

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE 15 GENOTIPOS DE CEBADA, CULTIVADOS EN 4 LOCALIDADES, PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE MALTA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

MARÍA SALOMÉ DÍAZ GAVILANES
salomelu80@hotmail.com

DIRECTORA: ING. ELENA VILLACRÉS, MSc.
elenavillacres9@hotmail.com

CODIRECTORA: ING. NEYDA ESPÍN, MSc.
neyda.espin@epn.edu.ec

Quito, Abril 2016

© Escuela Politécnica Nacional 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, María Salomé Díaz Gavilanes declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

María Salomé Díaz Gavilanes

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. María Salomé Díaz Gavilanes, bajo mi supervisión.

Ing. Elena Villacrés, MSc.

DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Neyda Espín, MSc.

CODIRECTORA DEL PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto: Evaluación de la aptitud de 15 genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades, para la obtención de extracto de malta. Que se ejecuta en el Departamento de Agroindustria del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Estación Experimental Santa Catalina

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por permitirme alcanzar este sueño, por ser mi constante luz y soporte, por protegerme siempre y brindarme la fuerza necesaria para vencer los obstáculos y dificultades a lo largo de mi camino.

A mi querida madre Alicia, que con su amor incansable, fuerza y ejemplo, me ha enseñado a no decaer ni rendirme ante mis objetivos y siempre permanecer anclada a los anhelos de mi corazón, por su absoluto amor, apoyo y comprensión en todo momento.

A mi querido padre Néstor, por apoyarme con tanto amor y paciencia durante este arduo camino, por darme el estímulo en vencer mis limitaciones y compartir mis alegrías y fracasos.

A mí querida hermana Pamela, por sus cálidas palabras de cariño y aliento, por sus sabios consejos, por ser mi gran inspiración, con su gran ejemplo de responsabilidad, lucha y entrega en la vida.

A mí querido hermano Christian, por su constante y gran apoyo, por su guía, cariño, solidaridad y comprensión en todo momento cuando más lo necesité.

A la Escuela Politécnica Nacional, por las enseñanzas impartidas para forjarme como una Profesional.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, por permitirme utilizar las instalaciones y facilitarme los recursos necesarios para desarrollo del presente trabajo.

A mí Directora de tesis, la Ing. Elena Villacrés, por depositar su confianza en mí y brindarme la oportunidad de desarrollar esta tesis, por toda su colaboración, paciencia y comprensión, por su excelente orientación y asesoramiento en cada etapa de la ejecución de mi tesis.

A mi Codirectora de tesis, la Ing. Neyda Espín, por el gran apoyo, paciencia, comprensión y predisposición en colaborar con la revisión de la presente investigación.

También me gustaría agradecer al Ing. Patricio Castillo, por su gran aporte y enseñanza, que junto a su visión crítica y rectitud en su profesión como docente, me ayudaron a mejorar y formarme como investigadora.

A mi amigo Francisco Clavijo, por su generosidad, dedicación y tiempo, por las enseñanzas impartidas y su valiosa contribución a mi tesis, por la gran calidad humana que me ha demostrado con su amistad.

Gracias a todas las personas y amigos entre ellos Raúl Cedeño, Fernando Buitrón, Edmundo Silva, Javier Álvarez, María Belén Quelal y Señora Martita, que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto. Finalmente, gracias a mi querida amiga Verónica, a quien tuve el agrado de conocer y con quien compartí agradables e inolvidables momentos de sincera amistad.

DEDICATORIA

*A Dios por darme la fortaleza y la salud para continuar
en los momentos más difíciles de esta aventura,
a los protagonistas de mi vida
Néstor y Alicia:
Por su constante amor,
comprensión y
apoyo incondicional
en cada instante...*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xi
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	xii
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Situación agronómica de la cebada en el Ecuador	1
1.1.1 Participación de la producción de cebada en el producto interno bruto nacional y agrícola ecuatorianos	2
1.1.2 Superficie sembrada y cosechada en el ecuador	3
1.1.3 La cebada	4
1.1.4 Origen	5
1.1.5 Identificación botánica	5
1.1.6 Anatomía y morfología del grano de cebada	6
1.1.8 Composición bioquímica del grano de cebada	9
1.1.9 Aspectos agroecológicos	10
1.1.10 Valor nutricional de la cebada	11
1.1.11 Principales usos de la cebada	13
1.2 Métodos de obtención de extracto de malta	15
1.2.1 Malteado del grano	15
1.2.1.1 Remojo	16
1.2.1.2 Germinación	17
1.2.1.3 Tostado	19
1.2.2 Molienda	20
1.2.3 Macerado	20
1.2.3 Tipos de concentración empleados para obtener extracto de malta	23
1.2.3.1 Concentración por olla abierta	23
1.2.3.2 Concentración por deshidratación al vacío	23
1.2.3.3 Concentración por liofilización	24
2. PARTE EXPERIMENTAL	26
2.1 Objetivos	26
2.1.1 Objetivo general	26
2.1.2 Objetivos específicos	26
2.2 Materiales	26
2.2.1 Genotipos	26
2.2.2 Reactivos	28
2.3 Evaluación de la aptitud maltera de 15 genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades	28
2.3.1 Caracterización física de los genotipos de cebada	30

2.3.2	Propiedades físico químicas en el malteo	33
2.3.3	Propiedades físico químicas del extracto	34
2.4	Evaluación de 3 procesos de concentración para la obtención de extracto de malta	36
2.5	Estimación de los costos de producción del extracto de malta	38
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1	Evaluación de las características físicas y químicas de los genotipos de cebada	38
3.1.1	Peso de mil granos	44
3.1.2	Peso hectolítrico	45
3.1.3	Índice de llenado	46
3.1.4	Color del grano	48
3.2	Evaluación de las propiedades físico químicas en el malteo	49
3.2.1	Porcentaje de proteína total	49
3.2.2	Recuperación maltera	55
3.2.3	Índice de harinosidad	57
3.2.4	Poder diastásico	58
3.2.5	Contenido de α -amilasa	60
3.3	Evaluación de las variables físicas y químicas en el mosto	61
3.3.1	Porcentaje de extracto	68
3.3.2	Tiempo de conversión	69
3.3.3	Velocidad de filtración	70
3.3.4	Turbidez	71
3.3.5	Índice de kolbach (IK)	75
3.3.6	Proteína soluble	76
3.3.7	Color del mosto	78
3.4	Aplicación de 3 modalidades de concentración a los mostos de los genotipos seleccionados	79
3.4.1	Contenido de minerales	81
3.4.2	Vitaminas	85
3.4.3	Rendimiento en la obtención del extracto	88
3.5	Diseño básico de planta	89
3.5.1	Tamaño de planta	90
3.5.2	Balance de masa	91
3.5.3	Balance de energía	92
3.5.4	Distribución de la planta	94
3.5.5	Estimación de los costos de producción	95

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1	Conclusiones	97
4.2	Recomendaciones	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
	ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Comparación de PIB de cebada, PIB nacional, PIB agrícola en el Ecuador en el período 2002-2009	2
Tabla 1.2.	Clasificación taxonómica de la cebada	5
Tabla 1.3.	Composición bioquímica del grano de cebada en % de materia seca	9
Tabla 1.4.	Componentes de micronutrientes del grano de cebada en % de CDR	12
Tabla 1.5.	Clasificación simple, basada en la solubilidad, de las proteínas de la cebada y de la malta	18
Tabla 1.6.	Efecto de la temperatura en la maceración en la malta	21
Tabla 2.1.	Codificación de Genotipos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	27
Tabla 2.2.	Codificación de localidades por Provincia	27
Tabla 2.3.	Tratamientos para la interacción entre las modalidades de concentración del extracto de malta	37
Tabla 3.1.	Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades.	39
Tabla 3.2.	Esquema ADEVA para la variable peso de 1000 granos	45
Tabla 3.3.	Esquema ADEVA para la variable Peso hectolítrico	46
Tabla 3.4.	Esquema ADEVA para la variable Índice de llenado	47
Tabla 3.5.	Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada	50
Tabla 3.6.	Esquema ADEVA para la variable porcentaje de proteína total	55
Tabla 3.7.	Esquema ADEVA para la variable Recuperación maltera	56
Tabla 3.8.	Esquema ADEVA para la variable índice de harinosidad	58
Tabla 3.9.	Esquema ADEVA para la variable para poder diastásico	59
Tabla 3.10.	Esquema ADEVA para la variable α -amilasa	61

Tabla 3.11.	Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados	62
Tabla 3.12.	Esquema ADEVA para la variable porcentaje de extracto	68
Tabla 3.13.	Esquema ADEVA para la variable tiempo de conversión	69
Tabla 3.14.	Esquema ADEVA para la variable velocidad de filtración	71
Tabla 3.15.	Esquema ADEVA para la variable turbidez	72
Tabla 3.16.	Características químicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados	72
Tabla 3.17.	Esquema ADEVA para Índice de Kolbach (IK)	76
Tabla 3.18.	Esquema ADEVA para proteína soluble	77
Tabla 3.19.	Tratamientos seleccionados según la categorización de la Prueba de Tukey al 5 %	79
Tabla 3.20.	Contenido de Minerales (microelementos) (ppm) en los extractos concentrados de varios genotipos de cebada malteada	82
Tabla 3.21.	Contenido de Minerales (macroelementos) (%) en los extractos concentrados de varios genotipos de cebada malteada	83
Tabla 3.22.	Contenido de Vitaminas del grupo B en los mostos concentrados de varios genotipos de cebada malteada	86
Tabla 3.23.	Rendimiento en la obtención de extracto concentrado a partir de varios genotipos de cebada malteada	88
Tabla 3.24.	Detalle de entradas y salidas del proceso de obtención de extracto de malta a escala laboratorio	91
Tabla 3.25.	Relación Balance de masa y capacidad de producción	91
Tabla 3.26.	Consumo energético de equipos por hora	93
Tabla 3.27.	Calores específicos y temperaturas de cada operación	93
Tabla 3.28.	Balance de energía	94
Tabla 3.29.	Áreas de la Planta procesadora de extracto de malta	94
Tabla 3.30.	Resumen Costos de producción para la obtención de extracto de malta	95

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Principales países productores de cebada en el período 2000-2009 (%)	1
Figura 1.2.	Datos a nivel nacional de: superficie sembrada y cosechada en hectáreas; producción y ventas de grano seco de cebada en toneladas métricas	3
Figura 1.3.	Número de UPAs y superficie sembrada de cultivo de cebada por tamaño de UPA en el Ecuador (III CNA)	4
Figura 1.4.	Grano de cebada	8
Figura 2.1.	Interpretación del color	32
Figura 3.1.	Resultados de las variable color para la interacción de los factores en estudio	48
Figura 3.2.	Interpretación del color en mosto	78
Figura 3.3.	Contenido de microelementos los extractos concentrados de varios genotipos de cebada	84
Figura 3.4.	Contenido de macroelementos en los extractos de malta en tres modalidades de concentración	85
Figura 3.5.	Contenido de vitaminas del grupo B (mg/100g) de los extractos de malta en tres modalidades de concentración	87
Figura 3.6.	Rendimiento de los extractos de malta en tres modalidades de concentración	89
Figura 3.7.	Diagrama de flujo para la obtención de extracto de malta	90
Figura 3.8.	Diagrama del balance de masa	92

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Esquema de tratamientos para los factores en estudio	108
ANEXO II Métodos utilizados para caracterización física de los genotipos de cebada	111
ANEXO III Métodos utilizados para determinar Propiedades físico químicas en el malteo	115
ANEXO IV Métodos utilizados para determinar parametros físicos y químicos en mosto	118
ANEXO V Prueba de tukey al 5 % para minerales	120
ANEXO VI Prueba de tukey al 5 % para vitaminas	125
ANEXO VII Prueba de tukey al 5 % para rendimiento	127
ANEXO VIII Calculos diseño de planta	128
ANEXO IX Costos de producción para la obtención de extracto de malta	129
ANEXO X Distribución de las áreas de la planta (layout)	131
ANEXO XI Fotos análisis físicos y químicos	132
ANEXO XII Fotos obtención del extracto de malta	133

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cariópside: "Fruto seco con una sola semilla, en el que la pared del fruto está unida a la cabeza de la semilla. Es el tipo de grano de las gramíneas y de los cereales" (Vásquez, Ibarra, Inmaculada, De Sá Madariaga, Martínez y Sáez, 2004, p. 169).

Amilosa: "Es un polímero lineal de 500 a 2.500 unidades de glucosa unidas por enlaces alfa (α) (1-4)" (Romain, Croguennec, Schuck y Brulé, 2010, p. 194).

Amilopectina: "Es una cadena ramificada de 10.000 a 100.000 unidades de glucosa unidas por enlaces alfa α (1-4) y α (1-6). Las zonas situadas entre cada ramificación están conformadas por 20 a 25 unidades de glucosa" (Romain, Croguennec, Schuck y Brulé, 2010, p. 194).

Intemperismo: Es la destrucción de los materiales rocosos expuestos al aire, a la humedad y al efecto de la materia orgánica, que debido a reacciones químicas se altera la naturaleza de sus componentes (Duque, 2014).

Pentosanos: O-arabinoxilanos son polímeros que contienen pentosas (C_5), en los que la xilosa puede ser sustituida por la arabinosa (Romain et al., 2010, p. 194).

RESUMEN

La presente investigación se enfocó a evaluar la calidad maltera de 15 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare*) cultivados en 4 localidades, con el fin de seleccionar el o los materiales promisorios, que obtengan los mejores valores en el proceso de producción de extracto de malta.

Inicialmente se caracterizó físicamente los genotipos de cebada, lo cual consistió en evaluar el peso de 1000 granos, peso hectolítrico, índice de llenado y color, estos parámetros físicos, permitieron conocer el estado y las condiciones en las que se encontraba el material de estudio. El tratamiento que presentó las mejores características en cuanto a peso de mil granos, peso hectolítrico e índice de llenado fue la interacción de la localidad Estación Experimental Santa Catalina y el Genotipo (CM-09-001), en cuanto al color, en general no se evidenció diferencia significativa entre los materiales y todos alcanzaron rangos aceptables dentro de la escala de color.

Posteriormente, los genotipos de cebada fueron malteados. Este proceso comprendió tres etapas: remojo, germinación y tostado. En primer lugar se realizó la hidratación de la cebada hasta alcanzar una humedad del 42 % aproximadamente, a una temperatura controlada de 16 °C, proceso que duró cerca de 24 h. Luego se germinaron los granos a 16 °C, por 72 h, con el fin de incentivar el crecimiento del embrión y desarrollo de las enzimas. Cuando la plúmula alcanzó los $\frac{3}{4}$ del tamaño el grano, se los llevó al tostador para detener la germinación, remover la humedad y preservar las enzimas durante un ciclo de temperaturas desde 35 °C hasta los 70 °C, esta etapa duró alrededor de 72 h.

Finalizado el malteo, se procedió a la evaluación de parámetros físicos y químicos en la malta a fin de valorar su calidad maltera. Las variables de estudio fueron: recuperación maltera, contenido de proteína total, índice de harinosidad, poder diastásico y contenido de alfa (α) amilasa. Los tratamientos que presentaron los valores dentro de los rangos requeridos en cuanto a los parámetros evaluados fueron CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet.

Los resultados se analizaron con el programa estadístico INFOSTAT, a partir de un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se realizaron comparaciones con la prueba de Tukey, al 5 %, para los tratamientos que presentaron significación estadística. Este análisis permitió conocer el comportamiento de los diferentes genotipos, localidades y su interacción en las variables establecidas para cada fase de este estudio.

Las maltas correspondientes a cada genotipo, fueron maceradas a una temperatura de 45 a 70 °C, hasta obtener mosto. Posteriormente se evaluaron las variables físicas y químicas: tiempo de conversión, velocidad de filtración, porcentaje de extracto, turbidez, proteína soluble e Índice de kolbach.

Esta etapa marco el proceso de evaluación, ya que se seleccionó los mostos de los genotipos que presentaron un contenido de proteína total aproximadamente del 12 %, proteína soluble mayor al 3,25 %, contenido de alfa (α)-amilasa mínimo de 30 U.D (unidades de dextrinificación), poder diastásico mayor a 138 °L (grados Lintner), tiempo de conversión menor a 10 minutos y velocidad de filtración menor a 30 minutos. Los mostos de los genotipos que mejor comportamiento presentaron fueron: CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet, independientemente de su localidades.

Los tres mostos seleccionados se sometieron a tres modalidades de concentración: en olla abierta, liofilizado y al vacío, con el objeto de determinar el tratamiento óptimo (mosto + modalidad de concentración) para el diseño de planta. El tratamiento seleccionado fue el T4 (CM-09-009 + olla abierta) en razón de ser el tratamiento con un rendimiento adecuado en todos los tipos de concentración y menor pérdida en el contenido nutricional. Diseño de planta y costos. Al seleccionar el mejor material y cocción, se realizó el diseño de planta presenta el proceso completo desde el análisis de la cebada en gano hasta la obtención del extracto, los principales que compendio el diseño de planta fueron tamaño de planta, diagrama de procesos, balance de masa y energía y la distribución de las diferentes áreas administrativas y del proceso productivo.

INTRODUCCIÓN

La cebada es el cuarto cereal a nivel mundial, en razón de su amplia adaptación de cultivo, a su uso en la alimentación tanto animal como humana y a la calidad maltera para la elaboración de bebidas malteadas y cerveza (Giménez, Conti, Moreyra, y Tomaso, 2011).

En Ecuador, la cebada ha sido sustento de varias generaciones, como fuente de almidón, proteínas, vitaminas y minerales. La producción de cebada en el Ecuador obtuvo un 0,12 % en el período 2002-2009, mientras que el consumo creció extensamente en el mismo período, tomando en cuenta que su tasa de crecimiento fue del 17 % (INEC, 2010).

La industria cervecera y alimenticia exigen que una variedad de cebada presente una serie de características en el grano, entre las más importantes se resalta el contenido de proteína, en el caso de los granos cerveceros y el poder diastásico en las cebadas para la elaboración de enzimas y extractos (Arias, 1996, p. 142).

En cuanto a nutrientes, la cebada es fuente de potasio, magnesio y fósforo, pero su mayor cualidad es la cantidad en oligoelementos hierro, azufre, cobre, zinc, manganeso, cromo, selenio, yodo y molibdeno por lo que es considerada un alimento ideal para el proceso de crecimiento (Pérez, 2010).

El cultivo de cebada tiene tres principales finalidades: productos alimenticios de consumo humano, materia prima para la elaboración de la cerveza, como insumo en la preparación de pienso para consumo animal (en especial para cerdos) y de bebidas destiladas, que es el uso más frecuente que se le da a este cereal (Villacrés, 2008, p. 90).

El desarrollo o mejora de productos para la industria de alimentos, es necesario, ya que puede realzar el atractivo de los productos para el consumidor, atendiendo a las nuevas tendencias del mercado al uso y consumo de alimentos nativos. En este contexto es de gran importancia el desarrollo de productos naturales y

nutritivos que permitan el mejoramiento de las características físicas y químicas en diversos tipos de alimentos.

Actualmente un 10 % de las cebadas recolectadas son transformadas en malta. La mayor parte de la malta es producida a partir de la cebada, pero es posible producir malta a partir de trigo, de centeno, de avena, de triticale, de maíz, de sorgo o de arroz (Romain et al., 2010, p. 195).

La malta está compuesta generalmente por granos de cebada, remojados, germinados y secados durante un ciclo establecido de tiempo. Durante estos procesos, el contenido de nutrientes del grano es en parte degradado por las enzimas que atacan a las paredes celulares a los granos de almidón y la matriz proteica (Hough, 1990, p. 5).

Dentro de los beneficios más importantes del extracto de malta en los alimentos, se incluye su contenido nutricional, aptitud para los procesos fermentativos (azúcares fermentables), mejorador de la textura y presentación de los alimentos (ISSUU, 2011).

Del procesamiento de la cebada, se puede obtener extractos enzimáticos, extractos de malta, que a su vez son útiles como materia prima para la producción de cerveza y otros productos alimenticios. En este estudio se evaluará la segunda alternativa.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 SITUACIÓN AGRONÓMICA DE LA CEBADA EN EL ECUADOR

A nivel mundial, el cultivo de cebada tiene en promedio una producción de 142'840 251 t por año. La región, con el mayor porcentaje de producción de cebada es el continente europeo, con el 63,24 % del total; Asia y América obtienen el 28,07 % y finalmente Oceanía y África conforman el restante 8,69 %. Por otro lado, a nivel internacional, la participación de los principales productores de cebada lo conforman: Canadá, Australia y Estados Unidos, estos son los únicos países fuera de Europa que están dentro de los diez principales, y entre todos reúnen el 17 % de la producción mundial; el Ecuador está situado en el puesto 82, con un promedio de 23.585 T, para el mismo período, y su participación en el mundo es de 0,02 %, como se indica en la Figura 1.1 (INEC, 2012, p. 2).

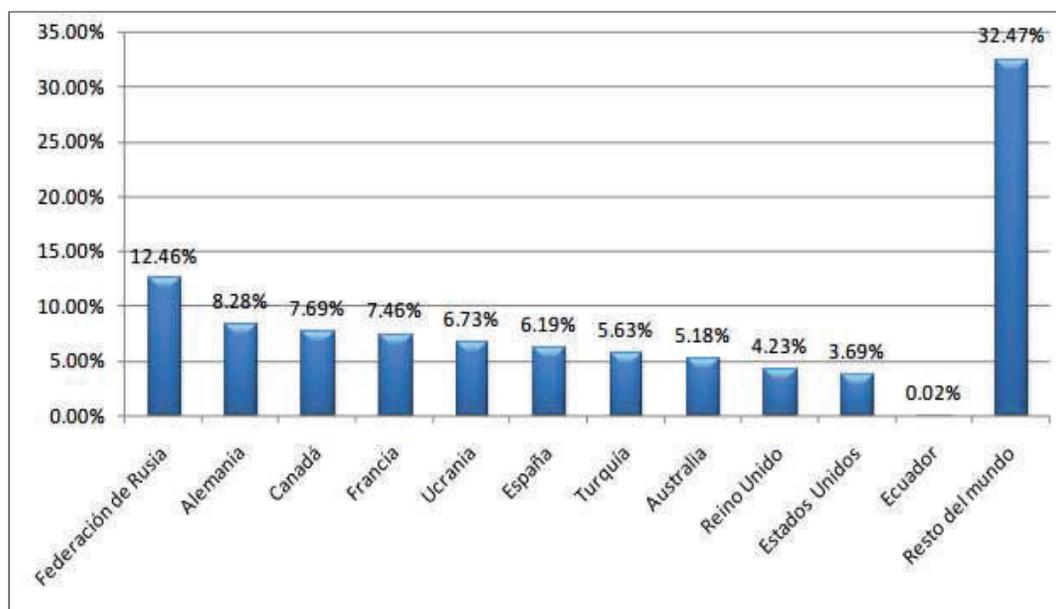


Figura 1.1. Principales países productores de cebada en el período 2000-2009 (%) (FAO, 2009)

En el Ecuador, la mayor distribución y densidad del cultivo de cebada, se concentra en la Sierra con el 99,75 %. La provincia de Chimborazo aporta con el 25 % de la producción nacional. Fuera de esta región, el Oro es la provincia, que promueve la producción de cebada y contribuye con apenas el 0,14 % del total nacional. El aporte de la región costa es del 0,25 % (INEC, 2002, p.2).

1.1.1 PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CEBADA EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO NACIONAL Y AGRÍCOLA ECUATORIANOS

En la Tabla 1.1, se muestra el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) de cebada, en el período 2002-2009 y su participación en el PIB agrícola y en el PIB nacional. Se observa que la tasa de crecimiento de cebada fue de 9,56 % en el período mencionado y que en el año 2009, se ubicó en el 0,21 % y en el 0,031 % del PIB agrícola y del PIB nacional, respectivamente (INEC, 2009, p.18).

Tabla 1.1. Comparación de PIB de cebada, PIB nacional, PIB agrícola en el Ecuador en el período 2002-2009

Año/Variable	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PIB cebada (millones de USD corrientes)	4,01	4,34	4,25	4,04	4,09	5,79	5,60	7,60
PIB nacional (millones de USD corrientes)	24 899,48	28 635,91	32 642,23	37 186,94	41 763,23	45 789,37	54 685,88	58 659,98
PIB agrícola (millones de USD Corrientes)	2 047,91	2 209,72	2 218,63	2 462,81	2 907,04	3 026,98	3 448,63	3 548,80
Participación en el PIB nacional	0,016 %	0,01 %	0,01 %	0,016 %	0,016 %	0,023 %	0,022 %	0,031 %
Participación en el PIB agrícola	0,20 %	0,20 %	0,19 %	0,16 %	0,15 %	0,19 %	0,16 %	0,21 %

(FAO, 2009)

1.1.2 SUPERFICIE SEMBRADA Y COSECHADA EN EL ECUADOR

De acuerdo con la información del III Censo Nacional Agropecuario (INEC, 2002), en el Ecuador, la superficie sembrada con cebada superó a las 48.000 ha, divididas en todas las provincias de la sierra. El potencial sin limitaciones ecológicas se ubica en un rango altitudinal de 2 500 a 3 500 m.s.n.m. y se estableció en no menos de 150 000 ha para cebada (Rivadeneira, 2005, p. 6).

La Figura 1.2 muestra los datos a nivel nacional de la superficie del grano de cebada sembrado y cosechado en hectáreas (ha); y la producción y ventas en toneladas métricas (t) en el Ecuador durante el año 2002 (INEC, 2002, p. 20).

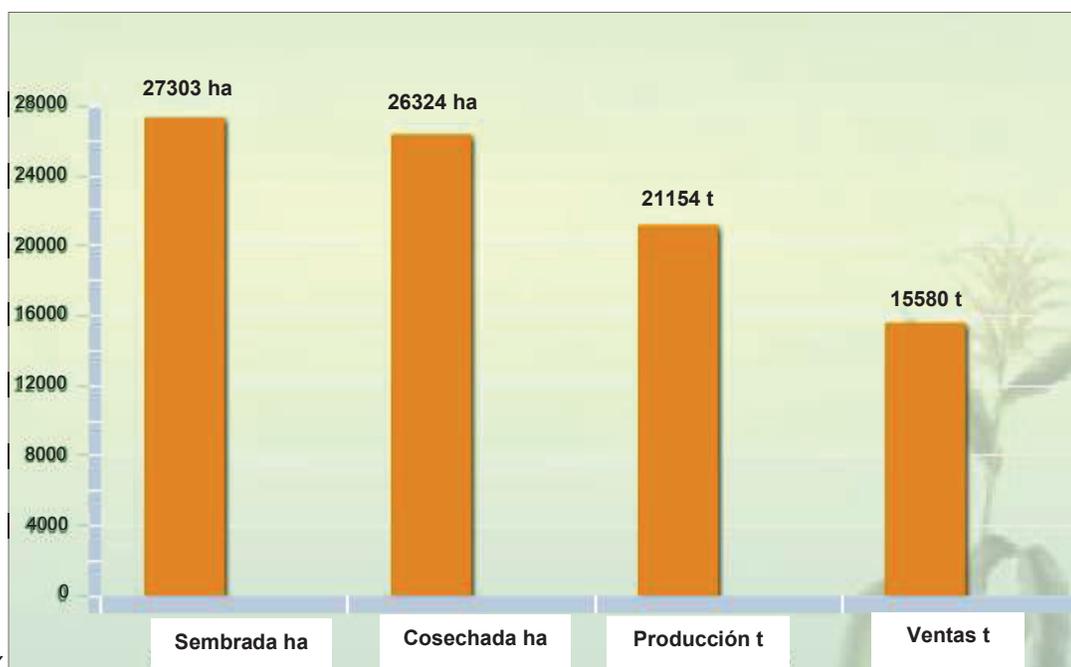


Figura 1.2. Datos a nivel nacional de: superficie sembrada y cosechada en hectáreas; producción y ventas de grano seco de cebada en toneladas métricas (INEC, 2002, p. 20)

Se afirma que el cultivo nacional de cebada se distribuye principalmente entre los pequeños productores, ya que el 50 % del total de miembros de la Unión de

Pequeños Agricultores y Ganaderos (UPA's) cultivan entre menos de 1 hasta 2 ha de superficie, como se resume en la Figura 1.3, en la cual está la superficie asignada solo al cultivo de cebada, con base en los datos recolectados del último censo agropecuario, correspondiente al año 2000 (INEC, 2009, p. 21).

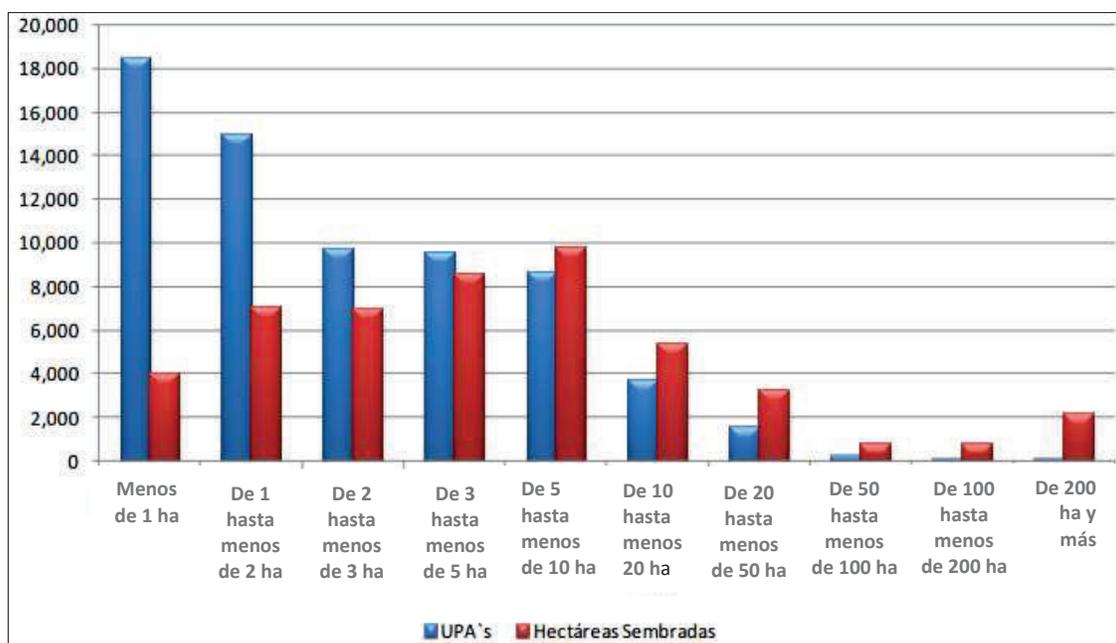


Figura 1.3. Número de UPAs y superficie sembrada de cultivo de cebada por tamaño de UPA en el Ecuador (III CNA)

Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Bolívar e Imbabura son las provincias de mayor producción del grano, seguidas por Cañar, Carchi y Loja. Se reportan más de 67 000 unidades (INEC, 2002), esta cifra no refleja el número de agricultores de subsistencia, que en pequeñas parcelas, siembran cebada para uso y consumo familiar (Rivadeneira, 2005, p. 6).

1.1.3 LA CEBADA

La cebada (*Hordeum vulgare*), es un cereal rústico, cultivado desde la antigüedad; se adapta tanto a regiones fértiles del centro y norte de Europa, como a tierras áridas

del sur de África. La mayor parte de las variedades de cebada que se cultivan pertenecen a las especies *Hordeum distichum* (cebada de dos hileras) y *Hordeum hexastichum* (cebada de seis hileras). Las cebadas de 2 hileras producen granos más grandes y uniformes, más redondeados y con cubiertas finas; mientras que, las de 6 hileras producen granos más irregulares en tamaño, a causa del menor espacio disponible para crecer correctamente (Callejo, 2002, p. 21).

1.1.4 ORIGEN

La cebada, es una gramínea milenaria que se cultiva por el hombre desde el Neolítico; es un cereal oriundo del Oriente próximo. Contiene baja cantidad de gluten, apta para la alimentación del ganado y para el consumo humano, se emplea en la fabricación de bebidas alcohólicas y malteadas; galletas, granolas y papillas (Romain et al., 2010, p. 191).

1.1.5 IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

La clasificación taxonómica de la cebada se presenta en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Clasificación taxonómica de la cebada

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Hordeum
Especie	<i>H. vulgare</i>

(Terranova, 1995, p. 105)

1.1.6 ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL GRANO DE CEBADA

Es el sistema radicular más importante; las raíces de la cebada son de dos tipos: seminales y de la corona. Las raíces seminales, nacen de la semilla y permiten el establecimiento de la pequeña planta, funcionan durante la vida de la planta, salvo que sean dañadas mecánicamente. Las raíces corona, nacen de los nudos de la corona del tallo principal y de los macollos (Romero y Gómez, 1996, p.20).

El tallo es de color blanco cremoso amarillento y en otros casos puede presentar un color púrpura (Romero et al., 1996, p.21). El tallo es erecto y grueso, formado por unos 6 u 8 entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 50 cm a 1 m (Ibarguren, 2014).

La cebada es una planta de hojas estrechas de color verde claro (Pérez, 2010). Las flores son autógamias; es decir, se abren una vez que se ha realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada (Ibarguren, 2014).

Los granos de cebada miden entre 8 y 14 mm de longitud y de 1 a 4,5 mm de ancho, lo cual puede estar influenciado por el ambiente. Son cariósipides vestidos, que tienen fuera de la envoltura del fruto, las glumas conocidas como lema y palea, que constituyen la cáscara (Alvarado, 2012, p. 147).

Dentro de los principales componentes del grano identificados en la Figura 1.4, se describen los siguientes:

- Aleurona: Está compuesta por tres capas, que contienen vitaminas, minerales, fibra, proteína, triglicéridos y azúcares. En la aleurona se inicia la síntesis primaria de la mayor parte de las enzimas del grano por la estimulación de la giberelina (Figuroa, 1985, p.12).

- Barba: “Prolongación o punta de la lema, de longitud variable” (Figuroa, 1985, p.12).
- Embrión: Conocido también como germen, es el núcleo de actividades del grano. En él se principia la germinación, con el desarrollo de raicillas y plúmula; se produce la giberelina (Figuroa, 1985, p. 12), una fitohormona que estimula la producción de la enzima α -amilasa (García, 2013).
- Endospermo: Es la reserva alimenticia del grano y está formado por una matriz proteica que contiene un 63 - 65 % de gránulos de almidón, constituidos por dos polímeros: amilosa y amilopectina y por paredes compuestas de β -glucanos principalmente (Figuroa, 1985, p.12).
- Lema: Es la cascarilla que envuelve el grano por su lado dorsal; en ella se distinguen las venas laterales y centrales, la barba, la región basal, y las glumas localizadas en ese mismo lado del grano (Figuroa, 1985, p.12).
- Palea: Es la cascarilla que cubre el grano por el lado ventral; en ella se localiza el canal ventral (la hendidura central), y además la raquilla, que está unida al grano por el margen basal (Figuroa, 1985, p. 12).
- Pericarpio: Es una capa externa del grano formada por tres capas semi-impermeables: epicarpio, mesocarpio y endocarpio; las cuales se encuentran debajo de la cascarilla y contienen principalmente lípidos (Figuroa, 1985, p.12).
- Escutelo: Es un cotiledón que funciona como órgano absorbente, adherido al endosperma, segrega enzimas que solubilizan las sustancias de reserva, las absorbe y transporta al embrión (González, 2002).

- Plúmula: Es una parte del embrión que al desarrollarse da lugar al tallo, está cubierta por una vaina cerrada denominada coleóptilo, que en el momento de la germinación, presenta un orificio por donde ésta brota al exterior del grano (González, 2002).

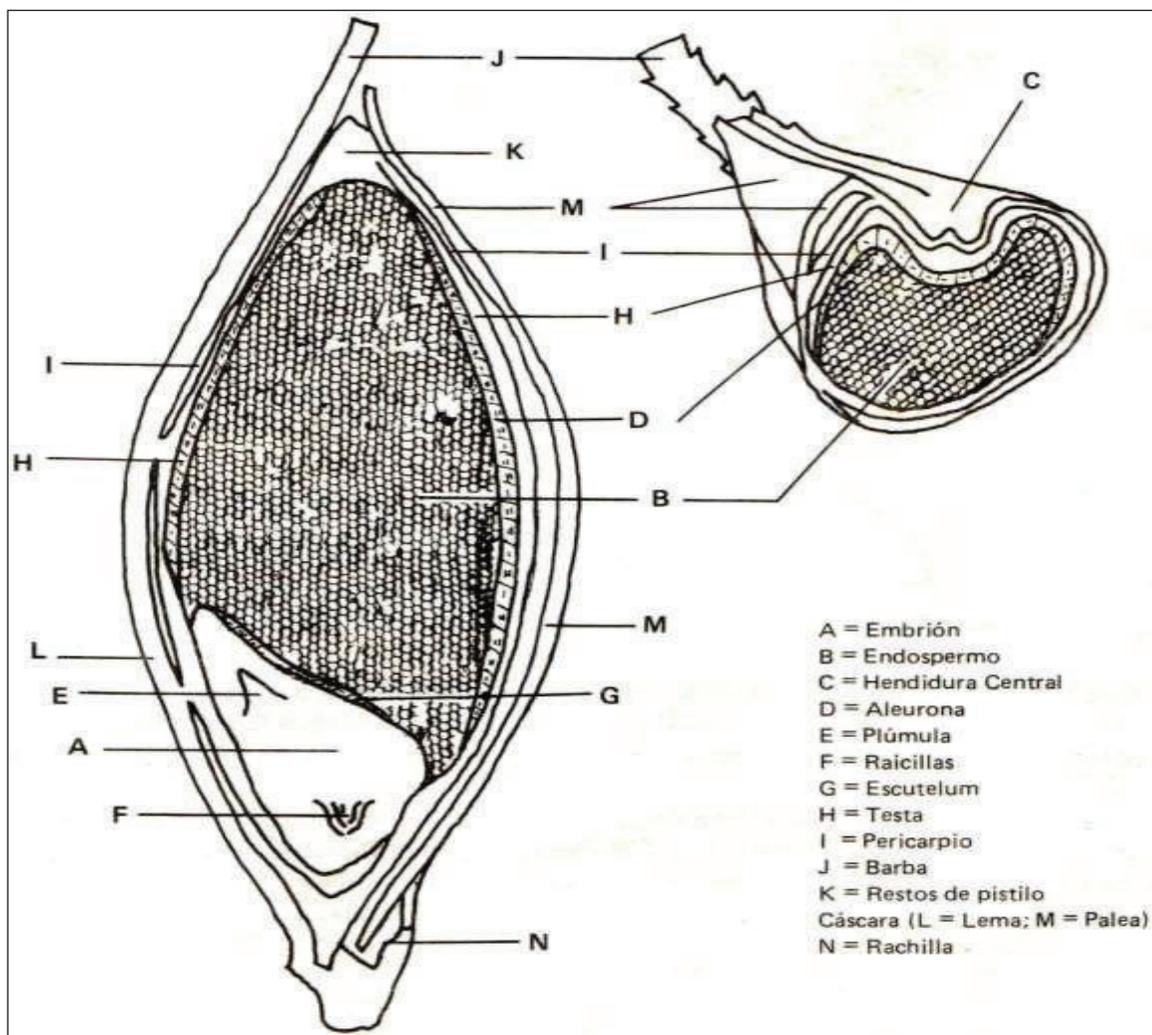


Figura 1.4. Grano de cebada
(Figuroa, 1985, p. 11)

1.1.8 COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA

En la Tabla 1.3, de acuerdo con la composición bioquímica del grano de cebada, se puede observar un elevado porcentaje de almidón y baja cantidad de materia grasa.

Tabla 1.3. Composición bioquímica del grano de cebada en % de materia seca

Compuestos	%
Glucósidos	78-83
Almidón	63-65
Sacarosa	1-2
Azúcares reductores	1
Otros azúcares	1
Pentosanos	8-10
β -glucanos	3-5
Proteínas	9-12
Albúminas	1,5-1,9
Globulinas	0,4-0,5
Hordeinas	0,9-1,2
Glutelinas	3-4
Aminoácidos y péptidos	0,5
Lípidos	2-3,5
Ácidos nucleicos	0,2-0,3
Minerales	2
Polifenoles	0,5-1,5
Otros compuestos	4-6

(Romain et al, 2010, p. 193)

Cada parte del grano de cebada se caracteriza por su composición bioquímica particular como se indica a continuación:

- a) El pericarpio está compuesto mayoritariamente por un 20 % de celulosa, pero contiene además un 6 % de proteínas, un 2 % de cenizas, un 0,5 % de lípidos y pentosanos (Romain et al., 2010, p. 192).
- b) La composición de la testa es esencialmente lipídica (Romain et al., 2010, p. 193);

- c) La capa de aleurona contiene en su parte más externa almidón y proteínas y en su parte interna, lípidos (30 %), proteínas (20 %), ácido fítico, vitamina B, celulosa y pentosano (Romain et al., 2010, p. 193).
- d) El endospermo está compuesto por un 65 % de almidón, de un 7 a un 12 % de proteínas, de un 6 a un 8 % de materias celulósicas en las paredes celulares (70% de β -glucanos, 20 % de pentosanos, 5 % de proteínas, 2 % de glucomananos, 2 % de celulosa, 0,5% de ácidos fenólicos y 0,5% de ácidos urónicos) y del 2 al 3 % de lípidos (Romain et al., 2010, p. 193).

1.1.9 ASPECTOS AGROECOLÓGICOS

La cebada (*Hordeum vulgare*) es considerada uno de los cultivos más importantes de la sierra ecuatoriana. La provincias de Chimborazo y Cotopaxi, registran a nivel nacional, la mayor superficie orientada al cultivo de cebada con 18 000 y 10 000 ha respectivamente. Cabe mencionar que gran parte de la cebada cultivada en las comunidades indígenas de estas provincias es empleada para autoconsumo, razón fundamental por lo que el cultivo de la cebada es muy importante en los sistemas de producción comunitarios de la sierra ecuatoriana (Falconí, Garófalo, Llangarí y Espinoza, 2010, p. 1).

Es el cereal europeo más utilizado para la alimentación animal, ya que sus harinas son de baja calidad y difícilmente panificables. La ventaja del cultivo de cebada con respecto al trigo, radica en que suelen conseguirse mejores rendimientos por hectárea, expresados en peso de cereal recolectado y además es menos exigente que el trigo blando, en relación con el terreno de cultivo (Callejo, 2002, p. 169).

Normalmente, la siembra se inicia en la época de lluvias, para que la cosecha coincida con la época seca. Se emplea el método manual al voleo, que es la forma más utilizada en la sierra ecuatoriana, mientras que, la siembra mecanizada es poco

frecuente. Otro aspecto importante es la profundidad de siembra, lo ideal es que la semilla se encuentre a no más de 5 cm de profundidad. La cantidad recomendada por el INIAP en cuanto a la cantidad de semilla es de 135 kg/ha (3 qq/ha) (Falconí et al., 2010, p. 2).

El cultivo de la cebada puede desarrollarse en un clima templado, pero se adapta mejor a climas frescos y moderadamente secos (Box, 2005, p. 73). Las zonas de cultivo se ubican en la región interandina comprendidas entre los 2 400 y 3 300 m.s.n.m. (Vásquez y Villavicencio, 2008, p. 1). La cebada para germinar requiere una temperatura de 6 °C, para florecer 16 °C y para madurar 20 °C, pero puede tolerar bajas temperaturas, hasta los -10 °C (Pérez, 2010).

Es un cultivo apto para suelos de tipo franco o franco arenosos, profundos, con buen drenaje y pH de 6,5 a 7,5 (Vásquez et al., 2008, p. 1). La preparación del suelo debe realizarse con, al menos, dos meses de anticipación a la siembra, ya que la maleza debe descomponerse para incorporarse al suelo. La disposición del lote puede consistir en un pase de arado y dos pases de rastra cuando se emplea tractor (Falconí et al., 2010, p. 2).

1.1.10 VALOR NUTRICIONAL DE LA CEBADA

La cebada es un alimento energético, rico en carbohidratos, principalmente en almidón, el cual constituye el componente de mayor importancia en la cebada; está conformado por un 25 % de amilosa y 75 % de amilopectina; los demás polisacáridos se localizan en las paredes celulares e incluyen β -glucanos y los pentosanos (Romain et al. 2010, p. 194). Los β -glucanos, están constituidos por unidades de glucosa α (1-4) y α (1-3), estos enlaces tienen la propiedad de atrapar el colesterol e impedir su absorción en el tracto digestivo, este efecto medicinal es aprovechado en dietas especiales destinadas a reducir el colesterol y a mejorar el metabolismo de los ácidos grasos (Villacrés, 2008, p. 3).

Los hidratos de carbono son importantes, ya que aportan con más del 40 % de calorías a la dieta de los seres humanos y permiten una eficaz utilización de las proteínas (Villacrés, 2008, p. 3). Al igual que otros cereales, la cebada contiene una elevada proporción de hidratos de carbono, especialmente almidones y celulosa, que constituyen aproximadamente un 67 %, mientras que las proteínas comprenden el 12,8 %, pertenecientes a los precursores enzimáticos que se formarán durante la germinación; los porcentajes restantes corresponden a vitaminas y minerales que pueden encontrarse en diferentes proporciones según las condiciones de cultivo (Castillo, 2002, p. 4).

La cebada es rica en vitaminas del grupo B, necesarias para mantener el sistema nervioso. En la Tabla 1.4, se detalla los componentes de micronutrientes presentes en el grano de cebada.

Tabla 1.4. Componentes de micronutrientes del grano de cebada en % de CDR

Nutriente	Cantidad	% de la CDR*
Vitamina A	2 µg	–
Vitamina B ₁	0,646 mg	42
Vitamina B ₂	0,285 mg	18
Vitamina B ₃	8,07 mg	43
Vitamina B ₆	0,318 mg	15
Vitamina B ₉	19 µg	10
Vitamina C	–	–
Vitamina E	0,6 mg	7
Calcio	33 mg	3
Fósforo	264 mg	32
Magnesio	133 mg	37
Hierro	3,6 mg	35 %
Potasio	452 mg	25
Zinc	2,77 mg	18

*CDR=Cantidad diaria recomendada; (Serrano, 2013)

Con respecto a los minerales, los granos de cebada cubiertos y desnudos contienen un mayor porcentaje de hierro, zinc, potasio en comparación a otros cereales de consumo tradicional. Mientras que en los granos perlados, el porcentaje de estos minerales se reduce en razón de la separación de las cubiertas del grano que contienen un 32 % de los minerales presentes en el grano, a pesar de esta disminución, la cebada tiene una importante fuente de zinc, oligoelemento esencial que contribuye al funcionamiento normal del sistema inmunitario (Villacrés, 2008, p. 4).

Dentro de las proteínas se encuentran: las albúminas (16 % de las proteínas totales) solubles en agua, las globulinas (4 % de las proteínas totales) solubles en soluciones salinas, las prolaminas u hordeínas (10 % de las proteínas totales) solubles en soluciones básicas, las gluteínas (33 % de las proteínas totales), las gel-proteínas (20 % de las proteínas totales) y las proteínas insolubles (18 % de las proteínas totales) Ciertas proteínas están situadas en la capa de la aleurona donde no sufren modificaciones, la mayor parte se encuentran en las células del endospermo envolviendo los gránulos de almidón. Estas proteínas son degradadas durante el malteo (Romain et al., 2010, p. 194-195).

Según Alvarado (2005), “la composición reportada por el Instituto Nacional de Nutrición en la Tabla de Alimentos Ecuatorianos (1965) para cebada cruda expresado en (g/100 g) de porción aprovechable, es la siguiente: humedad 10,7; proteína 10,0; extracto etéreo 2,1; carbohidratos totales 75,3; de los cuales 3,3 corresponden a fibra; ceniza 1,9. Expresado en (mg/100 g) es la siguiente: calcio 37; fósforo 318; hierro 5,6; tiamina 0,35; riboflavina 1,12 y niacina 14” (p. 147).

1.1.11 PRINCIPALES USOS DE LA CEBADA

La cebada se emplea para alimentación animal y humana. Para la alimentación de manera tradicional, el grano de cebada se emplea en la preparación de sopas,

cremas, ensaladas, coladas, chicha, arroz, pinol, etc. Con el grano procesado se puede desarrollar numerosos productos tales como: cebada perlada para la elaboración de granolas, cebada en hojuelas instantáneas para el desayuno; cebada tostada como insumo para elaborar sustitutos del café; cebada malteada para elaborar extractos o jarabes empleados en panificación, galletería, bebidas, etc. (Villacrés, 2008, p. 1).

La cebada como alimento para los animales, es utilizada directamente como grano o como parte de la composición del pienso para el ganado. Es el principal cereal utilizado para alimentación animal en los lugares fríos donde el maíz u otros cereales no pueden crecer adecuadamente (Botanical, 2014).

Con fines medicinales, la cebada se emplea para el tratamiento del colesterol, diabetes, dolor de vientre, diarrea, etc. (Botanical, 2014). En función de su composición nutricional, se la relaciona a una disminución de las lipoproteínas LDL promotoras de la presencia del colesterol nocivo, además del contenido de fibra, que ayuda a regular el tránsito intestinal con el objeto de prevenir enfermedades tales como el cáncer de colon (Serrano, 2013, p. 1).

Los granos geminados de cebada, tienen una importante aplicación nutricional como fuente de lisina, triptófano y vitaminas del complejo B, cuya concentración se incrementa bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación; mientras que los granos tostados son una valiosa materia prima para elaborar bebidas instantáneas y extractos, gracias a su elevado contenido de dextrinas, azúcares reductores y compuestos heterocíclicos (Villacrés, 2008, p. 1).

La cebada malteada constituye la materia prima esencial para la fabricación de bebidas alcohólicas (cerveza, güisqui, etc.) y no alcohólicas (bebidas malteadas); además de productos como fuente de energía, que aportan azúcares fermentables y las enzimas necesarias para deportistas (Romain et al., 2010, p. 195).

1.2 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE MALTA

1.2.1 MALTEADO DEL GRANO

El malteo consiste en tres operaciones que son: remojo, germinación y tostado; en las que se controla cuidadosamente la humedad, la temperatura y la aireación (Bamforth, 2005, p. 47).

En la operación del malteo, el remojo incrementa el contenido de humedad del grano hasta llegar a niveles que permitan la aceleración de su metabolismo e iniciar la germinación (Bamforth, 2005, p. 47). Al lograr una germinación controlada, se suaviza el grano, se eliminan componentes nocivos y se inicia el crecimiento de la plúmula y de las raicillas. Finalmente, el secado la última operación, permite estabilizar la malta paralizando la actividad biológica, este desecado reduce la humedad del grano del 45 % al 2-5 % (Romain et al., 2010, p. 195).

La cebada utilizada en el malteado es un cereal con unas características botánicas, biológicas y bioquímicas bien definidas. Actualmente un 10 % de la cebada nacional es recolectada y transformada en malta, por su aporte en azúcares fermentables y enzimas (Romain et al., 2010, p. 195).

El malteado conduce un aumento de los azúcares solubles, debido a la degradación del almidón, de los polisacáridos de las paredes celulares del endospermo y de las reacciones biosintéticas, en especial de sacarosa. Se producen cambios en la modificación de los azúcares en función de las cebadas utilizadas y las condiciones de malteado (Romain et al., 2010, p. 199).

La malta no es sólo una fuente de azúcares fermentables y demás nutrientes de la levadura, también es una fuente de enzimas amilolíticas y proteolíticas para la hidrólisis de cualquier cereal sin maltear, estas enzimas son moderadamente

resistentes al calor y se inactivan cuando la temperatura de secado sobrepasa los 70 °C. Las temperaturas más altas, hacen más oscura a la malta debido a las reacciones de pardeamiento, entre los azúcares y los componentes de nitrógeno del grano (Doyle y Beauchat, 2007, p. 852).

1.2.1.1 REMOJO

El remojo constituye la etapa más delicada del proceso. El embrión es sometido a una humedad y temperatura que permiten su activación y provoca la germinación. Una sucesión de períodos de remojo seco o bajo aire, permiten al grano adquirir una tasa de humedad de cerca del 42-45 %, evitando la asfixia del embrión. El remojo marca el comienzo de la síntesis y de reacciones enzimáticas que proseguirán durante la germinación (Romain et al., 2010, p. 196).

El primer paso en el malteado es el remojo de los granos en agua. La entrada del agua es dificultada por el pericarpio, recorridas las primeras horas de remojo, la humedad se reparte de manera homogénea en el grano (Romain et al., 2010, p. 196), entra por el micrópilo e hidrata el embrión y el endosperma, esto activa el metabolismo del embrión que envía señales hormonales a la capa de la aleurona y activa la síntesis de las enzimas responsables de la digestión de los componentes del endosperma (Bamforth, 2005, p. 47).

La hidratación del grano debe ser lo suficiente para suplir los requerimientos de agua de la capa de aleurona, a su vez para la producción de las enzimas y para su migración a través del endospermo. Además, la cantidad de agua absorbida por el grano debe permitir una modificación homogénea de todos los tejidos, y al mismo tiempo, disminuir el crecimiento y la respiración del embrión (Romain et al., 2010, p. 196).

Es importante que la cebada durante el remojo reciba oxígeno para permitir la respiración del embrión y la aleurona, lo cual consiste en proporcionar períodos de aireado descargando el agua en la que fueron sumergidos los granos de cebada, con esto además se elimina el dióxido de carbono y etanol suprimidores de la respiración (Bamforth, 2005, p. 53).

Durante el remojo algunos compuestos se disuelven en el agua. Una de las membranas que rodea al endospermo, la testa, funciona como una pared semipermeable e impide la entrada en el endospermo de sales minerales procedentes de agua. La cebada pierde del 0,6 al 1,5 % de materia seca (Romain et al., 2010, p. 196).

1.2.1.2 GERMINACIÓN

La germinación es un proceso bioquímico en el cual el grano comienza a acelerar sus actividades biológicas cuando se reúnen condiciones apropiadas de humedad, temperatura y oxigenación (Figueroa 1985, p. 40). Esta operación se efectúa en un germinador con tambores giratorios, a una velocidad de movimiento de 4 rpm, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura, agitación y aireación (Figueroa, 1985, p. 41).

Cuando la plúmula o acróspico del grano alcanzan los $\frac{3}{4}$ del tamaño el grano, se detiene la germinación, para evitar que se consuma considerable materia de reserva y disminuya el rendimiento de los granos en el malteo (Figueroa, 1985, p. 42).

Para obtener una desagregación óptima del grano, la germinación dura por lo general 5 días, a una temperatura de 16 °C. Los procesos fundamentales que intervienen en el momento de la germinación son: hidrólisis enzimática del endospermo y síntesis en el embrión (Romain et al., 2010, p. 206). Durante esta

operación, los contenidos del endosperma feculento son sustancialmente degradados, lo que resulta en el ablandamiento del grano (Bamforth, 2005, p. 47).

La degradación de las proteínas durante el malteado tiene una gran importancia, si es insuficiente, puede causar problemas durante el procesado y provocar defectos en el extracto. Las proteínas de cebada en germinación no son una mezcla de fácil caracterización. Las proteínas solubles en solución salina son las albúminas y las globulinas, el material protéico insoluble en solución salina, pero soluble en alcohol caliente, se denomina hordeína. Finalmente el material protéico insoluble en alcohol caliente es denominado glutelina (Hough, 1995, p. 31). En la Tabla 1.5, se clasifica las proteínas en base a la solubilidad de la cebada y de la malta.

Tabla 1.5. Clasificación simple, basada en la solubilidad, de las proteínas de la cebada y de la malta

Proteína	Soluble en	Representada en el grano de cebada como
Albumina	Agua	Enzima
Globulina	Disoluciones salinas diluidas	Enzima
Prolamina (hordeína)	Etanol al 70 % caliente	Proteínas de reserva
Gluteína	Disoluciones alcalinas diluidas	Proteína estructural

(Houg., 1990, p. 31)

Durante la germinación, se consumen carbohidratos en procesos respiratorios, por lo, expresado en términos de porcentaje, el grano entero incrementa su contenido en proteínas y sustancias nitrogenadas. Sin embargo, parte de los compuestos nitrogenados más simples se utilizan en la síntesis de las proteínas de las raicillas. Tras la deshidratación, hay que eliminar las raicillas de los granos, por lo que se produce un descenso aparente del contenido en proteína (Hough, 1995, p. 31)

Algunas proteínas están localizadas en la capa de la aleurona donde no sufren modificaciones, aunque la mayoría están situadas en las células del endospermo

recubriendo los gránulos de almidón. Estas proteínas serán degradadas durante el malteo (Romain et al., 2010, p. 194).

1.2.1.3 TOSTADO

El objetivo de esta operación, es detener la germinación, facilitar la eliminación del agua del grano sin provocar daños que deterioren el producto final, asegurar la conservación de enzimas para el macerado, desarrollar sabor, aroma y color; y finalmente eliminar sabores indeseados en la malta (Bamforth, 2005, p. 54).

En el proceso de maltería, el tostado es la etapa que determina la utilización posterior de la malta de acuerdo con las características físico químicas logradas en ella. En esta fase la malta alcanza niveles óptimos de transformación interna de los granos y desarrollo enzimático, el grano sufre cambios en su constitución y niveles enzimáticos (Romain et al., 2010, p. 197).

El secado de los granos germinados debe comenzar a relativamente baja temperatura, para asegurar la supervivencia de las enzimas más sensibles al calor; luego debe aumentar progresivamente la temperatura, para producir cambios físicos en los granos (Bamforth, 2005, p. 54). En esta etapa, el endospermo se deseca y su actividad enzimática se reduce (Romain et al., 2010, p. 198).

Los granos de cebada germinados se someten a una operación de secado en un tostador con tambores giratorios, que funcionan a una velocidad de agitación de 4rpm. Esta operación sigue un programa de temperatura de secado que va desde los 35 °C hasta alcanzar los 70 °C, en control automático, durante 14 a 24 horas aproximadamente (Figueroa, 1985, p. 39).

Las enzimas más importantes en el malteado son las amilasas alfa (α) y beta (β). Los productos de la α -amilasa son fundamentalmente carbohidratos complejos

denominados dextrinas, ramificadas y lineales. La β -amilasa libera también dextrinas ramificadas, pero su principal producto es la maltosa, por tanto, que la α -amilasa se la denomina, con frecuencia enzima dextrinificante y a la β -amilasa enzima sacarificante (Hough, 1995, p. 36-37).

1.2.2 MOLIENDA

Para macerar la malta, es necesario moler adecuadamente los genotipos malteados. Al ser más precisa la molienda, el potencial de extracción o rendimiento de materiales aumenta. Sin embargo, en la mayoría de sistemas de separación del mosto de las cebadillas después de la maceración, la cáscara es importante como medio de filtrado, cuanto más intacta esté la cáscara, la velocidad de filtración será mejor (Bamforth, 2005, p. 56).

En la molienda tradicional, el contenido de los granos debe ser finamente molido para maximizar el rendimiento de extracto fermentable, por lo que es importante que la capa más externa, la cáscara, solamente está agrietada en lugar de a polvo (Doyle et al., 2007, p. 853)

Fundamentalmente existen dos tipos de molienda: molienda seca y molienda húmeda. En la primera, el molino puede ser de rodillos, de disco o de martillo. Si la separación del mosto es mediante una cuba de filtración Lauter, se utilizan molinos de rodillo (Bamforth, 2005, p. 56).

1.2.3 MACERADO

El objetivo de la maceración consiste en efectuar las transformaciones bioquímicas que conllevan a la obtención de los compuestos necesarios para el buen desarrollo

de la fermentación de mosto, utilizando esencialmente las enzimas sintetizadas o activadas durante el malteado (Romain et al., 2010, p. 201).

El proceso de maceración inicia al formarse una pasta que resulta de la mezcla entre malta molida y agua destilada, mediante un programa de temperaturas que va desde los 45 a 70 °C y agitación de 80-100 rpm (Figuroa, 1985, p. 50). Esta mezcla es recuperada en una caldera de empastado donde se realizan varios tratamientos térmicos, que permiten controlar la degradación de las paredes celulares (por las β -glucanasas), la proteólisis y finalmente la degradación amilolítica, en función de las condiciones óptimas de la actividad de las enzimas implicadas (Romain et al., 2010, p. 201).

Tabla 1.6. Efecto de la temperatura en la maceración en la malta

Temperatura (°C)	Descripción
Entre 10 y 35	Actividad de las enzimas proteolíticas
	Continuación de los fenómenos de la germinación
Entre 45 y 52	Temperatura de peptonización
	Zona importante de actividad de proteasas
55	Temperatura óptima de formación de N soluble no coagulable
Entre 53 y 62	Formación de maltosa muy fácilmente fermentable
Entre 62 y 65	Formación máxima de maltosa
Entre 65 y 70	Formación decreciente de maltosa y creciente de dextrinas
70	Dstrucción de proteasas
Entre 70 y 75	Aumento de la velocidad de sacarificación. Formación de dextrinas y azúcares fermentables en menor proporción
76	Temperatura límite de sacarificación

(Callejo, 2002, p. 264)

La maceración inicia con un período de peptonización durante 30 min, donde además de liberarse los almidones y proteínas solubles, se activan las enzimas proteolíticas, con valores óptimos de activación de 50 a 60 °C. En la Tabla 1.6, se describe el efecto de la temperatura durante la maceración de la malta.

Después de este período de elevada peptonización, se incrementa la temperatura a 1 °C por minuto hasta alcanzar los 70 °C, momento en el cual se produce la licuefacción del almidón y conversión de azúcares fermentables. Posteriormente, los gránulos de almidón absorben gradualmente agua, hasta que la masa espesa adquiera una consistencia gelatinosa, este proceso se conoce como gelatinización (Figuroa, 1985, p. 50). Según Bamforth (2005), las enzimas degradadoras de almidón son las amilasas, estas se producen durante el malteado, pero solo actúan después de la gelatinización del almidón dentro de la cuba de macerado (p. 44 y 45).

Una vez alcanzado este nivel térmico, la temperatura se mantiene por 60 minutos hasta que la conversión sea completa, esta fase es conocida como sacarificación (Figuroa, 1985, p. 51).

La maceración busca la sacarificación del almidón, es decir, la completa degradación del almidón a maltosa y dextrinas por acción de las amilasas (Callejo, 2002, p. 263). En el almidón se distinguen dos tipos de gránulos: los gránulos grandes con un diámetro comprendido entre 10 y 25 μm , que representan un 10 % del número de gránulos de almidón y el 90 % del peso del almidón; estos poseen una temperatura de gelatinización de 61 a 62 °C y los gránulos pequeños de almidón, con un diámetro comprendido entre 1 y 5 μm , que representan el 90% del número de gránulos de almidón y el 10 % del peso; cuya temperatura de gelatinización es de 75 a 80 °C (Romain et al., 2010, p. 194).

Finalizado el macerado, las enzimas se encuentran inactivas y termina el proceso de transformación de la malta en mosto (Figuroa, 1985, p. 51). El mosto es el líquido rico en azúcares fermentables, aminoácidos y péptidos asimilables por la levadura

(Romain et al., 2010, p. 202) que se extrae de la malta mediante los procesos de macerado y separación del mosto (Bamforth, 2005, p. 55).

1.2.3 TIPOS DE CONCENTRACIÓN EMPLEADOS PARA OBTENER EXTRACTO DE MALTA

1.2.3.1 CONCENTRACIÓN POR OLLA ABIERTA

La concentración por olla abierta, radica en realizar una completa cocción del alimento por acción de la temperatura de ebullición y presión atmosférica normal. Este tipo de cocción incrementa la pérdida de nutrientes por solubilidad en el medio acuoso, principalmente de sales minerales (Armada y Ros, 2010, p. 80).

El mosto filtrado, es llevado a ebullición en la caldera de cocción. Esta operación tiene como objetivos: esterilizar, estabilizar y concentrar el mosto, desarrollando su textura, color y sabor (Romain et al., 2010, p. 202).

En este proceso se deben considerar: el tiempo de cocción, que varía de acuerdo con la calidad, el volumen el alimento, y la cantidad de agua; la cual debe ser suficiente para no tener una merma durante el proceso de cocción (Bello, 1998, p.163).

1.2.3.2 CONCENTRACIÓN POR DESHIDRATACIÓN AL VACÍO

Esta operación consiste en realizar una destilación del mosto filtrado a presión reducida mediante el uso de un rotavapor, cuanto más baja sea la presión menor será la temperatura de destilación de la sustancia, por lo que esta técnica es útil para destilar sustancias susceptibles de sufrir descomposición térmica (Vásquez et. al., 2004, p. 308).

En muchos procesos industriales, para la extracción y obtención de materia primas aromáticas, etc., se utilizan procesos de extracción sólido-líquido. Para este tipo de operaciones, se emplean grandes cantidades de disolventes orgánicos, necesarios para adquirir los extractos o productos naturales en forma pura, gran parte de estos productos naturales son sensibles a altas temperaturas y a la exposición a la luz (Olmedo, Chornet, Gómez y Bertomeu, 2005, p. 100).

1.2.3.3 CONCENTRACIÓN POR LIOFILIZACIÓN

La liofilización del mosto filtrado consiste en un proceso de secado, cuyo objetivo es sublimar el hielo de un producto congelado, es decir, el agua del producto pasa directamente del sólido al estado de vapor, sin pasar por el estado líquido. La liofilización contiene algunas ventajas en relación a otras técnicas de secado, en especial la estructura original del alimento se mantiene y la retención de aromas y nutrientes es excelente (Vanaclocha y Requena, 2003, p. 385-386).

Los liofilizadores consisten en una cámara a vacío, que contiene unas bandejas en las donde se coloca el alimento a liofilizar y unos calentadores, para suministrar el calor latente de sublimación. Para la condensación del vapor se emplean serpentines refrigerantes dotados de un sistema automático de descongelación con objeto de mantenerlos libres de hielo, para que su capacidad de condensación se mantenga (Fellows, 1993, p. 427).

Es una operación esencialmente cíclica, que se desarrolla siguiendo una serie de etapas. Es importante la selección y preparación del alimento antes de su secado por congelación, sólo pueden utilizarse materias primas de calidad. También es importante el almacenamiento del producto liofilizado, antes de su rehidratación y uso (Vanalcocha et al., 2003, p. 386). Los alimentos liofilizados correctamente envasados, se conservan durante más de 12 meses sin alterar mayormente su valor

nutritivo y sus características organolépticas. Como los componentes del aroma no se encuentran en el agua y en los cristales de hielo, durante la sublimación, no son arrastrados por el vapor de agua y quedan por consiguiente retenidos en la trama del alimento liofilizado. Mediante este método, del alimento se liofiliza hasta la eliminación del 90 % de su contenido en agua (Fellows, 1993, p. 430).

2. PARTE EXPERIMENTAL

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad, área de Investigación y Desarrollo de Procesos y Productos 2, de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la aptitud de 15 genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades, para la obtención de extracto de malta

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la aptitud maltera de 15 genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades.
- Evaluar 3 procesos de concentración para la obtención de extracto de malta.
- Estimar los costos de producción para la obtención del extracto de malta.

2.2 MATERIALES

2.2.1 GENOTIPOS

Las muestras que se emplearon en este trabajo corresponden a 15 genotipos de

cebada provenientes del Programa de Cereales del INIAP, sembrados en cuatro provincias del Ecuador. En la Tabla 2.1, se presenta la codificación de cada genotipo.

Tabla 2.1. Codificación de Genotipos de cebada (*Hordeum vulgare*)

Código	Identificación
g1	CLIPPER
g2	CM-09-001
g3	CM-09-002
g4	CM-09-003
g5	CM-09-004
g6	CM-09-005
g7	CM-09-006
g8	CM-09-007
g9	CM-09-008
g10	CM-09-009
g11	CM-09-010
g12	INIAP-CALICUCHIMA
g13	INIAP-TERAN
g14	METCALFE
g15	SCARLET

Los 15 genotipos de cebada fueron cultivados en cuatro localidades del Ecuador, que se detallan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Codificación de localidades por Provincia

Código	Identificación	Procedencia
11	EEA	Provincia de Azuay (Estación Experimental del Austro)
12	LAGUACOTO	Provincia de Bolívar (Granja Laguacoto, Universidad Estatal de Bolívar)
13	UTN	Provincia de Imbabura (Granja la Pradera, Universidad Técnica del Norte)
14	EESC	Provincia de Pichincha (Estación Experimental Santa Catalina, INIAP)

Una vez recolectado el material vegetal, fue transportado al laboratorio y preparado de acuerdo con los análisis a realizarse.

2.2.2 REACTIVOS

- Oxido de mercurio (HgO), Merck, 99 % de pureza
- Solución de yodo, laboratorio M&B, 99,8 % de pureza
- Ácido dinitrosalicílico 3,5 (DNS), SIGMA, 98 % de pureza
- Ácido acético glacial, FLUKA CHEMIKA, 99,5 % de pureza
- Sulfato de zinc, MERCK, 99,5 % de pureza
- Cloruro de potasio, MERCK, 99,5 % de pureza
- Acetato de sodio, MERCK, 99,5 % de pureza
- Almidón, J.T. BACKER CHEMICAL, 98 % de pureza
- Solución de cloruro de calcio (Cl_2Ca) al 0,2 % MERCK, 99 % de pureza
- Solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0,5 % FLUKA CHEMIKA, 99,5 % de pureza
- Tiosulfato de sodio, J.T. BACKER CHEMICAL, 99% de pureza
- Ferricianuro de potasio, MERCK, 99 % de pureza
- Solución de hidróxido de sodio Na(OH) 0,5 N, MERCK, 99 % de pureza

2.3 EVALUACIÓN DE LA APTITUD MALTERA DE 15 GENOTIPOS DE CEBADA, CULTIVADOS EN 4 LOCALIDADES

Para evaluar la aptitud maltera de los 15 genotipos de cebada cultivados en cuatro localidades, se aplicó la siguiente estrategia metodológica:

1. Se realizó una caracterización física de los cultivares mencionados, la misma que consistió en medir humedad, peso hectolítrico, índice de llenado y peso de mil granos, mediante los métodos que se describen en el acápite 2.3.1.

2. Se sometió a las diferentes muestras de cebada a un proceso de malteo, el cual consistió en tres etapas: remojo, germinación y tostado, como se describe a continuación:

Remojo. Los genotipos de cebada se colocaron en canastillas y fueron sometidos a un proceso de remojo en un tanque de acero inoxidable durante 48 h a 16 °C, una vez alcanzada la humedad del 45 % en los granos, se continuó con la fase de germinación.

Germinación. Los genotipos de cebada una vez que alcanzaron una humedad del 45 %, fueron colocados en las envases de acero para la germinación durante 4 días a 16 °C, hasta que la plúmula alcanzó una longitud de $\frac{3}{4}$ partes el tamaño del grano y posteriormente se procedió a tostar los granos germinados.

Tostado. En la última fase, los genotipos germinados se sometieron a una operación de secado en un tostador, de acuerdo con el siguiente programa de temperatura: 35 °C – 14 h, 45 °C – 10 h, 55 °C – 12 h, 65 °C – 4 h, 70 °C – 4 h, con rotación continua a 4 rpm. Posteriormente, los genotipos malteados, fueron pesados y molidos para la maceración.

3. Finalizado el proceso de malteo, se determinó el índice de harinosidad, recuperación maltera, contenido de proteína total, poder diastásico y el contenido de α -amilasa, según los métodos descritos en el acápite 2.3.2.

4. Se sometieron los genotipos malteados, así obtenidos al proceso de maceración. Este proceso consistió en la mezcla de las maltas con agua destilada en una relación de 1:7 (P/V), a 45 °C y agitación continua de 80-100 rpm. Se aplicó un programa de

temperatura-tiempo en un equipo macerador, donde se elevó la temperatura de la mezcla en etapas secuenciales, que incluyeron: una peptonización durante 30 min a una temperatura de 45 °C por 15 min, sacarificación a una temperatura de 70 °C por 60 min; y, enfriamiento del mosto, a una temperatura de 20 °C, por 30 min. En este proceso se midieron: tiempo de conversión, velocidad de filtración, turbidez, contenido de proteína soluble, contenido de proteína (índice de kolvach), viscosidad y turbidez, tal como se describe en el acápite 2.3.3.

5. Para la evaluación de la aptitud maltera, se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial 4 x 15 (A x B), a fin de determinar el efecto de las localidades (factor A) y genotipos (factor B), descritos en las Tablas 2.1 y 2.2, respectivamente. Para determinar la significancia estadística se aplicó una prueba de Tukey al 5 %, con el programa INFOSAT-E (Sánchez, 2006, p. 120). El esquema de los tratamientos según el arreglo factorial mencionado se presenta en el Anexo I. Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

6. La selección de los genotipos con mayor aptitud maltera se realizó en función del contenido de proteína total mayor al 12 %, contenido de proteína soluble mayor al 4 %, contenido de α -amilasa mayor a 30 U.D. (unidades de dextrinificación), poder diastásico mayor a 138 °L (grados Lintner), tiempo de conversión menor a 10 min y velocidad de filtración menor a 30 min.

2.3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS GENOTIPOS DE CEBADA

Para la caracterización física de los genotipos de cebada, se evaluaron los siguientes parámetros:

a) **Humedad.** Para el análisis de este parámetro, se utilizó una estufa marca Memmert 854 Scwabach, con aire forzado a 105 °C, se emplearon 2 g de

cada genotipo en cajas Petri, se aplicó el Método AOAC 2000, que se encuentra detallado en el Anexo II.

- b) Índice de llenado.** Este parámetro se determinó mediante un clasificador de granos Clipper Bluffton, que clasifica el grano en función de su tamaño y forma. Este equipo consta de tres cribas con aberturas de 2,8 mm (grano lleno); 2,5 mm (grano mediano) y 2,2 mm (grano pequeño). Para el análisis se utilizaron 100 g de cada material, el mismo que fue colocado en cada criba del clasificador de granos (Figueroa, 1985, p. 15). Para calcular el índice de llenado, se aplicó la ecuación [2.1]:

$$ILL = 6(A) + 5(B) + 4(C) \quad [2.1]$$

Dónde:

ILL = Índice de llenado

A = porcentaje de grano retenido en la criba 2.8 mm

B = porcentaje de grano retenido en la criba 2.5 mm

C = porcentaje de grano que pasa en la criba 2.2 mm

- c) Peso de mil granos.** Para esta variable se utilizó una balanza digital de precisión Adventurer Promodelo AV 213. Se aplicaron los métodos analíticos de tecnología de cereales menores. Se contaron 200 granos seleccionados al azar y luego se pesaron (Coca, Ayala y Fajardo, 1988, p.19). Para el cálculo se aplicaron las ecuaciones [2.2] y [2.3]:

$$PMG (BH) = 200 \times 5 \quad [2.2]$$

$$PMG (BS) = \frac{100 - H}{100} \quad [2.3]$$

Dónde:

PMG = Peso de mil granos
 (BH) = Base húmeda
 (BS) = Base seca
 H = Porcentaje de humedad en el grano

- d) **Peso hectolítrico.** Se determinó mediante el uso de una balanza Fairbanks Morse y Ohauscon, que dispone de un cilindro graduado de un litro y embudo con válvula de descarga. Se utilizaron 60 g aleatoriamente de cada genotipo, el método se detalla en el Anexo II (Coca et al., 1988, p. 27).
- e) **Color del grano.** Se determinó por medio de un colorímetro marca DR LANGE espectro-color, modelo LZM 268, mediante la interpretación del color por el método CIELAB. El color se midió sobre la superficie del grano y los valores obtenidos fueron: L = claridad, C = cromaticidad, H° = matiz o tono, “ a ” coordenada de rojo a verde y “ b ” coordenada de amarillo a azul. Para realizar la medición, se utilizaron 5 g de cada material. En la figura 2.1, se describe en forma gráfica la interpretación del color. El método se encuentra detallado en el Anexo II del presente estudio.

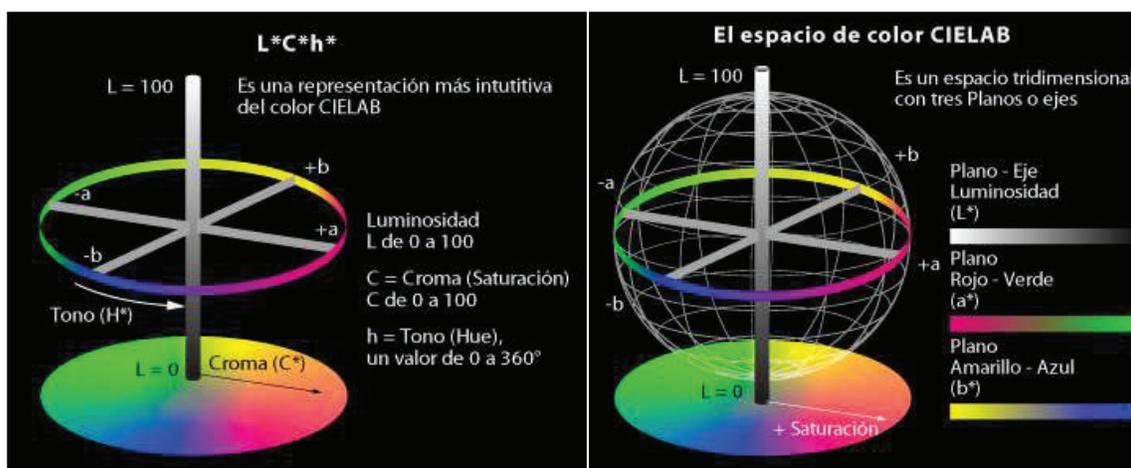


Figura 2.1. Interpretación del color, método CIELAB (Boscarol, 2007; Peterson, 2010)

La medición del color de los mostos y cervezas se efectúa por comparación de cristales coloreados y basados en los colores rojo y amarillo (Figuroa, 1985, p. 54).

2.3.2 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN EL MALTEO

Para evaluar las propiedades físicas químicas en el malteo, se determinaron los siguientes parámetros que fueron analizados por triplicado:

- a) **Contenido de proteína.** Esta variable se determinó por el método micro kjeldahl en el laboratorio certificado LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.
- b) **Índice de harinosidad.** Para realizar este análisis, se utilizaron 100 genotipos cebada de cada localidad, cada grano se dividió por la mitad para observar la consistencia interna del endospermo e identificar las zonas harinosas, semivítreas y vítreas (Figuroa, 1980, p. 48). Para el cálculo se aplicó la ecuación [2.4]:

$$IH = (0.50)(V) + (0,75)(SV) + Ha \quad [2.4]$$

Dónde:

IH = Índice de harinosidad

V = Porcentaje de granos vítreos

SV = Porcentaje de granos semivítreos

Ha = Porcentaje de granos harinosos

- c) **Recuperación maltera.** Este parámetro se determinó en función de los pesos al inicio y al final del proceso de malteo, medidos con una balanza digital de precisión Adventurer Pro modelo AV 213 (Figuroa, 1980, p. 50). Para el cálculo de esta variable, se aplicó las ecuaciones [2.5] y [2.6]:

$$\text{Peso de malta limpia (BS)} = \frac{\text{Peso de malta limpia (BH)}(100 - \%H)}{100} \quad [2.5]$$

$$\% \text{ Recuperación maltera} = \frac{\text{Peso de malta limpia (BS)} \times 100}{\text{Peso de cebada(BS)}} \quad [2.6]$$

Dónde:

BS= Base seca

BH= Base húmeda

- d) **Poder diastásico.** Para el análisis de esta variable, se emplearon 5 g de malta molida y se aplicó una titulación con ferricianuro estándar. El método se detalla en el Anexo III (Coca et al., 1988, p. 142)
- e) **Contenido de α -amilasa.** Se empleó un Espectrofotómetro modelo Evolution 201, la cantidad de enzima se calculó en unidades de dextrinificación a una absorbancia de 530 nm. El método se detalla en el Anexo III (Coca et al., 1988, p. 145)

2.3.3 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL EXTRACTO

Finalmente, en los mostos obtenidos, se evaluaron las siguientes variables físicas y químicas:

- a) **Tiempo de conversión.** Para esta operación se tomaron dos gotas de cada muestra correspondiente a los genotipos malteados que se encuentran en el macerador y se colocaron en una placa de vidrio. Con un gotero, se agregaron dos gotas de solución 0,02 N de yodo. Los muestreos se efectuaron a los 5, 7

y 10 min después de que se mantuvo constante la temperatura a 70 °C en el macerador. Se dio por terminada la prueba cuando la muestra y la solución de yodo, alcanzaron el punto acrómico o un aspecto de mancha amarilla (Coca et al., 1988, p. 154)

- b) Velocidad de filtración.** Para esto se utilizó papel filtro plegado. Se tomó el tiempo, en min, que transcurrió hasta que se filtraron los primeros 50 ml de mosto líquido en los matraces Erlenmeyer de 100 ml (Figuroa, 1985, p. 54).
- c) Turbidez.** La determinación de esta prueba, se efectuó a los primeros 10 min de finalizada la filtración. Para este análisis se utilizó un fotómetro NANOCOLOR PF-11 y unos Kits de ensayo VISOCOLOR ECO. El equipo está calibrado para expresar los resultados de turbidez con el coeficiente de absorbancia espectral 1/m (DIN EN 27 027), en unidades de atenuación de formacina (FAU). El equipo se enceró con 2 ml de agua destilada, que se colocaron en un Kit de ensayo, luego se colocaron 2 ml de mosto en uno de los kit y se tomaron las lecturas correspondientes (Coca et al., 1988, p. 155)
- d) Porcentaje de extracto.** Para este parámetro se maceraron 20 gr de malta en el macerador y se procedió tal como se indica en el Anexo IV (Figuroa, 1985, p. 26). Para el cálculo se empleó la ecuación [2.7]:

$$\% \text{ Extracto } (BS) = \frac{^{\circ}p (H + 800) \times 100}{(100 - ^{\circ}p)(100 - H)} \times 100 \quad [2.7]$$

Dónde:

$^{\circ}p$ = Grado plato

BS = Base seca

H = Porcentaje de humedad

- e) **Color.** Se utilizaron 10 ml del mosto filtrado, que se colocaron en una caja Petri. La lectura se realizó mediante un Colorímetro DR LANGE expectro-color, modelo LZM 268. Se aplicó el método CIELAB mencionado en el acápite 2.3.1, literal e.
- f) **Contenido de Proteína soluble.** Esta variable se realizó en el laboratorio certificado LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, INIA. Se empleó el método micro Kjeldahl.

2.4 EVALUACIÓN DE 3 PROCESOS DE CONCENTRACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE MALTA

De los sesenta genotipos procesados, se seleccionaron aquellos mostos que presentaron un contenido de proteína total menor al 12 %, de proteína soluble menor al 4,45 %, un índice de kolbach mayor a 30 %, un contenido de α -amilasa mayor a 30 U.D (unidades de dextrinificación), un poder diastásico mayor a 138 °L (grados Lintner), un tiempo de conversión menor a 10 min y una velocidad de filtración menor a 60 min. A los genotipos seleccionados se les aplicó las siguientes modalidades de concentración:

- a) **Concentración en olla abierta.** Para esta operación se trabajó con 10 l de mosto de cada genotipo seleccionado. Se utilizó una cocina industrial y mediante un termómetro calibrado se midió la temperatura que fue desde los 20 hasta los 90 °C. Se detuvo la cocción cuando el extracto alcanzó un contenido de sólidos solubles de 78°- 82 °Brix, medidos con refractómetros marca BEN con escalas de: 0-32, 28-62 y de 45-82 °Brix.
- b) **Concentración por deshidratación al vacío.** Para realizar este tipo de concentración, se emplearon 500 ml de mosto de cada genotipo seleccionado

que se colocaron en un rotavapor. El proceso se llevó a cabo a temperaturas entre 40 y 82 °C. Se detuvo la concentración cuando el extracto alcanzó un contenido de sólidos solubles de 75 °Brix medidos con refractómetros marca BEN con escalas de: 0-32, 28-62 y de 45-82 °Brix.

- c) **Concentración por liofilización.** Para liofilizar las muestras inicialmente, se congelaron los mostos líquidos. Una vez obtenidos los mostos sólidos, se emplearon 3000 g de estos y se colocaron en un liofilizador marca Labconco a – 52 °C, durante 96 h (sin llegar a condiciones de sequedad). Se detuvo la concentración cuando el extracto alcanzó un contenido de sólidos solubles de 78-80 °Brix, que se midieron mediante refractómetros marca BEN con escalas de: 0-32, 28-62 y de 45-82 °Brix.

Para el análisis de la interacción entre las modalidades de concentración y los mostos seleccionados, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 3 x 3 (Sánchez, 2006, p. 120), como se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Tratamientos para la interacción entre las modalidades de concentración del extracto de malta

Tratamientos	Interacción	Descripción
T1	m_1c_1	Mosto del genotipo CM-09-003 + Cocción olla abierta
T2	m_1c_2	Mosto del genotipo CM-09-003 + Concentración liofilizador
T3	m_1c_3	Mosto del genotipo CM-09-003 + Concentración al vacío
T4	m_2c_1	Mosto del genotipo CM-09-009 + Concentración olla abierta
T5	m_2c_2	Mosto del genotipo CM-09-009 + Concentración liofilizador
T6	m_2c_3	Mosto del genotipo CM-09-009 + Concentración al vacío
T7	m_3c_1	Mosto del genotipo SCARLET + Cocción olla abierta
T8	m_3c_2	Mosto del genotipo SCARLET + Concentración liofilizador
T9	m_3c_3	Mosto del genotipo SCARLET + Concentración al vacío

Para la significancia estadística de los 9 tratamientos de cocción, se aplicó la prueba de Tukey al 5 % y se utilizó el programa INFOSTAT. Una vez obtenidos los extractos

concentrados se evaluaron los siguientes parámetros: el rendimiento del extracto, los contenidos de vitaminas del complejo B y minerales totales

- a) **Rendimiento del extracto.** Se obtuvo mediante la relación entre el peso inicial del extracto crudo y el peso final del extracto concentrado (Figueroa, 1985, p. 55). Para el cálculo de esta variable, se aplicó la ecuación [2.8]

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\textit{peso final}}{\textit{peso inicial}} \times 100 \quad [2.8]$$

- b) **Contenido de vitaminas del complejo B.** Se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central por el método de HPLC. Se analizaron las vitaminas del complejo B₁, B₂, B₃ y B₆.
- c) **Contenido de Minerales Totales.** Este parámetro se determinó en el laboratorio certificado LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), por espectrofotometría de absorción atómica con un Espectrofotómetro Shimadzu AA 680 con atomizador de flama. Se determinaron los contenidos de: K, Mg, Ca, P, Fe, Zn, Mn y Cu.

2.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL EXTRACTO DE MALTA

La estimación del costo de producción se determinó mediante el método propuesto por el CIMMYT (1998). Se consideró la materia prima, la maquinaria y la mano de obra necesarias, para la producción del extracto de malta. Se realizó un diseño básico de planta para un tamaño estimado de 25 000 t al año, el mismo que corresponde aproximadamente al 1 % de los valores registrados en el Banco Central

con respecto a la importación de bebidas malteadas y malta en el Ecuador (BCE, 2013).

Para el desarrollo del diseño básico de planta, se seleccionó el extracto de malta del genotipo que presentó: un mayor porcentaje de extracto, una mayor concentración de minerales totales y contenido de vitaminas del complejo B. Dentro de este estudio, se contemplaron los siguientes componentes: tamaño de planta, balance de masa, balance de energía y distribución de la planta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS GENOTIPOS DE CEBADA

Para determinar la calidad maltera de los 15 genotipos de cebada cultivados en las 4 localidades, se analizaron los parámetros físicos y químicos, que permitieron evaluar el comportamiento del material en cada una de las siguientes fases: caracterización física y química, malteo, macerado y concentración del mosto.

Todo el material fue sometido a los mismos tratamientos y análisis, a fin de obtener una respuesta real del estado del grano y de esta manera poder evaluar sus características físicas y químicas a lo largo del proceso en el presente estudio.

De los resultados estadísticos obtenidos, en general, se observó que el comportamiento de los genotipos fue distinto en cada una de las variables de estudio físicas y químicas, ya que se evidenció alta diferencia significativa tanto en los genotipos como en las localidades y sus interacciones, esto pudo deberse probablemente a las diferencias genéticas intrínsecas de cada material y a las condiciones climáticas en cada una de las localidades.

En la Tabla 3.1 se presentan los resultados de la caracterización física de los 15 genotipos de cebada, a través del peso de mil granos, peso hectolítrico e índice de llenado; el color se describe en la Figura 3.2. Estos parámetros se discuten en las secciones siguientes:

Tabla 3.1. Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades.

Localidad	Genotipo	Código	Peso de mil granos (g)*	Peso hectolítrico (kg/hl)	Índice de llenado (su) /
EEA	CLIPPER	11 g1	45,69 ± 0,74 DEFG	65,67 ± 0,67 BCDEFGHI	559,13 ± 0,85 DE
EEA	CM-09-001	11 g2	52,78 ± 0,36 B	65,67 ± 0,33 BCDEFGHI	570,19 ± 0,32 B
EEA	CM-09-002	11 g3	40,94 ± 0,78 MNO PQRS	58,67 ± 0,33 PQRS	519,12 ± 1,18 UV
EEA	CM-09-003	11 g4	40,56 ± 0,49 OPQRS	63,33 ± 0,33 HIJKLMN	556,21 ± 0,35 EF
EEA	CM-09-004	11 g5	40,79 ± 1,19 NO PQRS	60,67 ± 1,67 LMNOPQ	519,6 ± 0,96 TU
EEA	CM-09-005	11 g6	38,80 ± 0,16 STU	61,00 ± 0,00 KLMNOPQ	498,76 ± 2,23 Y
EEA	CM-09-006	11 g7	39,22 ± 1,23 RSTU	60,00 ± 1,00 NOPQR	534,99 ± 2,33 KLMNO
EEA	CM-09-007	11 g8	41,45 ± 0,62 KLMNOPQR	62,00 ± 0,00 JKLMNOP	527,91 ± 0,19 PQR
EEA	CM-09-008	11 g9	45,17 ± 0,54 DEFGH	60,33 ± 1,67 MNO PQR	566,16 ± 0,85 BC
EEA	CM-09-009	11 g10	35,62 ± 0,20 WXYZ	59,67 ± 1,67 OPQR	522,71 ± 1,30 STU
EEA	CM-09-010	11 g11	43,06 ± 0,09 HIJKLMN	67,33 ± 0,67 ABCDEF	552,23 ± 0,29 F

Tabla 3.1. Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Peso de mil granos (g)*	Peso hectolítrico (kg/hl)	Índice de llenado (su) /
EEA	INIAP-CALICUCHIMA	11 g12	33,17 ± 0,45 abcd	60,67 ± 0,33 LMNOPQ	477,54 ± 2,44 b
EEA	INIAP-TERAN	11 g13	34,72 ± 1,60 XYZa	51,67 ± 0,33 T	411,73 ± 0,37 i
EEA	METCALFE	11 g14	37,01 ± 0,70 UVWX	63,00 ± 0,00 IJKLMNO	525,49 ± 1,55 RS
EEA	SCARLET	11 g15	41,36 ± 0,85 LMNOPQR	63,00 ± 0,00 IJKLMNO	551,84 ± 2,33 F
EESC	CLIPPER	12 g1	42,54 ± 0,50 JKLMNQP	68,67 ± 0,33 ABC	499,87 ± 0,54 XY
EESC	CM-09-001	12 g2	49,31 ± 0,98 C	68,67 ± 0,67 ABC	568,42 ± 0,24 B
EESC	CM-09-002	12 g3	42,47 ± 0,13 JKLMNQP	64,00 ± 0,00 FGHIJKL	541,68 ± 1,37 GHIJ
EESC	CM-09-003	12 g4	43,22 ± 0,48 HIJKLM	67,00 ± 0,00 ABCDEFGH	553,38 ± 2,35 F
EESC	CM-09-004	12 g5	41,17 ± 0,59 LMNOPQRS	65,67 ± 0,33 BCDEFGHI	544,26 ± 0,24 G
EESC	CM-09-005	12 g6	42,32 ± 0,52 JKLMNOQP	69,00 ± 0,00 AB	526,03 ± 2,22 QRS
EESC	CM-09-006	12 g7	41,88 ± 0,08 JKLMNOQP	65,67 ± 0,33 BCDEFGHI	535,87 ± 1,13 KLMN
EESC	CM-09-007	12 g8	43,79 ± 0,26 FGHIJK	67,00 ± 1,00 ABCDEFGH	537,59 ± 0,91 HIJKL

Tabla 3.1. Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Peso de mil granos (g)*	Peso hectolítrico (kg/hl)	Índice de llenado (su) /
EESC	CM-09-008	12 g9	45,92 ± 1,60 DEF	67,67 ± 0,33 ABCDE	530,69 ± 1,22 OPQ
EESC	CM-09-009	12 g10	41,99 ± 0,57 JKLMNOPQ	67,33 ± 0,67 ABCDEF	538,00 ± 0,61 HIJK
EESC	CM-09-010	12 g11	41,96 ± 0,44 JKLMNOPQ	70,00 ± 0,00 A	559,87 ± 0,27 DE
EESC	INIAP-CALICUCHIMA	12 g12	34,81 ± 1,29 XYZa	67,67 ± 0,33 ABCDE	536,29 ± 2,18 KLM
EESC	INIAP-TERAN	12 g13	55,66 ± 0,00 A	64,00 ± 1,00 FGHJKL	578,66 ± 0,19 A
EESC	METCALFE	12 g14	38,16 ± 0,36 TUV	67,33 ± 1,67 ABCDEF	542,24 ± 1,55 GHI
EESC	SCARLET	12 g15	40,29 ± 0,45 PQRS	68,00 ± 1,00 ABCD	551,79 ± 1,39 F
UTN	CLIPPER	13 g1	46,54 ± 0,01 DE	66,67 ± 0,33 ABCDEFGH	425,71 ± 1,44 h
UTN	CM-09-001	13 g2	53,37 ± 0,08 AB	65,00 ± 1,00 DEFGHIJ	536,70 ± 0,76 JKLM
UTN	CM-09-002	13 g3	37,53 ± 0,88 UVW	60,00 ± 0,00 NOPQR	542,29 ± 0,30 GH
UTN	CM-09-003	13 g4	42,76 ± 0,03 IKLMNO	64,33 ± 0,33 EFGHIJK	532,00 ± 1,49 MNOP
UTN	CM-09-004	13 g5	42,82 ± 0,28 HIJKLMNO	62,00 ± 2,00 JKLMNOP	509,62 ± 1,53 W
UTN	CM-09-005	13 g6	30,90 ± 0,23 de	58,00 ± 1,00 QRS	483,25 ± 3,84 Za

Tabla 3.1. Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Peso de mil granos (g)*	Peso hectolítrico (kg/hl)	Índice de llenado (su) /
UTN	CM-09-006	13 g7	44,08 ± 0,90 FGHIJ	63,67 ± 0,33 GHIJKLM	471,92 ± 0,12 c
UTN	CM-09-007	13 g8	44,99 ± 0,10 EFGHI	65,67 ± 0,67 BCDEFGHI	498,88 ± 1,82 Y
UTN	CM-09-008	13 g9	41,72 ± 0,67 JKLMNOPQ	63,67 ± 0,67 GHIJKLM	485,09 ± 1,36 Z
UTN	CM-09-009	13 g10	43,45 ± 1,11 GHIJKL	67,33 ± 0,67 ABCDEF	415,41 ± 4,32 i
UTN	CM-09-010	13 g11	47,39 ± 0,17 CD	68,67 ± 1,33 ABC	562,98 ± 0,62 CD
UTN	INIAP- CALIUCHIMA	13 g12	31,71 ± 0,57 bcde	61,00 ± 1,00 KLMNOPQ	532,79 ± 1,37 LMNOP
UTN	INIAP-TERAN	13 g13	53,45 ± 1,43 AB	59,00 ± 1,00 PQRS	531,12 ± 0,36 NOP
UTN	METCALFE	13 g14	38,06 ± 0,59 TUV	65,33 ± 0,33 CDEFGHIJ	524,61 ± 1,07 RST
UTN	SCARLET	13 g15	42,22 ± 0,95 JKLMNOPQ	66,67 ± 0,67 ABCDEF H	514,18 ± 1,15 VW
LAGUACOTO	CLIPPER	14 g1	43,92 ± 0,53 FGHIJ	69,33 ± 1,67 A	422,94 ± 0,75 h
LAGUACOTO	CM-09-001	14 g2	49,04 ± 0,09 C	66,67 ± 0,33 ABCDEF H	504,36 ± 0,05 X
LAGUACOTO	CM-09-002	14 g3	28,35 ± 0,07 f	55,67 ± 0,67 S	529,42 ± 3,10 PQR
LAGUACOTO	CM-09-003	14 g4	34,09 ± 0,50 YZab	63,33 ± 0,33 HIJKLMN	535,85 ± 0,10 KLMN

Tabla 3.1. Características físicas de varios genotipos de cebada, cultivados en 4 localidades (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Peso de mil granos (g)*	Peso hectolítrico (kg/hl)	Índice de llenado (su)/
LAGUACOTO	CM-09-004	l4 g5	31,34 ± 0,38 ^{cde}	58,33 ± 0,33 ^{QRS}	468,26 ± 1,11 ^{cd}
LAGUACOTO	CM-09-005	l4 g6	36,36 ± 1,10 ^{VWXY}	65,00 ± 1,00 ^{DEFGHIJ}	444,78 ± 0,76 ^f
LAGUACOTO	CM-09-006	l4 g7	31,60 ± 0,14 ^{cde}	59,67 ± 0,33 ^{OPQR}	423,54 ± 0,64 ^h
LAGUACOTO	CM-09-007	l4 g8	40,68 ± 0,52 ^{NO PQRS}	60,33 ± 0,67 ^{MNOPQR}	482,38 ± 0,90 ^{Zab}
LAGUACOTO	CM-09-008	l4 g9	40,01 ± 1,50 ^{QRST}	64,67 ± 1,33 ^{DEFGHIJ}	434,61 ± 0,17 ^g
LAGUACOTO	CM-09-009	l4 g10	34,01 ± 0,97 ^{YZab}	60,67 ± 0,33 ^{LMNO PQ}	478,25 ± 1,49 ^{ab}
LAGUACOTO	CM-09-010	l4 g11	35,20 ± 0,32 ^{WXYZa}	65,00 ± 2,00 ^{DEFGHIJ}	479,05 ± 1,88 ^{ab}
LAGUACOTO	INIAP-CALICUCHIMA	l4 g12	30,46 ± 0,37 ^{ef}	63,67 ± 0,33 ^{GHIJKLM}	455,83 ± 1,35 ^e
LAGUACOTO	INIAP-TERAN	l4 g13	39,14 ± 0,46 ^{RSTU}	57,00 ± 1,00 ^{RS}	537,18 ± 1,58 ^{IJKL}
LAGUACOTO	METCALFE	l4 g14	33,48 ± 0,20 ^{Zabc}	63,33 ± 0,67 ^{HIJKLMN}	518,49 ± 0,65 ^{UV}
LAGUACOTO	SCARLET	l4 g15	31,57 ± 0,23 ^{cde}	62,00 ± 1,00 ^{JKLMN OP}	466,05 ± 1,16 ^d

* Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar, /sin unidad (su). Prueba de Tukey al 5 %

Las primeras letras del abecedario en mayúsculas corresponden a rangos superiores obtenidos en cada variable y las letras minúsculas corresponden a rangos inferiores de la variable.

3.1.1 PESO DE MIL GRANOS

El peso de mil granos fue considerado en esta investigación, ya que se utiliza con frecuencia en muestras provenientes de los programas de mejoramiento genético, para estimar el potencial rendidor de las líneas genéticas en estudio, es importante ya que es un estimador del rendimiento harinero. Está en función del tamaño, densidad y uniformidad del grano (Coca, Ayala y Fajardo, 1988, p.19).

Los rangos de calidad establecidos por la industria cervecera, indican para cebada, un peso de mil granos entre 37.1 y 42 g. En la Tabla 3.1, se puede observar que únicamente el 33,33 % de los genotipos, obtuvieron rangos dentro de lo indicado anteriormente, sin embargo estudios realizados por otros autores, registran un rango de peso de mil granos entre 46 y 55 g (Rivas y Barriga, 2002), lo que quiere decir que el 40 % de los genotipos que tienen valores superiores a 42 g, también pueden ser considerados dentro del estándar.

En la Tabla 3.1, al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se observan 44 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubicó el tratamiento I2g13 (EESC + INIAP-TERAN) con 55,66 g y en el menor promedio, el tratamiento I4g3 (Laguacoto + CM-09-002) con 28,35 g. Se puede observar que más del 50 % de los genotipos correspondientes a las localidades EEA, EESC y UTN, alcanzaron promedios dentro del rango de peso de mil granos establecido por la industria cervecera, mientras que más del 50 % de los genotipos en la localidad Laguacoto, presentaron valores bajo los 37,1 g.

En la Tabla 3.2, se detalla el análisis de Varianza. Se observan diferencias significativas para el factor A (localidades) y para el factor B (genotipos), así como la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 1,72 %, con un promedio general de 40,60 g.

Tabla 3.2. Esquema ADEVA para la variable peso de 1000 granos

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	6537,91			
Factor A (Localidades)	3	1444,71	481,57	984,86	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	3374,29	241,02	492,91	<0,0001**
AxB	42	1660,24	39,53	80,84	<0,0001**
Error	120	58,68	0,49		
Promedio:			40,60		
CV (%):			1,72		

^{1/} FV=Fuente de variación, GL= Grados de libertad, SC= Suma de cuadrados
 CM= Cuadrado medio, F= valor F, p= Valor p.

ns = No significativo, * = Significativo al 5 %, ** = Altamente Significativo al 1 %

La variabilidad obtenida en los tratamientos y sus interacciones, pudo estar influenciada por la densidad de la espiga del grano, del clima in situ y de la fertilidad del suelo donde se realizaron los cultivos (Figuroa, 1985, p.16).

3.1.2 PESO HECTOLÍTRICO

El peso hectolítrico fue incluido dentro de este estudio con el fin de conocer el estado físico de los genotipos en relación al nivel de impurezas, presencia de granos dañados, quebrados y enfermos (Canimolt, 2005). Este parámetro es muy significativo para la comercialización de granos y su transporte, ya que define la cantidad de materia seca de grano que hay en un volumen determinado lo cual incide en la capacidad maltera del mismo (Borneo, 2012).

Con respecto a la variable peso hectolítrico en la Tabla 3.1, se evidencia que únicamente el 6,66 % de genotipos registran valores promedio dentro del rango de calidad establecido por la industria cervecera, el cual oscila entre 56 y 58 kg/hl, mientras que el 91,66 % de genotipos reflejan promedios superiores a 58 kg/hl (Figuroa, 1985, p. 107)

Al realizar la prueba de Tukey al 5 %, en la Tabla 3.1, se presentaron 28 rangos de significación para la interacción A x B (localidades x genotipos). Con el mayor promedio, se ubica el tratamiento l2g11 (EESC +CM-09-010) con 70 kg/hl y en el

menor valor, el tratamiento I1g13 (EEA + INIAP-TERAN) con 51,67 kg/hl. Se observa que más del 50 % de los genotipos en las 4 localidades, presentan capacidad maltera, dado que los promedios obtenidos están sobre el valor óptimo establecido, se evidencia el buen estado de los genotipos con respecto a esta variable, lo cual puede atribuirse a condiciones adecuadas de terreno, manejo de cultivo y control de plagas y enfermedades.

En la Tabla 3.3, se detalla el Análisis de Varianza. El coeficiente de variación fue de 1,65 %, con un promedio general de 63,70 kg/hl de peso hectolítrico. Se evidencia diferencia significativa entre genotipos y localidades.

Tabla 3.3. Esquema ADEVA para la variable Peso hectolítrico

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	2685,8			
Factor A (Localidades)	3	847,13	282,38	254,14	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	1196,8	85,49	76,94	<0,0001**
AxB	42	508,53	12,11	10,9	<0,0001**
Error	120	133,33	1,11		
Promedio:			63,70		
CV (%):			1,65		

Esta variable está relacionada con la calidad de grano ya que muestra el comportamiento de los genotipos en los distintos ambientes en los cuales fueron cultivados. La diferencia encontrada entre los tratamientos pudo deberse a factores: genéticos, ambientales, de uniformidad de suelo, entre otros.

3.1.3 INDICE DE LLENADO

Dentro de este estudio se valoró el índice de llenado, con el fin de clasificar el grano en función de su tamaño y forma, lo que permitió comparar y definir el real estado de los genotipos y estimar la calidad maltera en relación con el estado físico de los mismos (Giménez et al., 2011).

Con respecto al índice de llenado, en la Tabla 3.1, se evidencia que los 60 genotipos alcanzaron valores promedio dentro del rango establecido por la industria cervecera, que considera normal una fluctuación entre 400 y 600 (Figuroa, 1985, p. 15).

Al aplicar Tukey al 5 % en la Tabla 3.1, se evidencia una alta diferencia estadística para la interacción A x B; se identificaron 47 rangos de significancia. El mayor promedio corresponde al tratamiento I2g13 (EESC + INIAP-TERAN) con 578,66 y el menor valor, al tratamiento I1g13 (EEA + INIAP-TERAN) con 411,73. La variabilidad registrada en los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos puede atribuirse a los cambios en sus propiedades tanto físicas como químicas, a las diferencias climáticas propias de cada localidad y a las reacciones genéticas a estas condiciones.

En la Tabla 3.4 se detalla el Análisis de Varianza. Se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como, la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 0,29 %, con un promedio general de 513,09 de índice de llenado.

Tabla 3.4. Esquema ADEVA para la variable Índice de llenado

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	327916,78			
Factor A (Localidades)	3	104464,39	34821,46	15851,5	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	78642,95	5617,35	2557,14	<0,0001**
AxB	42	144545,83	3441,57	1566,68	<0,0001**
Error	120	263,61	2,2		
Promedio:			513,09		
CV (%):			0,29		

Los resultados obtenidos del índice de llenado en este estudio, reflejan que las condiciones climáticas durante el desarrollo de los cultivos e incluso la manipulación mecánica durante la trilla, no influyeron mayormente en la calidad maltera de los genotipos. Cabe mencionar que la correcta elección del cultivar y la

época de siembra permiten maximizar la producción cebadera, brindando a las plantas las condiciones necesarias para un adecuado rendimiento e índice de llenado de granos (Giménez et al., 2011)

3.1.4 COLOR DEL GRANO

En este parámetro, se determinaron las coordenadas a y b que oscilaron entre valores positivos a+(naranja), b+ (amarillo), el ángulo (H) varió entre 68,40 a 71,83 °, la cromaticidad (C) entre valores de 17,21 a 20,81, 0 (oscuro) y 100 (saturado), y la luminosidad (L) entre valores de 0 a 100. (BIC, 2005). En la Figura 3.1 se presentan los resultados obtenidos del análisis de color en los genotipos de cebada.

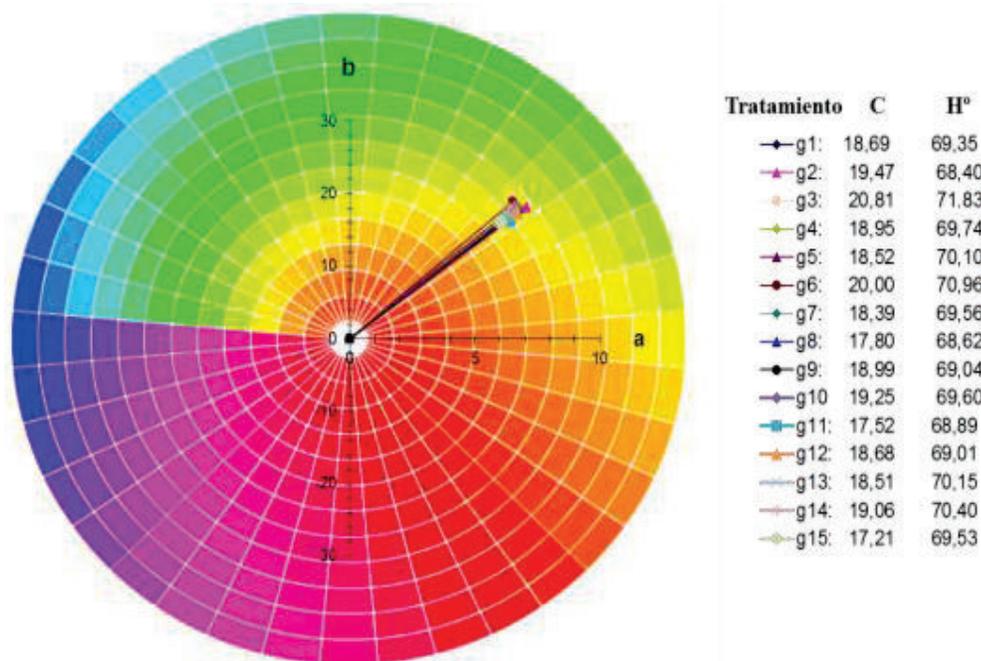


Figura 3.1. Resultados de las variable color para la interacción de los factores en estudio

Se observa que las coordenadas colorimétricas a y b, presentan valores positivos en el eje "y", la intensidad del color, expresada en el croma (C), en promedio fue de 18,78; los valores proyectados en el ángulo H°, están dentro de la coloración del grano, cuyo estándar va desde un amarillo claro hasta un azul verdoso. El

color del grano puede estar influenciado por el intemperismo o por la coloración de la aleurona (Figueroa, 1985, p.8)

3.2 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN EL MALTEO

La operación del malteo modificó físicamente los genotipos de cebada hasta transformarlos en malta, finalizada esta etapa, se evaluaron las propiedades físico químicas necesarias para determinar su calidad maltera.

En la Tabla 3.5, se presenta el análisis estadístico de los siguientes parámetros: porcentaje de proteína, recuperación maltera, índice de harinosidad, poder diastásico y contenido de α -amilasa.

3.2.1 PORCENTAJE DE PROTEINA TOTAL

El porcentaje proteína total fue contemplado en este estudio, debido a que es el índice de mayor importancia para predecir la calidad maltera en los genotipos. Cantidades superiores al 12,5 % de proteína conllevan a una menor cantidad y alta diferencia de extractos y problemas de turbidez en el mosto; por otro lado, valores inferiores al 9,5 % de proteína total, producen fermentaciones alcohólicas deficientes y posterior daño del grano (Figueroa, 1985, p. 18; Arias, 1996, p. 18).

De los resultados experimentales en la Tabla 3.5, se observa que el 25 % de los valores en promedio de los genotipos malteados, correspondientes a la localidad EEA, cumplen con el rango establecido entre el 9 y 12,5 %; la localidad Laguacoto está en segundo lugar, con el 21,66 % y finalmente la localidad EESC con el 11,66 %.

Tabla 3.5. Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada

Localidad	Genotipos	Código	Porcentaje de Proteína (%)	Recuperación maltera (%)	Índice de harinosidad (su)	Poder diastásico (° L)	Contenido de α -amilasa (UD)
EEA	CLIPPER	11 g1	10,36 \pm 0,05 ST	90,18 \pm 0,03 ^{ABCDE}	98,53 \pm 0,03 ^{AB}	121,30 \pm 2,10 ^{LMNOP}	14,91 \pm 2,32 ^A
EEA	CM-09-001	11 g2	10,52 \pm 0,06 ^{RS}	88,51 \pm 0,61 ^{ABCDEFG}	91,13 \pm 0,63 ^D	149,70 \pm 2,10 ^{EF}	21,73 \pm 1,49 ^{AB}
EEA	CM-09-002	11 g3	9,74 \pm 0,00 ^V	87,49 \pm 0,38 ^{ABCDEFG}	99,20 \pm 0,20 ^A	98,57 \pm 2,13 ^{STUV}	18,66 \pm 1,67 ^{AB}
EEA	CM-09-003	11 g4	10,31 \pm 0,01 ^T	88,69 \pm 0,07 ^{ABCDEFG}	95,43 \pm 0,43 ^{ABCD}	156,00 \pm 2,10 ^{DE}	18,62 \pm 1,76 ^{AB}
EEA	CM-09-004	11 g5	10,68 \pm 0,10 ^{OPQ}	88,99 \pm 0,50 ^{ABCDEFG}	94,23 \pm 0,23 ^{ABCD}	124,90 \pm 2,10 ^{IKLMNOP}	18,59 \pm 1,82 ^{AB}
EEA	CM-09-005	11 g6	11,00 \pm 0,01 ^N	87,50 \pm 0,21 ^{ABCDEFG}	97,63 \pm 0,63 ^{ABC}	91,30 \pm 2,10 ^{UVWXY}	21,72 \pm 1,53 ^{AB}
EEA	CM-09-006	11 g7	10,04 \pm 0,09 ^U	91,67 \pm 0,35 ^{AB}	99,20 \pm 0,20 ^A	123,73 \pm 2,07 ^{IKLMNOP}	18,48 \pm 2,04 ^{ABC}
EEA	CM-09-007	11 g8	10,56 \pm 0,09 ^{QR}	91,38 \pm 0,24 ^{ABCD}	96,20 \pm 0,70 ^{ABCD}	149,60 \pm 2,10 ^{EF}	26,43 \pm 1,36 ^{ABC}
EEA	CM-09-008	11 g9	10,59 \pm 0,00 ^{PQR}	87,55 \pm 0,20 ^{ABCDEFG}	97,33 \pm 0,33 ^{ABCD}	133,33 \pm 2,07 ^{GHIJKL}	21,67 \pm 1,61 ^{ABC}
EEA	CM-09-009	11 g10	9,68 \pm 0,01 ^V	91,15 \pm 0,70 ^{ABCD}	96,19 \pm 1,31 ^{ABCD}	126,43 \pm 2,07 ^{IKLMNO}	34,43 \pm 1,15 ^{ABC}
EEA	CM-09-010	11 g11	10,04 \pm 0,00 ^U	88,41 \pm 1,04 ^{ABCDEFG}	99,33 \pm 0,33 ^A	94,50 \pm 2,10 ^{TUVWX}	34,49 \pm 1,03 ^{ABC}
EEA	INIAP-CALICUCHIMA	11 g12	10,52 \pm 0,08 ^R	87,60 \pm 0,29 ^{ABCDEFG}	95,23 \pm 0,73 ^{ABCD}	160,50 \pm 0,00 ^{BCDE}	25,31 \pm 0,04 ^{ABCD}
EEA	INIAP-TERAN	11 g13	10,56 \pm 0,01 ^{QR}	86,10 \pm 0,70 ^{CDEFGH}	99,00 \pm 0,50 ^A	84,30 \pm 2,10 ^{WXYZ}	18,65 \pm 1,70 ^{ABCD}

Tabla 3.5. Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada (continuación...)

Localidad	Genotipos	Código	Porcentaje de Proteína (%)	Recuperación maltera (%)	Índice de harinosidad (su)	Poder diastásico (° L)	Contenido de α -amilasa (UD)
EEA	METCALFE	11 g14	10,06 \pm 0,05 ^U	88,31 \pm 0,91 ^{ABCDEFG}	98,37 \pm 0,63 ^{ABC}	172,07 \pm 2,03 ^{AB}	34,32 \pm 1,38 ^{ABCD}
EEA	SCARLET	11 g15	9,35 \pm 0,01 ^{XY}	91,22 \pm 0,16 ^{ABCD}	98,87 \pm 0,63 ^A	93,37 \pm 2,13 ^{TUVWX}	34,66 \pm 0,70 ^{ABCD}
EESC	CLIPPER	12 g1	8,43 \pm 0,02 ^{cd}	90,61 \pm 0,27 ^{ABCDE}	96,50 \pm 2,00 ^{ABCD}	93,23 \pm 2,07 ^{TUVWX}	18,77 \pm 1,47 ^{ABCD}
EESC	CM-09-001	12 g2	8,38 \pm 0,00 ^{de}	88,37 \pm 1,33 ^{ABCDEFG}	98,50 \pm 0,00 ^{AB}	55,70 \pm 2,10 ^c	26,89 \pm 0,43 ^{ABCD}
EESC	CM-09-002	12 g3	8,26 \pm 0,01 ^e	90,46 \pm 0,07 ^{ABCDE}	95,83 \pm 0,33 ^{ABCD}	102,40 \pm 2,10 ^{RSTU}	21,98 \pm 0,99 ^{ABCD}
EESC	CM-09-003	12 g4	9,69 \pm 0,02 ^V	87,86 \pm 0,22 ^{ABCDEFG}	94,33 \pm 0,33 ^{ABCD}	107,50 \pm 2,10 ^{QRS}	21,99 \pm 0,99 ^{ABCD}
EESC	CM-09-004	12 g5	9,11 \pm 0,04 ^Z	87,3 \pm 0,51 ^{ABCDEFG}	98,33 \pm 0,33 ^{ABC}	82,57 \pm 2,13 ^{XYZ}	27,08 \pm 0,05 ^{ABCD}
EESC	CM-09-005	12 g6	9,81 \pm 0,02 ^V	86,62 \pm 0,00 ^{BCDEFGH}	99,33 \pm 0,33 ^A	59,43 \pm 2,17 ^{bc}	22,11 \pm 0,74 ^{ABCD}
EESC	CM-09-006	12 g7	8,57 \pm 0,02 ^{bc}	86,98 \pm 1,46 ^{BCDEFGH}	97,83 \pm 0,33 ^{ABC}	69,90 \pm 2,10 ^{ab}	22,01 \pm 0,95 ^{ABCD}
EESC	CM-09-007	12 g8	9,48 \pm 0,04 ^{WX}	88,44 \pm 0,89 ^{ABCDEFG}	99,83 \pm 0,33 ^A	57,40 \pm 2,10 ^{bc}	18,82 \pm 1,36 ^{ABCD}
EESC	CM-09-008	12 g9	9,19 \pm 0,01 ^{YZ}	87,68 \pm 0,35 ^{ABCDEFG}	99,00 \pm 0,50 ^A	80,40 \pm 2,10 ^{YZa}	26,98 \pm 0,25 ^{ABCD}
EESC	CM-09-009	12 g10	8,42 \pm 0,01 ^{cde}	90,63 \pm 0,04 ^{ABCDE}	96,67 \pm 0,17 ^{ABCD}	62,00 \pm 2,10 ^{bc}	26,89 \pm 0,43 ^{ABCD}
EESC	CM-09-010	12 g11	8,94 \pm 0,02 ^a	83,85 \pm 0,00 ^{GH}	97,53 \pm 0,53 ^{ABC}	63,17 \pm 2,13 ^{bc}	35,54 \pm 1,06 ^{BCD}

Tabla 3.5. Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de Proteína (%)	Recuperación maltera (%)	Índice de harinosidad / (su)	Poder diastásico (° L)	Contenido de α -amilasa (UD)
EESC	INIAP-CALICUCHIMA	12 g12	8,37 \pm 0,01 ^{de}	87,75 \pm 0,81 ^{ABCDEF}	99,33 \pm 0,17 ^A	117,50 \pm 2,10 ^{MNOPQ}	35,33 \pm 0,64 ^{CD}
EESC	INIAP-TERAN	12 g13	9,51 \pm 0,01 ^w	88,25 \pm 0,10 ^{ABCDEF}	97,13 \pm 0,87 ^{ABCD}	63,17 \pm 2,13 ^{bc}	18,89 \pm 1,23 ^{DE}
EESC	METCALFE	12 g14	9,30 \pm 0,06 ^Y	85,97 \pm 0,25 ^{DEFGH}	99,83 \pm 0,33 ^A	102,80 \pm 2,10 ^{RSTU}	35,38 \pm 0,74 ^{DE}
EESC	SCARLET	12 g15	8,59 \pm 0,06 ^b	86,55 \pm 0,21 ^{BCDEFGH}	99,33 \pm 0,33 ^A	77,20 \pm 2,10 ^{Za}	52,78 \pm 3,18 ^{DE}
UTN	CLIPPER	13 g1	13,91 \pm 0,01 ^B	87,76 \pm 1,03 ^{ABCDEF}	95,40 \pm 0,10 ^{ABCD}	141,60 \pm 2,10 ^{FG}	21,99 \pm 0,98 ^{DE}
UTN	CM-09-001	13 g2	12,93 \pm 0,03 ^E	90,62 \pm 1,64 ^{ABCDE}	92,33 \pm 0,33 ^{BCD}	112,90 \pm 2,10 ^{PQR}	21,93 \pm 1,10 ^{DE}
UTN	CM-09-002	13 g3	11,89 \pm 0,07 ^{KL}	85,41 \pm 0,98 ^{EFGH}	99,13 \pm 0,13 ^A	131,73 \pm 2,07 ^{GHIJKL}	18,75 \pm 1,50 ^{DE}
UTN	CM-09-003	13 g4	13,19 \pm 0,07 ^D	91,75 \pm 1,50 ^{AB}	92,07 \pm 0,43 ^{CD}	168,63 \pm 2,07 ^{ABC}	21,91 \pm 1,14 ^{DE}
UTN	CM-09-004	13 g5	12,09 \pm 0,04 ^J	91,64 \pm 0,01 ^{AB}	99,83 \pm 0,33 ^A	138,70 \pm 2,10 ^{FGHI}	21,97 \pm 1,02 ^{DE}
UTN	CM-09-005	13 g6	13,04 \pm 0,03 ^{DE}	90,86 \pm 0,27 ^{ABCD}	96,83 \pm 0,33 ^{ABCD}	91,93 \pm 2,17 ^{UVWXYZ}	27,20 \pm 0,18 ^{DE}
UTN	CM-09-006	13 g7	13,57 \pm 0,02 ^C	86,15 \pm 0,79 ^{CDEFGH}	99,43 \pm 0,07 ^A	59,00 \pm 2,10 ^{bc}	22,06 \pm 0,83 ^{DEF}
UTN	CM-09-007	13 g8	13,07 \pm 0,03 ^{DE}	86,58 \pm 1,15 ^{BCDEFGH}	99,67 \pm 0,08 ^A	163,90 \pm 2,10 ^{BCD}	35,32 \pm 0,62 ^{DEF}
UTN	CM-09-008	13 g9	13,79 \pm 0,03 ^B	90,11 \pm 0,08 ^{ABCDE}	99,23 \pm 0,27 ^A	129,00 \pm 2,10 ^{GHIJKLMN}	26,92 \pm 0,37 ^{DEF}

Tabla 3.5. Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de Proteína (%)	Recuperación maltera (%)	Índice de harinosidad (su)	Poder diastásico (° L)	Contenido de α -amilasa (UD)
UTN	CM-09-009	13 g10	13,17 \pm 0,13 ^D	91,24 \pm 0,08 ^{ABCD}	96,33 \pm 0,33 ^{ABCD}	134,30 \pm 2,10 ^{GHIJK}	26,85 \pm 0,51 ^{DEF}
UTN	CM-09-010	13 g11	15,65 \pm 0,01 ^A	92,47 \pm 0,45 ^A	95,22 \pm 0,72 ^{ABCD}	87,30 \pm 2,10 ^{VWXYZ}	26,91 \pm 0,39 ^{DEF}
UTN	INIAP-CALICUCHIMA	13 g12	12,75 \pm 0,03 ^{FG}	88,16 \pm 0,62 ^{ABCDEFG}	97,67 \pm 0,17 ^{ABC}	160,90 \pm 2,10 ^{BCDE}	35,28 \pm 0,54 ^{DEF}
UTN	INIAP-TERAN	13 g13	13,50 \pm 0,06 ^C	87,64 \pm 0,28 ^{ABCDEFG}	97,8 \pm 0,30 ^{ABC}	137,50 \pm 2,10 ^{FGHIJ}	35,43 \pm 0,84 ^{EFG}
UTN	METCALFE	13 g14	13,75 \pm 0,03 ^B	91,03 \pm 0,62 ^{ABCD}	99,53 \pm 0,03 ^A	159,60 \pm 2,10 ^{BCDE}	21,95 \pm 1,06 ^{EFG}
UTN	SCARLET	13 g15	13,09 \pm 0,01 ^{DE}	88,64 \pm 1,09 ^{ABCDEFG}	99,61 \pm 0,11 ^A	134,60 \pm 2,10 ^{GHIJK}	21,95 \pm 1,05 ^{EFG}
LAGUACOTO	CLIPPER	14 g1	11,74 \pm 0,02 ^L	84,3 \pm 0,29 ^{FGH}	98,23 \pm 0,23 ^{ABC}	104,90 \pm 2,10 ^{QRST}	35,18 \pm 0,35 ^{FG}
LAGUACOTO	CM-09-001	14 g2	12,60 \pm 0,08 ^{GH}	87,89 \pm 0,28 ^{ABCDEFG}	98,17 \pm 0,17 ^{ABC}	88,17 \pm 2,13 ^{VWXYZ}	26,99 \pm 0,22 ^G
LAGUACOTO	CM-09-002	14 g3	12,13 \pm 0,00 ^U	91,42 \pm 0,98 ^{ABC}	95,73 \pm 0,73 ^{ABCD}	168,3 \pm 2,10 ^{ABCD}	26,86 \pm 0,49 ^G
LAGUACOTO	CM-09-003	14 g4	12,76 \pm 0,07 ^F	86,52 \pm 0,06 ^{BCDEFGH}	100,00 \pm 0,33 ^A	116,6 \pm 2,10 ^{NOPQ}	27,03 \pm 0,15 ^G
LAGUACOTO	CM-09-004	14 g5	12,13 \pm 0,05 ^U	87,83 \pm 0,86 ^{ABCDEFG}	97,17 \pm 0,33 ^{ABCD}	99,60 \pm 2,10 ^{STUV}	26,88 \pm 0,45 ^G
LAGUACOTO	CM-09-005	14 g6	11,51 \pm 0,02 ^M	88,81 \pm 0,71 ^{ABCDEFG}	98,53 \pm 0,53 ^{AB}	116,83 \pm 2,07 ^{MNOPQ}	35,26 \pm 0,51 ^G
LAGUACOTO	CM-09-006	14 g7	10,74 \pm 0,00 ^{OP}	90,91 \pm 0,11 ^{ABCD}	100,00 \pm 0,33 ^A	114,23 \pm 2,07 ^{OPQR}	52,66 \pm 2,93 ^G

Tabla 3.5. Características físicas y químicas de varios genotipos de cebada malteada (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de Proteína (%)	Recuperación maltera (%)	Índice de harinosidad (su)	Poder diastásico (° L)	Contenido de α -amilasa (UD)
LAGUACOTO	CM-09-007	14 g8	11,81 \pm 0,06 L	88,04 \pm 0,17 ABCDEFG	98,13 \pm 0,37 ABC	116,63 \pm 2,07 MNOPQ	35,24 \pm 0,46 G
LAGUACOTO	CM-09-008	14 g9	12,25 \pm 0,03 I	90,51 \pm 0,09 ABCDE	96,43 \pm 0,07 ABCD	156,5 \pm 2,10 CDE	26,9 \pm 0,40 G
LAGUACOTO	CM-09-009	14 g10	11,05 \pm 0,11 N	89,04 \pm 0,48 ABCDEFG	99,03 \pm 0,03 A	126,73 \pm 2,07 HIJKLMNO	52,66 \pm 2,94 G
LAGUACOTO	CM-09-010	14 g11	11,77 \pm 0,02 L	91,27 \pm 0,07 ABCD	97,33 \pm 0,33 ABCD	180,4 \pm 2,10 A	26,9 \pm 0,40 G
LAGUACOTO	INIAP-CALICUCHIMA	14 g12	11,57 \pm 0,02 M	81,67 \pm 0,17 H	99,78 \pm 0,03 A	95,8 \pm 2,10 STUVW	18,85 \pm 1,31 H
LAGUACOTO	INIAP-TERAN	14 g13	12,02 \pm 0,01 JK	89,31 \pm 0,53 ABCDEF	97,58 \pm 0,58 ABC	129,23 \pm 2,07 GHIJKLM	52,66 \pm 2,92 H
LAGUACOTO	METCALFE	14 g14	12,50 \pm 0,03 H	89,34 \pm 0,48 ABCDEF	98,83 \pm 0,33 A	91,5 \pm 2,10 UVWXY	26,95 \pm 0,32 H
LAGUACOTO	SCARLET	14 g15	10,84 \pm 0,00 O	89,26 \pm 0,18 ABCDEFG	99,53 \pm 0,03 A	139,13 \pm 2,07 FGH	35,13 \pm 0,26 H

*Valores promedio de 3 repeticiones \pm la desviación estándar, / sin unidad (su), (° L) grados Lintner, (UD) unidades de dextrinificación. Prueba de Tukey al 5 %. Las primeras letras del abecedario en mayúsculas corresponden a rangos superiores obtenidos en cada variable y las letras minúsculas corresponden a rangos inferiores de la variable.

En la Tabla 3.5, la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 42 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubicó el tratamiento I3g11 (UTN + CM-09-010) con 15,65 % y en el menor promedio, el tratamiento I2g3 (EESC + CM-09-002) con 8,26 %.

Tabla 3.6. Esquema ADEVA para la variable porcentaje de proteína total

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	549,87			
Factor A (Localidades)	3	481,84	160,61	74935,56	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	24,4	1,74	813,16	<0,0001**
AxB	42	43,37	1,03	481,82	<0,0001**
Error	120	0,26	0,00		
Promedio:			11,18		
CV (%):			0,42		

En la Tabla 3.6., se detalla el Análisis de Varianza. Se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 0,42 %, con un promedio general de 11,08 % de proteína total. Es importante indicar que el contenido de proteína en el grano es un elemento que varía de acuerdo con las condiciones ecológicas y edafológicas del sitio y de las condiciones de fertilización y riego en que se cultivó la cebada, lo cual pudo incidir en la variabilidad de los resultados en cada localidad (Figueroa, 1985, p. 18)

3.2.2 RECUPERACIÓN MALTERA

De acuerdo con los rangos de calidad establecidos por la industria cervecera, un porcentaje de recuperación maltera aceptable es de aproximadamente 88,1 al 93,25 % (Figueroa, 1985, p. 97). En los resultados experimentales que se presentan en la Tabla 3.5, se observa, que el 18,33; 16,66 y 15 % de los genotipos en las localidades EEA, UTN y Laguacoto respectivamente, cumplen con el estándar establecido, mientras que en la EESC, el 15 % de los genotipos obtuvieron promedios bajo el 88,1 % de recuperación maltera.

En la Tabla 3.5, al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se evidencia una alta diferencia estadística para la interacción A x B. Se identificaron 14 rangos de significancia; en el mayor promedio, se ubica el tratamiento l3g11 (UTN + CM-09-010) con 92,47 % y en el menor valor, el tratamiento l4g12 (Laguacoto + INIAP-CALICUCHIMA) con 81,67 %. Según Figueroa (1985), una recuperación maltera del 90 % se considera como buena, puesto que pérdidas mayores al 10 % traen como consecuencia una disminución en el rendimiento del extracto. Cabe mencionar que las pérdidas en los granos de cebada, se originan durante el proceso de malteo, ya que la cebada realiza funciones biológicas, tales como la respiración, crecimiento de raíz y plúmula, lo cual puede influir en una reducción de las reservas alimenticias del grano que inciden en la pérdida del peso (p. 47). En el presente estudio se registran 37 genotipos con un porcentaje de recuperación maltera dentro del rango establecido.

En la Tabla 3.7 se detalla el Análisis de Varianza. Se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 1,79 %, con un promedio general de 88,63 %.

Tabla 3.7. Esquema ADEVA para la variable Recuperación maltera

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	1139,32			
Factor A (Localidades)	3	59,79	19,93	7,88	0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	125,19	8,94	3,54	0,0001**
AxB	42	650,97	15,5	6,13	<0,0001**
Error	120	303,37	2,53		
Promedio:			88,63		
CV (%):			1,79		

En este estudio se evidencia un promedio general del 88,63 % del total del material, cuyo valor restante corresponde al 1 % de pérdidas por plúmula, raíz y cascarilla y un 10,37 % por respiración, lo cual concuerda con otro autor que reporta una recuperación maltera del 88 % del total de material; donde el 12 %

restante, corresponde a pérdidas por malteo (1 % a pérdidas por plúmula, raíz y cascarilla y un 11 % por respiración) (Figuroa, 1985, p.47).

3.2.3 INDICE DE HARINOSIDAD

El índice de harinosidad fue considerado en este estudio para identificar la consistencia interna del endospermo y tener la ventaja de observar los resultados en forma global e interrelacionarlos con otros parámetros de calidad.

El índice de harinosidad de malta recomendado por la industria cervecera, debe alcanzar aproximadamente el 94 % de granos harinosos, 3 % de semivítreos y 3 % de vítreos. En la Tabla 3.5, se registra un total 3,33 % genotipos harinosos que obtuvieron un índice de harinosidad dentro de lo establecido; el 93,33 % de genotipos, corresponde a aquellos que alcanzaron valores superiores al establecido y el 3,34 % restante a valores inferiores. Es importante recalcar que en otras investigaciones realizadas, se registran maltas con un índice de harinosidad de 87 a 98,25 %. La optimización de la calidad maltera está de acuerdo con la dureza o consistencia del endospermo, la cual puede estar influenciada por factores genéticos, altos contenidos de proteínas y por los cambios producidos en la transformación del grano durante la germinación y el tostado. (Figuroa, 1985, p. 48 y 95).

Al aplicar Tukey, al 5 %, en la Tabla 3.5 se evidencia una alta diferencia estadística para la interacción A x B, se identificaron 7 rangos de significancia; en el primer promedio, se ubican los tratamientos l4g4 (Laguacoto + CM-09-003) y l4g7 (Laguacoto + CM-09-006) con 100 % y en menor valor, el tratamiento l1g2 (EEA+ CM-09-001) con 91,13 %. Según Figuroa (1985), en la germinación, el crecimiento adecuado de la plúmula implica buena modificación de las reservas del grano y una malta con granos de consistencia harinosa (p. 48). En el presente estudio se puede observar que la mayor parte de genotipos obtuvieron una consistencia harinosa.

En la Tabla 3.8 se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como, para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 1,91 %, con un promedio general de 97,86 % de recuperación maltera.

Tabla 3.8. Esquema ADEVA para la variable índice de harinosidad

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	327916,78			
Factor A (Localidades)	3	43,85	14,62	4,18	0,0075**
Factor B (Genotipos)	14	249,01	17,79	5,09	<0,0001**
AxB	42	447,29	10,65	3,05	<0,0001**
Error	120	419,53	23,5		
Promedio:			97,86		
CV (%):			1,91		

El promedio total en este estudio, refleja el 97,86 % de granos harinosos y el 2,14 % corresponde a granos semivítreos y vítreos; este valor concuerda con la literatura que establece un índice de harinosidad de hasta el 98,25 %. Cabe mencionar que el índice de harinosidad estima la optimización de la calidad maltera de acuerdo con la dureza o consistencia del endospermo, que constituye la reserva alimenticia del grano (Figuroa, 1985, p. 49).

3.2.4 PODER DIASTÁSICO

Es de los parámetros de mayor importancia en este estudio, ya que el poder diastásico es una propiedad que se atribuye a la malta y permite definir de manera más efectiva la calidad maltera. Este método valora el grado de rompimiento, el cual está en función de las enzimas que actúan durante la reacción hidrolítica sobre el almidón soluble (Figuroa, 1985, p. 60)

De acuerdo con los rangos de calidad establecidos por la industria cervecera, se establece un estándar de poder diastásico de 105 a 150 °L, sin embargo valores superiores también son considerados correctos (Figuroa, 1985, p. 70). En la Tabla 3.5, se evidencia que la localidad UTN, registró el 20 % de genotipos con

valores dentro del rango anteriormente indicado, le siguen las localidades de Laguacoto y EEA, con el 18,33 y 16,66 % respectivamente, mientras que en la localidad EESC, el 18,33 % de los genotipos reportan un poder diastásico inferior a 105 °L; sin embargo cabe mencionar que estudios realizados en malta por otros autores, registran valores de poder diastásico en un rango de 81,67 a 113 °L (Rivas et al, 2002).

Del análisis de la prueba de Tukey, al 5 %, en la Tabla 3.5 se identificaron 40 rangos de significancia. El mayor valor promedio, se ubica en el tratamiento I4g11 (LAGUACOTO + CM-09-010) con 180,4 °L y con el menor valor, el tratamiento I2g2 (EESC + CM-09-001) con 55,7 °L. Se observa que el mayor valor promedio, es incluso mayor al estándar establecido para poder diastásico, por lo que se puede aducir, que el tratamiento I4g11 en particular logró transformar de manera óptima los almidones en azúcares reductores (Figuroa, 1985, p. 60).

En la Tabla 3.9, se detalla el Análisis de Varianza, se observaron diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 3,23 %, con un promedio general de 114,5 °L de poder diastásico.

Tabla 3.9. Esquema ADEVA para la variable para poder diastásico

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	199521,92			
Factor A (Localidades)	3	74178,73	24726,24	1812,15	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	35416,69	2529,76	185,4	<0,0001**
AxB	42	88289,14	2102,12	154,06	<0,0001**
Error	120	1637,36	13,64		
Promedio:			114,5		
CV (%):			3,23		

La alta variabilidad encontrada en los resultados pudo estar influenciada por los procesos que forman parte del malteo, ya que el poder diastásico se hace evidente al momento de la germinación; los granos que no germinan, además de

llevar a la formación de microorganismos, pueden ser perjudiciales y bajan el poder diastásico de la malta que integran (Figueroa, 1985, p. 61).

3.2.5 CONTENIDO DE α -AMILASA

Este parámetro se evaluó con el fin de determinar la actividad enzimática, que tiene relación en forma directa con la cantidad de α -amilasa presente en los genotipos malteados; la misma que actúa sobre el almidón durante el proceso de maceración. De acuerdo con los rangos de calidad establecidos por la industria cervecera, un contenido de α -amilasa oscila entre 24 a 39 UD (Figueroa, 1985, p. 57). En general en la Tabla 3.5, el 18,33 % de genotipos de la localidad Laguacoto, alcanzaron valores dentro rango establecido del contenido de α -amilasa, le siguen las localidades UTN y EESC con el 11,66 %, finalmente la localidad EEA, que obtuvo el 10 % de valores con un contenido de α -amilasa dentro del estándar.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 %, de la Tabla 3.5; se identificaron 23 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubica el tratamiento I2g1 (EESC+ CLIPPER) con 14,91 UD y en menor valor, el tratamiento I4g15 (Laguacoto+ Scarlet) con 52,78 UD. En base a los datos que reportan los tratamientos, se observa que del total de los genotipos, el 6,66 % presentan valores sobre las 39 UD y el 41,66 % con valores bajo las 24 UD.

En la Tabla 3.10, se detalla el Análisis de Varianza, se observaron diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 8,57 %, con un promedio general de 27,78 UD.

Tabla 3.10. Esquema ADEVA para la variable α -amilasa

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	14825,47			
Factor A (Localidades)	3	2373,18	791,06	139,64	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	3398,25	242,73	42,85	<0,0001**
AxB	42	8374,26	199,39	35,2	<0,0001**
Error	120	679,78	5,66		
Promedio:			27,78		
CV (%):			8,57		

Se puede observar una alta variabilidad estadística en relación al contenido de α -amilasa en el comportamiento de los genotipos y localidades; cabe mencionar que al igual que el poder diastásico, este parámetro actúa durante la germinación, por lo que las condiciones del malteo, al igual que la inestabilidad de la temperatura durante el macerado, pueden incidir en la actividad de la α -amilasa, cuya acción óptima en la transformación de la malta en mosto, es de 65 a 67 °C (Figueroa, 1985, p. 57; Gigliarelli, 2008)

3.3 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL MOSTO

Con el fin de proporcionar un ambiente óptimo para la actividad de las enzimas durante el proceso de maceración, se aplicó un programa de temperaturas de 45 a 70 °C, que permitió controlar las condiciones de maceración de los genotipos malteados y su posterior transformación en mosto. De acuerdo con Romain (2010), la maceración de la malta da como resultado un líquido rico en azúcares fermentables, aminoácidos y péptidos asimilables por la levadura, el cual es conocido como el mosto (p. 202).

En la Tabla 3.11 se reportan los resultados obtenidos por los mostos de los genotipos cultivados en las 4 localidades. Se analizaron los siguientes parámetros físicos: porcentaje de extracto, tiempo de conversión, velocidad de filtración y turbidez.

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
EEA	CLIPPER	11 g1	76,94 ± 1,28 DEFGHIJKLMNO	9,00 ± 1,00 ABC	21,00 ± 1,00 AB	5,33 ± 0,33 AB
EEA	CM-09-001	11 g2	75,93 ± 1,28 EFGHIJKLMNQRSTU	5,33 ± 0,33 ABC	29,00 ± 0,00 EFGHIJ	5,67 ± 0,67 ABC
EEA	CM-09-002	11 g3	72,21 ± 1,28 STUWXYZa	13,67 ± 1,33 CDEF	39,33 ± 0,33 OPQR	50,00 ± 0,00 O
EEA	CM-09-003	11 g4	77,45 ± 1,29 CDEFGHIJKLMN	10,00 ± 0,00 ABCDEF	21,00 ± 0,00 AB	13,67 ± 0,33 EFGH
EEA	CM-09-004	11 g5	78,44 ± 1,28 BCDEFGHIJ	14,67 ± 0,33 CDEF	48,67 ± 0,33 UV	24,00 ± 0,00 KLM
EEA	CM-09-005	11 g6	77,61 ± 1,28 BCDEFGHIJKLM	11,33 ± 1,33 BCDEF	45,33 ± 0,33 STU	5,00 ± 0,00 A
EEA	CM-09-006	11 g7	81,93 ± 1,26 B	5,00 ± 0,00 A	55,33 ± 0,33 WX	16,33 ± 0,33 EFGHI
EEA	CM-09-007	11 g8	75,62 ± 1,27 GHIJKLMNQRSTUW	7,00 ± 0,00 AB	23,00 ± 0,00 ABC	4,67 ± 0,33 A
EEA	CM-09-008	11 g9	74,84 ± 1,27 IJKLMNQRSTUWX	10,67 ± 0,67 ABCDEF	24,33 ± 0,33 BCD	5,00 ± 0,00 A
EEA	CM-09-009	11 g10	81,80 ± 1,28 BC	5,67 ± 0,67 AB	31,67 ± 0,33 IJKL	10,67 ± 1,33 ABCDEF
EEA	CM-09-010	11 g11	75,05 ± 1,27 HIJKLMNQRSTUWX	14,00 ± 1,00 CDEF	19,67 ± 0,33 A	5,33 ± 0,33 AB

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
EEA	INIAP-CALICUCHIMA	11 g12	73,98 ± 1,28 KLMNOPQRSTUWX	7,00 ± 0,00 AB	21,00 ± 0,00 AB	5,67 ± 0,67 ABC
EEA	INIAP-TERAN	11 g13	71,5 ± 1,27 WXYZab	14,00 ± 1,00 CDEF	24,67 ± 0,33 BCDE	5,00 ± 0,00 A
EEA	METCALFE	11 g14	39,05 ± 1,15 d	5,67 ± 0,67 AB	23,00 ± 0,00 ABC	4,67 ± 0,33 A
EEA	SCARLET	11 g15	80,22 ± 1,3 BCDE	7,33 ± 0,33 AB	27,67 ± 0,33 DEFGHI	6,33 ± 1,33 ABCD
EESC	CLIPPER	12 g1	75,64 ± 1,27 GHIJKLMNOPQRSTUW	14,67 ± 0,33 CDEF	27,67 ± 0,33 DEFGHI	12,00 ± 1,00 CDEFG
EESC	CM-09-001	12 g2	73,81 ± 1,27 LMNOPQRSTUWX	14,00 ± 1,00 CDEF	50,67 ± 0,33 V	21,33 ± 0,67 IJKL
EESC	CM-09-002	12 g3	72,11 ± 1,27 TUWXYZa	14,00 ± 1,00 CDEF	23,33 ± 0,33 ABCD	19,67 ± 0,33 HIJK
EESC	CM-09-003	12 g4	75,81 ± 1,27 FGHIJKLMNOPQRSTUW	14,00 ± 1,00 CDEF	22,33 ± 0,33 ABC	21,00 ± 2,00 IJKL
EESC	CM-09-004	12 g5	72,6 ± 1,29 QRSTUVWXYZ	16,00 ± 1,00 F	25,33 ± 0,33 BCDEFG	27,00 ± 0,00 LM
EESC	CM-09-005	12 g6	89,14 ± 1,34 A	15,33 ± 0,33 DEF	70,00 ± 0,00 a	45,67 ± 0,67 NO
EESC	CM-09-006	12 g7	76,24 ± 1,28 DEFGHIJKLMNOPQRST	14,33 ± 0,67 CDEF	26,33 ± 0,33 CDEFGH	40,33 ± 0,33 N

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
EESC	CM-09-007	12 g8	80,07 ± 1,29 ^{BCDEF}	15,33 ± 0,33 ^{DEF}	70,00 ± 0,00 ^a	5,00 ± 0,00 ^A
EESC	CM-09-008	12 g9	73,57 ± 1,28 ^{MNOPQRSTUVWXYZ}	16,00 ± 1,00 ^F	50,00 ± 0,00 ^V	11,67 ± 0,67 ^{BCDEF}
EESC	CM-09-009	12 g10	80,51 ± 1,29 ^{BCD}	14,67 ± 0,33 ^{CDEF}	29,67 ± 0,33 ^{GHIJ}	12,00 ± 0,00 ^{CDEFG}
EESC	CM-09-010	12 g11	76,6 ± 1,30 ^{DEFGHIJKLMNOPQR}	15,00 ± 0,00 ^{CDEF}	32,33 ± 0,33 ^{JKL}	17,00 ± 0,00 ^{FGHIJ}
EESC	INIAP-CALICUCHIMA	12 g12	76,04 ± 1,28 ^{EFGHIJKLMNOPQRSTU}	15,67 ± 0,67 ^{EF}	43,00 ± 1,00 ^{QRST}	22,00 ± 0,00 ^{IJKL}
EESC	INIAP-TERAN	12 g13	76,5 ± 1,30 ^{DEFGHIJKLMNOPQRS}	15,00 ± 0,00 ^{CDEF}	32,33 ± 0,33 ^{JKL}	5,33 ± 0,33 ^{AB}
EESC	METCALFE	12 g14	80,14 ± 1,29 ^{BCDEF}	7,00 ± 0,00 ^{AB}	43,33 ± 0,33 ^{RST}	18,33 ± 0,33 ^{GHIJK}
EESC	SCARLET	12 g15	79,27 ± 1,28 ^{BCDEFGH}	10,00 ± 0,00 ^{ABCDEF}	25,33 ± 0,33 ^{BCDEFG}	24,33 ± 0,33 ^{KLM}
UTN	CLIPPER	13 g1	77,22 ± 1,28 ^{DEFGHIJKLMN}	9,33 ± 0,33 ^{ABCD}	39,33 ± 0,33 ^{OPQR}	5,67 ± 0,67 ^{ABC}
UTN	CM-09-001	13 g2	73,15 ± 1,27 ^{NOPQRSTUVWXYZ}	10,33 ± 0,67 ^{ABCDEF}	60,00 ± 0,00 ^Y	10,00 ± 0,00 ^{ABCDE}

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
UTN	CM-09-002	13 g3	73,04 ± 1,28 OPQRSTUVWXYZ	9,33 ± 1,33 ABCD	25,00 ± 1,00 BCDEFF	5,00 ± 0,00 A
UTN	CM-09-003	13 g4	74,62 ± 1,26 JKLMNOPQRSTUWX	6,00 ± 2,00 AB	42,33 ± 0,33 PQRS	6,33 ± 1,33 ABCD
UTN	CM-09-004	13 g5	69,25 ± 1,28 Yzab	6,33 ± 0,67 AB	34,33 ± 0,33 KLMN	5,67 ± 0,67 ABC
UTN	CM-09-005	13 g6	68,23 ± 1,33 ab	14,00 ± 1,00 CDEF	60,00 ± 0,00 Y	12,00 ± 0,00 CDEFG
UTN	CM-09-006	13 g7	71,86 ± 1,28 UWXYZab	9,67 ± 0,33 ABCDE	60,00 ± 0,00 Y	5,67 ± 0,67 ABC
UTN	CM-09-007	13 g8	70,99 ± 1,29 XYZab	7,00 ± 0,00 AB	60,00 ± 0,00 Y	5,67 ± 0,67 ABC
UTN	CM-09-008	13 g9	72,94 ± 1,21 PQRSTUVWXYZ	7,00 ± 0,00 AB	29,33 ± 0,33 FGHIJ	5,67 ± 0,67 ABC
UTN	CM-09-009	13 g10	67,58 ± 1,27 b	10,00 ± 0,00 ABCDEF	35,33 ± 0,33 LMNO	5,00 ± 0,00 A
UTN	CM-09-010	13 g11	76,72 ± 1,28 DEFGHIJKLMNOPQ	14,33 ± 0,67 CDEF	44,00 ± 1,00 ST	4,67 ± 0,33 A
UTN	INIAP-CALICUCHIMA	13 g12	68,83 ± 1,27 Zab	10,00 ± 0,00 ABCDEF	33,33 ± 0,33 JKLM	5,33 ± 0,33 AB
UTN	INIAP-TERAN	13 g13	71,80 ± 1,27 UWXYZab	14,67 ± 0,33 CDEF	37,33 ± 0,33 NMO	5,00 ± 0,00 A

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
UTN	METCALFE	13 g14	76,15 ± 1,27 ^{EFHGHIJKLMNOPQRSTU}	5,33 ± 0,33 ^{AB}	38,00 ± 1,00 ^{NOP}	5,33 ± 0,33 ^{AB}
UTN	SCARLET	13 g15	72,36 ± 1,28 ^{RSTUWXYZa}	9,67 ± 0,33 ^{ABCDE}	47,33 ± 0,33 ^{TUV}	12,00 ± 0,00 ^{CDEFG}
LAGUACOTO	CLIPPER	14 g1	78,44 ± 1,26 ^{BCDEFGHIJ}	9,67 ± 0,33 ^{ABCDE}	26,67 ± 0,33 ^{CDEFGH}	4,67 ± 0,33 ^A
LAGUACOTO	CM-09-001	14 g2	77,03 ± 1,28 ^{DEFGHIJKLMNOP}	10,00 ± 0,00 ^{ABCDEF}	37,33 ± 0,33 ^{MNO}	5,33 ± 0,33 ^{AB}
LAGUACOTO	CM-09-002	14 g3	78,20 ± 1,26 ^{BCDEFGHIJK}	13,67 ± 1,33 ^{CDEF}	34,33 ± 0,33 ^{KLMN}	6,33 ± 1,33 ^{ABCD}
LAGUACOTO	CM-09-003	14 g4	77,38 ± 1,29 ^{DEFGHIJKLMNO}	15,00 ± 0,00 ^{CDEF}	35,33 ± 0,33 ^{LMNO}	29,67 ± 0,33 ^M
LAGUACOTO	CM-09-004	14 g5	79,10 ± 1,26 ^{BCDEFGHI}	10,00 ± 0,00 ^{ABCDEF}	32,00 ± 1,00 ^{IJKL}	10,00 ± 0,00 ^{ABCDE}
LAGUACOTO	CM-09-005	14 g6	80,58 ± 1,25 ^{BCD}	5,33 ± 0,33 ^{AB}	49,00 ± 1,00 ^{UV}	11,00 ± 0,00 ^{ABCDEF}
LAGUACOTO	CM-09-006	14 g7	73,03 ± 1,26 ^{OPQRSTUVWXYZ}	6,33 ± 1,33 ^{AB}	34,67 ± 0,33 ^{KLMN}	17,00 ± 0,00 ^{FGHIJ}
LAGUACOTO	CM-09-007	14 g8	80,19 ± 1,25 ^{BCDE}	10,00 ± 0,00 ^{ABCDEF}	65,33 ± 0,33 ^Z	5,33 ± 0,33 ^{AB}
LAGUACOTO	CM-09-008	14 g9	51,22 ± 1,27 ^c	15,00 ± 0,00 ^{CDEF}	30,33 ± 0,33 ^{HUIK}	5,33 ± 0,33 ^{AB}

Tabla 3.11. Características físicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (continuación...)

Localidad	Genotipo	Código	Porcentaje de extracto* (%)	Tiempo de conversión (min)	Velocidad de filtración (min)	Turbidez (FAU)/
LAGUACOTO	CM-09-009	14 g10	77,99 ± 1,24 ^{BCDEFGHIJKL}	5,33 ± 0,33 ^{AB}	25,33 ± 0,33 ^{BCDEFG}	5,33 ± 0,33 ^{AB}
LAGUACOTO	CM-09-010	14 g11	75,33 ± 1,28 ^{GHIJKLMNQRSTUWX}	14,33 ± 0,67 ^{CDEF}	51,33 ± 0,33 ^{VW}	5,67 ± 0,67 ^{ABC}
LAGUACOTO	INIAP-CALJUCUHIMA	14 g12	77,09 ± 1,26 ^{DEFGHIJKLMN}	14,67 ± 0,33 ^{CDEF}	58,33 ± 0,33 ^{XY}	23,67 ± 0,33 ^{KLM}
LAGUACOTO	INIAP-TERAN	14 g13	72,91 ± 1,26 ^{PQRSTUWXYZ}	15,33 ± 0,33 ^{DEF}	24,33 ± 0,33 ^{BCD}	23,00 ± 1,00 ^{JKL}
LAGUACOTO	METCALFE	14 g14	78,14 ± 1,28 ^{BCDEFGHIJKL}	5,33 ± 0,33 ^{AB}	32,67 ± 0,33 ^{JKL}	12,67 ± 0,33 ^{DEFG}
LAGUACOTO	SCARLET	14 g15	79,56 ± 1,25 ^{BCDEFG}	9,00 ± 1,00 ^{ABC}	38,67 ± 0,33 ^{NO PQ}	6,00 ± 1,00 ^{ABC}

* Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar, /Unidades de atenuación de formacina (FAU). Prueba de Tukey al 5 %.

Las primeras letras del abecedario en mayúsculas corresponden a rangos superiores obtenidos en cada variable y las letras minúsculas corresponden a rangos inferiores de la variable.

3.3.1 PORCENTAJE DE EXTRACTO

El porcentaje de extracto ha sido contemplado dentro del presente estudio, ya que constituye un conjunto de sólidos solubles que fluyen del grano malteado al líquido de cocimiento, lo cual es de gran importancia para el rendimiento industrial; por esta razón, se desarrollan mejoramientos genéticos que incrementen el porcentaje de extracción sin alterar los niveles de las actividades diastásicas. (Figuroa, 1985, p. 50)

Figuroa (1985), indica que el valor medio en porcentaje de extracto para cebada, fluctúa entre 74,4 a 78,4 % (p. 52). En la Tabla 3.11, se observa que la localidad que presenta la mayor cantidad de genotipos con un porcentaje de extracto dentro del valor medio, es Laguacoto con el 15 %. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 44 rangos de significancia. En el mayor promedio, se ubica el tratamiento l2g6 (EESC +CM-09-005) 89,14 % y con el menor valor, el tratamiento l4g9 (Laguacoto + CM-09-008) con 51,22 %.

Tabla 3.12. Esquema ADEVA para la variable porcentaje de extracto

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	8446,15			
Factor A (Localidades)	3	595,12	198,37	122,79	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	1605,67	114,69	70,99	<0,0001**
AxB	42	6051,49	144,08	89,18	<0,0001**
Error	120	193,87	1,62		
Promedio:			74,86		
CV (%):			3,61		

En la Tabla 3.14, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como, para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 1,70 %, con un promedio general de 74,86 % de extracto. La variabilidad y el bajo porcentaje que se reporta en los genotipos en relación a este parámetro, se pueden deber a las condiciones que influyen en las transformaciones fisicoquímicas del almidón, durante el proceso de maceración, como son, el grado

de molienda, la dilución de la muestra y la relación temperatura-tiempo (Figuroa, 1985, p. 50)

3.3.2 TIEMPO DE CONVERSIÓN

El tiempo de conversión es un parámetro que está vinculado a la calidad maltera; es de gran utilidad, ya que estima la velocidad de hidrólisis en el almidón durante el curso de la digestión en el macerador (Coca, et al., 1988, p.154). De acuerdo con los rangos de calidad establecidos por la industria cervecera, el tiempo de conversión puede variar entre 5, 7 y 10 min como máximo (Figuroa, 1985, p. 54)

En la Tabla 3.11, con respecto a este parámetro, se evidencia que la localidad que obtuvo el mayor número de genotipos con un tiempo de conversión dentro del establecido, fue la localidad UTN con el 18,33 %; le siguen las localidades de Laguacoto y EEA con el 15 y 13,33 % respectivamente, mientras que en la EESC, solamente el 3,33 % de genotipos alcanzaron la conversión del almidón en azúcares durante la maceración. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 9 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubicó el tratamiento I1g7 (EEA+ óCM-09-006) con 5 min y en menor valor, los tratamientos I2g5 (EESC + CM-09-004) y I2g9 (EESC + CM-09-008) con 16 min.

Tabla 3.13. Esquema ADEVA para la variable tiempo de conversión

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	2831,78			
Factor A (Localidades)	3	646,67	215,56	60,82	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	883,61	63,12	17,81	<0,0001**
AxB	42	876,17	20,86	5,89	<0,0001**
Error	120	425,33	3,54		
Promedio:			10,88		
CV (%):			17,29		

En la Tabla 3.12, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipo), así como

para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 17,29 % con un promedio general de 10,88 min.

La prueba del tiempo de conversión se da por terminada, cuando al llegar a los 70 °C, la solución de yodo al entrar en contacto con la mezcla de malta y agua destilada, alcanzan el punto acrómico, en un tiempo máximo de 5 a 10 min; un lapso superior a lo establecido, puede implicar una deficiencia de las enzimas α y β amilasas que transforman el almidón soluble en azúcares (Reyes, 2015, p. 2). Cabe mencionar que el factor que influye en el tiempo de conversión es la molienda, si ésta es gruesa, la extracción de azúcares será escasa y el rendimiento del grano será bajo, lo cual influenciará de manera negativa en la calidad final del mosto (Gigliarelli, 2008).

3.3.3 VELOCIDAD DE FILTRACIÓN

Este parámetro ha sido incluido en este estudio, con el fin de conocer el grado de viscosidad del mosto en función de las partículas grandes y cascarilla que lo conforman durante el filtrado. Según Figueroa (1985), la velocidad de filtración puede ser hasta 60 min máximo (p. 54). En la Tabla 3.11, se evidencia que el 91,66 % de los genotipos alcanzaron tiempos dentro de los 60 min establecidos. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 37 rangos de significancia.

En el primer promedio, se ubica el tratamiento l1g11 (EEA +CM-09-010) con 19,67 min y con el menor valor, los tratamientos l2g6 (EESC+ CM-09-005) y l2g8 (EESC+ CM-09-007), con 70 min.

En la Tabla 3.13, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como, para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 3,61 %, con un promedio general de 37,46 min.

Tabla 3.14. Esquema ADEVA para la variable velocidad de filtración

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	32376,73			
Factor A (Localidades)	3	3760,15	1253,38	685,74	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	12701,14	907,22	496,35	<0,0001**
AxB	42	15696,1	373,72	204,47	<0,0001**
Error	120	219,33	1,83		
Promedio:			37,46		
CV (%):			3,61		

La variabilidad encontrada en los valores con respecto a la velocidad de filtración, puede atribuirse a fluctuaciones en el tiempo de maceración y por otro lado, al tipo de molienda aplicada a los genotipos malteados (Figuroa, 1985, p. 54).

3.3.4 TURBIDEZ

Figuroa (1985) indica que la turbidez en el mosto debe ser brillante o ligeramente opalescente, lo cual corresponde a unidades de atenuación de formacina inferiores a 13 FAU (p. 55).

En la Tabla 3.11, al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 27 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubican los tratamientos I1g6, I1g9, I1g13 y I2g8, I3g3, I3g10 y I3g13l, con 5 FAU y en el último rango estadístico, el tratamiento I1g3 con 50 FAU. Es importante manifestar que generalmente los factores que producen turbidez en el mosto son la presencia de materia sin disolver, una deficiente modificación en el malteo, un secado incorrecto o una escasa modificación en el macerador; lo cual puede incidir directamente en la transparencia del líquido azucarado conocido como mosto (p.76). Se evidencia que con respecto a este parámetro, el 70 % de los mostos de los genotipos alcanzaron promedios dentro del valor establecido.

Tabla 3.15. Esquema ADEVA para la variable turbidez

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	19442			
Factor A (Localidades)	3	4349,91	1449,97	372,85	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	4387	313,36	80,58	<0,0001**
AxB	42	10238,42	243,77	62,68	<0,0001**
Error	120	466,67	3,89		
Promedio:			12,33		
CV (%):			15,99		

En la Tabla 3.15, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 15,99 %, con un promedio general de 12,33 FAU. Generalmente las sustancias que producen la turbidez son los almidones no convertidos y los almidones, lo que se traduce en bajo poder amilolítico (Figuroa, 1985, p. 55).

A continuación en la Tabla 3.16, se presentan los resultados obtenidos de los mostos de cada genotipo con respecto a los siguientes parámetros químicos: índice de Kolbach y porcentaje de proteína soluble.

Tabla 3.16. Características químicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados

Localidad	Genotipo	Código	Índice de Kolbach (%)	Porcentaje de Proteína Soluble (%)
EEA	CLIPPER	11 g1	34,42 ± 0,16 ^P	3,57 ± 0,00 ^{EFGHIJKL}
EEA	CM-09-001	11 g2	33,19 ± 0,19 ^{QR}	3,49 ± 0,00 ^{GHIJKL}
EEA	CM-09-002	11 g3	28,65 ± 0,00 ^b	2,79 ± 0,00 ^{MNOPQRS}
EEA	CM-09-003	11 g4	35,65 ± 0,02 ^{KLM}	3,67 ± 0,00 ^{DEFGHIJK}
EEA	CM-09-004	11 g5	30,87 ± 0,30 ^{UVW}	3,30 ± 0,00 ^{HIJKLMN}
EEA	CM-09-005	11 g6	36,58 ± 0,03 ^{HI}	4,02 ± 0,00 ^{CDEFG}
EEA	CM-09-006	11 g7	25,28 ± 0,23 ^g	2,54 ± 0,00 ^{PQRSTU}

Tabla 3.16. Características químicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (**continuación...**)

EEA	CM-09-007	11 g8	35,28	± 0,29	LMN	3,72	± 0,00	DEFGHIJ
EEA	CM-09-008	11 g9	35,16	± 0,00	NO	3,72	± 0,00	DEFGHIJ
EEA	CM-09-009	11 g10	32,96	± 0,03	QRST	3,19	± 0,00	IJKLMNOP
EEA	CM-09-010	11 g11	36,23	± 0,00	IJ	3,64	± 0,00	DEFGHIJK
EEA	INIAP-CALICUCHIMA	11 g12	34,81	± 0,27	OP	3,66	± 0,00	DEFGHIJK
EEA	INIAP-TERAN	11 g13	35,7	± 0,04	KL	3,77	± 0,00	DEFGHI
EEA	METCALFE	11 g14	21,14	± 0,11	j	2,13	± 0,00	UVW
EEA	SCARLET	11 g15	41,60	± 0,06	F	3,89	± 0,00	CDEFGH
EESC	CLIPPER	12 g1	36,84	± 0,09	H	3,11	± 0,00	KLMNOP
EESC	CM-09-001	12 g2	32,86	± 0,01	RST	2,75	± 0,00	MNOPQRST
EESC	CM-09-002	12 g3	33,36	± 0,04	Q	2,76	± 0,00	MNOPQRST
EESC	CM-09-003	12 g4	33,13	± 0,07	QR	3,21	± 0,00	IJKLMNOP
EESC	CM-09-004	12 g5	29,88	± 0,12	YZ	2,72	± 0,00	MNOPQRSTU
EESC	CM-09-005	12 g6	23,36	± 0,05	h	2,29	± 0,00	RSTUVW
EESC	CM-09-006	12 g7	22,97	± 0,06	h	1,97	± 0,00	VW
EESC	CM-09-007	12 g8	28,43	± 0,11	b	2,70	± 0,00	NOPQRSTU
EESC	CM-09-008	12 g9	20,50	± 0,03	k	1,88	± 0,00	W
EESC	CM-09-009	12 g10	42,41	± 0,03	E	3,57	± 0,00	EFGHIJKL
EESC	CM-09-010	12 g11	26,41	± 0,05	f	2,36	± 0,00	RSTUVW
EESC	INIAP-CALICUCHIMA	12 g12	36,19	± 0,04	IJ	3,03	± 0,00	LMNOPQ
EESC	INIAP-TERAN	12 g13	29,59	± 0,02	Za	2,81	± 0,00	MNOPQR
EESC	METCALFE	12 g14	43,43	± 0,28	D	4,04	± 0,00	CDEFG

Tabla 3.16. Características químicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (**continuación...**)

EESC	SCARLET	12 g15	31,19	± 0,21	^{UV}	2,68	± 0,00	OPQRSTU
UTN	CLIPPER	13 g1	22,49	± 0,01	ⁱ	3,13	± 0,00	JKLMNOP
UTN	CLIPPER	13 g1	22,49	± 0,01	ⁱ	3,13	± 0,00	JKLMNOP
UTN	CM-09-001	13 g2	21,20	± 0,04	^j	2,74	± 0,00	MNOPQRST
UTN	CM-09-002	13 g3	20,86	± 0,13	^{jk}	2,48	± 0,00	QRSTUVW
UTN	CM-09-003	13 g4	30,77	± 0,16	^{vw}	4,06	± 0,00	CDEFG
UTN	CM-09-004	13 g5	27,29	± 0,08	^{de}	3,30	± 0,00	HIJKLMN
UTN	CM-09-005	13 g6	27,67	± 0,07	^{cd}	3,61	± 0,00	FGHIJKL
UTN	CM-09-006	13 g7	32,52	± 0,06	^T	4,41	± 0,00	^C
UTN	CM-09-007	13 g8	21,18	± 0,04	^j	2,77	± 0,00	MNOPQRS
UTN	CM-09-008	13 g9	15,90	± 0,03	^m	2,19	± 0,00	STUVW
UTN	CM-09-009	13 g10	26,91	± 0,26	^c	3,54	± 0,00	FGHIJKL
UTN	CM-09-010	13 g11	17,08	± 0,01	^l	2,67	± 0,00	OPQRSTU
UTN	INIAP-CALICUCHIMA	13 g12	17,40	± 0,04	^l	2,22	± 0,00	RSTUVW
UTN	INIAP-TERAN	13 g13	15,95	± 0,08	^m	2,15	± 0,00	TUVW
UTN	METCALFE	13 g14	27,76	± 0,07	^c	3,82	± 0,00	CDEFGH
UTN	SCARLET	13 g15	31,26	± 0,03	^U	4,09	± 0,00	CDEFG
LAGUACOTO	CLIPPER	14 g1	32,99	± 0,06	^{QRS}	3,87	± 0,00	CDEFGH
LAGUACOTO	CM-09-001	14 g2	29,25	± 0,19	^a	3,68	± 0,00	DEFGHIJK
LAGUACOTO	CM-09-002	14 g3	36,46	± 0,00	^{HI}	4,42	± 0,00	BC
LAGUACOTO	CM-09-003	14 g4	32,56	± 0,19	ST	4,16	± 0,00	CDE

Tabla 3.16. Características químicas de los mostos obtenidos a partir de los genotipos malteados (**continuación...**)

LAGUACOTO	CM-09-004	14 g5	32,81 ± 0,14 ^{RST}	3,98 ± 0,00 ^{CDEFG}
LAGUACOTO	CM-09-005	14 g6	35,98 ± 0,05 ^{JK}	4,14 ± 0,00 ^{CDEF}
LAGUACOTO	CM-09-006	14 g7	46,82 ± 0,00 ^A	5,03 ± 0,00 ^{AB}
LAGUACOTO	CM-09-007	14 g8	35,06 ± 0,18 ^{NO}	4,14 ± 0,00 ^{CDEF}
LAGUACOTO	CM-09-008	14 g9	30,49 ± 0,08 ^{WX}	3,73 ± 0,00 ^{DEFGHIJ}
LAGUACOTO	CM-09-009	14 g10	46,18 ± 0,46 ^B	5,1 ± 0,00 ^A
LAGUACOTO	CM-09-010	14 g11	30,28 ± 0,05 ^{XY}	3,56 ± 0,00 ^{FGHIJKL}
LAGUACOTO	INIAP-CALICUCHIMA	14 g12	28,66 ± 0,04 ^b	3,32 ± 0,00 ^{HIJKLM}
LAGUACOTO	INIAP-TERAN	14 g13	35,24 ± 0,04 ^{MNO}	4,23 ± 0,00 ^{CD}
LAGUACOTO	METCALFE	14 g14	44,43 ± 0,10 ^C	5,55 ± 0,00 ^A
LAGUACOTO	SCARLET	14 g15	37,87 ± 0,00 ^G	4,10 ± 0,00 ^{CDEF}

* Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar. Prueba de Tukey al 5 %. Las primeras letras del abecedario en mayúsculas corresponden a los rangos superiores obtenidos en cada variable y las letras minúsculas corresponden a rangos inferiores de la variable.

3.3.5 INDICE DE KOLBACH (IK)

Este parámetro es primordial para establecer la relación entre la proteína soluble (S) sobre la proteína total (T), lo cual indica el grado de transformación del grano desde el punto de vista proteolítico. Mientras mayor sea la disponibilidad de los substratos proteínicos, mayor será la actividad proteolítica del mosto. Según Figueroa (1985), un índice de Kolbach (IK) del 40 % indica un malteo adecuado y para valores inferiores a 35 %, señala deficiencias en el malteo o bajo poder péptico de la malta en el macerador, lo que se traduce en turbidez del mosto (p. 57).

De acuerdo con la Tabla 3.16, en general se observa que el 20 % de los mostros de los genotipos en estudio, obtuvieron valores entre el 35 y 40 % de índice de kolbach. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron 47 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubicó el tratamiento l4g7 (Laguacoto + CM-09-006) con 46,82 % y con el menor valor, el tratamiento l3g9 (UTN + CM-09-008) con 15,90 %. Cabe mencionar que entre mayor sea el IK, mayor es la disponibilidad de los substratos proteínicos, por consiguiente, mayor actividad proteolítica (Figuroa, 1985, p. 57). En el presente estudio, el 8,33 % de los genotipos presentaron valores superiores al 40 % de IK.

En la Tabla 3.17, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 0,43 %, con un promedio general de 30,99 % de IK.

Tabla 3.17. Esquema ADEVA para Índice de Kolbach (IK)

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	9348,48			
Factor A (Localidades)	3	3566,08	1188,69	66290,25	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	1541,4	110,1	6139,99	<0,0001**
AxB	42	4238,84	100,92	5628,3	<0,0001**
Error	120	2,15	0,02		
Promedio:			30,99		
CV (%):			0,43		

En general se observó un promedio total del 30,99 % en los tratamientos, valor inferior al 35 % establecido, esto se puede aducir a la influencia de las diferentes condiciones de remojo, germinación y tostado aplicadas durante la operación de malteo.

3.3.6 PROTEÍNA SOLUBLE

Según Figuroa (1985), un porcentaje de proteína soluble oscila entre 3,25 y 4,45 % (p. 108). De acuerdo con la Tabla 3,16, se observa que el 20 % de los mostos de los genotipos en la localidad Laguacoto, alcanzaron un porcentaje de proteína

soluble dentro del establecido, le sigue la EEA y UTN, con el 18,33 y 11,66 %, mientras que en la EESC, el 20 % de los genotipos registran promedios inferiores al 3,29 %.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 %, en la Tabla 3.16, se identificaron 34 rangos de significancia. En el primer promedio, se ubican el tratamiento I4g14 (LAGUACOTO + METCALFE) con 5,55 % y en el menor valor promedio, el tratamiento I2g9 (EESC + CM-09-008) con 1,88 % de proteína soluble. Cabe mencionar que cuando el porcentaje de proteína soluble es inferior a 3.25 %, habrá poca cantidad de proteínas modificadas debido a una escasa peptonización, provocando que los mostos estén propensos a enturbiarse. (Figuroa, 1985, p. 56)

Tabla 3.18. Esquema ADEVA para proteína soluble

FV ^{1/}	GL	SC	CM	F	p
Total	179	117			
Factor A (Localidades)	3	48,46	16,15	508,19	<0,0001**
Factor B (Genotipos)	14	16,29	1,16	36,6	<0,0001**
AxB	42	48,44	1,15	36,28	<0,0001**
Error	120	3,81	0,03		
Promedio:			3,39		
CV (%):			5,26		

En la Tabla 3.18, se detalla el Análisis de Varianza, se observan diferencias significativas para el factor A (localidad) y para el factor B (genotipos), así como para la interacción A x B (localidades x genotipos). El coeficiente de variación fue de 5,26 %, con un promedio general de 3,39 %.

En general se observa un promedio total de 3,39 % en los mostos, cuyo valor reporta un contenido de proteína soluble aceptable. Durante la germinación se modifican ciertas proteínas y se transforman en proteína soluble y en el macerado, aquellas que no logran hidrolizarse en el proceso de malteo, se modifican por medio de las enzimas proteolíticas (Figuroa, 1985, p.55).

3.3.7 COLOR DEL MOSTO

En distintas maltas, el color de los mostos puede diferenciarse por la naturaleza de sus componentes biológicos; sin embargo, la coloración es más afectada por el grado de tostado al cual es sometida la malta (Figuroa, 1985, p. 54)

De los resultados experimentales obtenidos, en la Figura 3.2, se observa que el mosto del genotipo que presentó el mayor valor en promedio de cromas fue el g14 (SCARLET) con 9,60 y un H° de 205,40. En general se evidencia que en los tratamientos, predominó la coloración amarillo claro.

Cañizares, Bonafine y Laverde (2007), mencionan que la intensidad de los cambios colorimétricos, tienen relación con el proceso de macerado aplicado, ya que la deshidratación modifica la textura del alimento y su reflectancia, cuanto más larga y elevada es la temperatura del proceso, se producen distintos cambios en las coordenadas colorimétricas (p.14).

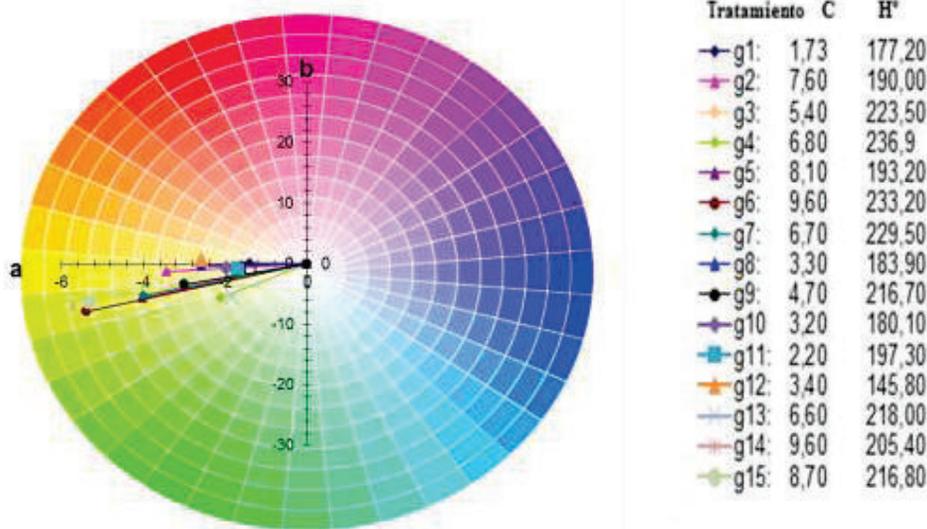


Figura 3.2. Interpretación del color en mosto,
Método CIELAB

Es importante recalcar que la operación del tostado incide en el color de los alimentos; al deshidratarse la superficie, varían las propiedades de reflejar,

dispersar, absorber o transmitir la luz visible (Casp y Abril, 2003, p. 344). Otros aspectos que influyen en el color, son las reacciones de oscurecimiento, que ocurren al aplicar altas temperaturas, provocando que la coloración en el alimento se torne desde amarilla hasta café oscuro (Badui, 2006, p. 59).

3.4 APLICACIÓN DE 3 MODALIDADES DE CONCENTRACIÓN A LOS MOSTOS DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

Finalizado el estudio de los distintos parámetros físicos y químicos durante los procesos de malteo y macerado; se registran en la Tabla 3.19, los tratamientos que fueron seleccionados, los cuales obtuvieron más del 50 % de los promedios dentro del rangos establecidos para cada uno de los parámetros de estudio.

Tabla 3.19. Tratamientos seleccionados según la categorización de la Prueba de Tukey al 5 %

Variables físicas de la malta	Tratamientos	Identificación	Promedio
Peso de mil granos (g)	l2g4	EESC + CM-09-003	39,14
	l3g10	UTN + CM-09-009	43,45
	l3g15	UTN + Scarlet	42,22
Peso hectolítrico (g/hl)	l2g4	EESC + CM-09-003	67
	l2g10	EESC + CM-09-009	67,33
	l2g15	EESC + Scarlet	68
Índice de llenado (s.u)	l1g4	EEA + CM-09-003	556,21
	l2g10	EESC + CM-09-009	538
	l1g15	EEA + Scarlet	581,54
Variables físicas y químicas de malta	Tratamientos	Identificación	Promedio
Proteína total (%)	l2g4	EESC + CM-09-003	9,69
	l4g10	Laguacoto + CM-09-009	11,05
	l4g15	laguacoto + Scarlet	10,84
Recuperación maltera (%)	l3g4	UTN + CM-09-003	91,75
	l3g10	UTN + CM-09-009	91,22
	l1g15	EEA + Scarlet	91,24
Índice de harinosidad (%)	l4g4	Laguacoto + CM-09-003	100
	l4g10	Laguacoto + CM-09-009	99,03
	l4g15	Laguacoto + Scarlet	99,53
Poder diastásico (°L)	l3g4	UTN + CM-09-003	168,63

Tabla 3.19. Tratamientos seleccionados según la categorización de la Prueba de Tukey al 5 % (**continuación...**)

Variables físicas y químicas de malta	Tratamientos	Identificación	Promedio
Poder diastásico (°L)	l3g10	UTN + CM-09-009	134,3
	l4g15	Laguacoto + Scarlet	139,13
Contenido de α -amilasa (UD)	l4g4	Laguacoto+ CM-09-003	27,03
	l1g10	EEA + CM-09-009	34,43
	l2g15	EESC + Scarlet	52,78
Variables físicas y químicas de mosto	Tratamientos	Identificación	Promedio
Tiempo de conversión (min)	l3 g4	UTN + CM-09-003	6
	l1g10	EEA + CM-09-009	5,67
	l1g15	EEA + Scarlet	7,33
Velocidad de filtración (min)	l1 g4	EEA + CM-09-003	21
	l1g10	EEA + CM-09-009	31,67
	l2g15	EESC + Scarlet	27,67
Porcentaje de extracto (%)	l1 g4	EEA + CM-09-003	77,45
	l1g10	EEA + CM-09-009	81,8
	l1g15	EEA + Scarlet	80,22
Proteína soluble (%)	l4g4	Laguacoto + CM-09-003	4,16
	l3g10	UTN + CM-09-009	3,54
	l1g15	Laguacoto + Scarlet	4,1
Índice de Kolbach (%)	l1g4	EEA + CM-09-003	35,65
	l4g10	Laguacoto + CM-09-009	46,18
	l4g15	Laguacoto + Scarlet	37,87

De acuerdo a la tabla 3.19, la localidad EEA, posee las condiciones climáticas más aptas para el buen desarrollo del cultivo de cebada, ya que reportó el mayor porcentaje de genotipos con valores aceptables dentro de los establecidos en cuanto a calidad maltera en la industria cervecera, en más del 50 % de los parámetros considerados de mayor importancia en este estudio como son: contenido de proteína total y proteína soluble, contenido de α -amilasa, poder diastásico, porcentaje de extracto, tiempo de conversión y velocidad de filtración.

Los tratamientos seleccionados en todo el proceso de transformación de los genotipos de cebada, corresponden a los siguientes mostos: CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet. Cabe mencionar que la localidad de Laguacoto, también es una opción adecuada, ya que obtuvo en segundo lugar, la mayor cantidad de

genotipos con valores aceptables; mientras que la localidad UTN y EESC, registraron valores inferiores al estándar en la mayoría de variables de estudio.

En la siguiente sección, se detallan los resultados de los extractos de malta obtenidos en las tres modalidades de concentración aplicadas a los 9 tratamientos, en las que se evaluó: contenido de minerales, contenido de vitaminas del complejo B y rendimiento.

3.4.1 CONTENIDO DE MINERALES

Con respecto al contenido de minerales, en la Tabla 3.20, se observa que el microelemento con el mayor promedio, se ubica en el tratamiento T5, con 11,00 ppm de Fe, cuyo resultado concuerda en lo citado por Del Carmen, (2001) (p.8). Cabe mencionar que el método de cocción por liofilización es la modalidad de concentración que proporciona una mayor conservación de los nutrientes en los alimentos, lo cual se evidencia en la Figura 3.3. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron los siguientes rangos de significancia para Cu, Fe, Mn, Zn; 2, 2, 1 y 2, respectivamente.

Al realizar el Análisis de Varianza, que se detalla en el Anexo V. Se observan diferencias significativas para el factor A (mostos) y para el factor B (modalidad de concentración), así como, la interacción A x B (mostos + modalidad de concentración). El coeficiente de variación para macroelementos fue: Ca con 4,39 %, P con 0,47 %, Mg con 1,89 %, K con 0,67 %, Na con 8,96 %, y para los microelementos: Cu con 20,89 %, Fe con 15 %, Mn con 48,69 % y Zn con 22,68 %.

En promedio general se presentaron los siguientes valores para macroelementos: Ca con 0,02 %, P con 0,21 %, Mg con 0,05 %, K con 0,14 %, Na con 0,01 % y microelementos, Cu con 4,22, Fe con 6,67, Mn con 1,63 y Zn con 3,89 ppm

Tabla 3.20. Contenido de Minerales (microelementos) (ppm) en los extractos concentrados de varios genotipos de cebada malteada

Mosto	Modalidad de concentración	Tratamientos	Cu	Fe	Mn	K
CM-09-003	Olla abierta	T1	2,00 ± 1,00 ^B	6,00 ± 1,00 ^{BC}	1,33 ± 0,58 ^A	4,00 ± 1,00 ^A
CM-09-003	Liofilizado	T2	8,00 ± 1,00 ^A	10,00 ± 1,00 ^A	2,00 ± 1,00 ^A	5,00 ± 1,00 ^A
CM-09-003	Deshidratación al vacío	T3	1,33 ± 0,58 ^B	2,00 ± 1,00 ^D	1,33 ± 0,58 ^A	1,33 ± 0,58 ^B
CM-09-009	Olla abierta	T4	3,00 ± 1,00 ^B	7,00 ± 1,00 ^B	1,33 ± 0,58 ^A	5,00 ± 1,00 ^A
CM-09-009	Liofilizado	T5	9,00 ± 1,00 ^A	11,00 ± 1,00 ^A	3,00 ± 1,00 ^A	6,00 ± 1,00 ^A
CM-09-009	Deshidratación al vacío	T6	1,33 ± 0,58 ^B	4,00 ± 1,00 ^{CD}	1,33 ± 0,58 ^A	1,33 ± 0,58 ^B
SCARLET	Olla abierta	T7	3,00 ± 1,00 ^B	6,00 ± 1,00 ^{BC}	1,00 ± 1,00 ^A	5,00 ± 1,00 ^A
SCARLET	Liofilizado	T8	9,00 ± 1,00 ^A	11,00 ± 1,00 ^A	2,00 ± 1,00 ^A	6,00 ± 1,00 ^A
SCARLET	Deshidratación al vacío	T9	1,33 ± 0,58 ^B	3,00 ± 1,00 ^D	1,33 ± 0,58 ^A	1,33 ± 0,58 ^B

* Valores promedio de 3repeticiones ± la desviación estándar. Prueba de Tukey al 5 %. Las primeras letras del abecedario en mayúsculas corresponden a los mejores valores obtenidos en cada variable.

Tabla 3.21. Contenido de Minerales (macroelementos) (%) en los extractos concentrados de varios genotipos de cebada malteada

Mosto	Modalidad de concentración	Tratamientos	Ca	P	Mg	K	Na
CM-09-003	Olla abierta	T1	0,09 ± 0,00 ^A	0,19 ± 0,00 ^C	0,01 ± 0,00 ^D	0,00 ± 0,00 ^F	0,00 ± 0,00 ^C
CM-09-003	Liofilizado	T2	0,02 ± 0,00 ^B	0,15 ± 0,00 ^E	0,04 ± 0,00 ^C	0,15 ± 0,00 ^E	0,01 ± 0,00 ^B
CM-09-003	Deshidratación al vacío	T3	0,01 ± 0,00 ^D	0,20 ± 0,00 ^B	0,07 ± 0,00 ^B	0,24 ± 0,00 ^C	0,01 ± 0,00 ^B
CM-09-009	Olla abierta	T4	0,01 ± 0,00 ^C	0,25 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^D	0,01 ± 0,00 ^F	0,01 ± 0,00 ^C
CM-09-009	Liofilizado	T5	0,02 ± 0,00 ^B	0,19 ± 0,00 ^C	0,07 ± 0,00 ^B	0,19 ± 0,00 ^D	0,02 ± 0,00 ^A
CM-09-009	Deshidratación al vacío	T6	0,01 ± 0,00 ^D	0,25 ± 0,00 ^A	0,09 ± 0,00 ^A	0,27 ± 0,00 ^A	0,01 ± 0,00 ^B
SCARLET	Olla abierta	T7	0,01 ± 0,00 ^{CD}	0,25 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^D	0,00 ± 0,00 ^F	0,01 ± 0,00 ^C
SCARLET	Liofilizado	T8	0,02 ± 0,00 ^B	0,18 ± 0,00 ^D	0,07 ± 0,00 ^B	0,19 ± 0,00 ^D	0,02 ± 0,00 ^A
SCARLET	Deshidratación al vacío	T9	0,01 ± 0,00 ^D	0,25 ± 0,00 ^A	0,07 ± 0,00 ^B	0,25 ± 0,00 ^B	0,01 ± 0,00 ^B

Figura 3.3. Contenido de microelementos los extractos concentrados de varios genotipos de cebada

Como se observa en la figura 3.3, los tratamientos que registraron un mayor contenido de microelementos fueron T2, T5 y T8, donde el Cu, Fe y Zn, alcanzaron una mayor concentración. Se evidencia que las modalidades de concentración al vacío y en olla abierta disminuyeron en mayor porcentaje el contenido de nutrientes en los tratamientos T3, T6 y T9.

Con respecto al contenido de macroelementos, en la Tabla 3.21, se observa que el macroelemento con el mayor promedio, se ubica en el tratamiento T6, con 0,27 ppm de K. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, se identificaron los siguientes rangos de significancia en los macroelementos: Ca, P, Mg, K y Na; 5, 5, 4, 6 y 6 respectivamente.

Como se observa en la figura 3.4, los tratamientos que registraron un mayor contenido de macroelementos fueron T3, T6 y T9, donde el P, Na y K, registraron una mayor concentración.

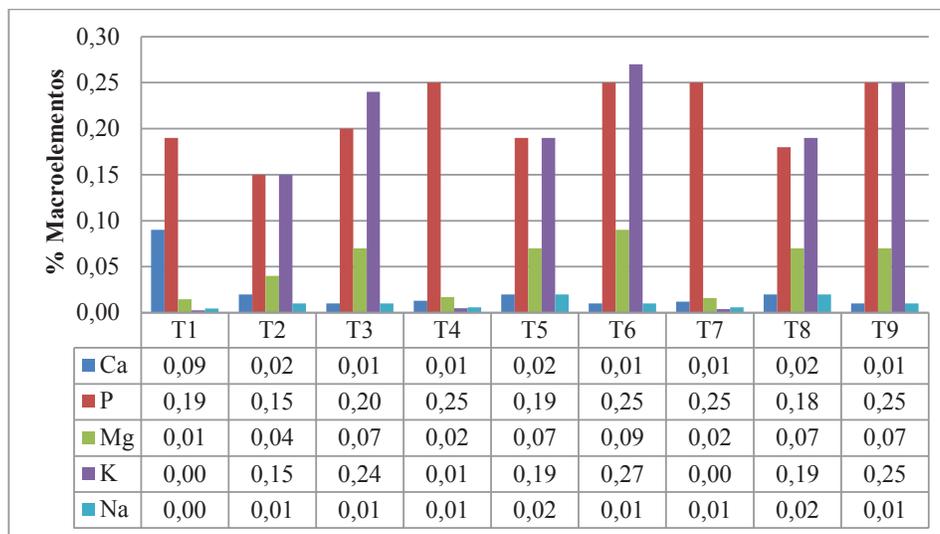


Figura 3.4. Contenido de macroelementos en los extractos de malta en tres modalidades de concentración

La modalidad de concentración en olla abierta redujo mayormente el contenido de Ca, Mg y Na en los tratamientos T1, T4 y T7. El macroelemento que se encuentra en mayor contenido una vez aplicados los procesos de concentración fue el Potasio.

3.4.2 VITAMINAS

De los resultados obtenidos en los extractos de malta, en la Tabla 3.22, se observa que el mayor contenido de vitaminas, se ubica en el tratamiento T7, con 84,94 mg/100g de vitamina B3. Cabe mencionar que el método de cocción por olla abierta es la modalidad de concentración que conservó en mayor porcentaje los contenidos de vitaminas B1, B2, B3 y B6, lo cual se evidencia en la Figura 3.5. Al aplicar la prueba de Tukey al 5 %, en la Tabla 3.22., se identificaron los siguientes rangos de significancia para B1, B2, B3, y B6 (8, 7, 9 y 4) respectivamente; el mayor promedio

Tabla 3.22. Contenido de Vitaminas del grupo B en los mostos concentrados de varios genotipos de cebada malteada

Mosto	Modalidad de concentración	Tratamientos	B1(mg/100g)	B2 (mg/100g)	B3 (mg/100g)	B6(mg/100g)
CM-09-003	Olla abierta	T1	0,34 ± 0,01 ^D	0,13 ± 0,01 ^E	78,67 ± 0,01 ^C	0,003 ± 0,01 ^C
CM-09-003	Liofilizado	T2	0,19 ± 0,01 ^F	0,06 ± 0,01 ^G	46,33 ± 0,01 ^H	0,070 ± 0,01 ^B
CM-09-003	Deshidratación al vacío	T3	1,35 ± 0,01 ^B	5,88 ± 0,01 ^C	57,25 ± 0,01 ^E	0,003 ± 0,01 ^C
CM-09-009	Olla abierta	T4	0,36 ± 0,01 ^{CD}	0,24 ± 0,01 ^D	79,52 ± 0,01 ^B	0,003 ± 0,01 ^C
CM-09-009	Liofilizado	T5	0,22 ± 0,01 ^E	0,10 ± 0,01 ^F	47,83 ± 0,01 ^G	0,110 ± 0,01 ^A
CM-09-009	Deshidratación al vacío	T6	1,37 ± 0,01 ^B	6,30 ± 0,01 ^B	56,85 ± 0,01 ^F	0,003 ± 0,01 ^C
SCARLET	Olla abierta	T7	0,38 ± 0,01 ^C	0,25 ± 0,01 ^D	84,94 ± 0,01 ^A	0,003 ± 0,01 ^C
SCARLET	Liofilizado	T8	0,21 ± 0,01 ^{EF}	0,07 ± 0,01 ^G	46,00 ± 0,01 ^I	0,090 ± 0,01 ^{AB}
SCARLET	Deshidratación al vacío	T9	1,43 ± 0,01 ^A	6,52 ± 0,01 ^A	60,29 ± 0,01 ^D	0,003 ± 0,01 ^C

* Valores promedio de 3repeticiones ± la desviación estándar. Prueba de Tukey al 5%. Las primeras letras del abecedario en may úsculas corresponden a los mejores valores obtenidos en cada variable.

de B1 correspondió al tratamiento T9 con 1,43 mg/100g; B2, T9 con 6,52 mg/100g; B3, T7 con 84,94 mg/100g y para B6, T2 con T5 con 0,110 mg/100g y en menor valor promedio de B1 lo obtuvo el tratamiento T2 con 0,19 mg/100g; B2, T2 con 0,06 mg/100g; B3, T2 con 46,33 mg/100g y B6, T1, T3, T4, T6, T7 y T9 con 0,003 mg/100g.

Al realizar el Análisis de Varianza, que se detalla en el Anexo VI, se observan diferencias significativas para el factor A (mostos) y para el factor B (modalidad de concentración), así como para la interacción A x B (mostos + modalidad de concentración). El coeficiente de variación en vitaminas del complejo B fue: B1, 1,54 %; B2, 0,46 %; B3, 0,02 % y B6, 23,13 % y con un promedio general: B1, 0,65 mg/100g, B2, 2,17 mg/100g; B3, 61,96 y B6, 0,032 mg/100g.

En la Figura 3.5, se evidencia que de las vitaminas del grupo B que se encuentra en mayor proporción en los extractos de malta es la B3, debido posiblemente a que las concentraciones de niacina son elevadas en los cereales y en este caso específico, en la cebada. (Randall, 2010, p. 1). En base a los resultados observados, los tratamientos que menos afectaron al contenido de vitaminas fueron el T3, T6 y T9 que corresponden a la modalidad de concentración al vacío.

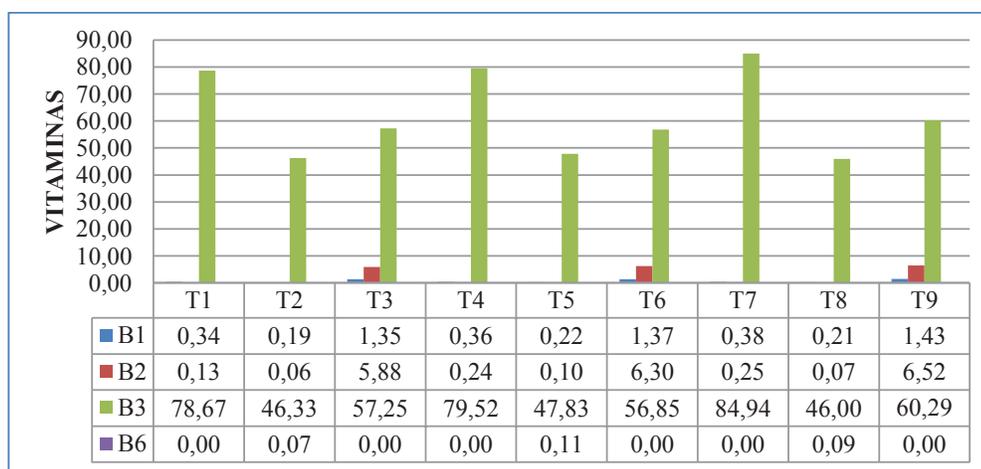


Figura 3.5. Contenido de vitaminas del grupo B (mg/100g) de los extractos de malta en tres modalidades de concentración

En los extractos analizados se evidenció que el extracto del genotipo Scarlet, obtenido por la modalidad de concentración al vacío, registró el mayor contenido de vitaminas B1 y B2 y en concentrado por olla abierta, un mayor contenido de vitamina B3.

Tabla 3.23. Rendimiento en la obtención de extracto concentrado a partir de varios genotipos de cebada malteada

Mostos	Modalidad de concentración	Tratamientos	Rendimiento
CM-09-003	Olla abierta	T1	8,38 ± 0,10 ^D
CM-09-003	Liofilizado	T2	6,65 ± 0,10 ^F
CM-09-003	Deshidratación al vacío	T3	9,84 ± 0,10 ^{BC}
CM-09-009	Olla abierta	T4	9,58 ± 0,10 ^C
CM-09-009	Liofilizado	T5	9,96 ± 0,10 ^B
CM-09-009	Deshidratación al vacío	T6	9,58 ± 0,10 ^C
SCARLET	Olla abierta	T7	10,63 ± 0,10 ^A
SCARLET	Liofilizado	T8	7,10 ± 0,10 ^E
SCARLET	Deshidratación al vacío	T9	9,68 ± 0,10 ^{BC}

* Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar.

3.4.3 RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO

De los resultados obtenidos en los extractos de malta, en la Tabla 3.23, se observa que en el mayor rendimiento en promedio, se ubica en el tratamiento T7, con 10,63 g. Cabe mencionar que el método de cocción por olla abierta, es la modalidad de concentración, que obtuvo mayores rendimientos en los tres genotipos, mientras que la liofilización, obtuvo los menores valores, lo cual se evidencia en la Figura 3.6.

Al realizar el Análisis de Varianza que se encuentra detallado en el anexo VII, se observan diferencias significativas para el factor A (mostos) y para el factor B

(concentraciones), así como, la interacción A x B (mostos + modalidad de concentración). El coeficiente de variación fue de 1,11 % con un promedio general de 9,04 %. Tukey al 5 %, en la Tabla 3.25, se identificaron 7 rangos de significancia; el mayor valor correspondió al tratamiento T7 con 10,63 %, y en menor valor el tratamiento T2 con 6,65 %.

Como se observa en la figura 3.6, el tratamiento que presentó mayor rendimiento fue el genotipo Scarlet, concentrado en olla abierta, lo cual guarda relación con las mejores características de calidad presentadas por este genotipo con respecto a los demás materiales.

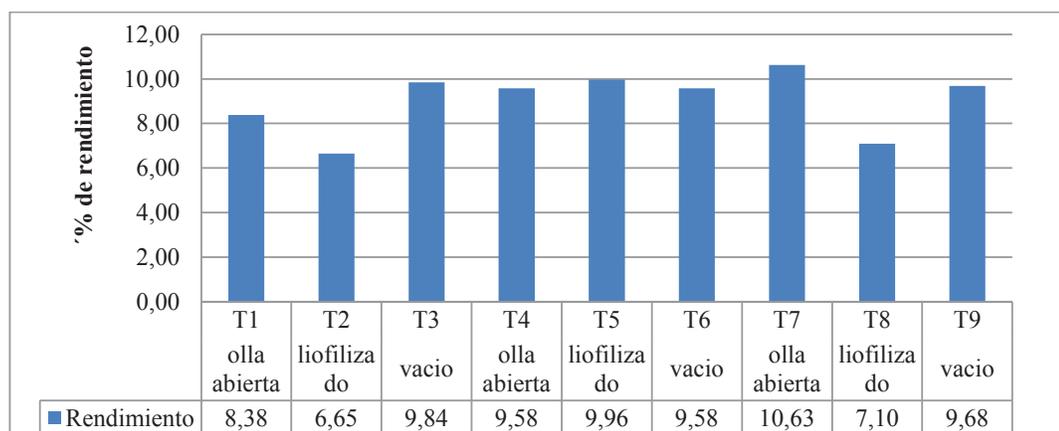


Figura 3.6. Rendimiento de los extractos de malta en tres modalidades de concentración

El rendimiento del mosto, se define como la cantidad de materias solubles que han pasado de la malta al mosto. Valores elevados indican alto rendimiento económico de la operación de malteo (Urbano, Barretto y Vares, 2014, p. 43).

3.5 DISEÑO BÁSICO DE PLANTA

El proceso para la obtención del extracto de malta comprende un grupo de operaciones unitarias que se presentan en la figura 3.7, mismas que se detallan en el numeral 2.3, del capítulo II de este estudio.

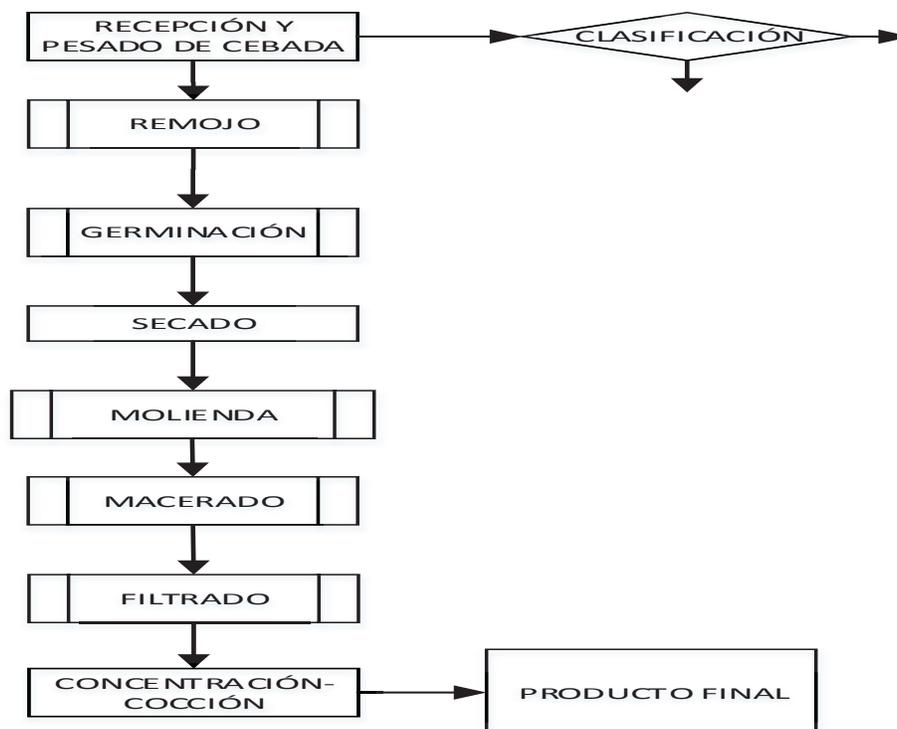


Figura 3.7. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de malta

El diseño de planta se realizó con el extracto de malta del genotipo CM-09-009, ya que se mantuvo constante en las tres modalidades de concentración aplicadas, además adquirió el mayor contenido de vitaminas y minerales y obtuvo un nivel aceptable de rendimiento.

Para el diseño se consideraron los componentes: tamaño de planta, balance de masa, balance de energía, distribución de la planta y estimación de los costos de producción, los cuales se detallan a continuación:

3.5.1 TAMAÑO DE PLANTA

El tamaño de planta es la capacidad instalada y se expresa en unidades de producción por unidad de tiempo. La demanda es uno de los factores más importantes para acondicionar el tamaño de un proyecto (Bracho, 2011).

Para este estudio, el volumen de producción corresponde aproximadamente al 1 % de la importación de bebidas malteadas y malta en el Ecuador, el cual es de 24 493,42 t al año (BCE, 2013). Esta cantidad guarda relación con la producción de la empresa nacional Maltasa, que elabora alrededor de 2 190 t de extracto de malta al año (Líderes, 2013). En la Tabla 3.24, se observa un porcentaje de extracción del 32,67 % el cual se obtuvo por la diferencia entre el producto final y la materia prima, esto se traduce en el procesamiento de 3 kg y la obtención de 0,98 kg de extracto.

Tabla 3.24. Detalle de entradas y salidas del proceso de obtención de extracto de malta a escala laboratorio

Genotipo de cebada	Peso (kg)	Peso extracto (g)	Extracción (%)
CM-09-009	3	0,98	32,67

Para calcular el tamaño de planta en la Tabla 3.28, se consideró 261 días laborables. Se tomó en cuenta las entradas y salidas del balance de masa obtenido a escala laboratorio y la demanda insatisfecha en el Ecuador referida anteriormente, por lo que se requeriría 1 170 kg de cebada/día para producir 382,24 kg de extracto/día, es decir aproximadamente 100 t de extracto al año, ver detalle en el anexo VIII. En la Tabla 3.25 se detalla la relación balance de masa y capacidad de producción para el tamaño de planta en base al estudio realizado.

Tabla 3.25. Relación Balance de masa y capacidad de producción

Detalle	Unidad base (kg/día)	Cantidad requerida y Producción (kg/día)	Cantidad requerida y Producción (T/año)
Materia prima	3	1170	305,37
Producto	0,98	382,24	100

3.5.2 BALANCE DE MASA

Para la producción anual de 100 t de extracto de malta, se tomó como base 305,37 t de cebada. A continuación en la figura 3.8, se realizó un balance general

para la obtención de un extracto de malta donde se registran las siguientes entradas y salidas:

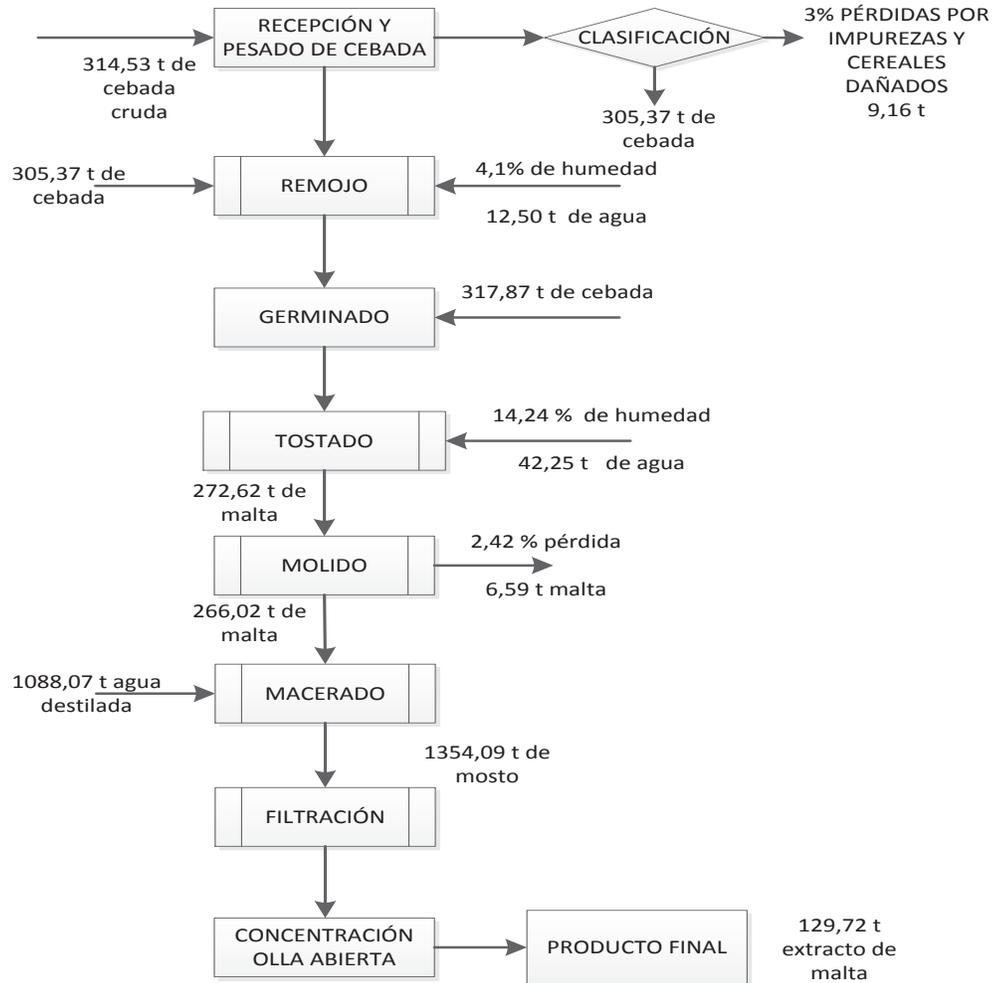


Figura 3.8. Diagrama del balance de masa

3.5.3 BALANCE DE ENERGÍA

Para el cálculo del balance de energía se tomó en cuenta el consumo individual de los equipos con variaciones de temperatura: germinador, tostador, macerador, caldero y marmita. Los componentes para el cálculo del balance de energía fueron la potencia de los equipos, las variaciones de temperatura y el calor

específico de cebada, malta y mosto. En la Tabla 3.26, se detalla el consumo energético de cada uno de los equipos implementados durante el proceso.

Tabla 3.26. Consumo energético de equipos por hora

Equipo	Tiempo Horas	Consumo(Kw*horas)
		Consumo= P(Kw)*horas
Germinador	48	62,4
Tostador	72	72
Macerador	2	2,4
Marmita	3	3

En la Tabla 3.27, se observan: el calor específico correspondiente a cebada, malta y mosto; y las variaciones de temperatura de los equipos utilizados para la obtención del extracto de malta.

Tabla 3.27. Calores específicos y temperaturas de cada operación

Calor específico	Unidades kcal/kg °C	Operación	ΔT(°C)	
Cebada	0,2	Germinado	18	16
Malta	0,8	Tostado	35	70
Mosto	0,2	Macerado	45	70
Mosto	0,2	Caldero	18	80

Para el cálculo del balance de energía, se tomó en cuenta el gasto energético como el calor requerido, transformado a kcal, luego utilizando la fórmula:

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad [3.1]$$

Dónde:

C= Calor específico

m= Masa

ΔT= Variación de la temperatura

En la Tabla 3.28 se detalla el calor requerido para cada etapa y la descarga térmica. Para este cálculo se utilizó los pasos de la fórmula 3.1, empleando los Cp de cebada, malta y mosto, los pesos en cada etapa del proceso y las variaciones de temperatura

Tabla 3.28. Balance de energía

Equipo	Calor requerido en la etapa (Kcal)	Descarga Térmica (Kcal/h)
Tanque remojo	412'7000 000	-183 060
Germinador	619'1000 000	-190 565,46
Tostador	619'1000 000	7625 920,4
Macerador	206'400 000	5804 271,04
Caldero	343'900 000	87329 291,32
Marmita	343'900 000	873 29 291,32

3.5.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

En el Anexo X se detalla el layout de la planta procesadora de extracto de malta, en la Tabla 3.29, se describen la distribución de las áreas que conforman la planta en orden alfabético.

Tabla 3.29. Áreas de la Planta procesadora de extracto de malta

Código	Descripción de áreas dentro de la planta
A	Recepción, documentación y descarga de materias primas e insumos.
B	Tanque de acopio y selección de cereal.
C	Tanques de almacenamiento de agua
D	Tanques de remojo y germinación de cereal
E	Almacén de recipientes e insumos.
F	Área calentador de agua
H	Área maquinaria: molienda, mezcladora
G	Área de tostado y secado.
I	Área de maceración
J	Área pasteurización /marmita

Tabla 3.29. Áreas de la Planta procesadora de extracto de malta (**continuación...**)

K	Área de refrigeración producto
L	Control de calidad
M	Área de esterilización de botellas
N	Embazado de producto terminado
O	Oficinas técnicas y administrativas
P	Vestidores, baños y sanitarios
Q	Atención a clientes
R	Estacionamiento
S	Áreas verdes
T	Despacho producto terminado

3.5.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 3.30, se presenta el resumen de los costos de producción para la obtención de extracto de malta por día, subdivididos en: materiales e insumos, equipos, servicios básicos y mano de obra. En el Anexo IX se detalla el cuadro de los costos de producción para la obtención del extracto de malta.

La cantidad de materia prima fue calculada en base a los volúmenes aproximados que manejan las empresas malteras, tomando en cuenta el inicio de este proceso productivo a una escala piloto. Una empresa maltera industrial elabora 10 000 t de extracto de malta al año, tomando el 1 % de esta cantidad para una planta piloto, el requerimiento de cebada para la producción diaria sería de 1 170 kg, lo que corresponde a una producción de 100 t al año (Bozzo, 2012, p.15).

Tabla 3.30. Resumen Costos de producción para la obtención de extracto de malta

Resumen de costos de producción	Valor USD
Materiales e insumos	720,10
Servicios básicos	2,13
Costo mano de obra	18,64
Total costo	812,38
Total producción extracto kg/día	382,24

En el caso de los equipos, los costos de producción se calcularon en base a la depreciación anual con una vida útil de 10 años, los cuales corresponden a 2088 h de uso (261 días laborables por año, por 8 h diarias es igual a 2 088 h al año). Dividiendo el costo del equipo para las horas útiles de uso da el costo por hora del empleo del equipo.

El costo de 1 kg de extracto se obtuvo de la diferencia entre el total del costo de producción por día y el total de producción extracto en kg. El precio referencial en el mercado de 500 g de extracto de malta es de 2,50 USD. La capacidad de producción se calculó tomando en cuenta 1 170 kg de materia prima de los que se obtendrían 382,24 kg de extracto, que corresponde al 32,67 % de extracción.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. En general se registró una alta diferencia significativa tanto en los genotipos, como en las localidades, durante la evaluación de los diferentes parámetros físicos y químicos, debidos posiblemente a las características genéticas de cada material y a la diferencia de las condiciones climáticas en cada una de las localidades.
2. De la evaluación de los parámetros físicos realizada en los genotipos de cebada cruda, se observó que los valores obtenidos inferiores al rango establecido por la industria cervecera, se registraron en los genotipos de la localidad de Laguacoto con un peso de mil granos de 28,35 g y en la EEA con un peso hectolítrico de 51,67 kg/hl.
3. Los genotipos que presentaron los valores más aceptables dentro de lo establecido en relación a la caracterización física de cebada cruda, fue la localidad EESC, con un peso de mil granos (55,66 g), peso hectolítrico (70 kg/hl) e índice de llenado (578,66).
4. En la interacción entre genotipos y localidades, se evidencia que los mejores valores dentro de los rangos reportados para las variables físicas durante el análisis en cebada cruda, fue el tratamiento I1g2 (EEA + CM-09-001), que obtuvo un peso de mil granos de 52,78 g, peso hectolítrico de 65,67 kg/hl, e índice de llenado de 570,19.
5. En los genotipos malteados correspondientes a las localidades de EEA y Laguacoto, se evidenció que registraron un mayor porcentaje de valores dentro de lo establecido por la industria cervecera, con respecto a proteína total, porcentaje de extracto, poder diastásico, contenido de α -amilasa, tiempo de conversión y velocidad de filtración.

6. Mediante el análisis de varianza, se determinó que los tratamientos que obtuvieron rangos óptimos de calidad maltera en la mayoría de parámetros físicos y químicos, correspondieron a los genotipos CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet y las localidades EEA y laguacoto.
7. En general, se observó una alta diferencia significativa entre las modalidades de concentración de los mostos; el tipo de cocción que obtuvo el menor contenido de vitaminas del grupo B en el extracto de malta, fue la olla abierta, debido posiblemente a las altas temperaturas empleadas, lo cual afecta directamente al contenido nutricional en los alimentos, mientras que la modalidad de concentración por liofilización, permitió conservar en mayor grado el contenido de vitaminas.
8. En los extractos obtenidos, los valores de minerales variaron en función del tipo de concentración y del genotipo. En general los macroelementos (P y K) fueron afectados en menor cantidad por la liofilización, debido a la menor presión y temperatura a la que se lleva este proceso y los microelementos Fe y Cu, se presentaron en mayor concentración en los extractos obtenidos por la modalidad de concentración por deshidratación al vacío.
9. En general el rendimiento en la obtención de extractos, fluctuó entre 6,65 a 10,63 %, lo que muestra que el componente predominante en los extractos es el agua; con una baja concentración de sólidos.
10. El tratamiento que alcanzó un alto rendimiento en los tres tipos de concentración fue CM-09-009, en base al cual se realizó el análisis de costos.
11. El costo de producción de 1 kg de extracto concentrado se valoró en USD 2,13, el cual permitió proyectar un margen aceptable de ganancia. Considerando que el precio en el mercado es de USD 5 por cada kg, se

estima que el precio de venta puede llegar a ser competitivo en base al costo de producción obtenido.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Debido a las condiciones climáticas y a los daños mecánicos generados en el ciclo de cultivo de la cebada, la calidad maltera puede no manifestarse completamente, por lo que en estudios relacionados a la selección de genotipos de cebada, es de gran importancia realizar una caracterización física y química, que facilite la correcta elección del o los genotipos que proporcionen una malta de buena calidad
2. Se recomienda el cultivo de materiales malteros, las localidades EEA y Laguacoto, ya que en estos sitios se obtuvieron las mejores características de cebada.
3. Se recomienda emplear los genotipos CM-00-003, CM-09-009 y Scarlet para nuevas investigaciones, en razón de que alcanzaron niveles adecuados en la mayoría de variables de estudio.
4. Se recomienda en futuras investigaciones la concentración de extractos en olla abierta, debido a se obtienen mayores rendimientos. Sin embargo las concentraciones al vacío y por liofilización son las modalidades que más preservan los nutrientes presentes en el mosto.
5. Es necesario profundizar, el efecto de los métodos de concentración mediante ensayos que consideren los grados brix, tiempos y temperaturas durante el proceso, a fin de preservar el contenido de nutrientes de la cebada.
6. Realizar estudios a nivel de planta piloto para una mejor estimación del rendimiento y costo de producción.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado, J. (2012). Propiedades termodinámicas relacionadas con el agua constitutiva de los alimentos. La cebada. (1era edición). Editorial Grafitext. Ecuador.
2. Arias, G. (1995). Mejoramiento Genético y Producción de Cebada Cervercera en América del Sur. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
3. Arias, G. (1996). La calidad industrial de la cebada cervecera. Primera Reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera. Brasil
4. Armada, L. y Ros, C. (2010). Manipulador de alimentos: La importancia de la higiene en la elaboración y servicio de comida (2da. ed.). Pontevedra, España, Ideas propias editorial.
5. AOAC. (2000). Métodos de la A. O. A. C. Peer Verifed Methods; Manual on policies and procedures. Arlington, Estados Unidos.
6. Badui, S. (2006). Lípidos. En Badui, S. (Ed.). Química de los alimentos (pp. 245-298). México DF, México: PEARSON Educación.
7. Bamforth, W. (2005) Alimentos, fermentación y microorganismos. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 47- 53
8. Banco Central del Ecuador. (BCE). (2013). - Estadísticas de Comercio Exterior. Recuperado de: <http://indestadistica.sni.gob.ec/Qv>.(Agosto, 2014)

9. Bean Improvement Cooperative (BIC). (2005). Bean Processing. Recuperado de http://www.css.msu.edu/bic/PDF/Bean_Processing.pdf (Febrero, 2013).
10. Borneo, R. (2012). Qué es el PHL o Peso Hectolitro de los Cereales. <http://www.concereal.es/node/118> (Febrero, 2015)
11. Boscarol, M. (2007). El espacio del color L*C*h. Recuperado de: http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch (Febrero, 2014).
12. Botanical, (2014). Cebada. Recuperado de: <http://www.botanical-online.com/buscadordebotanicaangles.htm?cx=partner-pub-609673740808135%3A7739383433&cof=FORID%3A10&ie=ISO-8859-1&q=revistas+sobre+cebada>. (Enero, 2014)
13. Bozzo, A. (2012). Optimización de proceso en planta productora de extracto de malta. Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología. p. 15.
14. Bracho, M. (2011), Determinación del Tamaño Óptimo de la Planta. Recuperado de: http://www.slideshare.net/maria_beatriz23/determin. (Febrero, 2015)
15. Broers, L. (1994). Resistencia duradera en cultivos alto andinos. Memorias del Primer Taller sobre Resistencia Duradera en Cultivos Alto Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. (p. 8). INIAP. Quito, Ecuador
16. Cañizares, A., Bonafine, O. y Laverde, D. (2007). Deshidratación de productos vegetales. INIA Divulga. 1(10). 11-15. Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2010/10canizares_a.pdf (Noviembre, 2013).

17. Callejo, M. (2002). *Industria de cereales y derivados*. Primera edición, editorial Mundi prensa libros S.A., Madrid, España.
18. Castillo, L. (2002). Germinación y malteado de cebada. *Revisión de la ciencia: Tecnología e Ingeniería de los alimentos*. *Reciteia*, 2(1), p. 2
19. Canimolt (2005). *Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo: Informe de la calidad del trigociclo otoño-invierno 2005/2006*. Recuperado de <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/> (Mayo 2014)
20. Casp, A. y Abril, J. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos*. (Segunda edición). Madrid, España: Artes Gráficas Cuesta S.A.
21. CIMMYT. (1998). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. D.F., México: Edición completamente revisada
22. Coca, A, Ayala, G., y Fajardo, L. (1988). *Curso de métodos analíticos de tecnología de cereales menores*. Bogotá, Colombia.
23. Doyle, P. y Beuchat, L. (2007). *Food microbiology fundamentals and frontiers*. USA AMS press DC, tercera edición. (pp. 852).
24. Duque, G. (2014). *Manual de Geología para Ingenieros*. Recuperado de: <https://godues.wordpress.com/2014/12/30/intemperismo-o-meteorizacion-manualgeo-cap-08/> (Noviembre, 2015)
25. Explored. (2011). *En el Ecuador se produce cebada de baja calidad*. Recuperado de: <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/en-el-ecuador-se-produce-cebada-de-baja-calidad-511697.html>. (Noviembre, 2014).

26. Falconí, E., Garófalo, J., Llangari, P. y Espinoza M. (2010) El cultivo de la cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Boletín divulgativo No. 390. Programa de cereales - INIAP. Quito, Ecuador.
27. Fellows, P. (1993). Tecnología del procesado de los alimentos teoría y práctica. Editorial Acribia. Madrid, España.
28. Figueroa, J. (1985). Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas -INIA. México, D. F.
29. García, F. (2013). Reguladores del crecimiento, Unidad Docente de Botánica. Recuperado de: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Tema%2014c%20Reguladores%20del%20Crecimiento>, (Julio, 2013).
30. Gigliarelli, P. (2008). Molinos, Revista Mash: Ciencia Cervecera. Recuperado de: <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=347> (Julio, 2014)
31. Giménez, F., Conti, V., Moreyra, F., y Tomaso J. (2011). Informe del efecto de la época de siembra sobre los caracteres económicos en genotipos de cebada cervecera. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-epoca-de-siembra-sobre-los-caracteres-economicos-en-genotipos-de-cebada-cervecera/> (Mayo, 2014)
32. González, A. (2002). Morfología de plantas vasculares. Semilla. Recuperado de: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema6/6_8embrion.htm (Noviembre, 2015).

33. Hough J. (1990). *Biotecnología de la cerveza y de la malta*. Editorial Acribia S.A. Madrid, España, pp. 5
34. Iburguren L., (2014). *La Cebada*. Recuperado de http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/22767/mod_resource/content/0/Cebada.pdf. (Octubre, 2015)
35. INEC. (2009). *Análisis del Sistema Agroalimentario de la Cebada en el Ecuador*. Quito, Ecuador.
36. INEC, MAG-SICA. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario, República del Ecuador*, ed. INEC-MAG-SICA. Resultados Nacionales y Provinciales. Vol. 1.
37. ISSUU. (2011). *Boletín informativo sobre el extracto de malta -Flavorix Tecnología Alimentaria*. Recuperado de: <http://www.issuu.com/flavorix/docs>. (Septiembre, 2012)
38. Líderes. (2013). *El extracto de malta que surge en Quito*. Recuperado de: http://www.revistalideres.ec/empresas/malta-cerveza-reposteria-maltasa-cebada_0_1019298082.html.(Agosto, 2014)
39. Olmedo, M., Chornet, S., Gómez, H. y Bertomeu, I. (2005) *Experimentación en química: química orgánica, ingeniería química*. Recuperado de: <http://books.google.com.ec/books?id=ZxYTJ> (Junio, 2014)
40. Pérez, J., (2010). *Morfología y taxonomía de la cebada*. Administración de negocios, Universidad Privada San Juan Bautista. Recuperado de: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html> (Agosto, 2013).
41. Peterson, J., (2010), "El ABC de los sistemas: CIELAB", <http://elabcdelossistemas.blogspot.com/2010/12/cielab.html>, (Marzo, 2012).

42. Randall, B. (2010). Niacina. Recuperado de: <http://www.med.nyu.edu/content?ChunkII> (Agosto, 2014).
43. Rivadeneira, M. (2005). Inventario Tecnológico del Programa de cereales. Quito, Ecuador. p 6
44. Rivas, R. y Barriga, P. (2002). Capacidad combinatoria para rendimiento de grano y caracteres de calidad maltera en cebada (*Hordeum vulgare* L.) Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttex. (Febrero, 2015).
45. Romain J., Croguennec T., Schuck P. y Brulé G. (2010). Ciencia de los alimentos: Bioquímica-Microbiología-Procesos-Productos. Bioquímica de la cebada, editorial Acribia S.A. Vol 2, Zaragoza, España
46. Sánchez, J. (2006). Introducción al diseño experimental, Quito, Ecuador, p. 120.
47. Serrano, A. (2013). La cebada: su composición nutricional y los beneficios para la salud. Nutribonum. Recuperado de: <http://nutribonum.es/cebada/>.(Julio 2014).
48. Terranova Editores Ltda. (1995). Enciclopedia Agropecuaria Terranova. Producción Agrícola 1. Tomo II. Bogotá, Colombia, p. 105
49. Urbano, P., Barretto, V. y Vares, L. (1996). Revista: Vida rural. La calidad cervecera de variedades de cebada. Recuperado de: <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/> (Agosto, 2014).
50. Villacrés, E., (2008). La cebada un cereal nutritivo (50 recetas para preparar). INIAP. Quito, Ecuador. Editorial Grafistas. p 1-2.

51. Vanaclocha, R. y Requena, J. (2003). Procesos de conservación de alimentos. (Segunda edición). Editorial Aedos. Madrid, España.
52. Vázquez, D., Ibarra, S., Inmaculada, J., De Sá Madariaga, J., Martínez, S. y Sáez, R. (2004). Diccionarios Oxford Complutense. España, Madrid. Editorial Complutense. Recuperado de: <http://books.google.com.ec/books?id=>.(Agosto, 2014)
53. Vázquez, W. y Villavicencio L. (2008). Guía técnica de cultivos, INIAP, Manual No.3, ficha No. 1, Quito, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO I
ESQUEMA DE TRATAMIENTOS PARA LOS FACTORES EN
ESTUDIO

NÚMERO TRATAMIENTO	CÓDIGO TRATAMIENTOS	INTERACCION TRATAMIENTOS
1	11 g1	EEA + CLIPPER
2	11 g2	EEA + CM-09-001
3	11 g3	EEA + CM-09-002
4	11 g4	EEA + CM-09-002
5	11 g5	EEA + CM-09-002
6	11 g6	EEA + CM-09-002
7	11 g7	EEA + CM-09-002
8	11 g8	EEA + CM-09-002
9	11 g9	EEA + CM-09-002
10	11 g10	EEA + CM-09-002
11	11 g11	EEA + CM-09-002
12	11 g12	EEA + INIAP-CALICUCHIMA
13	11 g13	EEA + INIAP-TERAN
14	11 g14	EEA + METCALFE
15	11 g15	EEA + SCARLET
16	12 g1	EESC + CLIPPER
17	12 g2	EESC + CM-09-001
18	12 g3	EESC + CM-09-002
19	12 g4	EESC + CM-09-002
20	12 g5	EESC + CM-09-002
21	12 g6	EESC + CM-09-002
22	12 g7	EESC + CM-09-002
23	12 g8	EESC + CM-09-002
24	12 g9	EESC + CM-09-002

25	l2 g10	EESC + CM-09-002
26	l2 g11	EESC + CM-09-002
27	l2 g12	EESC + INIAP-CALICUCHIMA
28	l2 g13	EESC + INIAP-TERAN
29	l2 g14	EESC + METCALFE
30	l2 g15	EESC + SCARLET
31	l3 g1	UTN + CLIPPER
32	l3 g2	UTN + CM-09-001
33	l3 g3	UTN + CM-09-002
34	l3 g4	UTN + CM-09-002
35	l3 g5	UTN + CM-09-002
36	l3 g6	UTN + CM-09-002
37	l3 g7	UTN + CM-09-002
38	l3 g8	UTN + CM-09-002
39	l3 g9	UTN + CM-09-002
40	l3 g10	UTN + CM-09-002
41	l3 g11	UTN + CM-09-002
42	l3 g12	UTN + INIAP-CALICUCHIMA
43	l3 g13	UTN + INIAP-TERAN
44	l3 g14	UTN + METCALFE
45	l3 g15	UTN + SCARLET
46	l4 g1	LAGUACOTO + CLIPPER
47	l4 g2	LAGUACOTO + CM-09-001
48	l4 g3	LAGUACOTO + CM-09-002
49	l4 g4	LAGUACOTO + CM-09-002
50	l4 g5	LAGUACOTO + CM-09-002
51	l4 g6	LAGUACOTO + CM-09-002
52	l4 g7	LAGUACOTO + CM-09-002
53	l4 g8	LAGUACOTO + CM-09-002

54	l4 g9	LAGUACOTO + CM-09-002
55	l4 g10	LAGUACOTO + CM-09-002
56	l4 g11	LAGUACOTO + CM-09-002
57	l4 g12	LAGUACOTO + INIAP-CALICUCHIMA
58	l4 g13	LAGUACOTO + INIAP-TERAN
59	l4 g14	LAGUACOTO + METCALFE
60	l4 g15	LAGUACOTO + SCARLET

ANEXO II

MÉTODOS UTILIZADOS PARA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS GENOTIPOS DE CEBADA

HUMEDAD

Principio (AOAC., 2000, p.42)

Este método de medición es realizado colocándose una cantidad conocida de granos para secar en la estufa, determinándose la humedad mediante el peso antes y después del secado. El tiempo y la temperatura necesarios para el proceso de secado dependen del tipo de materia prima y si ésta se encuentra entera o molida.

Materiales y Equipos

- Balanza analítica
- Estufa de corriente de aire
- Desecadores en agente desecante
- Cajas Petri
- Pinzas
- Frascos plásticos con tapa

Procedimiento

- Colocar las cajas destapadas, en la estufa de corriente de aire que tiene un termómetro calibrado en una de las bandejas internas con el objeto de controlar la temperatura.
- Encender la estufa y colocar la perilla de control en el sitio indicado para llegar a 105 °C.
- Una vez que ha llegado a 105 °C tomar el tiempo de 1 h para tarar las cajas.
- Sacar las tapas con una pinza y colocarlas en un desecador. Tapar el desecador y enfriarlas por 1 h.

- Preparar las muestras y colocarlas en frascos plásticos provistos de tapa.
- En una caja enfriada y pesada (provista con tapa), previamente calentada a 130 ± 3 °C, pesar exactamente 2 g de una porción de prueba en la balanza analítica con cuatro cifras decimales.
- Destapar la porción de prueba y secar caja, tapa y contenido por 1 h en estufa provista de abertura para ventilación mantenida a 105 ± 3 °C (el período de secado de 1 h comienza cuando la temperatura de la estufa está a 105 °C). Tapar la caja mientras está todavía dentro de la estufa, transferir a un de secado, y pesarla tan pronto alcanza la temperatura ambiente.
- Se recomienda enfriar exactamente 1 h y pesar
- Reportar el residuo de la mezcla como sólidos totales y la pérdida en peso como humedad.

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P2 - P3}{P2 - P1}$$

P1= Peso de la caja Petri vacía

P2= Peso de la caja Petri + la muestra

P3= Peso de la caja Petri + residuo

PESO HECTOLITRICO

(Figuroa, 1985)

Principio

Es el peso en kilogramos de volumen del grano contenido en un hectolitro. Se determina en una porción de la muestra original libre de impurezas. El peso volumétrico está en función del tamaño, forma y uniformidad del grano. Es un indicador de las condiciones físicas del grano para el malteo, y está además estrechamente relacionado con la cantidad de proteína presente en la cebada.

Materiales y Métodos

- a) Balanza para peso hectolítrico (Fairbanks Morse y Ohaus) con cilindro graduado de un litro y embudo con válvula de descarga.
- b) Regla sin filo (bordes redondeados) de tamaño mayor que el diámetro del cilindro.

Procedimiento

- Colocar la muestra en el embudo y abrir completamente la válvula de retención de manera que la muestra se derrame en el cilindro.
- Sin mover ni agitar el cilindro, retirar el exceso de muestra (copete) del cilindro, moviendo cuidadosamente en zig-zag la regla.
- Colocar el cilindro en la balanza previamente calibrada y pesar.
- Para balanzas graduadas en libras/bushel, transformar a kilogramos por hectolitro de acuerdo con la relación libras/bushel * 1.2872= kg/H
- En caso de carecer del equipo especificado, se puede emplear una probeta graduada para medir el volumen de un determinado peso de grano y aplicar la fórmula siguiente:

Cálculos

$$P=(P_m*100)/V$$

Dónde:

P= Peso volumétrico (kg/HI)

P_m= Peso de la muestra

V= Volumen (ml)

EVALUACIÓN DE COLOR

Principio

El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO COLOR, el medidor de diferencia de color registra los valores: L (0=negro, 100= blanco),

aL (+ valores= rojo, - valores= verde), y bL (+ valores= amarillo, - valores= azul). La diferencia de color total (ΔE) es calculada previamente desde los parámetros Hunter.

Materiales y Equipo

- Colorímetro expectro color
- Superficie de color blanco o negro

Procedimiento

- Seleccionar y limpiar los granos que van a medirse.
- Colocar la cebada sobre una superficie blanca o negra (baldosa).
- Colocar el prisma del ^{ColorTec}-EXPECTRO COLOR sobre la piel de la cebada, tratando cubrir toda su superficie.
- Tomar las lecturas en diferentes zonas de la cebada
- Anotar los parámetros: L, a, b (X, Y, Z), las lecturas dividir para 100, reportar con dos decimales.

Cálculo

Se determina el ángulo Hue (H), a partir de los parámetros a y b, mediante la siguiente ecuación:

$$H = \arctang(b/a)$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

Donde:

Tono = H = Angulo Hue

Cromaticidad = C

Claridad = L = Valor de lectura directa

ANEXO III

MÉTODOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN EL MALTEO

PODER DIASTÁTICO

(Figueroa, 1985)

El poder diastático es la habilidad que tiene el grano malteado de transformar los almidones en azúcares reductores. Esta habilidad se estima con la velocidad de reacción de las enzimas que producen ciertas cantidades de azúcares por unidad de tiempo. La unidad de medida es el grado Lintner, la cual podemos transformar en equivalentes de maltosa*.

Materiales y Equipos

Procedimiento

- Pesar 5 g de malta molienda fina en matases Erlenmeyer.
- Agregar 100 ml de solución de cloruro de sodio al 0.1

Procedimiento

- Pesar 5 g de malta molienda fina en matraces Erlenmeyer.
- Agregar 100 ml de solución de cloruro de sodio al 0.5 %
- Colocar las muestras en baño María a 20°C. Poner pesas de plomo para evitar que floten, y agitar cada 20 minutos durante 2.5 horas
- Agitar y filtrar. Los primeros 25 ml de filtrado se regresan al embudo. Tomar 1 ml para determinar poder diastático
- A partir de este paso, seguir el mismo procedimiento que para determinar poder diastático potencial sin incluir el tratamiento blanco.

Cálculos

$$PD(BS)^{\circ}S = \frac{(GB - GM)24 \times 100}{(100 - H)}$$

Dónde:

PD= Poder diastático

(BS) = Base seca

°L= Grados Lintner

(GB)= ml de tiosulfato de sodio usados en la titulación del tratamiento blanco

BM= ml de tiosulfato de sodio usados en la titulación de la muestra

H= Porcentaje de humedad en la muestra

ALFA-AMILASA

La α -amilasa se encuentra en el grano de cebada en cantidades poco apreciables y es producida durante la germinación. Actúa sobre el almidón gelatinizado, licuado y rompiendo la capa de amilopectina en los enlaces glucosídicos α 1-4, y reduciendo las estructuras a dextrinas. La α -amilasa es llamada enzima “dextrinogénica”, por producir dextrinas; sin embargo, aunque muy lentamente, también es capaz de producir maltosa. La temperatura óptima para su actividad es de 65° C y un pH de 4.2 a 5.3.

Materiales y Equipos

- a) Matraces Erlenmeyer de 125 ml
- b) Pesas de plomo
- c) Baño María con temperatura de 20°C
- d) Comparador de color
- e) Balanza
- f) Embudos Núm. 12
- g) Papel filtro Schleicher and Schuell Núm. 597, 18.5 cm de diámetro
- h) Matraces volumétricos de 100 ml
- i) Pipetas de 1, 5, 10, 20 y 100 ml
- j) Cronómetro
- k) Tubos de ensayo de 13 x 100 mm
- l) Agitador eléctrico

Procedimiento

- Pesar 5 g de malta molienda fina y agregar 100 ml de solución de cloruro de sodio al 0.5 %

- Colocar las muestras acompañadas de peses en baño María a 20° C y agitar cada 20 minutos durante 2.5 horas
- Filtrar la infusión de malta, y tomar 10 ml del filtrado para determinar el contenido de α -amilasa.
- Aforar estos 10 ml con cloruro de calcio al 0.2 % a 100 ml, y mantener la temperatura 20 °C.
- Agregar 5 ml de solución diluida de yodo en tubos de ensayo de 13 x 100 mm, y mantener constante la temperatura 20 °C.
- Transferir con pipeta 10 ml de almidón a matraces Erlenmeyer de 125 ml, y mantener constante la temperatura a 20 °C.
- Toma con pipeta 10 ml de solución malta-cloruro de calcio y agregarlos a los matraces que contienen almidón.
- Compara la coloración del tubo con muestra con la del tubo que contienen la solución estándar de color. En caso de que los colores difieran se debe seguir muestreando con intervalos de 1 minuto hasta que sean semejantes sus coloraciones.
- Contar el tiempo desde que cae la primera gota de solución malta-cloruro de calcio, y exactamente a los 5 minutos después, colocar 1 ml de esta mezcaldiluzante en tubos de ensayo que contienen 5 ml de solución diluida de yodo.

Cálculos

$$\text{U. D. (BH)a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{24}{\text{WT}}$$

$$\text{U. D. (BH)a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{\text{U. D. (BH)} \times 100}{100 - M}$$

Donde:

U.D.= Unidades de dextrinificación

W = Peso de malta en la alícuota de infusión

T = Tiempo de dextrinificación

MD= Porcentaje de humedad en la malta

BH= Base húmeda

BS= Base seca

ANEXO IV

MÉTODOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR PARAMETROS FISICOS Y QUÍMICOS EN MOSTO

PORCENTAJE DE EXTRACTO

Equipo y material

- Balanza analítica
- Balanza de torsión
- Macerador con vasos de bronce o níquel con agitador de 80 a 100 rpm.
- Molinos para molienda fina y gruesa (ver calibración de molinos)
- Embudos del Núm. 12
- Papel filtro Schleicher and Schuell Núm. 597 (18.5 cm de diámetro).
- Baño María a 20°C
- Matraces Erlenmeyer de 125 ml
- Termómetros
- Picnómetro de 50 ml

Procedimiento

- Pesar 20 g de malta molida y colocarlos en los vasos del macerador con 135 ml de agua destilada
- Colocar los vasos en el macerador a una temperatura de 45°C durante 30 min.
- Después de los 30 minutos incrementar la temperatura 1°C por minuto hasta llegar a 70°C esta temperatura se mantiene constante por 60 minutos.
- Retirar los vasos del macerador y lavar los agitadores con un poco de agua destilada; esto se debe hacer dentro de los vasos, con el propósito de quitar las partículas adheridas en sus paredes.
- Enfriar los vasos a 20°C en un baño María; secar la parte exterior de cada vaso.
- Ajustar el peso de cada vaso a 180 g (± 0.05 g) con agua destilada.
- Filtrar el mosto y recogerlo en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. Los primeros 25 ml del filtrado se regresan al embudo.

- Mantener la temperatura del filtrado a 20 °C (± 0.1 °C)
- Limpiar el picnómetro y determinar su peso.
- Llenar el picnómetro con agua destilada a 20 °C, insertarle el tapón cuidadosamente y pesar.
- Enfriar el mosto de la malta a 20 °C, llenar el picnómetro e insertar el tapón cuidadosamente, procurando que no haya formación de burbuja. Lavar el exterior del picnómetro con agua destilada a la misma temperatura, secar con una gamuza y pesar.

Cálculos

$$GS = \frac{PM - PV}{PA - PV}$$

Donde:

GS= Gravedad específica a 20°C

PM= Picnómetro con muestra (g)

PV= Picnómetro vacío (g)

PA= Picnómetro con agua (g)

La fórmula para calcular el porcentaje de extracto es la siguiente:

$$^{\circ}p = (GS \times 244.26872) - 244.03851$$

$$\% \text{ Extracto (BS)} = \frac{^{\circ}p(H + 800) \times 100}{100 - ^{\circ}p (100 - H)} \times 100$$

$^{\circ}p$ = Grado plato

BS= Base seca

H = Porcentaje de humedad

ANEXO V

PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA MINERALES

Calcio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	27	1.00	1.00	4.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0.02	8	0.00	1966.33	<0.0001	
mostos	0.00	2	0.00	2002.33	<0.0001	
cocciones	0.00	2	0.00	1858.33	<0.0001	
mostos*cocciones	0.01	4	0.00	2002.33	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	0.02	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00120
 Error: 0.0000 gl: 18

mostos Medias n

3.00	0.01	9	A
2.00	0.01	9	A
1.00	0.04	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00120
 Error: 0.0000 gl: 18

cocciones Medias n

3.00	0.01	9	A
2.00	0.02	9	B
1.00	0.04	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Fósforo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	27	1.00	1.00	0.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0.04	8	0.00	4408.33	<0.0001	
mostos	0.01	2	0.01	7033.33	<0.0001	
cocciones	0.02	2	0.01	10233.33	<0.0001	
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	183.33	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	0.04	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00120
 Error: 0.0000 gl: 18

mostos Medias n

1.00	0.18	9	A
3.00	0.23	9	B
2.00	0.23	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00120
 Error: 0.0000 gl: 18

cocciones Medias n

2.00	0.17	9	A
1.00	0.23	9	B
3.00	0.23	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Magnesio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	27	1.00	1.00	1.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0.02	8	0.00	2748.70	<0.0001	
mostos	0.00	2	0.00	749.08	<0.0001	
cocciones	0.02	2	0.01	9586.36	<0.0001	
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	329.68	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	0.02	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

mostos Medias n

Medias	n	SC	gl	CM	Letras
1.00	9	0.04	9		A
3.00	9	0.05	9		B
2.00	9	0.06	9		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

cocciones Medias n

Medias	n	SC	gl	CM	Letras
1.00	9	0.02	9		A
2.00	9	0.06	9		B
3.00	9	0.08	9		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Postasio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	27	1.00	1.00	0.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0.30	8	0.04	40292.86	<0.0001	
mostos	0.00	2	0.00	1495.48	<0.0001	
cocciones	0.29	2	0.15	158683.00	<0.0001	
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	496.48	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	0.30	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

mostos Medias n

Medias	n	SC	gl	CM	Letras
1.00	9	0.13	9		A
3.00	9	0.15	9		B
2.00	9	0.16	9		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

cocciones Medias n

Medias	n	SC	gl	CM	Letras
1.00	9	0.00	9		A
2.00	9	0.18	9		B
3.00	9	0.25	9		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Sodio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na	27	0.98	0.97	8.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0.00	8	0.00	103.48	<0.0001	
mostos	0.00	2	0.00	46.24	<0.0001	
cocciones	0.00	2	0.00	304.00	<0.0001	
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	31.84	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	0.00	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

mostos Medias n

1.00	0.01	9	A
3.00	0.01	9	B
2.00	0.01	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00116
Error: 0.0000 gl: 18

cocciones Medias n

1.00	0.01	9	A
3.00	0.01	9	B
2.00	0.02	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Cobre

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cu	27	0.95	0.93	20.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	278.67	8	34.83	44.79	<0.0001	
mostos	2.67	2	1.33	1.71	0.2082	
cocciones	274.67	2	137.33	176.57	<0.0001	
mostos*cocciones	1.33	4	0.33	0.43	0.7861	
Error	14.00	18	0.78			
Total	292.67	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.06095
Error: 0.7778 gl: 18

mostos Medias n

1.00	3.78	9	A
3.00	4.44	9	A
2.00	4.44	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.06095
Error: 0.7778 gl: 18

cocciones Medias n

3.00	1.33	9	A
1.00	2.67	9	B
2.00	8.67	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Hierro

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fe	27	0.94	0.91	15.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	276.00	8	34.50	34.50	<0.0001	
mostos	8.00	2	4.00	4.00	0.0365	
cocciones	266.00	2	133.00	133.00	<0.0001	
mostos*cocciones	2.00	4	0.50	0.50	0.7361	
Error	18.00	18	1.00			
Total	294.00	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.20300
 Error: 1.0000 gl: 18

mostos Medias n

1.00	6.00	9	A
3.00	6.67	9	A B
2.00	7.33	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.20300
 Error: 1.0000 gl: 18

cocciones Medias n

3.00	3.00	9	A
1.00	6.33	9	B
2.00	10.67	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Manganeso

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mn	27	0.44	0.19	48.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	8.96	8	1.12	1.78	0.1476	
mostos	0.96	2	0.48	0.76	0.4800	
cocciones	6.74	2	3.37	5.35	0.0150	
mostos*cocciones	1.26	4	0.31	0.50	0.7361	
Error	11.33	18	0.63			
Total	20.30	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.95457
 Error: 0.6296 gl: 18

mostos Medias n

3.00	1.44	9	A
1.00	1.56	9	A
2.00	1.89	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.95457
 Error: 0.6296 gl: 18

cocciones Medias n

1.00	1.22	9	A
3.00	1.33	9	A
2.00	2.33	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Zinc

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Zn	27	0.87	0.82	22.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	96.67	8	12.08	15.54	<0.0001	
mostos	2.67	2	1.33	1.71	0.2082	
cocciones	92.67	2	46.33	59.57	<0.0001	
mostos*cocciones	1.33	4	0.33	0.43	0.7861	
Error	14.00	18	0.78			
Total	110.67	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.06095
Error: 0.7778 gl: 18

mostos Medias n

1.00	3.44	9	A
3.00	4.11	9	A
2.00	4.11	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.06095
Error: 0.7778 gl: 18

cocciones Medias n

3.00	1.33	9	A
1.00	4.67	9	B
2.00	5.67	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

ANEXO VI

PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA VITAMINAS

Vitamina B1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B1	27	1.00	1.00	1.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	7.38	8	0.92	9225.00	<0.0001	
mostos	0.01	2	0.00	49.00	<0.0001	
cocciones	7.37	2	3.68	36829.00	<0.0001	
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	11.00	0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	7.38	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203
 Error: 0.0001 gl: 18

mostos	Medias	n
1.00	0.63	9 A
2.00	0.65	9 B
3.00	0.67	9 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203
 Error: 0.0001 gl: 18

cocciones	Medias	n
2.00	0.21	9 A
1.00	0.36	9 B
3.00	1.38	9 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Vitamina B2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B2	27	1.00	1.00	0.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	223.39	8	27.92	279237.58	<0.0001	
mostos	0.32	2	0.16	1596.33	<0.0001	
cocciones	222.73	2	111.36	1113632.33	<0.0001	
mostos*cocciones	0.34	4	0.09	860.83	<0.0001	
Error	0.00	18	0.00			
Total	223.39	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203
 Error: 0.0001 gl: 18

mostos	Medias	n
1.00	2.02	9 A
2.00	2.21	9 B
3.00	2.28	9 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203
 Error: 0.0001 gl: 18

cocciones	Medias	n
2.00	0.08	9 A
1.00	0.21	9 B
3.00	6.23	9 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Vitamina B3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B3	27	1.00	1.00	0.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	5596.26	8	699.53	6995319.08	<0.0001
mostos	44.62	2	22.31	223106.33	<0.0001
cocciones	5499.90	2	2749.95	27499502.33	<0.0001
mostos*cocciones	51.73	4	12.93	129333.83	<0.0001
Error	0.00	18	0.00		
Total	5596.26	26			

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203

Error: 0.0001 gl: 18

mostos Medias n

1.00	60.75	9	A
2.00	61.40	9	B
3.00	63.74	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.01203

Error: 0.0001 gl: 18

cocciones Medias n

2.00	46.72	9	A
3.00	58.13	9	B
1.00	81.04	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Vitamina B6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B6	27	0.98	0.97	23.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0.05	8	0.01	106.80	<0.0001
mostos	0.00	2	0.00	7.20	0.0050
cocciones	0.05	2	0.02	405.60	<0.0001
mostos*cocciones	0.00	4	0.00	7.20	0.0012
Error	0.00	18	0.00		
Total	0.05	26			

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00897

Error: 0.0001 gl: 18

mostos Medias n

1.00	0.03	9	A
3.00	0.03	9	A B
2.00	0.04	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.00897

Error: 0.0001 gl: 18

cocciones Medias n

1.00	0.00	9	A
3.00	0.00	9	A
2.00	0.09	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

ANEXO VII
PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA RENDIMIENTO

Rendimiento de extracto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
rendimiento	27	1.00	0.99	1.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	44.76	8	5.59	559.44	<0.0001	
mostos	9.15	2	4.57	457.30	<0.0001	
cocciones	17.71	2	8.85	885.44	<0.0001	
mostos*cocciones	17.90	4	4.48	447.51	<0.0001	
Error	0.18	18	0.01			
Total	44.94	26				

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.12030
Error: 0.0100 gl: 18

mostos Medias n

1.00	8.29	9	A
3.00	9.14	9	B
2.00	9.71	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.12030
Error: 0.0100 gl: 18

cocciones Medias n

2.00	7.90	9	A
1.00	9.53	9	B
3.00	9.70	9	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0.05)

ANEXO VIII

CALCULOS DISEÑO DE PLANTA

Genotipo de cebada	Peso (kg)	Peso extracto (kg)	Extracción (%)
CM-09-009	3	0,98	32,67

Aplicando una regla de tres con el porcentaje de extracción obtenido a escala laboratorio y la cantidad de extracto producida a nivel nacional sería:

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ t extracto producido} & \text{—} & 32,67 \% \text{ extracción} \\
 \times & & 100 \% \text{ (extracción + desperdicios)}
 \end{array}$$

$$= 306,09 \text{ t cebada al año}$$

Tomando en cuenta el tiempo laborable, se calculó lo siguiente:

Si 1 año tiene 52 fines de semana entonces:

$$52 * 2(\text{sábado y domingo}) = 104 \text{ días laborables}$$

$$365 - 104 = 261 \text{ días laborables}$$

Tomando en cuenta únicamente los días laborables sería:

$$\frac{306,09 \text{ t (365 días del año)}}{261 \text{ días}} = 1,17 \text{ t} \frac{\text{cebada}}{\text{año laborable}} \text{ es decir;}$$

$$\frac{1,17 \text{ t}}{1 \text{ día}} * \frac{261 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 305,37 \text{ t} \frac{\text{cebada}}{\text{año}}$$

Para calcular la cantidad de extracto se tomó en cuenta las 305,37 t de cebada/año, entonces:

$$\frac{305,37 \text{ t}}{1 \text{ año}} * 0,3267 \% \text{ extracción} = 99,76 \text{ t} \frac{\text{cebada}}{\text{año}}$$

Es decir aproximadamente 100 t de extracto/año.

ANEXO IX
COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE
EXTRACTO DE MALTA

Materiales e Insumos

Material	Cantidad	Unidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD	%
Cebada	1170	kg	0,49	573,3	88,64
Tarrinas para empacar	390	Unidad	0,12	46,8	
Material fungible	1	Unidad	100	100	
SUBTOTAL				720,1	

Equipos

Equipo	Cantidad	Precio USD	Vida útil (años)	Costo hora USD	Horas utilizadas	Costo de uso USD	%
Análisis físicos de cebada							8,77
Balanza analítica 100g	1	1200	10	0,057	0,5	0,03	
Clasificador de granos	1	1000	10	0,048	0,5	0,02	
Malteo							
Termómetro	1	112	3	0,005	1	0,005	
Balanza de reloj	1	600	10	0,029	0,5	0,01	
Tanque de remojo	2	9000	10	0,431	48	20,69	
Tostador	2	14000	10	0,670	72	48,28	
Macerado							
Destilador	1	1800	10	0,086	1	0,09	

Equipos (continuación...)

Equipo	Cantidad	Precio USD	Vida útil (años)	Costo hora USD	Horas utilizadas	Costo de uso USD	%
Molino	1	580	10	0,028	1	0,03	
Macerador	2	8000	10	0,383	2	0,77	
Cocción							
Marmita	2	1980	10	0,095	2	0,19	
Caldero	1	1800	10	0,086	2	0,17	
Selladora	1	5200	10	0,249	4	1,00	
SUBTOTAL						71,28	

Servicios básicos

Servicios	Cantidad	Unidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD	%
Agua	2,5	m3	0,58	1,45	0,30
Energía eléctrica	12	kw-h	0,08	0,96	
SUBTOTAL				2,41	

Mano de obra

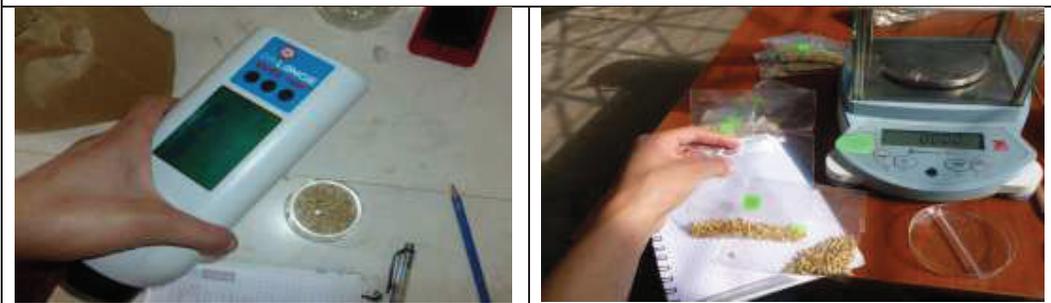
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Valor Unitario USD	Sueldo mensual USD	Valor Total USD	%
Jefe de producción	8	horas	3,43	604,17	27,44	2,29
Operadores (1)	8	horas	2,33	410,83	18,64	
Operadores (2)	8	horas	2,33	410,83	18,64	
SUBTOTAL					18,64	

		%
Total costo	812,38	100
Total producción extracto kg/día	382,24	
Costo/kg	2,13	

ANEXO XI
FOTOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS



a. Caracterización física de los genotipos de cebada



b. Caracterización física y química con los genotipos de cebada malteados



c. Caracterización física y química de los genotipos de cebada malteados



d. Evaluación de variables de estudio en mosto

ANEXO XII

FOTOS OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE MALTA

Operación	Descripción	Foto
Malteo	Genotipos de cebada ubicados en el tanque de remojo, en canastillas de acero inoxidable por 48 horas a 16 °C.	
	Secado al ambiente durante 2 horas con la finalidad de escurrir el agua de remojo contenida en los materiales de estudio (genotipos de cebada), en esta etapa bajar la humedad a 42 %.	
	Genotipos de cebada germinados con un tamaño de plúmula $\frac{3}{4}$ el tamaño del grano, en este punto se detuvo la germinación llevándolo a la operación de secado.	
	Genotipos germinados sometidos a un proceso de secado. Finalizada esta etapa, los genotipos se convierten en malta.	

Molienda	Genotipos malteados que se les aplicó un proceso de molienda	
Macerado	Etapa en que se mezcla la malta molida con agua destilada y se someten a una cocción que va desde 45 a 70 °C hasta obtener mosto.	
Filtración	Filtración del mosto y separación del bagazo, en esta etapa se evalúan los parámetros físicos y químicos necesarios para determinar la calidad maltera y seleccionar el o los genotipos ideales.	
	Extracto líquido con aroma agradable y un contenido de 10 grados brix.	
Concentración	Extractos de genotipos de malta (CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet), modalidad de concentración cocción por olla abierta	
	Extractos de genotipos de malta (CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet), modalidad de concentración liofilizado	
	Extractos de genotipos de malta (CM-09-003, CM-09-009 y Scarlet), modalidad de concentración deshidratación al vacío	

