posicionaria a la variedad UNA-80 por encima de la Centenario, sin embargo, la cebada con 2H aporta mayor cantidad de azúcares fermentables y contiene menor cantidad de enzimas no deseadas a pesar de tener menor capacidad de conversión de las mismas (Inter malta, 2021). Duke y Henson (2008) respaldan lo mencionado cuando determinaron valores entre 369 y 544°WK en cultivar de 2 hileras y 474 - 579 °WK en el cultivar de 6 hileras durante 5 días de germinación.

El gráfico 5-A y 5-B expresan el aumento del DP respecto al aumento de temperatura y tiempo de germinación, desde los 41.05°WK \pm 4,08 hasta los 121,45 \pm 5,44, los resultados relativamente bajos posicionan a la variedad UNA-80 como una malta acompañante, que puede ser capaz de aportar aroma, sabor y color a una malta base que aporte las enzimas necesarias para la obtención de azúcares fermentables.

Gráfico 05

Poder diastásico en función a las variables – UNA 80



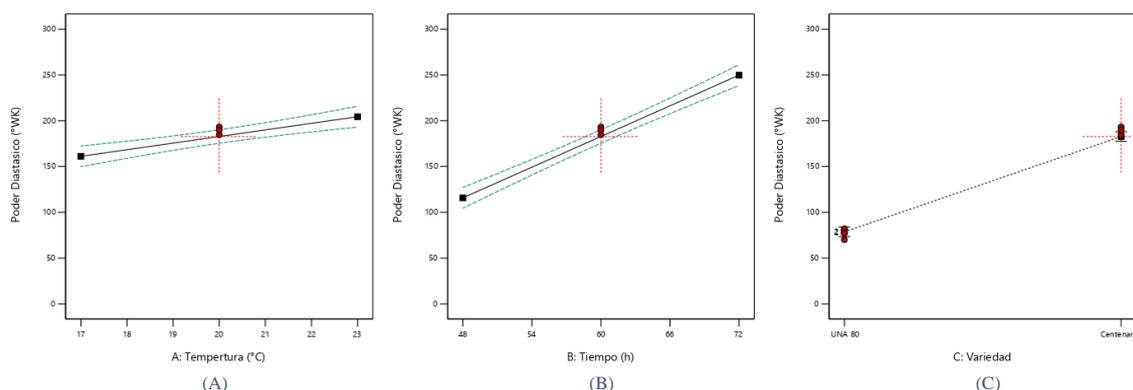
Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El gráfico 06 expresa el aumento del DP en la variedad centenario de acuerdo al incremento de tiempo y temperatura de germinación, dando resultados por encima de los establecidos, contrastando los resultados con Evans, et al. (2018) donde determinan

valores desde los 220 hasta los 350 °WK para variedades de cebada europeas, sus valores óptimos se encuentran por encima de los 300°WK; sin embargo, los autores evalúan la influencia de realizar evaluaciones a procedimientos nivel piloto e industriales debido al mejor manejo operacional con menores volúmenes; esto posiciona la incertidumbre de la variabilidad de los resultados obtenidos con manejos a nivel industrial.

Gráfico 06

Poder diástasico en función a las variables – CENTENARIO



Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Los parámetros de secado utilizados permiten clasificar el tipo de malta obtenida, temperaturas bajas y horas prolongadas dan como resultado maltas pálidas, que por lo general, suelen ser utilizadas como maltas bases por su mayor contenido de poder diastásico, a diferencia de las maltas acompañantes, las cuales tienen un poder diastásico menor debido al incremento de la temperatura de secado con el fin de aumentar el color y el aroma en los granos malteados. Lo expresado refleja los resultados obtenidos por Cornejo y Mendoza (2024), quienes determinaron un DP entre 265 y 538°WK a diferentes temperaturas, horas y velocidad de aire durante el secado (70°C x 14h, 75°C x 16h y 85°C x 12h).

Junhong, et al. (2013) obtuvieron valores de DP entre 246 y 506 °WK en 13 maltas comerciales proveniente de cultivares de cebada diferentes; estas maltas son utilizadas en la cervecera Tsingtao Brewery Co. Ltd., Qingdao, China y el principal objetivo de estudio fue determinar la relación de las enzimas de potencia diastática y los niveles de azúcares fermentables durante la maceración; los autores concluyeron que el contenido

de azúcares es influenciado tanto por las enzimas diastáticas individuales como en el manejo operacional de la maceración según la termo estabilidad de cada una.

De acuerdo a lo mencionado por Duke y Henson (2008), una germinación rápida debe asegurar una buena sinterización de enzimas amilolíticas para degradar el almidón y tener suficiente azúcar al detener la germinación, por lo contrario, se entraría en una etapa de latencia y/o viabilidad casi nula; con lo mencionado, los autores determinan al Poder diástasico (DP), Extracto de malta (ME), Concentración de osmolitos (OC) y la actividad de α -amilasa (α -AA) como indicadores de una producción de azúcar eficiente en la etapa de malteado y maceración del mosto. Sin embargo, a pesar de que el DP es considerado una medida precisa para predecir la capacidad de hidrolisis de almidón, diferentes estudios han afirmado que las predicciones tienen una correlación al 50% con la OC y el ME, a su vez, se determina que el DP se correlaciona mejor con la termo estabilidad de las enzimas α -amilasa, β -amilasa y dextrinasa límite, mas no con la termo estabilidad de la α -glucosidasa. Por otro lado; los autores determinaron también el porcentaje de aumento del DP en ambos cultivares desde el primer al quinto día de germinación: $56,5\% \pm 12.5$ en el cultivar 2 hileras y 91.0 ± 15.3 en el cultivar 6 hileras.

El centro de desarrollo de cultivo de la University of Saskatchewan, Saskatoon en Canada (1996) demostró el aumento del contenido de Poder Diastásico entre un grano sin germinar y un grano germinado, ascendiendo de $71.0^{\circ}\text{WK} \pm 20.0$ a $189.5^{\circ}\text{WK} \pm 23$, a su vez, compara el resultado obtenido en una variedad de estudio con una variedad comercial, obteniendo $243.5^{\circ}\text{WK} \pm 0.5$. También relaciona el aumento del DP con el aumento de los Azúcares reductores (AR), lo cual se contrasta con los resultados obtenidos en el punto 4.2.3.

4.2.3. Azúcares Reductores

La tabla 17 indica el orden polinomial más alto, el cual sugiere utilizar el modelo Lineal y rechazar el modelo cubico; sin embargo, el R^2 ajustado permite utilizar el modelo cuadrático.

Tabla 17*Resumen del modelo estadístico*

Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	0.1905	0.9300	0.9183	0.8939	0.9892	Suggested
2FI	0.1984	0.9367	0.9114	0.8476	1.42	
Quadratic	0.1887	0.9504	0.9198	0.8387	1.50	
Cubic	0.1539	0.9797	0.9467	0.8095	1.78	Aliased

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El análisis de varianza en la determinación de azúcares reductores se detalla en la Tabla 18 para un modelo cuadrático, El valor F del modelo es 31.11, el cual implica que el modelo es significativo y solo hay un 0,01 % de posibilidades de que se produzca un valor F mayor.

Tabla 18*ANOVA para modelo cuadrático*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	8.86	8	1.11	31.11	< 0.0001	significant
A-Temperatura (°C)	1.78	1	1.78	49.89	< 0.0001	
B-Tiempo (h)	6.65	1	6.65	186.72	< 0.0001	
C-Variedad	0.2468	1	0.2468	6.93	0.0207	
AB	0.0435	1	0.0435	1.22	0.2890	
AC	0.0028	1	0.0028	0.0778	0.7846	
BC	0.0165	1	0.0165	0.4634	0.5080	
A ²	0.1260	1	0.1260	3.54	0.0826	
B ²	0.0198	1	0.0198	0.5561	0.4691	
Residual	0.4630	13	0.0356			
Lack of Fit	0.3718	9	0.0413	1.81	0.2971	not significant
Pure Error	0.0912	4	0.0228			
Cor Total	9.33	21				

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La suma de cuadrados es de tipo III: parcial. Los valores P inferiores a 0,0500 indican que los términos del modelo son significativos, en este caso, A, B y C son términos significativos del modelo, sin embargo, las interacciones entre las variables son superiores a 0,1000, lo que indica que los términos del modelo no son significativos.

El valor F de falta de ajuste de 1,81 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 29,71 % de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido. Una falta de ajuste no significativa es buena: queremos que el modelo se ajuste.

La Tabla 19 indica los valores obtenidos en los dos cultivares estudiados; se observa un comportamiento similar en el aumento del %Azucres reductores (AR) en base al aumento del tiempo y temperatura de germinado; sin embargo, el cultivar UNA-80 es superior en todos los tratamientos respecto al cultivar Centenario, ascendiendo desde un $8.15\% \pm 0,01$ hasta $10.01\% \pm 0,01$.

Tabla 19

Azucres reductores de la malta

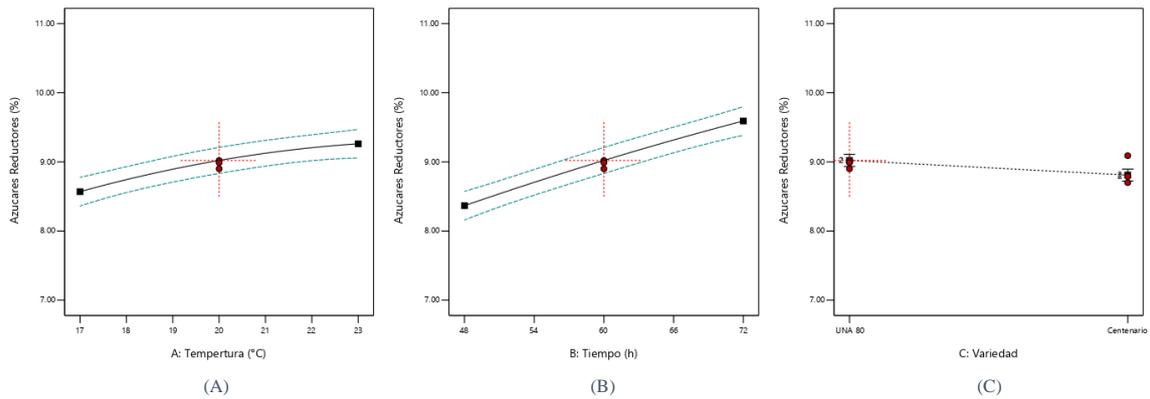
Tiempo (h) / Temperatura (°C)	Azucres Reductores (%)	
	Centenario	UNA-80
43		
20	$7.68 \pm 0,02$	$8.15 \pm 0,01$
48		
17	$7.48 \pm 0,02$	$7.71 \pm 0,02$
23	$8.47 \pm 0,01$	$8.79 \pm 0,03$
60		
15,7	$8.27 \pm 0,02$	$8.60 \pm 0,02$
20	$8.86 \pm 0,03$	$8.97 \pm 0,02$
24	$9.02 \pm 0,02$	$9.11 \pm 0,02$
72		
17	$9.02 \pm 0,02$	$8.90 \pm 0,02$
23	$9.53 \pm 0,01$	$9.87 \pm 0,01$
77		
20	$9.67 \pm 0,02$	$10.01 \pm 0,01$

Nota: Elaboración propia

El gráfico 7 permite visualizar el comportamiento de los AR en la variedad UNA-80 respecto a la temperatura y tiempo de germinado, en ambos se observa el incremento del contenido de AR al igual que la investigación de Bernal y Gómez (2017), donde se demuestra también que a mayor tiempo de germinación se obtendrá un comportamiento ascendente, los autores obtuvieron $12.63\% \text{ AR} \pm 0.22$ en 12 horas de germinación y $19.56\% \pm 0.35$ en 19 horas.

Gráfico 07

Azúcares reductores en función a las variables – UNA 80

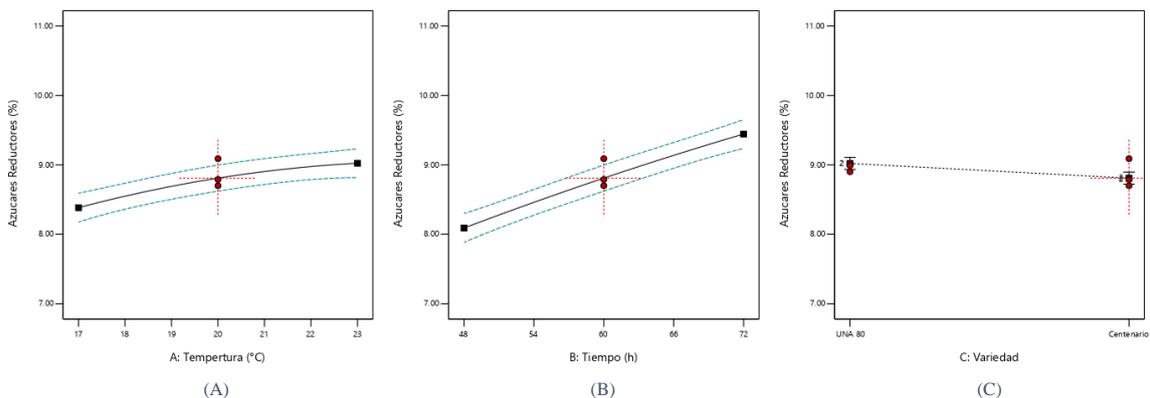


Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Ruiz, Y. (2006) aclara que el secado es una etapa crucial en la producción de malta cervecera debido a la disminución de la concentración y estabilidad de azúcares reductores, temperaturas por debajo de los 60 °C puede favorecer a su conservación, sin embargo, si la temperatura de secado es mayor a 80 °C se puede conseguir reducir los azúcares (Fernández et.al, 2023), con ello, se tiene en cuenta que la temperatura es favorable si se mantiene en un rango de 50-70 °C para alcanzar a preservar hasta un 85% de los azúcares reductores originales de la malta.

Gráfico 08

Azúcares reductores en función a las variables – CENTENARIO



Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Duke y Henson (2008) evaluaron el contenido total de azúcares en 8 variedades diferentes en un sistema HPLC; los autores determinaron entre 1370 y 1580 $\mu\text{mol/g}$ de

malta para las variedades de dos hileras y 1400 – 1650 $\mu\text{mol } \mu\text{mol /g}$ de malta en las variedades de 6 hileras, además, mencionan los valores reales de todos los azúcares estudiados (Glucosa, Maltosa, Maltotriosa, Maltotetraosa, Maltopentaosa, Maltohexaosa, Maltoheptaosa, Fructosa y Sacarosa), con ello, se determina que la suma individual del contenido de azúcar en los reductores es mayor en las cebadas de 6H respecto a la de 2, esto se contrasta con los resultados obtenidos en el gráfico 8C.

El centro de desarrollo de cultivo de la University of Saskatchewan, Saskatoon en Canada (1996) demostró el aumento del contenido de azúcares reductores entre un grano sin germinar y un grano germinado, ascendiendo de $0.2\% \pm 0.1$ a $3.2\% \pm 0.2$ de azúcares reductores, a su vez, compara el resultado obtenido en una variedad de estudio con una variedad comercial, obteniendo 6.6% de AR. También compara la relación de los azúcares reductores con maltas no diastásicas ($DP < 90^{\circ}\text{WK}$), obteniendo $2.2\% \pm 0.1$ y $3.5\% \pm 0.2$ de AR en maltas con DP de $50.9^{\circ}\text{WK} \pm 12.0$ y $78.3^{\circ}\text{WK} \pm 11.0$. Lo mencionado posiciona a ambas maltas de origen Ancashino con un contenido de azúcares reductores por encima de los estudiados en Canada, pero, por debajo de los valores obtenidos en maltas comerciales y mejoradas ($28.1\% \pm 0.2$).

4.2.4. Proteínas

La tabla 20 indica el orden polinomial más alto, el cual sugiere utilizar el modelo cuadrático y rechazar el modelo cúbico de acuerdo con el R^2 ajustado y predicho

Tabla 20

Resumen del modelo estadístico

Source	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	
Linear	0.1754	0.9764	0.9725	0.9643	0.8392	
2FI	0.1213	0.9906	0.9869	0.9840	0.3757	
Quadratic	0.0819	0.9963	0.9940	0.9914	0.2012	Suggested
Cubic	0.0887	0.9973	0.9930	0.9914	0.2020	Aliased

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

La Tabla 21 muestra el análisis de varianza en un modelo cuadrático para la evaluación del comportamiento de la proteína respecto a las variables, la suma de cuadrados es de tipo III: parcial

El valor F del modelo es 436,58, este valor implica que el modelo es significativo y solo hay un 0,01 % de posibilidades de producirse un valor F mayor

Tabla 21

ANOVA para modelo cuadrático

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	23.41	8	2.93	436.58	< 0.0001	significant
A-Temperatura (°C)	0.2634	1	0.2634	39.30	< 0.0001	
B-Tiempo (h)	3.56	1	3.56	531.37	< 0.0001	
C-Variedad	19.12	1	19.12	2852.36	< 0.0001	
AB	0.0351	1	0.0351	5.24	0.0395	
AC	0.0270	1	0.0270	4.03	0.0659	
BC	0.2710	1	0.2710	40.43	< 0.0001	
A ²	0.0489	1	0.0489	7.30	0.0181	
B ²	0.1177	1	0.1177	17.56	0.0011	
Residual	0.0871	13	0.0067			
Lack of Fit	0.0286	9	0.0032	0.2173	0.9732	not significant
Pure Error	0.0585	4	0.0146			
Cor Total	23.50	21				

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Las siguientes variables y sus interacciones A, B, C, AB, BC, A², B² son términos significativos del modelo por tener un p-valor menor a 0.0500, a diferencia de la interacción AC (Temperatura x Variedad), la cual no es significativa. Por otro lado, el valor F de falta de ajuste es 0,22, esto implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro y hay un 97,32 % de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste mayor debido a la distorsión de datos.

Celus (2006) determina que el porcentaje de proteínas de la cebada malteada es mayor en comparación a la cebada sin maltear, respaldando la curva polinomeal obtenida por el incremento proteico durante la germinación de la materia prima, desde un 9.89% a un 10.02% en el cultivar UNA-80 y desde un 6.59% a un 12.18% en el cultivar centenario.

Tabla 22

Proteínas (%) en la malta

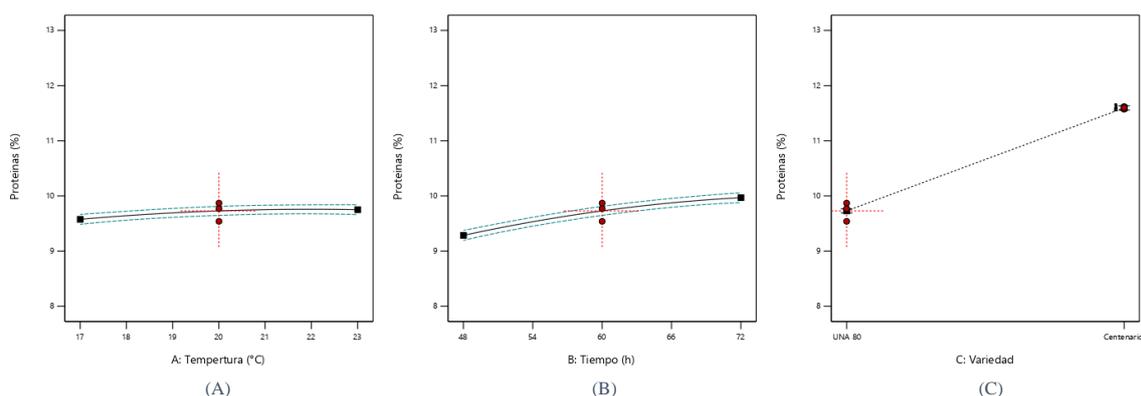
Tiempo (h) / temperatura (°C)	Proteínas (%)	
	Centenario	UNA-80
43		
20	10.5 ± 0,02	9.07 ± 0,01
48		
17	10.57 ± 0,02	9.12 ± 0,02
23	11.10 ± 0,01	9.33 ± 0,03
60		
15,7	11.21 ± 0,02	9.43 ± 0,02
20	11.59 ± 0,03	9.73 ± 0,02
24	11.73 ± 0,02	9.69 ± 0,02
72		
17	12.01 ± 0,02	9.86 ± 0,02
23	12.10 ± 0,01	9.98 ± 0,01
77		
20	12.18 ± 0,02	10.02 ± 0,01

Nota: Elaboración propia

El gráfico 8-A demuestra que el contenido proteico respecto a la temperatura de germinación no es significativo en comparación al tiempo, donde se observa un incremento entre los 43 - 72°C y un ingreso a la etapa de latencia ente los 72 – 77°C

Gráfico 08

Proteína en función a las variables – UNA 80



Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

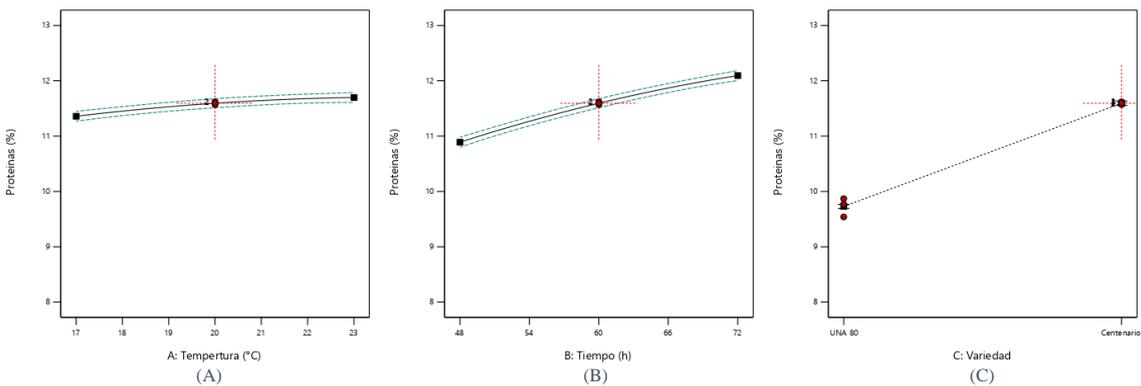
Carillanca (1992) indica que el rango aceptable para una cebada malteada se encuentra entre 9 y 11%; a su vez, UMA Malta (2024) considera un 10% como contenido ideal para asegurar un equilibrio entre el aporte enzimático, rendimiento y otras

características de calidad como la claridad y fuerza de espuma; sin embargo, el reposo proteolítico es considerado una buena alternativa si el contenido proteico es mayor al 12%, este procedimiento se basa en realizar una pausa en la maceración entre los 45 y 55 °C para permitir la descomposición de la actividad de las enzimas proteolíticas en aminoácidos más simples, aumentando el contenido de nitrógeno libre de aminoácidos y reduciendo las proteínas responsables de la turbidez.

Mantener el pH en 5.2 durante la preparación del mosto es otra alternativa para no comprometer el producto terminado debido a un alto porcentaje de proteínas, un pH básico cerca al neutro permite maximizar la coagulación de proteínas no deseadas y obtener una cerveza más clara, más estable y con la turbidez controlada (UMA Malta, 2024)

Gráfico 09

Proteína en función a las variables – CENTENARIO



Nota: Extraído de software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Republica cervecera (2020) no respalda los resultados obtenidos en el grafico 9-C ya que indica que las variedades de 6H tienen mayor contenido proteico que las de 2H, esto posicionaría a la variedad UNA-80 sobre la variedad centenario; sin embargo, teniendo en cuenta que maltas altas en proteína indican menor conversión de almidones y ralentización en la absorción de humedad en la etapa de remojo, tampoco reflejaría el mayor poder germinativo y diastásico de la variedad centenario, además, ambas se encuentran dentro de los rangos establecidos con desviaciones no significativas.

Durante la germinación de las semillas, las proteínas de almacenamiento se hidrolizan para prepararse bioquímicamente durante el crecimiento de la plántula, este

proceso es importante ya que la formación enzimática de proteína soluble en la etapa de malteado y la etapa de maceración aún no están correlacionadas al 100%, por ello, las proteínas de la cebada se solubilizan inicialmente por endoproteasas y luego se degradan aún más en exopeptidasas. (Jones, 2004)

4.3.Determinación de parámetros óptimos

Los límites en las variables independientes y el nivel de importancia en las variables dependientes arrojan 3 posibles resultados para obtener una malta de cebada que cumpla con los estándares de calidad ideal durante su germinación y maceración, ver tabla 23

Tabla 23

Contraste de parámetros

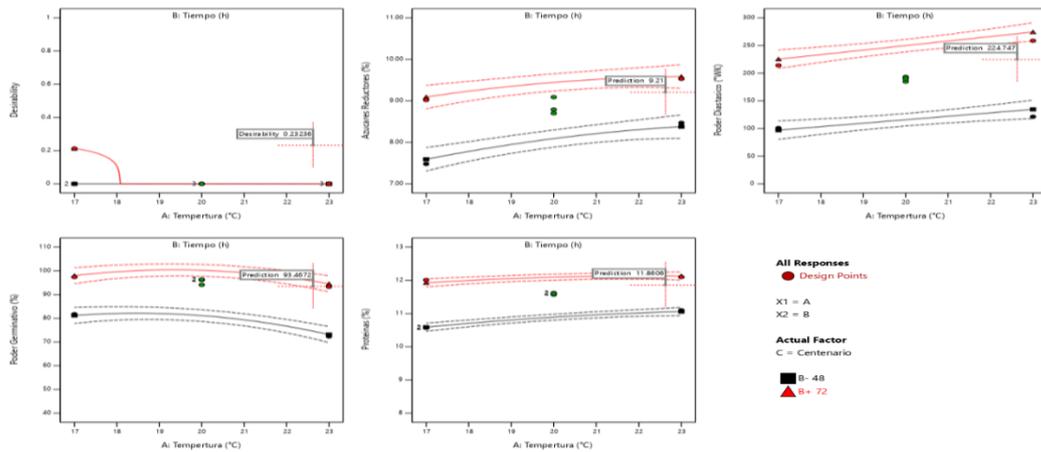
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A:Tempertura (°C)	is in range	17	23	1	1	3
B:Tiempo (h)	is in range	48	72	1	1	3
C:Variedad	is in range	UNA 80	Centenario	1	1	3
Azucres Reductores	maximize	5	15	1	1	2
Poder Diastasio	maximize	200	400	1	1	3
Poder Germinativo	maximize	80	100	1	1	3
Proteínas	is target = 10.625	9	12	1	1	3

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El gráfico 10 representa la primera solución a una temperatura de 22.63°C en 63.97 horas de germinado para obtener un 93.47% de poder germinativo, un poder diastásico de 224.75°WK, 9.21% de azúcares reductores y 11.86% de proteínas en variedad centenario.

Gráfico 10

Solución 1

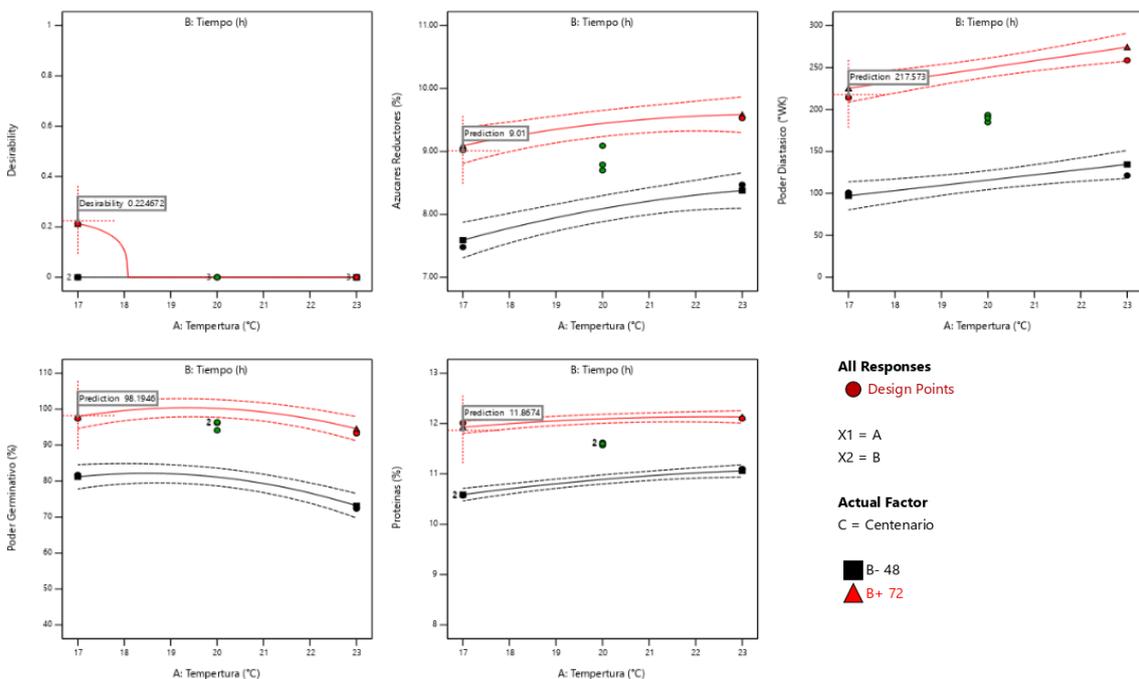


Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El gráfico 11 representa otra alternativa con una temperatura más baja de germinación en la misma variedad; 17°C en 70.55 horas para obtener un poder germinativo mayor respecto al anterior, 98.19%, sin embargo, un poder diastásico menor, 217.53°WK, 9.01% de azúcares reductores, el contenido proteína es el mismo en ambas soluciones, 11.86%

Gráfico 11

Solución 2



Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

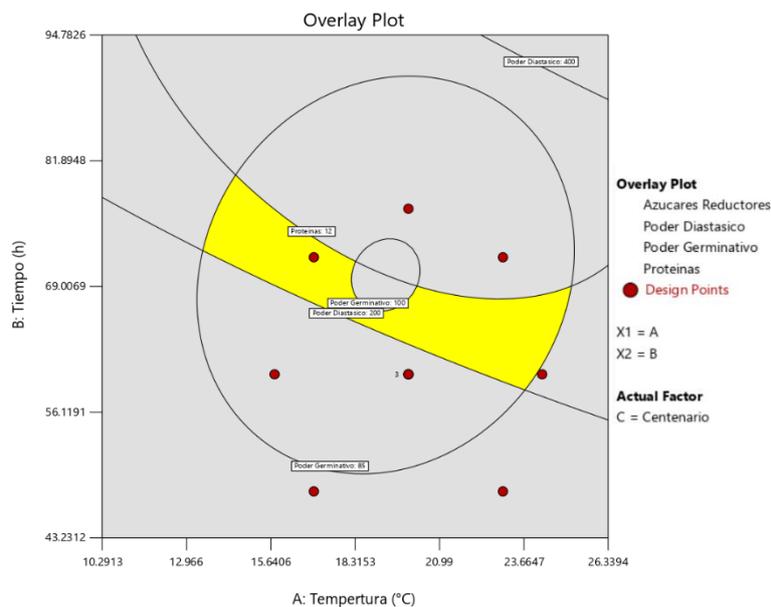
Las dos soluciones se representan en la tabla 24 para dos combinaciones de niveles categóricos, de acuerdo con la desirabilidad se elige la solución 1.

Tabla 24*Soluciones categóricas*

Solución	1	2
T (°C)	22.627	17.000
Tiempo (h)	63.970	70.554
Variedad	Centenario	Centenario
Azúcares Reductores (%)	9.206	9.011
Poder Diastásico (°WK)	224.747	217.573
Poder Germinativo (%)	93.467	98.195
Proteínas (%)	11.861	11.867
Desirability	0.232	0.225

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

El gráfico 12 representa la interacción de las curvas polinómicas de las 4 variables dependientes respecto a la temperatura y el tiempo en la variedad centenario; solo se identifica un tratamiento del diseño experimental dentro de los rangos establecidos para obtener malta cervecera; sin embargo, la tabla 23 demuestra la optimización de los parámetros.

Gráfico 12*Interacción de las variables*

Nota: Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

V. CONCLUSIONES

El cultivar centenario presenta mayor contenido de macronutrientes respecto a la variedad UNA-80; esto posiciona a la variedad centenario como variedad potencial frente a una mejor germinación con un 10.22% de humedad, 9.89% de proteínas, 2.05% de grasas, 15.12% de fibra y 60.60% de carbohidratos.

Los dos cultivares muestran resultados con ascendencia polinomial respecto al aumento de horas y temperatura de germinación; sin embargo, el cultivar centenario responde mejor frente al cultivar UNA-80 en todas las variables de estudio a excepción del % de azúcares reductores. Centenario alcanza un poder germinativo de hasta $98.32\% \pm 0,03$, poder diastásico de $299.35 \text{ }^\circ\text{WK} \pm 3,57$ y proteínas de $12.18\% \pm 0,02$ dentro de sus valores máximos.

La optimización indica germinar el cultivar centenario durante 63.97 horas a 22.63°C , para obtener un poder germinativo de 93.47%, un poder diastásico de 224.75°WK , 11.87% de proteínas y 9.02% de azúcares reductores; valores que posicionan a la malta proveniente de la región Ancash como una malta cervecera de calidad

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una prueba experimental de fabricación de cerveza con utilización total o parcial de malta a partir de los resultados obtenidos; de esa manera, ampliamos los conocimientos a futuras investigaciones respecto a los parámetros óptimos de germinación en la búsqueda de una malta de calidad.

Se recomienda aumentar las investigaciones con variaciones en las temperaturas de secado y estudiar el comportamiento de otras variedades, con el fin de explotar al máximo la capacidad industrial de la cebada en la región Ancash.

Se recomienda realizar pruebas experimentales con materia prima cultivada en otras regiones del país para determinar la influencia del clima y tipo de suelo frente a las variedades estudiadas, así como otras variedades del programa de mejoramiento genético de la universidad agraria La Molina.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguinaga, A. A. (2019). Mapeo de QTLs asociados a caracteres de calidad industrial con déficit hídrico en cebada cervecera. [Tesis para optar el grado de doctor, Universidad Nacional del Sur] https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4813/AGUINAGA%2c%20A.A._TESIS.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Arriola A., La Spina B. (2017). Producción de malta de cerveza. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/9257/arriola-la-spina-produccion-de-malta-cervecera-2017.pdf
- Benitez y Morales (2018). Automatización del proceso de macerado de la malta para la producción de cerveza artesanal. *Epistemus*, 12(24), 53–61. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v12i24.68>
- Carmen A. (2021). La malta en la historia: el papel de este ingrediente esencial de la cerveza. <https://loopulo.com/maltas/la-malta-historia/>
- Carmen A. (2022). Maltas de 2 hileras vs 6 hileras: beneficios y desventajas. <https://loopulo.com/maltas/maltas-2-hileras-6-hileras-beneficios-desventajas/>
- Carrasco Velástegui, P. (2020). Determinación de la calidad maltera en el grano de cebada *Hordeum vulgare* variedad Calicuchima y Santa Catalina Línea 003, su análisis de las características fisicoquímicas y organolépticas de cerveza (Rubia) producida a partir de su procesamiento. Ecuador: [Tesis para optar el título profesional, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31406/1/BQ%20233.pdf>
- Chavez y Onofre (2020). Determinación del proceso de elaboración de cerveza tipo Ale para cuatro variedades cebadas (*Hordeum vulgare* L.) Cultivadas en Huancavelica. [Tesis para optar el grado de título profesional, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bb67ba5c-e4e6-47ce-9efb-d4ceb2b8f573/content>

- Cintha A, et. al (2024) Influence of the malting conditions on the modification and variation in the physicochemical properties and volatile composition of barley (*Hordeum vulgare* L.), rye (*Secale cereale* L.), and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) malts. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996924010354>
- Cornejo y Mendoza (2024). Diseño, construcción y evaluación de un secador de tambor rotatorio para la obtención de malta para cerveza artesanal. [Tesis para optar el título, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/8609/253T20240213_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Delgado y Vidaurre (2020). Determinación de temperatura y humedad óptimos para el desarrollo de la acospira de cebada (*Hordeum Distichum* O Dísticas INIA 411) en su proceso de malteado. [Tesis para optar el grado profesional, Universidad privada Antonio Guillermo Urrego]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1222/TESIS%20INDUSTRIAL%2002.pdf?sequence=3&isAllowed=yy>
- Delgado, M. (2021). Factores determinantes de la producción de cebada malteada en el Perú para productores de cerveza artesanal, Arequipa 2019. [Tesis para optar el grado de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4738/delgado-montoya-maria-milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Evans, Chengdao y Eglinton (2018). Improved Prediction of Malt Fermentability by Measurement of the Diastatic Power Enzymes β -Amylase, α -Amylase, and Limit Dextrinase: I. Survey of the Levels of Diastatic Power Enzymes in Commercial Malts. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2008-0909-02>
- Filipowska et al. (2021). On the contribution of malt quality and the malting process to the formation of beer staling aldehydes: A review. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.644>
- Florez, A. (2018). Evaluación de la aptitud cervecera de cebadas (*Hordeum distichum*) producidas en el departamento de Boyaca. [Tesis para optar el grado de título profesional, Universidad de Pamplona].

http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4675/1/Florez_2018_TG.pdf

Gutiérrez, B. et. al (2019). Evaluación de las operaciones sobre la calidad de la cerveza tipo ale, utilizando cebada centenario. [Tesis para optar el grado de bachiller, Universidad San Ignacio de Loyola].<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/288f8f59-2518-4b67-b6b5-bf4b821c2bea/content>

Henson y Duke (2008). A Comparison of Barley Malt Quality Measurements and Malt Sugar Concentrations. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2008-0612-01>

Hübner y Arendt (2010). Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1094/ASBCJ-2010-0923-01>

Intermalt (2022). Composición de un grano de cebada malteada. <https://www.intermaltcraft.com/es/blog/composicion-de-un-grano-de-cebada-malteada-infografia-descargable>

Jones, B. L. (2005). Endoproteases of barley and malt. *Journal of Cereal Science*, 42(2), 139–156. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.03.002>

Junhong, et a. (2013). Relationship between levels of diastatic power enzymes and wort sugar production from different barley cultivars during the commercial mashing process of brewing. <https://doi.org/10.1002/star.201300152>

María M. (2022). Evaluación de parámetros bioquímicos relacionados con la calidad maltera en 12 líneas comerciales de cebada cervecera (*Hordeum vulgare*). [Tesis para optar el grado profesional, Universidad Nacional de Río Negro] https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/9173/1/Martinez_Díaz_María_Eugenia-2022.pdf

MIDAGRI (2023). Boletín Estadístico Mensual. El Agro en Cifras. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/mensual/Agro/2023/Agro_en_cifras_01_2023.pdf

MINSA (2017). Tabla Peruana de Composición de Alimentos. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>

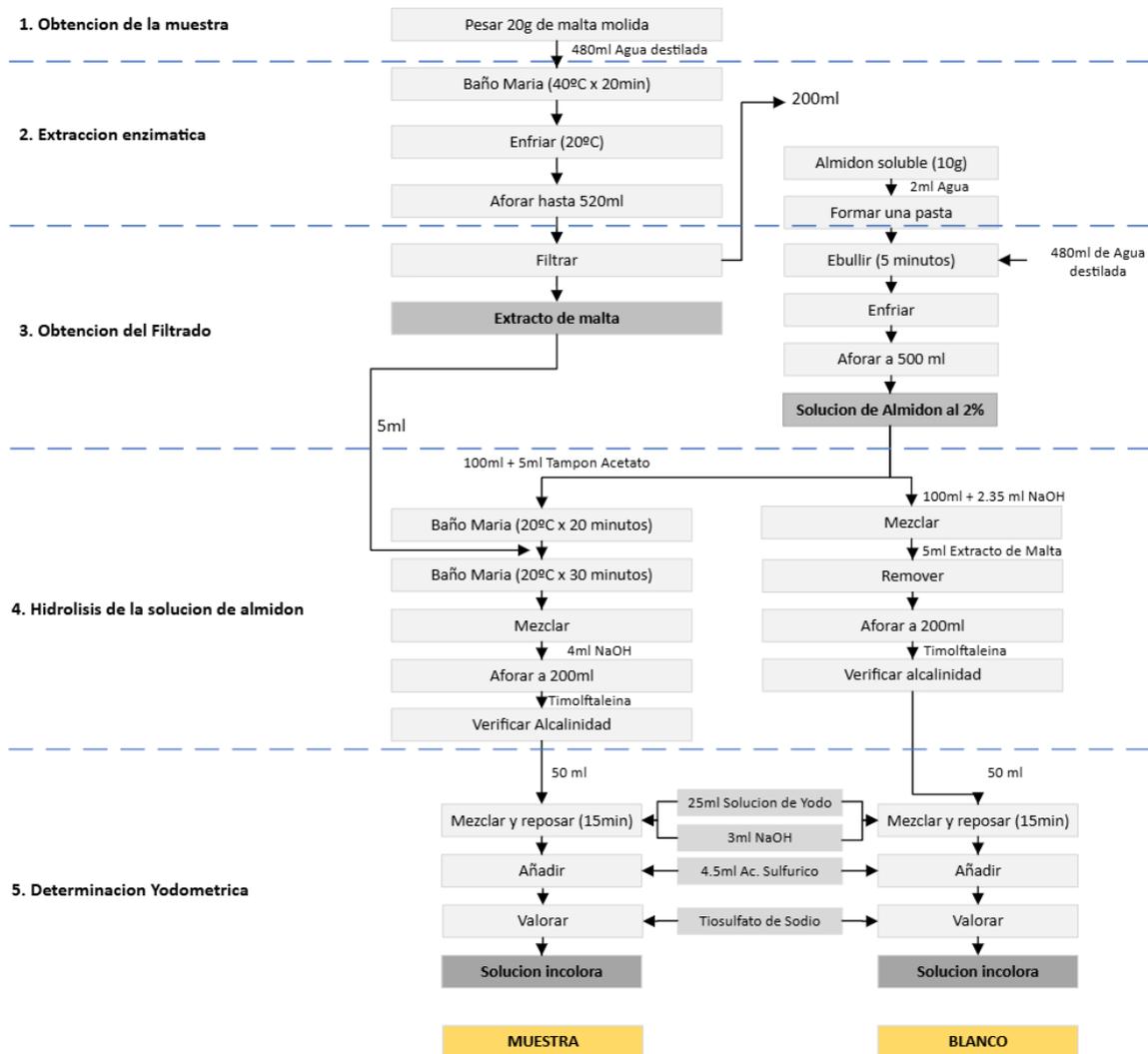
- Municipalidad Distrital de San Juan (2020). Informe Técnico de estudio de mecánica de suelos para el proyecto “Mejoramiento del cerco perimétrico para pastos mejorados en el caserío de San Juan Chico, Distrito de San Juan. Provincia de Sihuas-Departamento de Ancash-II Etapa”.
<https://es.scribd.com/document/607652750/Estudio-de-Suelos>
- Observatorio de Complejidad Económica (OEC, 2022). Exportaciones e importaciones de cebada en el mundo. <https://oec.world/es/profile/hs/barley>
- Papa, Y. (2014). ¿Para qué sirve y cómo se consume la cebada?
<https://mejorconsalud.as.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>
- Paredes (2017), Mejorar la extracción de azúcares y características de calidad de la cerveza durante la maceración de las cervezas Red ale y Blonde ale producidas en Andes Brewing Co [Tesis para optar el grado de bachiller, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26871/1/AL%20652.pdf>
- Pérez. T. (2016). Conozca las clases de cebada. <https://borauhermanos.com/conozca-las-clases-de-cebada/>
- Pinedo, R. et. al (2020). Manual de Cultivo de Cebada.
https://proyeccion.lamolina.edu.pe/manuales/Manual_Cultivo_Cebada.pdf
- R. S. Bhatti (1995). Production of Food Malt from Hull-less Barley.
https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1996/documents/73_75.pdf
- Republica cervecera (2020). Cebada 2H vs. Cebada 6H.
<https://www.republicacervecershops.com.mx/blogs/news/cebada-2h-vs-cebada-6h>
- Rosas, R. (2019). *Efecto de la temperatura de germinación en el proceso de malteo en el triticale (X Triticosecale Wittmack)*. [Tesis para optar el grado profesional, Universidad Autónoma de la Ciudad México].
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105357/2019%20Tesis%20Ra%20Rosas%20S%20a%20Inchez%20sin%20datos%20sensibles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ruiz, Y. (2006). *Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (Hordeum vulgare) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala*. [Tesis para optar el grado profesional, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/603/Elabora?sequence=1>
- Salgado-Albarrán et al. (2015). Caracterización de patrones de hordeínas en variedades mexicanas de cebada maltera, 18(1), 43-51.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43238076004>
- Salvo G., Haroldo (1992). Algunos parámetros de importancia en cebada cervecera. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*, 11(4), 19-22. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/34841>
- Torres y Bohórquez (2017) Sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cidrón (*Aloysia citrodora*) en la elaboración de cerveza artesanal. [Tesis para optar el grado de bachiller, Universidad de La Salle].
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1053&context=ing_alimentos
- UMA Malta (2024). El poder diastásico de la malta.
<https://umamalta.com.ar/calidad/comunidadyblog/post/el-poder-diastasio-de-la-malta>
- UMA Malta (2024). Proteínas en el COA de la malta: Un parámetro de origen con impacto en la calidad cervecera.
<https://umamalta.com.ar/default/comunidadyblog/post/proteinas-en-el-coa-de-la-malta>

VIII. ANEXOS

Anexo 01

Procedimiento determinación de Poder Diástasico según EBC 4.12



Nota: Elaboración propia

Anexo 02

Materia prima y proceso productivo



(A) UNA-80

(B) CENTENARIO

Temperatura de remojo



Equipo germinador



Muestras en el germinador



Preparación etapa de germinado



Granos post germinación



Diferencia de germinaciones: (A) UNA-80 (B) Centenario

Anexo 03

Determinación de Poder Diástico



Preparación de la muestra



Muestra + Blanco



Filtración



Reacción con Timolftaleina



Reacción con Yodo



reacción a la titulación

Anexo 04

Determinación de Fibra



Preparación de muestra



filtración

Anexo 05

Determinación de Grasa



Equipo extractor de grasa



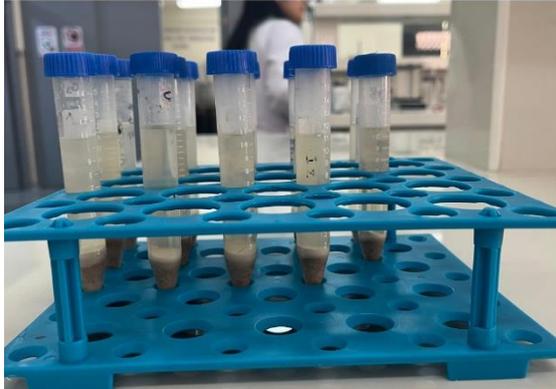
Grasa obtenida



Muestra desgrasada

Anexo 06

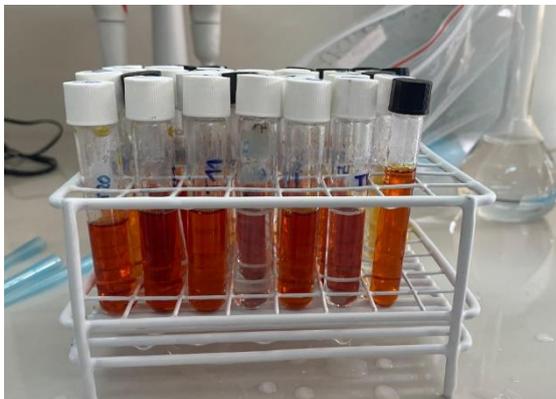
Determinación de azúcares reductores



Preparación de la muestra



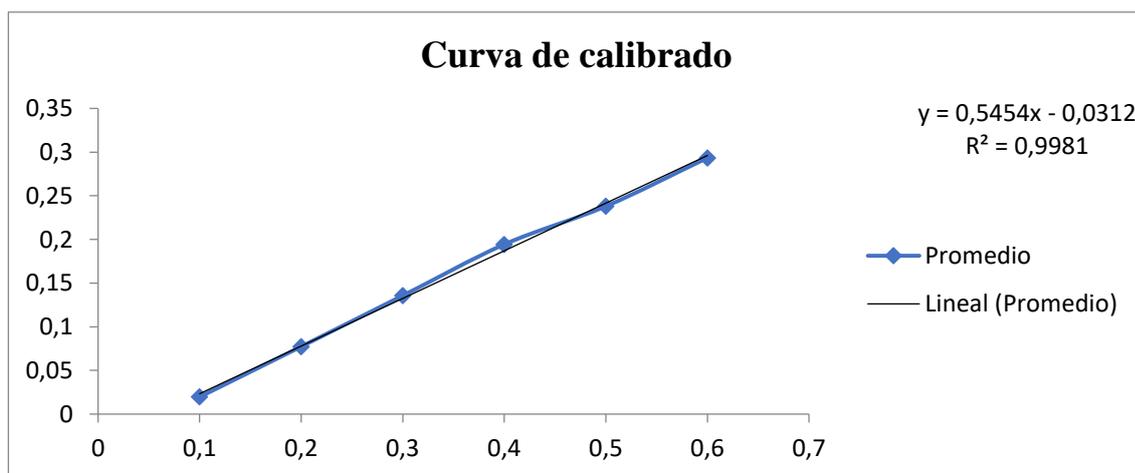
Preparación de la curva de calibrado



Muestras + Blanco



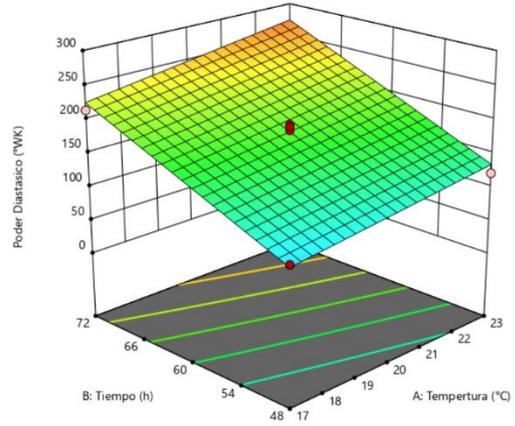
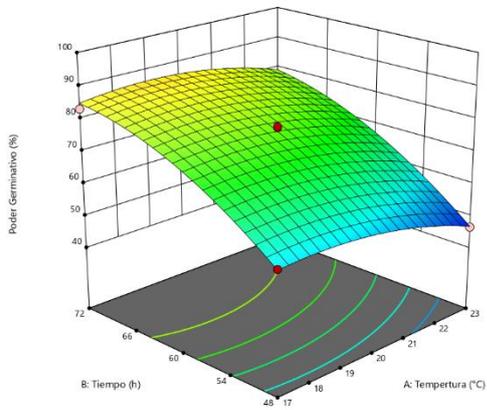
Lectura del multimodal



Curva de calibrado – Azúcares Reductores

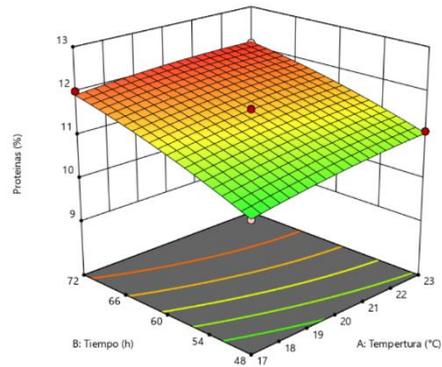
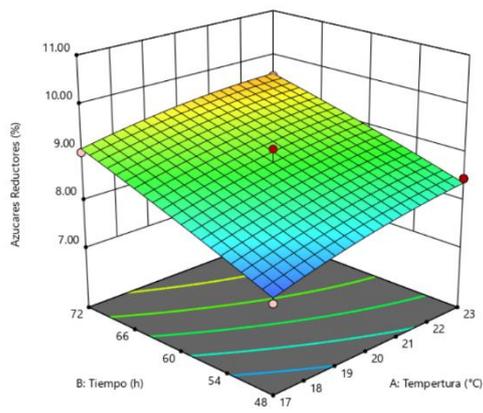
Anexo 07

Superficie respuesta según el comportamiento de las variables



Superficie 3D: Poder germinativo

Superficie 3D: Poder diastásico

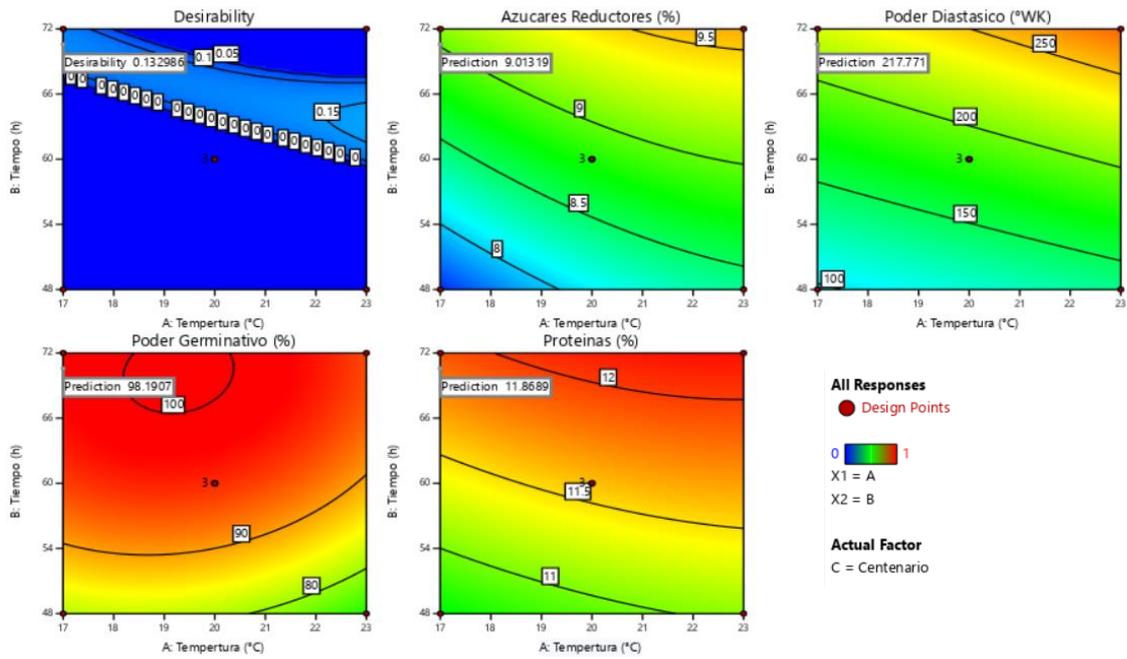


Superficie 3D: Azúcares reductores

3D: Proteínas

Anexo 08

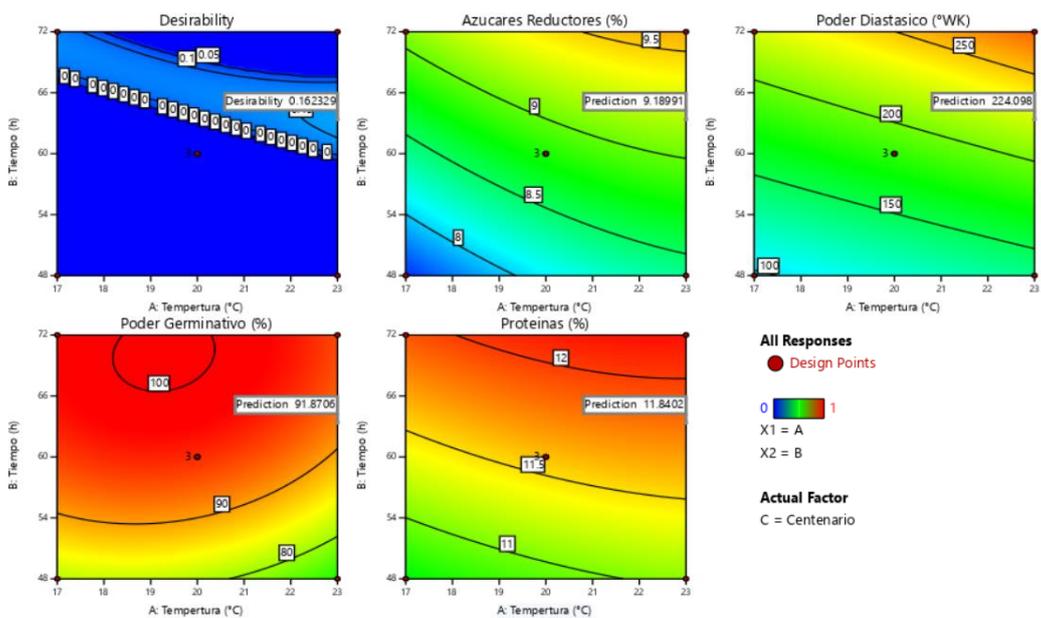
Optimización – Solucion 1



Nota. Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0

Anexo 09

Optimización – Solucion 2



Nota. Extraído del software STAT-EASE DESIGN EXPERT V.13.0