



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE DIFERENTES
CEBADAS (*Hordeum vulgare*) PRODUCIDAS EN
LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO”**

TÉSIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN QUÍMICA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

BARRERA HERNÁNDEZ MÓNICA

DIRIGIDO POR:

DRA. ALMA DELIA ROMÁN GUTIÉRREZ



PACHUCA DE SOTO, HGO, ABRIL 2010.



QA

QUÍMICA EN ALIMENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Alimentos 1 del Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Gracias al financiamiento brindado por el Consejo Estatal de la Cadena Agroindustrial de Cebada del Estado de Hidalgo para el desarrollo del proyecto de investigación titulado “Evaluación de la calidad maltera en cebadas producidas en el Estado de Hidalgo de acuerdo a la norma mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003”. Periodo 2008-2011.



Parte del presente trabajo de investigación ha sido presentado en los siguientes foros científicos:

- ❖ **XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2009. Monterrey, Nuevo León.**

- ❖ **Primer Foro Estudiantil “Jóvenes en el Desarrollo de la Ciencia UAEH-2009”**

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>i</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
RESUMEN	2
I. INTRODUCCIÓN	4
II. ANTECEDENTES	6
2.1 CEREALES	6
2.2 ORIGEN DE LA CEBADA	6
2.3 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA CEBADA	7
2.4 FISIOLOGÍA DE LA CEBADA	7
2.5 GRANO DE CEBADA	13
2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA	15
2.6.1 <i>Hidratos de carbono</i>	<i>15</i>
2.6.2 <i>Proteínas</i>	<i>17</i>
2.6.3 <i>Cenizas</i>	<i>18</i>
2.6.4 <i>Lípidos</i>	<i>19</i>
2.6.5 <i>Humedad</i>	<i>19</i>
2.6.6 <i>Vitaminas</i>	<i>19</i>
2.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS	20
2.8 CONDICIONES DE CULTIVO DE LA CEBADA	20
2.8.1 <i>Suelo</i>	<i>20</i>
2.8.2 <i>Temperatura</i>	<i>21</i>
2.8.3 <i>Humedad</i>	<i>21</i>
2.8.4 <i>Clima</i>	<i>21</i>
2.8.5 <i>Periodo de siembra</i>	<i>22</i>
2.9 VARIEDADES DE CEBADA CULTIVABLE	22
2.10 PRODUCCIÓN DE CEBADA	25
2.10.1 <i>Nivel mundial</i>	<i>25</i>
2.10.2 <i>Nivel nacional</i>	<i>26</i>
2.11 USOS DEL GRANO DE CEBADA	32
2.12 COMERCIALIZACIÓN CON BASE EN LA NMX-FF-043-SCFI-2003	33
III. OBJETIVOS	38
3.1 OBJETIVO GENERAL	38
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
IV. METODOLOGÍA	40
4.1 MATERIA PRIMA	40
4.2 MÉTODOS	40
4.2.1 <i>Muestreo</i>	<i>40</i>
4.2.2 <i>Análisis físico</i>	<i>41</i>
4.2.3 <i>Análisis proximal</i>	<i>41</i>
4.2.4 <i>Búsqueda, recopilación y análisis de información</i>	<i>42</i>
4.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	<i>42</i>
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	44

5.1 ANÁLISIS FÍSICO	44
5.1.1 <i>Sensorial y temperatura</i>	46
5.1.2 <i>Impurezas y sanidad</i>	47
5.1.3 <i>Densidad</i>	49
5.1.4 <i>Dureza</i>	51
5.1.5 <i>Análisis selectivo</i>	51
5.1.6 <i>Determinación de germinación</i>	54
5.2 ANÁLISIS PROXIMAL	56
5.2.1 <i>Humedad</i>	56
5.2.2 <i>Proteína</i>	58
5.2.3 <i>Cenizas</i>	60
5.2.4 <i>Grasa</i>	61
5.2.5 <i>Fibra</i>	62
5.2.6 <i>Hidratos de carbono</i>	63
5.3 FACTORES AMBIENTALES	65
VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	72
6.1 CONCLUSIONES	72
6.2 PERSPECTIVAS	74
VII. BIBLIOGRAFÍA	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1 <i>Clasificación botánica de la cebada</i>	15
2 <i>Composición química del grano de cebada</i>	18
3 <i>Proteínas presentes en la cebada</i>	19
4 <i>Ácidos grasos presentes en el grano de cebada</i>	20
5 <i>Vitaminas del grano de cebada</i>	27
6 <i>Superficie sembrada de cebada grano</i>	28
7 <i>Superficie cosechada de cebada grano</i>	29
8 <i>Superficie siniestrada de cebada grano</i>	31
9 <i>Volumen de producción de cebada grano</i>	31
10 <i>Rendimiento de cebada grano</i>	34
11 <i>Impurezas (Bonificaciones y deducciones)</i>	35
12 <i>Granos desnudos y quebrados (Bonificaciones y deducciones)</i>	36
13 <i>Humedad (Bonificaciones y deducciones)</i>	40
14 <i>Variedades de cebada estudiadas en esta investigación</i>	45
15 <i>Variedades de cebada analizadas</i>	46
16 <i>Análisis físicos del grano de cebada</i>	48
17 <i>Determinación de impurezas, densidad y dureza</i>	49
18 <i>Descripción detallada de impurezas</i>	52
19 <i>Análisis selectivo del grano de cebada</i>	55
20 <i>Viabilidad de germinación</i>	56
21 <i>Humedad en granos de cebada</i>	59
22 <i>Proteína en granos de cebada</i>	60
23 <i>Cenizas en granos de cebada</i>	61
24 <i>Grasa en granos de cebada</i>	63
25 <i>Fibra en granos de cebada</i>	64
26 <i>Hidratos de carbono en granos de cebada</i>	66
27 <i>Precipitaciones en el estado de Guanajuato (2003-2008)</i>	67
28 <i>Precipitaciones en el estado de Hidalgo (2003-2008)</i>	68
29 <i>Precipitaciones en el estado de Puebla (2003-2008)</i>	68
30 <i>Precipitaciones en el estado de Tlaxcala (2003-2008)</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	<i>Planta de cebada</i>	9
2	<i>Espiguillas de cebada de seis hileras y de dos hileras</i>	10
3	<i>Crecimiento y desarrollo de la planta de cebada</i>	12
4	<i>Cariópside de cebada y sus estructuras</i>	14
5	<i>Volumen de producción mundial de cebada</i>	25
6	<i>Superficie sembrada de cebada grano</i>	27
7	<i>Superficie cosechada de cebada grano</i>	28
8	<i>Superficie siniestrada de cebada grano</i>	29
9	<i>Volumen de producción de cebada grano</i>	31
10	<i>Rendimiento de cebada grano</i>	32
		<i>Error! Marcador no definido.</i>



Resumen

RESUMEN

El objetivo general de este proyecto es evaluar la calidad física y química de diferentes variedades de cebada producidas en diferentes ciclos agrícolas en los estados de Hidalgo y Puebla con la finalidad de analizar que factores medioambientales influyen en su calidad. Se utilizaron como muestras de estudio diez variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) que fueron recolectadas en los estados de Hidalgo y Puebla. Para evaluar la calidad de las distintas variedades fue necesario determinar los parámetros físicos de acuerdo a la NMX-FF-043-SCFI-2003 que determinan su calidad física (sensorial y temperatura, impurezas y sanidad, densidad, dureza y selectivo), los cuales influyen notablemente en el precio de venta de la cebada en la industria maltera. Otro factor de suma importancia en la comercialización de la cebada es la composición de los granos de cebada para lo cual se realizó un análisis proximal para determinar sus principales constituyentes (proteínas, carbohidratos, fibra, cenizas, humedad, grasas) y así aportar información que sirva como una base para posteriores aplicaciones de la cebada. De acuerdo al análisis físico la variedad Gabyota Libres Puebla 2008 obtiene grado México debido a que cumple con las especificaciones que indica la NMX-FF-043-SCFI-2003. Su calidad refleja una bonificación en su valor comercial. La mayoría de las variedades son aptas para el malteado debido a que presentan un porcentaje de germinación mayor a 85%, a excepción de Esmeralda Apan 2005, Esmeralda Almoloya 2008 y Esmeralda Libres Puebla 2008. De acuerdo a su composición química las variedades Esmeralda Apan 2007, Esmeralda Almoloya 2008 y Esmeralda Libres Puebla 2008 son las más apropiadas para la industria maltera debido a que presentan un contenido de proteína menor a 11.5%.



Introducción

I.INTRODUCCIÓN

El cereal de mayor producción e importancia en el estado de Hidalgo es la cebada, la cual es empleada en la elaboración de bebidas a base de malta como la cerveza. En la actualidad la cebada es el cuarto cereal cultivado a nivel mundial después del trigo, arroz y maíz. En México la cebada es un cultivo de gran importancia económica y social principalmente en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala y México. En el 2008 los dos primeros estados fueron los principales productores de cebada en grano de temporal, proporcionando más de la mitad de la producción total nacional. Cabe señalar que los agricultores prefieren el cultivo de cebada debido a que su ciclo vegetativo es corto, así como por su resistencia a la sequía, a bajas temperaturas y a la salinidad. La calidad de las cebadas cosechadas por temporal en la región centro del país está fuertemente influenciada por los factores climáticos, lo cual significa que estos varían de un año a otro y se ven fuertemente reflejados en la producción y calidad de esta gramínea. Por todo ello, el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar la calidad de diferentes variedades de cebada producidas en diferentes ciclos agrícolas en los estados de Hidalgo y Puebla. Se utilizaron como muestras de estudio diez variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) que fueron recolectadas en los estados de Hidalgo (municipios de Almoloya, Apan, Emiliano Zapata, Coatlico, Tecocomulco) y Puebla (municipio de Libres). Para determinar su calidad se realizó una evaluación física de los granos y un análisis proximal.

En este trabajo se aporta información sobre la composición química de las diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro del país en los distintos ciclos agrícolas, así como la correlación que existe entre la calidad física y química de los granos de cebada y los factores medioambientales.



Antecedentes

II. ANTECEDENTES

2.1 CEREALES

Los cereales son especies vegetales cultivadas por sus granos. Estos contienen un albumen amiláceo apto para el consumo humano o de los animales, bien en forma de grano o reducidos a harina (Osca, 2001) .Proceden de las formas silvestres de ciertas gramíneas. Son plantas monocotiledóneas cuyo cotiledón, localizado en el germen del grano es denominado botánicamente como escutelo. A diferencia de otras gramíneas, todos los cereales son clasificados como de hábito anual porque completan su ciclo de crecimiento antes del año (Harol y col., 1987).

El consumo de cereales en México es de aproximadamente 132 kilogramos per cápita al año. Éste es poco significativo en comparación con los países más industrializados, no obstante tampoco se considera como un país con deficiencias en su alimentación (FAO, 2007).

2. 2 ORIGEN DE LA CEBADA

Dentro del grupo de cereales, la cebada es una de las gramíneas originaria de Asia y Etiopía, es una de las plantas agrícolas más antiguas. Su cultivo se cita en la Biblia, y la cultivaban ya las antiguas civilizaciones egipcia, griega, romana y china (Dupachak, 2000).

Los estudios arqueológicos han revelado que el cultivo de cebada de dos hileras apareció desde hace 8,000 años a.C. en lo que hoy se conoce como Irán, y la cebada de seis hileras apareció alrededor de 6,000 años a.C. en Asia Menor. Sin embargo, otra evidencia indica que la cebada que hoy conocemos existió y fue usada por lo menos hace 17,000 años en el Valle del Río Nilo en Egipto (Wendfort y col., 1979).

2.3 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA CEBADA

La cebada es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas (*Gramineae*). Las cebadas cultivadas en la actualidad son diploides ($2n=14$) y pertenecen a la especie *Hordeum vulgare* difiriendo unas de otras, como es en el número de filas de granos que se presentan en la espiga, normalmente 2 o 6 (Osca, 2001).

Se conocen muchas variedades botánicas de cebada a las que se les ha dado el nombre científico de *Hordeum vulgare*. En realidad, todas las formas de cebada cultivadas, la silvestre *Hordeum spontaneum* y las malas hierbas/silvestres *H. agriocrithon*, *H. lagunculiforme* y *H. paradoxon* son variedades infértiles de la especie denominada *H. vulgare* (Dendy y Dobraszczyk, 2004). La Tabla 1 muestra una de las clasificaciones botánicas más utilizadas para esta gramínea.

Tabla 1: Clasificación botánica de la cebada

Reino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Poaceae
Subfamilia	<i>Pooideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Género	<i>Hordeum</i>

Fuente: Belitz y Grosh (1997)

2.4 FISIOLOGÍA DE LA CEBADA

Por ser una gramínea sus características vegetativas son similares a las del centeno y trigo. La altura de la planta varía de 60 a 100 cm. con tallo recto y cilíndrico, con hojas lanceoladas de 22 a 30 cm. de largo, y un ancho de 1 a 1.5 cm., con tres espigas unifloras adjuntas a un raquis en zig-zag comprimido, de glumas largas lineales y con la prolongación de la lema en forma de barbas, aún y cuando algunas

variedades mantienen forma de capuchón, con ciclos vegetativos que varían de los 100 a los 125 días para lograr su maduración.

El aparato vegetativo de la cebada tiene la siguiente estructura:

Raíces. Son más superficiales que en el trigo, encontrándose la mayor parte del sistema radical en los primeros 25 cm del suelo y apenas alcanzan 1.20 m de profundidad.

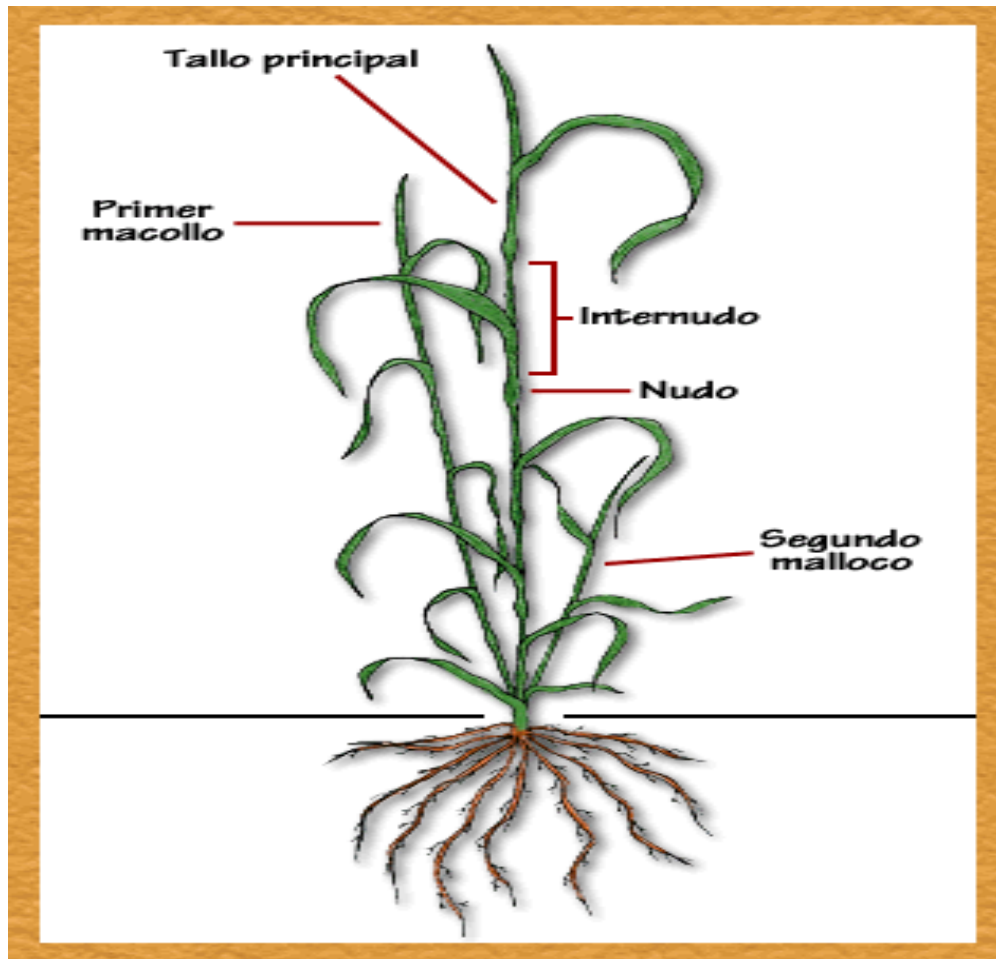
Hojas. Suelen ser de color verde claro y como características distintivas indicar que están provistas de una lígula bastante desarrollada y un par de aurículas glabras grandes, de color más claro que el resto de hoja.

Tallo. Es la parte de la planta que sostiene a las hojas y a la espiga. El tallo conduce agua y minerales a las hojas y, de éstas, se conducen diversos compuestos a otras partes de la planta (Molina, 1989; Impulsora agrícola, 2002). El número de tallos por planta es variable, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales, pero en general las cebadas presentan un grado de ahijamiento elevado.

Espiga. La espiga es cilíndrica, terminal, mide de 7.5 a 19 cm de longitud, con barbas o sin ellas. Esta conformada por estructuras llamadas espiguillas, cada una integrada por el grano y dos glumas con barba de longitud variable; lisa o aserrada, las cuales son alternas y están adheridas en forma de zigzag al eje de la espiga llamado raquis (Molina, 1989; Impulsora agrícola 2002).

En lo que respecta al aparato reproductor, la inflorescencia de la cebada es una espiga compuesta por un eje o raquis con un número variable de nudos (20-30) sobre los que se insertan las espiguillas en posición alterna.

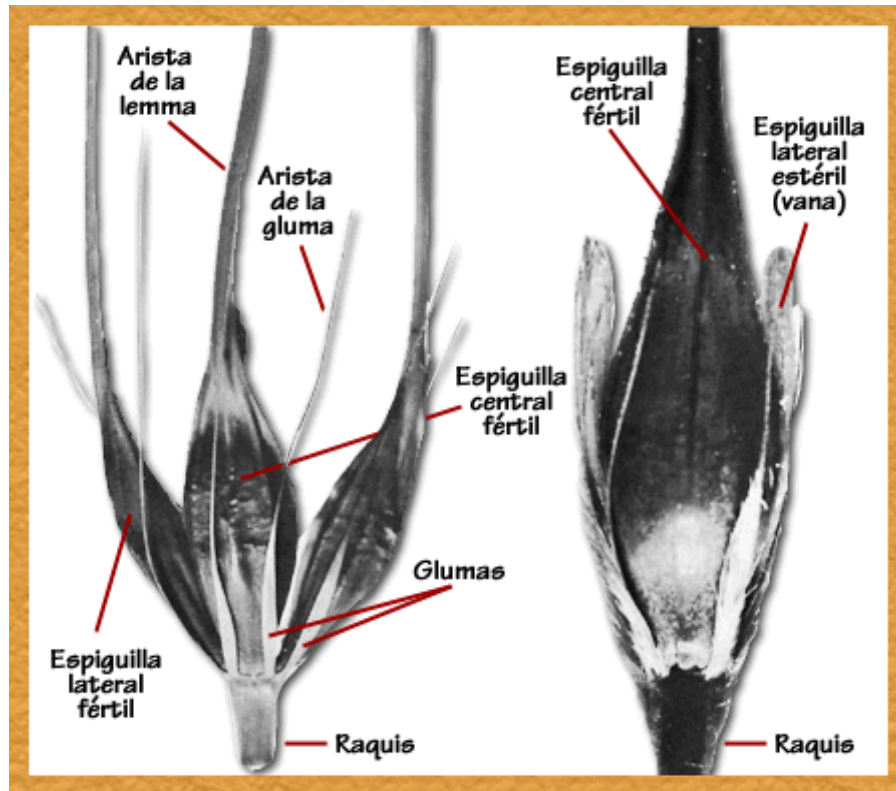
Figura 1. Planta de cebada



Fuente: http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada.htm (Marzo 2010)

Sobre cada nudo se insertan tres espiguillas, compuesta cada una de ellas por un par de glumas muy finas. Las glumas delimitan la espiguilla que posee una sola flor que más tarde dará lugar a un grano por espiguilla. En algunas cebadas las flores de las espiguillas laterales de cada nudo no se desarrollan formándose en cada nudo un único grano (cebadas de dos carreras). Si todas las espiguillas se presentan fértiles se originará una espiga de seis hileras (*Hordeum hexastichon* L.) (Figura 2); si por otra parte, sólo resultan fértiles las espiguillas centrales, se originará una espiga de dos hileras (*Hordeum distichon* L.) (Figura 2).

Figura 2. Espiguillas de cebada de seis hileras (izquierda) y de dos hileras (derecha).



Fuente: http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/inflores.htm (Marzo 2010)

La alternancia de las espiguillas en los nudos da lugar a espigas en las que se aprecian seis filas de granos (seis carreras) o dos filas de granos (dos carreras) respectivamente (Osca, 2001).

La cebada de dos hileras produce granos más grandes y uniformes, más redondeados y con cubiertas más finas. La cebada de seis hileras produce granos más irregulares en tamaño, a causa del menor espacio disponible para crecer correctamente, siendo más delgados los laterales y con el extremo distal curvado (Callejo, 2002).

Cada flor posee dos cubiertas protectoras o glumillas. La glumilla inferior se prolonga en una larga arista o barba. La larga longitud de la arista es un carácter buscado en las nuevas variedades al estar correlacionado con el alto peso del grano. Al madurar

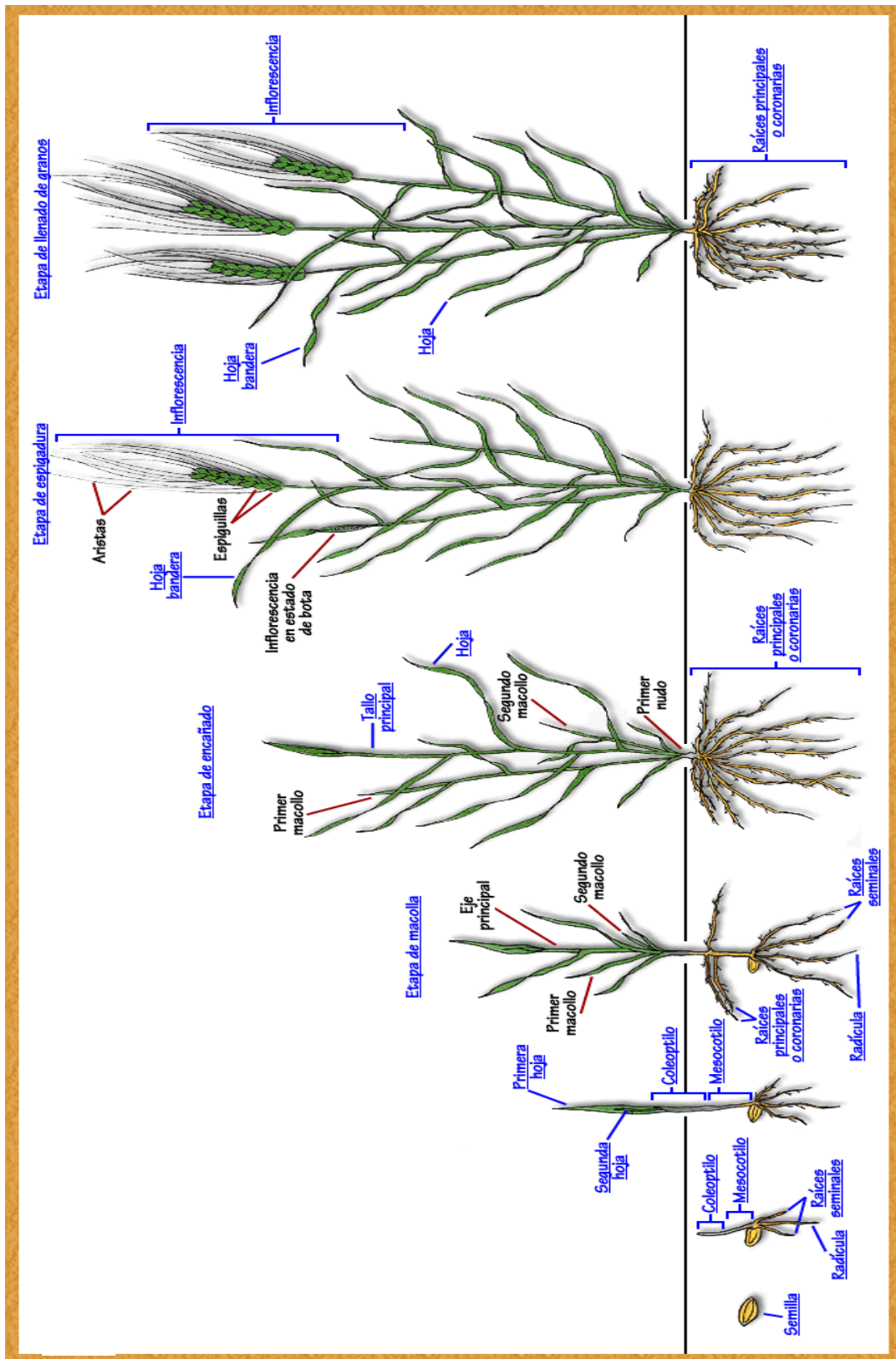
el grano las glumillas quedan fuertemente unidas a la cariósida (grano vestido) (Osca, 2001).

La diferencia entre la cebada y el trigo, se puede apreciar mejor en la forma de la aurícula, cuando la planta está en crecimiento, y en la forma de la espiga, en las plantas maduras (Osca, 2001).

La planta de trigo a diferencia de la cebada suele ser más erguida. La cebada tiene presencia de tallos secundarios o retoños, que surgen de la base de los tallos primarios. Antes de la floración, sin embargo, el tallo se alarga aumentando la longitud de los entrenudos (Figura 3). La cabeza florescente (inflorescencia) se pone finalmente de manifiesto, cuando la hoja más alta se enrolla. Durante este desarrollo en superficie, las raíces originales se ramifican y crecen. El sistema radicular se ve complementado por raíces adventicias que se desarrollan en la base de los tallos (Hough, 1990). Esta extensión del sistema radicular permite a la planta absorber agua y sales minerales en una zona amplia, a una profundidad máxima de dos metros, además de proporcionarle un excelente anclaje. Las variedades modernas de cebada tienen tallos relativamente cortos entre 60-90 cm (Hough, 1990).

En la madurez la espiga de la cebada característicamente se dobla hacia abajo, bien por la propia curvatura de la espiga, bien por doblamiento del último entrenudo. En algunas variedades se rompe con gran facilidad el último nudo al alcanzarse la madurez, con la consiguiente pérdida de grano (Osca, 2001).

Figura 3. Crecimiento y desarrollo de la planta de cebada



Fuente: http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/macollo.htm (Marzo 2010)

2.5 GRANO DE CEBADA

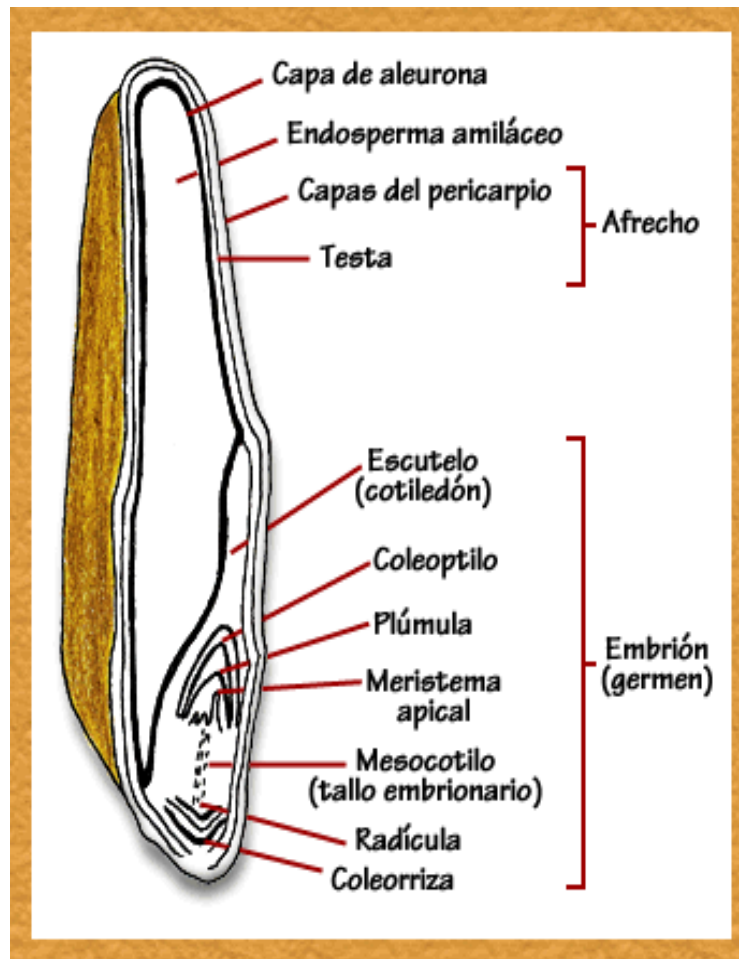
El grano de cebada se compone de una parte externa constituida por unas capas secas y duras de naturaleza lignocelulósica, denominadas glumas y glumillas, las cuales son estructuras florales en forma de hoja que encierran a las cariósides de los cereales (Figura 4). Su función es la de proteger el grano en desarrollo y maduro, contra agentes externos como insectos, hongos y humedad (Hough, 1990).

Las cubiertas más externas forman el pericarpio, que se subdivide en epicarpio (protegido por cutículas y vellosidades), mesocarpio (formado por células transversales) y endocarpio (formado por células tubulares). El pericarpio protege a la semilla, formada por germen y endospermo y rodeada por su propia envoltura. La función principal del pericarpio es la de proteger el grano contra agentes bióticos externos, impedir la pérdida de humedad, conducir y distribuir el agua y otros nutrientes durante la germinación (Callejo, 2002). Otra parte del grano es la testa o envoltura de la semilla, la cual está adherida a la parte ventral de las células tubulares y consiste en una o dos capas de células (Figura 4).

La capa más externa del endospermo, de naturaleza proteica, se denomina capa de aleurona, que en la mayoría de los cereales está compuesta por una sola capa de células, pero en la cebada hay dos o cuatro estratos. La capa de aleurona juega un papel muy importante durante la germinación porque sintetiza enzimas indispensables para lograr desdoblar el almidón que se encuentran en el endospermo (Figura 4).

El endospermo es la parte más desarrollada del grano donde se acumulan las sustancias de reserva, las cuales servirán para el desarrollo de la planta. El endospermo rodea más o menos el germen. El germen se encuentra encerrado en una membrana protectora, contiene el embrión y el escutelo, siendo este último el cotiledón de los cereales. El axis o eje embrionario resulta de la diferenciación del embrión y está formado por la radícula y la plúmula, que formarán las raíces y la parte vegetativa de la planta respectivamente (Callejo, 2002).

Figura 4. Cariópside de cebada y sus estructuras



Fuente: http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/macollo.htm (Marzo 2010)

El endospermo puede ser vítreo o almidonoso. En el endospermo vítreo, no existen espacios de aire y los gránulos de almidón están bien recubiertos por la matriz proteica, por lo que adquieren formas angulares. Esta estructura tiene apariencia vítrea o translúcida debido a que la luz no es difractada cuando pasa a través del endospermo. El endospermo almidonoso se encuentra encerrado en el vítreo. Contiene las mismas estructuras del endospermo vítreo, pero las unidades de almidón son de mayor tamaño y menos angulares; la asociación entre los gránulos de almidón y la matriz proteica es más débil y en general tiene menos contenido de proteína que el vítreo (Serna, 2001).

2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE CEBADA

La cantidad y calidad de los nutrimentos del grano afecta las propiedades nutritivas, culinarias y funcionales de los cereales (Carpanta, 1998).

La carióspside o grano maduro de los cereales está compuesta de carbohidratos, compuestos nitrogenados, lípidos, vitaminas y sales minerales. La composición química del grano de cebada en porcentaje de base seca se muestra en la Tabla 2.

2.6.1 Hidratos de carbono

En las plantas los carbohidratos representan la mayor reserva de energía. Los carbohidratos simples son inmediatamente utilizados para energía por medio de las vías metabólicas y los carbohidratos complejos son reservados para posteriores requerimientos metabólicos. Otra de las funciones de los carbohidratos en las plantas es el mantenimiento de los tejidos estructurales (MacGregor y Batí, 1996).

Los carbohidratos de origen vegetal se dividen en dos partes:

Tabla 2. Composición química del grano de cebada (%)

Hidratos de carbono	72.8-82.8
• Almidón	50.0-63.0
• Azúcares	1.8-2.0
• Fibra bruta	5.0-6.0
Proteína	7.5-15.6
Materia inorgánica	2.0-3.1
Lípidos	1.1-3.1
Otras sustancias	1.0-2.0

Fuente: Dendy y Dobraszczyk (2004).

1) Carbohidratos no estructurales

El almidón está constituido principalmente por polímeros de α -D glucosa, azúcar de seis carbonos, que en forma anillada se le conoce como D-glucopiranososa, ésta se une mediante enlaces glucosídicos, principalmente en presencia de agua (Thomas y

Atwell, 1998).

En el almidón pueden distinguirse dos biopolímeros, la amilosa que es esencialmente lineal y la amilopectina que está altamente ramificada. Estos polímeros a pesar de ser similares molecularmente, difieren ampliamente en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Thomas y Atwell, 1998). Dentro de los gránulos, el almidón tiene un arreglo semicristalino, y la cristalinidad se debe al ordenamiento y longitud de las cadenas de amilopectina (Agama y col., 2005).

La cebada contiene cantidades significativas de azúcares simples y de oligosacáridos. Sin embargo estos carbohidratos están presentes en tan bajas cantidades que son difíciles de determinar con alta precisión (MacGregor y Batí, 1996).

En el endospermo se encuentran en muy bajas concentraciones carbohidratos simples como glucosa y fructosa. La maltosa se encuentra en niveles bajos, algunas veces en las regiones adyacentes del endospermo, en el embrión y la capa de aleurona. Esto sugiere que la maltosa puede ser formada por la degradación del almidón provocada durante la germinación de la cebada. En pequeñas cantidades se presentan la galactosa y manosa durante el desarrollo de la cebada (LaBerge y col, 1973).

La rafinosa es el mayor de los oligosacáridos presentes en la cebada y se considera cerca de 25% de los carbohidratos de bajo peso molecular del grano. Más del 80% de este oligosacárido está en el embrión y su metabolismo es rápido durante los estados de germinación (MacGregor y Batí, 1996).

2) Carbohidratos estructurales

En este grupo se encuentra la celulosa, la cual se localiza exclusivamente en las cubiertas, actuando como sustancia estructural y tiene interés como aporte de fibra dietética. La lignina es un componente importante de la cascarilla y de la paja. Como es lógico la cebada con cascarilla es más rica en fibra y en lignina que la cebada descascarillada o mondada (Serna, 2001).

La hemicelulosa se encuentra formando una rígida matriz en las paredes de las células del endospermo, constituidas por:

- 80-90% β -glucanos, los cuales consisten en largas cadenas de moléculas de glucosa unidas mediante enlaces β (1-3) y β (1-4). Se encuentran estrechamente unidos a la proteína en las paredes celulares del endospermo (Pollock, 1981).
- 10-20% pentosanas, son polímeros de xilosa y arabinosa, parcialmente hidrolizadas durante la germinación y el malteado (Callejo, 2002). Los β -glucanos y las pentosanas son polisacáridos no amiláceos muy interesantes ya que presentan algunos efectos gastrointestinales cuando los animales ingieren los granos de cebada. Por otro lado, los β -glucanos, y posiblemente las pentosanas pueden causar problemas en cervecería. Los β -glucanos pueden formar geles aumentando la viscosidad del mosto, por lo que deben estar presentes en mínimas cantidades en el grano de cebada.

2.6.2 Proteínas

Las proteínas de los cereales se clasifican, atendiendo a sus características de solubilidad, en cuatro grupos o fracciones: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Las albúminas y globulinas se consideran proteínas solubles, denominándoseles proteínas citoplasmáticas, tienen funciones metabólicas y estructurales y se localizan principalmente, en el embrión y en la periferia del grano. La prolamina y la glutelina son las proteínas insolubles, llamadas proteínas de reserva, que se localizan en las células del endospermo en forma de inclusiones, llamadas corpúsculos o cuerpos proteicos (Bellido, 1991).

La distribución de las proteínas no es uniforme dentro del grano. En la Tabla 3 se muestra la clasificación de las proteínas de la cebada de acuerdo a sus propiedades de solubilidad establecidas por Osborne en 1924 (Callejo, 2002).

Tabla 3. Proteínas presentes en la cebada

Nombre	Porcentaje	Solubilidad
Albúmina (leucosina)	3-4	Agua
Globulina (edestina)	10-20	Soluciones salinas diluidas
Prolamina (hordeína)	33.5-45	Soluciones alcohólicas
Glutelinas	35-45	Soluciones diluidas de ácidos o álcalis

Fuente: Callejo (2002)

Las proteínas de los cereales, como la mayoría de las proteínas vegetales, son deficientes en ciertos aminoácidos, particularmente en algunos esenciales como la lisina, treonina, histidina, metionina y triptófano (Callejo, 2002). En las prolaminas el contenido de lisina es bajo, en tanto que en las albúminas y globulinas es elevado (Bellido, 1991).

2.6.3 Cenizas

El contenido de sustancias inorgánicas en granos de cebada varía entre 2 y 3% en base seca (Shewry, 1992; Desrosier, 1999). Entre los elementos inorgánicos sobresalen el fósforo, potasio, calcio, hierro, níquel, magnesio. Los cuales se encuentran en la capa de la aleurona y el endospermo (Shewry, 1992).

El magnesio en la cebada se encuentra localizado en la capa de aleurona. El hierro, zinc y cobre están en el pericarpio, germen y en la capa de aleurona, motivo por el cual cantidades considerables de estos micro minerales se pierden durante los procesos de refinación o molienda (Serna, 2001).

La cebada es rica en potasio, fósforo y calcio, con porcentajes de 300-600 mg/100g, 200-500mg/100g y 25-100mg/100g, respectivamente, aunque suele ser pobre en contenido de cobre (0.4 a 1mg/100g) (Callejo, 2002).

2.6.4 Lípidos

Los lípidos o materia grasa, se encuentran en menor proporción en relación a otros constituyentes del grano de cebada, sin embargo, estos constituyentes tienen mucha importancia desde el punto de vista de estabilidad y procesos metabólicos. Los lípidos están presentes en el germen y la capa de aleurona de cebada y son ricos en ácidos grasos insaturados (Callejo, 2002). En la Tabla 4 se muestra el contenido de ácidos grasos en el grano de cebada.

Tabla 4. Ácidos grasos presentes en el grano de cebada

Nombre	Porcentaje
Ácido palmítico	25
Ácido oléico	8
Ácido linoléico	61
Ácido linolénico	6

Fuente: Callejo (2002).

2.6.5 Humedad

El contenido de humedad de la cebada puede variar de 10 a 14 % (Callejo, 2002).

El contenido de humedad en los órganos de la planta de cebada (hojas, tallos y granos de cebada), es un factor importante para predecir su comportamiento en el almacenamiento (Staniforth, 1980). Generalmente la humedad crítica de los cereales es de 14% (Serna, 2001).

2.6.6 Vitaminas

Los cereales contienen principalmente tres vitaminas: vitamina B₁ (tiamina), vitamina B₂ (riboflavina) y niacina. Están presentes también otras vitaminas como por ejemplo, la vitamina B₆ (piridoxina), el ácido pantoténico, la vitamina E, éstas vitaminas se encuentran en pequeñas cantidades (Tabla 5).

Tabla 5. Vitaminas del grano de cebada

Nombre	(mg/100g)
Tiamina B ₁	0.50
Riboflavina B ₂	0.18
Niacina	5.50
Ácido pantoténico	0.80
Piridoxina B ₆	0.30
Vitamina E	1.10

Fuente: Callejo (2002).

2.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

La cebada se adapta casi a cualquier condición ambiental como ningún otro cereal. Puede crecer lejos de los polos, en el desierto, en altas elevaciones y en lugares donde prácticamente ninguna otra especie de cultivo podría desarrollarse (Poehlman, 1985).

Para cultivarse, la cebada necesita un terreno arado y limpio de maleza, ya que es de los cereales más afectados por la vegetación adventicia. Se obtienen mejores resultados cuando es incluida en una rotación posterior a un cultivo con labranza. Como en otros cultivos, en México se tienen dos periodos para la producción de esta gramínea, los mejores niveles de rendimiento se obtienen durante el ciclo Otoño-Invierno en áreas de cultivo con sistemas de riego; aún cuando la mayor producción se cosecha durante el ciclo Primavera-Verano en lugares predominantemente de temporal.

Las épocas de siembra y cosecha dependen de la variedad seleccionada y la región en la que se localice el cultivo, siendo para el ciclo P-V de abril a agosto mientras que para el ciclo O-I abarca los meses comprendidos entre octubre y enero (Terroba, 1994).

2.8 CONDICIONES DE CULTIVO DE LA CEBADA

2.8.1 Suelo

La cebada crece bien en suelos francos o ligeramente arcillosos, bien drenados.

En los suelos arenosos, al no almacenar suficiente humedad, que puede ser rápidamente agotada, se interrumpe el crecimiento uniforme de la planta. Los suelos pesados arcillosos, húmedos y encharcadizos, son desfavorables para la cebada, aunque en ellos pueden ser obtenidos altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen el encamado de la cebada e incrementan el contenido de nitrógeno del grano hasta niveles inapropiados cuando se destina a la fabricación de malta para cerveza. La cebada es más tolerante que otros cereales a los suelos básicos y menos tolerante a los suelos ácidos. Un pH del suelo comprendido entre 6 a 8.5 es, generalmente, adecuado para el crecimiento de la planta (Bellido, 1991).

2.8.2 Temperatura

Las temperaturas idóneas de cultivo en este cereal para las variedades de primavera, se estiman dentro de un rango comprendido desde los 28°C hasta un máximo de 40°C, a diferencia de aquellas seleccionadas para la época invernal en las que la temperatura óptima se encontrará entre los 15°C y 25°C.

2.8.3 Humedad

Se reporta que respecto a la humedad la cebada prospera bien en regiones secas bajo condiciones de riego o temporal; en regiones húmedas y lluviosas favorecen las enfermedades fitopatógenas (Nonato, 1992).

Los requerimientos de agua de la planta de primavera se ubican aproximadamente en 600 mm de agua. En lugares con insuficiencia de precipitación pluvial o épocas de temperatura desfavorables, es recomendable el reposo de la tierra para que el agua se acumule en el suelo (Terroba, 1994).

2.8.4 Clima

La cebada es un cultivo de clima templado y crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. Tolera bien las altas temperaturas en clima seco o la elevada humedad en clima fresco, pero se adapta mal a los climas húmedos y cálidos, debido a la incidencia de enfermedades (Bellido, 1991).

2.8.5 Periodo de siembra

El cultivo de la cebada maltera de temporal se realiza en función de la lluvia, el escoger la fecha de siembra es la primera decisión que toma el productor y ésta va a depender del clima concreto de cada zona, y en especial del periodo de heladas, en el que el estado de la planta debe presentar la máxima resistencia (Bellido, 1991). Las lluvias utilizadas para sembrar cebada maltera en México son las que ocurren a partir del 15 de mayo. Para el estado de Hidalgo el periodo de siembra de cebada maltera inicia el 20 de abril, así mismo, es preferible sembrar temprano si las lluvias lo permiten, con el fin de que el grano madure en el periodo libre de heladas (Impulsora agrícola, 2002).

2.9 VARIEDADES DE CEBADA CULTIVABLE

Las variedades de cebada son extraordinariamente diversas. De la especie y variedad dependen también las características del tratamiento industrial de los granos, el método de elaboración a seguir y la idoneidad para elaborar determinados productos (Tscheuschner, 2001).

Las variedades de cebada grano existentes son:

Adabella

La variedad Adabella, liberada en el año 2004, es resultado de la selección de líneas segregantes de cebada, esta variedad presenta tolerancias a las enfermedades más comunes que atacan a la cebada en los Valles Altos (roya lineal amarilla (*Puccinia hordei*), mancha reticular (*Helminthosporium teres*) y a la escaldadura de la hoja (*Rynchosporium secalis*)), así como un alto potencial de rendimiento y buena calidad industrial. Su ciclo vegetativo se presenta de los 90 a los 132 días. Las principales áreas de producción de Adabella son las regiones templadas semisecas y subhúmedas, con lluvias en el verano, que se localizan en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y el Estado de México. Sin embargo, en regiones que presentan

problemas de sequía, Adabella presenta rendimientos menores a los de la variedad Esmeralda, esto hace que Adabella tenga pocas oportunidades en regiones secas.

Centinela

Liberada en 1975. El grano es de tamaño regular, uniforme, de forma ovoide y ligeramente arrugado en la parte ventral. El grano central y los granos laterales tienen un tamaño semejante, lo que constituye la principal característica de la variedad; la cascarilla se adhiere bien al grano. Las venas son regulares, lisas y en ocasiones pigmentadas; la raquilla mide casi la mitad del grano; sin vellos. La gluma mide la mitad del grano. La espiga es de seis hileras, de tamaño mediano. Su barba es de tamaño regular, aserrada. Se inclina ligeramente al madurar.

Cerro prieto

El grano es de tamaño regular y un poco alargado. La cascarilla está bien adherida al grano y es arrugada en la cara ventral; tiene venas laterales rugosas y lisas. La gluma alcanza la mitad del tamaño del grano con un pelo que alcanza el doble del tamaño del grano. La espiga es de seis hileras de tamaño mediano. Su barba es regular y aserrada. Y se inclina ligeramente al llegar a la madurez.

Esmeralda

La variedad Esmeralda, liberada en 1992 tiene un ciclo vegetativo de 91-128 días y es resistente al desgrane. El grano es grande, de forma ovoide alargado ligeramente arrugado en la parte media dorsal acentuándose hacia el ápice. La cascarilla se adhiere fuertemente al grano. Las venas laterales son dentadas en el último tercio; la vena central prominente y poco rugosa. La gluma alcanza la mitad del tamaño del grano y el pelo de ella es unas cuatro veces más largo que la gluma; la raquilla es vellosa del tamaño de la mitad del grano. La espiga es de seis hileras, de tamaño mediano a largo y se inclina un poco al madurar. Su barba es larga y aserrada.

Esperanza

Liberada en 1988. El grano es grande, ovoide, con la cascarilla bien adherida, la raquilla es delgada, alargada, vellosa; las venas son pronunciadas, sin pigmentación; el pliegue ventral se abre en forma longitudinal y es cerrado en la base. La espiga es de seis hileras de tamaño mediano, recta y no se inclina al llegar a la madurez. Su barba es aserrada.

Gabyota

En el año de 1993 fue liberada la variedad Gabyota. El grano de dicha variedad es grande, de forma ovoide, uniforme, venas prominentes no pigmentadas y lisas de la base a la mitad del grano y rugosas en la otra mitad. Raquilla vellosa, de vellos largos y de tamaño de un tercio a casi la mitad del grano con barba que se extiende a lo largo del grano, la cascarilla es adherida. La espiga es de dos hileras, mediana. Se inclina al llegar a la madurez.

Guanajuato

Liberada en 1984. El grano es de tamaño regular, de forma ovoide y uniforme; las venas son rugosas y en ocasiones pigmentadas; la raquilla es vellosa y del tamaño de un tercio a la mitad del grano, la gluma llega a la mitad del grano; y tiene pelos bien unidos y abundantes; la cascarilla es arrugada en la cara ventral y en la dorsal.

Puebla

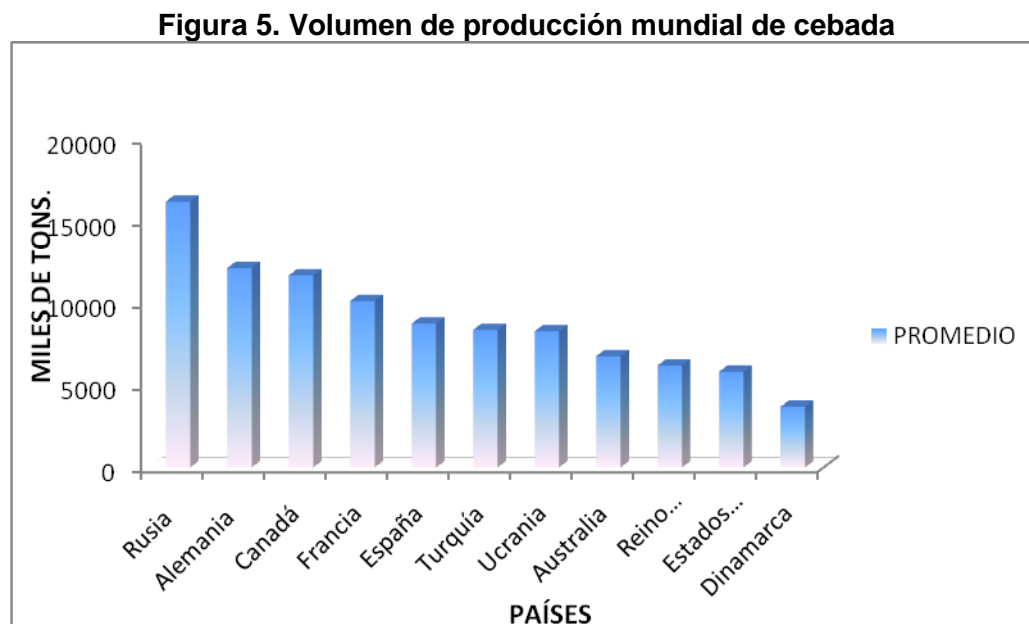
Liberada en 1974. El grano es grande, de forma ovoide, uniforme, venas prominentes no pigmentadas y lisas de la base a la mitad del grano y rugosas en la otra mitad. Raquilla vellosa, de vellos largos y de tamaño de un tercio a casi la mitad del grano. La gluma alcanza la mitad a casi tres cuartos del tamaño del grano, con barba que se extiende a lo largo del grano. La cascarilla es adherida. La espiga es de seis hileras, de tamaño mediano y se inclina al llegar a la madurez. Su barba es larga y aserrada (SAGARPA, 2008).

2.10 PRODUCCIÓN DE CEBADA

En la actualidad, la cebada se produce en casi todo el mundo, destinándolo principalmente a dos tipos de mercado: como alimento para ganado y para producción de malta. Particularmente en México, aproximadamente el 70% de la cebada que se produce es específica para ser utilizada por la industria maltera y el 30% restante corresponde a variedades que se utilizan fundamentalmente para alimentación de ganado (SAGARPA, 2008).

2.10.1 Nivel mundial

A nivel mundial la cebada ocupa el cuarto lugar después del trigo, el arroz y el maíz. El principal país productor de cebada en el mundo es Rusia, en promedio, durante el periodo de 1997 – 2007 su producción es de 16,212 ton que representa el 11.54% de la producción mundial, seguido de Alemania, Canadá y Francia quienes obtienen en promedio 12,159; 11,706 y 10,150 ton respectivamente y en conjunto representan el 24.22% de la producción mundial (SAGARPA, 2008).



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

A nivel mundial las exportaciones de cebada durante el período de 1996-2006 en promedio fueron de 22,237 ton, mientras que las importaciones fueron ligeramente menores promediando 20,752 ton (SAGARPA, 2008).

2.10.2 Nivel nacional

La República Mexicana se distribuye en 5 grandes regiones de producción agrícola de acuerdo a lo expresado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) las cuales se presentan a continuación:

Centro: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Centro Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí y Zacatecas.

Noreste: Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Tamaulipas.

Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.

Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán

De las anteriores solo 2 regiones son productoras de cebada: la región Centro y la Centro Occidente, en las que se obtuvo el 95.8% del volumen total producido en el ciclo 1997-2007 (SAGARPA, 2008).

Superficie sembrada

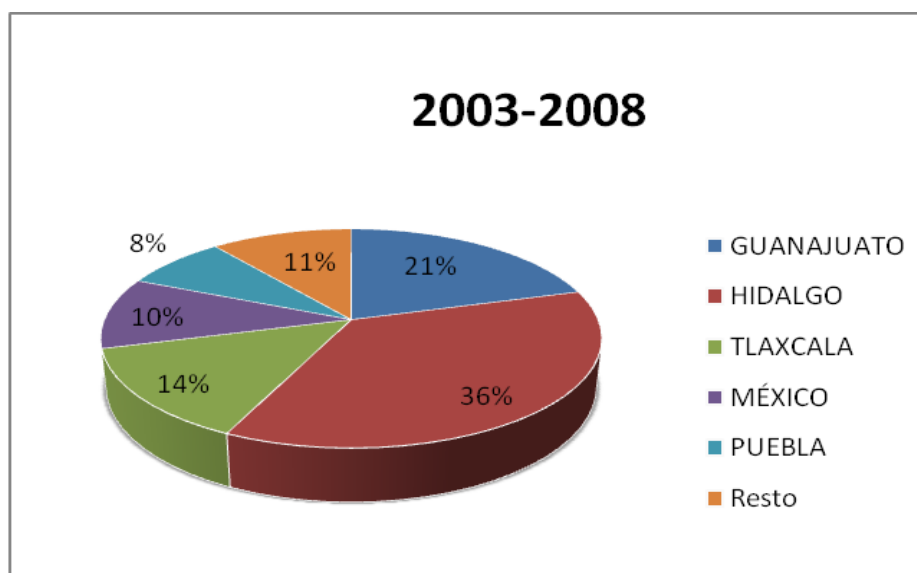
Durante el periodo 2003-2008, en promedio en México, se sembraron 330,678 ha de cebada grano en el país. En el estado de Hidalgo, se destinaron 120,373 ha, seguido del principal productor de cebada grano, Guanajuato con 68,128 ha y el estado de Tlaxcala con 45,631 ha.

Tabla 6. Superficie sembrada de cebada grano

ESTADO	AÑO AGRÍCOLA						Promedio	%
	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
GUANAJUATO	100,384	83,600	64,853	55,139	54,057	50,736	68,128	20.60
HIDALGO	120,154	117,096	130,084	123,846	112,178	118,879	120,373	36.40
TLAXCALA	58,763	45,883	47,340	47,965	34,882	38,954	45,631	13.80
MÉXICO	27,898	31,784	36,952	36,283	37,274	39,220	34,902	10.55
PUEBLA	24,936	24,704	21,073	28,379	24,187	33,408	26,115	7.90
Resto	41,388	29,089	32,399	31,113	37,693	41,500	35,530	10.74
Nacional	373,523	332,156	332,700	322,724	300,270	322,696	330,678	100

Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Figura 6. Superficie sembrada de cebada grano



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Superficie cosechada

La superficie cosechada que se tiene durante el periodo es de 318,164 ha. En el estado de Hidalgo se cosechan 114,591 ha que representa el 36.01% de la superficie cosechada total, le siguen los estados de Guanajuato y Tlaxcala con 66,635 y 45,309

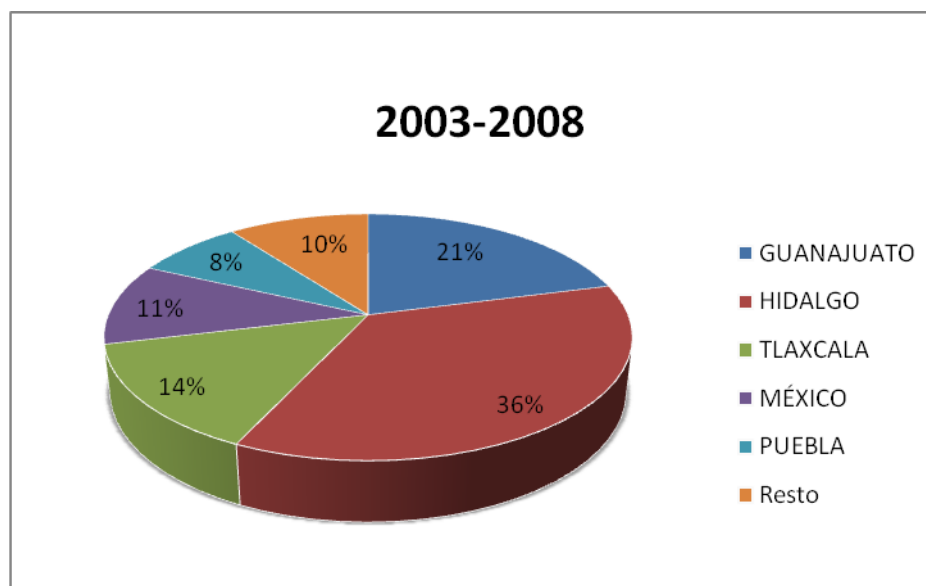
ha cosechadas que representan el 20.94% y 14.24% de la superficie total cosechada respectivamente.

Tabla 7. Superficie cosechada de cebada grano

AÑO AGRÍCOLA								
MILES DE HECTÁREAS								
ESTADO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Promedio	%
GUANAJUATO	99,291	83,065	60,305	55,107	52,108	49,936	66,635	20.94
HIDALGO	115,913	114,097	115,999	123,128	105,108	113,303	114,591	36.02
TLAXCALA	57,749	45,825	47,340	47,801	34,877	38,263	45,309	14.24
MÉXICO	27,898	30,646	34,869	36,283	36,420	38,720	34,139	10.73
PUEBLA	23,542	24,360	21,062	25,122	23,442	31,547	24,846	7.81
Resto	40,101	27,849	26,519	27,992	34,400	39,002	32,644	10.26
Nacional	364,494	325,842	306,093	315,432	286,354	310,770	318,164	100

Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Figura 7. Superficie cosechada de cebada grano



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Superficie siniestrada

En el periodo 2003-2008, la mayor cantidad de siniestros se registran en el estado de Hidalgo con 5,781 ha que representan el 46.20 % de la superficie siniestrada total.

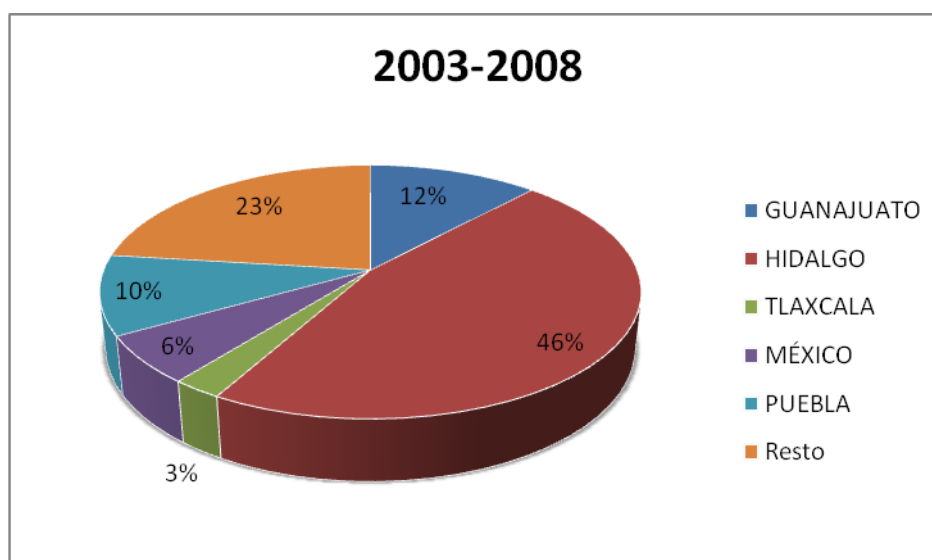
El 2005 fue el año en el que se presentó la mayor cantidad de hectáreas siniestradas en la región centro, afectando 20,727 ha. Posteriormente los años 2007 y 2008 presentaron 10,623 y 9,428 ha siniestradas.

Tabla 8. Superficie siniestrada de cebada grano

ESTADO	AÑO AGRÍCOLA						Promedio	%
	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
GUANAJUATO	1,093	535	4,548	32	1,949	800	1,493	11.93
HIDALGO	4,241	3,000	14,085	718	7,069	5,576	5,781	46.20
TLAXCALA	1,014	58	0	164	5	691	322	2.57
MÉXICO	0	1,138	2,084	0	854	500	763	6.09
PUEBLA	1,394	344	11	3,257	745	1,861	1,269	10.14
Resto	1,287	1,240	5,880	3,121	3,293	2,498	2,886	23.07
Nacional	9,029	6,314	26,607	7,292	13,916	11,926	12,514	100

Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Figura 8. Superficie siniestrada de cebada grano



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Volumen de producción nacional

El principal productor de cebada grano en el país es el estado de Guanajuato con 308,962 ton en el periodo de 2003 a 2008 y que representa el 36.51% de la producción total.

El segundo estado productor de cebada grano es Hidalgo con 223,557 ton (26.42%). Los municipios donde se obtiene el 73.15% de la producción total en el estado en 2008 son: Apan (18.17%); Zempoala (15.41%); Singuilucan (12.70%); Cuautepec de Hinojosa (8.04%); Almoloya (7.52%); Tepeapulco (6.94%) y Zapotlán de Juárez (4.36%).

Le sigue el estado de Tlaxcala con 116,377 ton (13.75%); después el Estado de México con 60,120 ton (7.10%) y Puebla con 57,513 ton (6.80%) en conjunto representan el 90.58 % de la producción total.

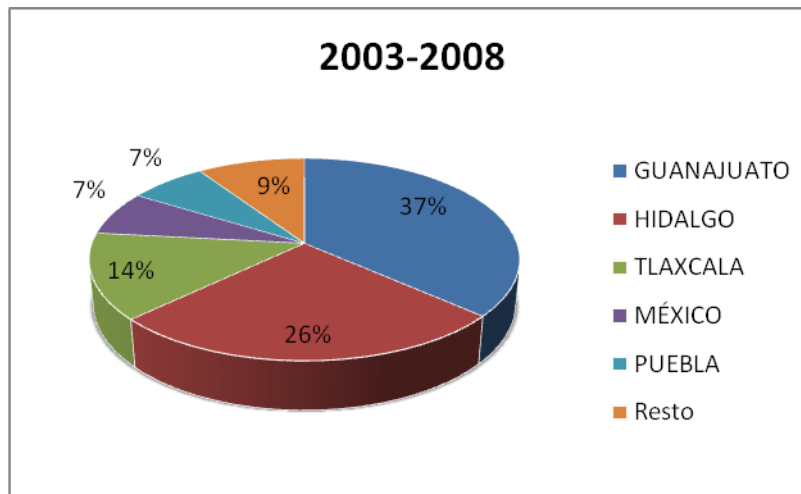
El año en que se tiene la mayor producción de cebada grano es en 2003 con 1,081,574 ton. Mientras que el año que presenta menor producción es el 2007 con 653,075 ton.

Tabla 9. Volumen de producción de cebada grano

AÑO AGRÍCOLA								
MILES DE TONELADAS								
ESTADO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Promedio	%
GUANAJUATO	452,701	431,508	276,658	244,588	221,409	226,910	308,962	36.51
HIDALGO	206,605	224,809	194,631	295,006	178,209	242,087	223,558	26.42
TLAXCALA	150,626	93,583	139,350	142,532	82,008	90,166	116,377	13.75
MÉXICO	77,323	51,611	52,044	65,567	51,049	63,131	60,121	7.10
PUEBLA	60,970	57,942	42,713	59,538	44,040	79,877	57,513	6.80
Resto	133,349	72,088	55,290	62,066	76,359	79,009	79,693	9.42
Nacional	1,081,574	931,541	760,686	869,297	653,075	781,179	846,225	100

Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Figura 9. Volumen de producción de cebada grano



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Rendimientos

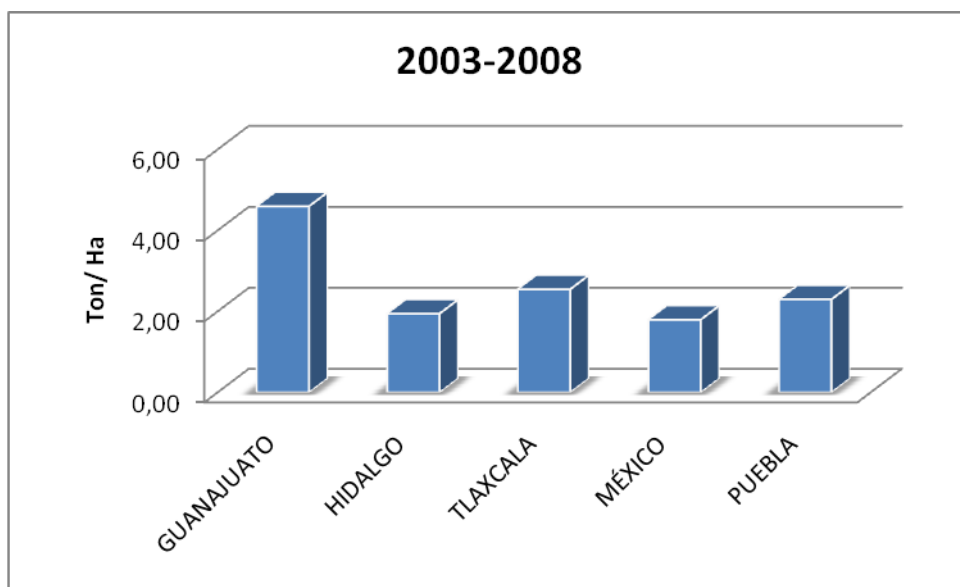
Los mayores rendimientos se obtienen en el principal estado productor, Guanajuato, con 4.60 ton/ ha, seguido del estado de Tlaxcala con 2.55 ton/ ha. A nivel nacional en el ciclo estudiado el año que presenta mayor rendimiento es el 2003 con 2.97 ton/ ha.

Tabla 10. Rendimiento de cebada grano

ESTADO	AÑO AGRÍCOLA						Promedio
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
GUANAJUATO	4.56	5.2	4.59	4.44	4.25	4.54	4.60
HIDALGO	1.78	1.97	1.68	2.4	1.7	2.14	1.95
TLAXCALA	2.61	2.04	2.94	2.98	2.35	2.36	2.55
MÉXICO	2.77	1.68	1.49	1.81	1.4	1.63	1.80
PUEBLA	2.59	2.38	2.03	2.37	1.88	2.53	2.30
Nacional	2.97	2.86	2.49	2.76	2.28	2.51	2.65

Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

Figura 10. Rendimiento de cebada grano



Elaboración propia. Fuente: SIAP, 2009

2.11 USOS DEL GRANO DE CEBADA

El principal uso que se le ha dado a la cebada es para la elaboración de malta (cebada germinada y tostada). La cebada es utilizada en la industria cervecera por su alto contenido en almidón, que es la sustancia que da origen al extracto cervecero; por su alta actividad diastásica, que es la mayor dentro de todos los cereales. La industria cervecera utiliza granos con un alto extracto cervecero (un elevado contenido de azúcares), con bajo contenido de proteínas (9 a 11.5%), con una cantidad enzimática apropiada y finalmente con un escaso contenido de β -glucanos (Hornsey, 2002).

El interés por la cebada como alimento para animales y humanos se debe a su alto contenido de fibra dietética total y fibra dietética soluble (Ranhotra y col, 1991). Aproximadamente del 80 al 90% de la producción de cebada es empleada en la alimentación del ganado en algunos países, tanto en verde como madura y con o sin grano para forraje (Tremere y Baty, 1989).

En la industria de la panificación se han utilizado harinas compuestas, es decir que una porción es de trigo y la otra de cebada u otro cereal. En panificación se requieren cereales con alto contenido en proteína, principalmente de gluten. La cebada no contiene esta proteína es por eso que es necesario utilizar una porción de trigo para obtener un pan con textura deseable (Dendy y Dobraszczyk, 2004).

Otros usos industriales de la cebada son la obtención del almidón para aplicarlo en la industria textil, del papel, síntesis de polímeros y en alimentos como en confitería (Munck, 1993).

2.12 COMERCIALIZACIÓN CON BASE EN LA NMX-FF-043-SCFI-2003

La cebada al igual que los demás cereales, no se emplea de manera directa para consumo humano. En México principalmente se emplea como materia prima para la elaboración de malta, la que a su vez se utiliza en la fabricación de cerveza; o bien, como ingrediente en la formulación de dietas para la alimentación de ganado (SAGARPA, 2008).

La producción de cebada en México se ubica en la zona centro del país en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México, Guanajuato, Puebla, Zacatecas, Michoacán y Querétaro (SAGARPA, 2008). En México la comercialización de cebada grano se realiza en base a la NMX-FF-043-SCFI-2003 la cual establece las condiciones y características del grano de cebada maltera. La cebada se clasifica en dos grados: Grado México y Grado México no clasificado. Las exigencias principales del mercado nacional en cuanto a calidad de la cebada para producción de malta consisten en que el grano presente buenas condiciones físicas y fisiológicas, sin plagas, con una germinación mínima de 85%, humedad entre 11.5% y 13.5%, buen tamaño de grano, porcentajes de grano desnudo o quebrados menores del 5%, menos de 2% de impurezas, un máximo del 10% de grano dañado y hasta 10% de mezclas con otras variedades de cebada. Será considerada grado México no clasificado si no cumple con las especificaciones anteriormente señaladas y podrá ser comercializada libremente mediante un acuerdo entre las partes sobre la calidad del producto. En la

zona agrícola del centro de México, la superficie de cebada para malta ha venido creciendo en los últimos años debido a que los agricultores obtienen mejores precios de venta y seguridad en la venta de su producto, en comparación con el trigo. Adicionalmente, la producción de cebada bajo sistemas de riego, demanda una menor cantidad de agua, en comparación con el trigo, situación que ha hecho atractiva esta actividad, no sólo para los productores, sino también para los programas de gobierno que buscan dar respuesta a la problemática del abatimiento de mantos freáticos en el altiplano de México.

La NMX-FF-043-SCFI-2003 establece que las variedades que tengan un porcentaje de impurezas menor a 2% tendrán ciertas bonificaciones, mientras que aquellas que contengan un porcentaje superior tendrán deducciones sobre el costo total. En la Tabla 11 se muestran las bonificaciones y deducciones establecidas por la NMX-FF-043-SCFI-2003.

Tabla 11. Impurezas (Bonificaciones y deducciones)

BONIFICACIONES		DEDUCCIONES	
%	Kg/ ton	%	Kg/ ton
0.0	20	2.5	5
0.5	15	3.0	10
1.0	10	3.5	15
1.5	5	4.0	20
2.0	0	4.5	25
		5.0	30
		5.5	35
		6.0	40

Así mismo el porcentaje establecido por la NMX-FF-043-SCFI-2003 para granos desnudos y quebrados es de 5%. Por lo tanto si la variedad de cebada presenta un

porcentaje menor a 5% va a tener bonificaciones, por ejemplo si contiene un 2% va a tener una bonificación de 30 kg por tonelada como se muestra en la Tabla 12. Por el contrario si presenta un porcentaje mayor a 5% va a tener ciertas deducciones.

Tabla 12. Granos desnudos y quebrados (Bonificaciones y deducciones)

BONIFICACIONES		DEDUCCIONES	
%	Kg/ ton	%	Kg/ ton
0.0	50	5.5	5
0.5	45	6.0	10
1.0	40	6.5	15
1.5	35	7.0	20
2.0	30	7.5	25
2.5	25	8.0	30
3.0	20	8.5	35
3.5	15	9.0	40
4.0	10	9.5	45
4.5	5	10.0	50
5.0	0		

En cuanto a humedad la NMX-FF-043-SCFI-2003 establece un rango de 11.5% a 13.5 %. Si el grano de cebada presenta un porcentaje de humedad dentro del rango establecido no hay ninguna bonificación ni deducción, en cambio si presenta de 11% a 6% tendría una bonificación de 5 kg/ton. Las deducciones de 5 kg/ ton se realizan si el porcentaje de humedad es de 14 a 16.5%, ya que las bodegas con secadora podrán recibir la cebada con un porcentaje máximo de 16.5% de humedad siempre y cuando se cobren los gastos por secado.

Tabla 13. Humedad (Bonificaciones y deducciones)

BONIFICACIONES		DEDUCCIONES	
%	Kg/ ton	%	Kg/ ton
6.0		5.5	
6.5		6.0	
7.0		6.5	
7.5		7.0	
8.0	5	7.5	5
8.5		8.0	
9.0		8.5	
9.5		9.0	
10.0		9.5	
10.5		10.0	
11.0			
11.5			
12.0			
12.5	0		
13.0			
13.5			



Objetivos

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad física y química de diferentes variedades de cebada producidas en diferentes ciclos agrícolas en estados de la región centro de México y correlacionar con los factores medioambientales que influyen en su calidad maltera.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la evaluación física de las diferentes variedades de cebada.
- Determinar la composición química proximal de las diferentes variedades de cebada.
- Comparar la composición física y química de las diferentes variedades de cebada estudiadas con bibliografías reportadas.
- Analizar los factores medioambientales que afectan la producción y la calidad del grano de cebada en los ciclos estudiados.
- Establecer los usos potenciales de cada variedad con base en los resultados obtenidos de los análisis realizados.



Metodología

IV. METODOLOGÍA

4.1 MATERIA PRIMA

Se utilizaron como muestras de estudio diez variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) las cuales fueron recolectadas en los estados de Hidalgo y Puebla. Las variedades analizadas se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Variedades de cebada estudiadas en esta investigación

VARIEDAD	AÑO	MUNICIPIO	ESTADO	CÓDIGO
Esmeralda	2007	Almoloya	Hidalgo	EA 2007
Esmeralda	2007	Apan	Hidalgo	EAP 2007
Gabyota	2007	Almoloya	Hidalgo	GA 2007
Gabyota	2007	E. Zapata	Hidalgo	GEZ 2007
Adabella	2008	Coatlaco	Hidalgo	ACH 2008
Adabella	2008	Libres	Puebla	ALP 2008
Esmeralda	2008	Almoloya	Hidalgo	EA 2008
Esmeralda	2008	Libres	Puebla	ELP 2008
Gabyota	2008	Libres	Puebla	GLP 2008
Gabyota	2008	Tecocomulco	Hidalgo	GTH 2008

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Muestreo

Para llevar a cabo el análisis se realizó un muestreo aleatorio en cada saco de cebada de 50 kg con la finalidad de que todos los elementos de la población tuvieran la misma probabilidad de ser seleccionados. La muestra fue tomada manualmente en diferentes puntos del saco a tres niveles (fondo, enmedio y arriba), obteniendo aproximadamente 100 g de cada punto hasta obtener una muestra representativa de

1 kg, con lo cual se trabajó directamente para el análisis físico. Las determinaciones del análisis físico se realizaron por triplicado.

Para realizar el análisis proximal el tamaño de muestra (n) se determinó con la siguiente fórmula:

$$n = Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N / [N^2 \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q]$$

Donde:

n = tamaño de muestra (g)

N = tamaño de la población (g)

p = 0.95 y q = 0.05, factores de probabilidad de la muestra representativa

Z= 1.960 valor estadístico para un 95% de confiabilidad

e = 0.05 como nivel de error de estimación.

Con una población de 50,000g de cada una de las variedades el tamaño de muestra (n) fue de 381g para cada una de las variedades.

4.2.2 Análisis físico

Para determinar la calidad de los granos, se llevó a cabo una evaluación física de los mismos en base a la NMX-FF-043-SCFI-2003 que incluye el análisis sensorial, temperatura, impurezas, densidad, peso de mil granos, índice de flotación, dureza por abrasión, análisis selectivo y determinación de germinación (método por peróxido de hidrógeno y por ácido sulfúrico).

4.2.3 Análisis proximal

El análisis proximal se realizó a todas las muestras de acuerdo a los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). Humedad (925.10), Cenizas (923.03), Grasas (920.39), Fibra dietética total (962.09) y Proteínas por el método DUMAS (990.03). Finalmente el contenido de hidratos de carbono se obtuvo

por diferencia de porcentajes de todos los constituyentes con respecto al cien por ciento.

4.2.4 Búsqueda, recopilación y análisis de información

Las estadísticas de siembra, cosecha, siniestros y producción de diferentes ciclos agrícolas en México fueron obtenidas del anuario estadístico de la producción agrícola del SIAP. En los diferentes bancos de datos de CONAGUA se realizó la búsqueda de precipitaciones pluviales del ciclo estudiado. Además se realizó búsqueda de información general en fichas técnicas y publicaciones validadas por el comité sistema producto cebada en la página de SAGARPA.

4.2.5 Análisis estadístico

Para efectos de análisis estadístico, se realizó cada determinación al menos por triplicado. Determinando una media y una desviación estándar a los resultados obtenidos utilizando Microsoft Office Excel.



Resultados y Discusiones

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En México la producción de cebada está íntimamente relacionada con la industria cervecera, considerada como una de las actividades más importantes dentro del sector agroindustrial nacional. Por ello la calidad requerida para los granos de cebada está regida por la norma NMX-FF-043-SCFI-2003, la cual establece los parámetros que debe cumplir la cebada maltera y el grado que puede adquirir si cumple con todos los parámetros estipulados por dicha norma. El grado da una indicación de la calidad y el estado de salud del grano, mientras que la clase esta relacionada con el uso potencial del mismo.

5. 1 ANÁLISIS FÍSICO

El análisis físico se llevó a cabo de acuerdo a la metodología especificada en la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 con la finalidad de clasificar el grano de cebada.

En la Tabla 15 se muestran las variedades que han sido estudiadas previamente por López (2005) y Reyes (2008) y con las cuales se llevará a cabo una comparación respecto a las analizadas en el presente trabajo.

Tabla 15. Variedades de cebada analizadas

VARIEDAD	AÑO	MUNICIPIO	ESTADO	CÓDIGO	AUTOR
Esmeralda	2003	Apan	Hidalgo	EA 2003	López, 2005
Esmeralda 1	2003	E. Zapata	Hidalgo	EEZ 2003	López, 2005
Esmeralda 2	2003	Calpulalpan	Tlaxcala	EC 2003	López, 2005
Esmeralda	2005	Apan	Hidalgo	EA 2005	Reyes, 2008
Esmeralda	2005	Zapotlán	Hidalgo	EZ 2005	Reyes, 2008
Adabella	2006	Apan	Hidalgo	ADA 2006	Reyes, 2008
Esmeralda	2006	Apan	Hidalgo	EA 2006	Reyes, 2008
Esmeralda	2007	Almoleya	Hidalgo	EA 2007	Barrera, 2009
Esmeralda	2007	Apan	Hidalgo	EAP 2007	Barrera, 2009
Gabyota	2007	Almoleya	Hidalgo	GA 2007	Barrera, 2009
Gabyota	2007	E. Zapata	Hidalgo	GEZ 2007	Barrera, 2009
Adabella	2008	Coatlaco	Hidalgo	ACH 2008	Barrera, 2009
Adabella	2008	Libres	Puebla	ALP 2008	Barrera, 2009
Esmeralda	2008	Almoleya	Hidalgo	EA 2008	Barrera, 2009
Esmeralda	2008	Libres	Puebla	ELP 2008	Barrera, 2009
Gabyota	2008	Libres	Puebla	GLP 2008	Barrera, 2009
Gabyota	2008	Tecocomulco	Hidalgo	GTH 2008	Barrera, 2009

5.1.1 Sensorial y temperatura

En la Tabla 16 se muestran los resultados del análisis sensorial y temperatura. Las diecisiete variedades muestran un color y olor característico, lo cual indica que no existe contaminación por hongos o insectos acorde a lo publicado por Dendy y Dobrazczyk, 2004, De acuerdo a esto todas las variedades presentan características sensoriales aceptables.

Tabla 16. Análisis físicos del grano de cebada

CÓDIGO	COLOR	OLOR	TEMP. AMBIENTE	TEMP. DEL GRANO
EA 2003	Característico	Característico	21	19 (1.00)
EEZ 2003	Característico	Característico	17	14 (1.20)
EC 2003	Característico	Característico	23	27 (1.70)
EA 2005	Característico	Característico	19	19 (0.42)
EZ 2005	Característico	Característico	18	19 (0.84)
ADA 2006	Característico	Característico	18	19 (0.45)
EA 2006	Característico	Característico	19	18 (0.45)
EA 2007	Característico	Característico	22	21 (0.40)
EAP 2007	Característico	Característico	20	18 (0.50)
GA 2007	Característico	Característico	21	21 (0.10)
GEZ 2007	Característico	Característico	21	19 (0.50)
ACH 2008	Característico	Característico	21	20 (0.50)
ALP 2008	Característico	Característico	21	20 (0.40)
EA 2008	Característico	Característico	21	20 (0.40)
ELP 2008	Característico	Característico	21	21 (0.10)
GLP 2008	Característico	Característico	21	21 (0.10)
GTH 2008	Característico	Característico	20	18 (0.20)

() Desviación estándar

López (2005) y Reyes (2008) publicaron que ninguna variedad analizada mostró una variación mayor a 5°C. Aunque es importante mencionar que dentro de esta prueba la variedad que presentó la mayor variación entre la temperatura ambiente y la temperatura del grano fue EC 2003 (variación de 4°C). Esto indicó que existía liberación de energía debido a algún proceso metabólico. Aunque EC 2003 presentó la mayor variación de temperatura, es importante señalar que las diecisiete variedades se encuentran dentro de la norma NMX-FF-043-SCFI-2003.

5.1.2 Impurezas y sanidad

La Tabla 17 muestra los resultados en cuanto a impurezas. Los valores de las variedades estudiadas por López (2005) y Reyes (2008) oscilan entre 2.1 y 3.8% de impurezas. La norma NMX-FF-043-SCFI-2003 establece como límite máximo 2%, por lo tanto las variedades estudiadas por López (2005) y Reyes (2008) están fuera de norma, esto se debe a que las condiciones de cosecha, transporte y almacenamiento no fueron las adecuadas. EA 2003 y EZ 2005 se encuentran próximas al límite máximo con 2.1 y 2.3% de impurezas respectivamente.

De las diez variedades analizadas en el presente trabajo (Tabla 17) las que se encuentran dentro del límite son GEZ 2007 (1%), EAP 2007 (1.5%) y GLP 2008 (1%). De acuerdo a esto dichas variedades tendrán un valor comercial más elevado en comparación a las demás, ya que entre más impurezas contenga una variedad su costo comercial será menor. Para las variedades con alto porcentaje de impurezas es recomendable someterlas a una limpieza muy rigurosa previa al malteado.

En lo que respecta a sanidad de acuerdo a la publicación de López (2005) se encontró un barrenador de cereales vivo en 1 Kg de cebada en la variedad EC 2003. La presencia de éste indujo la variación entre la temperatura ambiente y la del grano de cebada debido a su metabolismo. La cebada se considera infestada al encontrar más de tres insectos vivos en 1Kg (Camacho y col, 2001). De acuerdo a lo anterior ninguna variedad se considera infestada. Reyes (2008) publicó que no se encontró ningún insecto vivo en las variedades analizadas.

Tabla 17. Determinación de impurezas, densidad y dureza.

CÓDIGO	IMPUREZAS (%)	PESO MIL GRANOS (g)	ÍNDICE DE FLOTACIÓN (%)	PÉRDIDA DE PESO (%)
EA 2003	2.1	37. 5 (0.60)	7.0 (1.40)	46.4
EEZ 2003	3.8	38.5 (0.40)	5.5 (0.70)	43.2
EC 2003	3.1	36.3 (2.70)	11.5 (0.70)	49.9
EA 2005	3.6	34.4 (0.95)	14.7 (0.58)	34.5
EZ 2005	2.3	35.0 (0.71)	1.0 (0.01)	34.5
ADA 2006	3.4	42.4 (0.11)	5.0 (0.01)	31.0
EA 2006	3.0	41.2 (0.82)	3.3 (0.58)	33.9
EA 2007	3.0	37.0 (0.09)	3.0 (0.01)	4.3
EAP 2007	1.5	37.5 0.08)	15.0 (2.00)	4.8
GA 2007	5.0	46.4 (0.07)	10.0 (0.01)	7.5
GEZ 2007	1.0	42.8 (0.01)	4.7 (0.57)	5.2
ACH 2008	11	38.0 (0.06)	13.7 (0.57)	4.2
ALP 2008	8.0	43.2 (0.06)	12.7 (0.57)	8.1
EA 2008	7.0	36.2 (0.15)	15.3 (2.88)	8.7
ELP 2008	2.5	38.4 (0.05)	3.7 (1.15)	8.1
GLP 2008	1.0	50.6 (0.09)	3.0 (1.00)	5.5
GTH 2008	4.5	39.2 (0.01)	12.3 (0.57)	12.0

() Desviación estándar

Las principales impurezas encontradas fueron paja y semillas (Tabla 18). Esto indica que no se tiene un especial cuidado al momento de la separación de los granos con el resto de la planta al momento de la colecta.

Tabla 18. Descripción detallada de impurezas

CÓDIGO	FLORES (%)	PAJA (%)	SEMILLAS (%)	TALLOS (%)	PIEDRAS (%)
EA 2007	0.29	1.12	0.72	0.16	0.32
EAP 2007	0.09	0.84	0.17	0.01	0.04
GA 2007	0	0.44	3.33	0.60	0.27
GEZ 2007	0.01	0.23	0.76	0	0
ACH 2008	2.13	3.99	1.51	2.81	0.40
ALP 2008	1.54	2.90	0.07	3.18	0
EA 2008	0.49	2.31	3.66	0.45	0.08
ELP 2008	0.11	1.24	0.54	0.30	0.22
GLP 2008	0.19	0.41	0	0.06	0
GTH 2008	0.52	0.99	2.47	0.55	0

Comparando todas las variedades las que se encuentran dentro de lo establecido por la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 son: GEZ 2007 (1%), EAP 2007 (1.5%) y GLP 2008 (1%). GEZ 2007 y GLP 2008 tendrán una bonificación de 10 kg/ton sobre el precio establecido del grano de cebada como se muestra en la tabla 11, mientras que EAP 2007 tendrá un bono de 5 kg/ ton.

EA 2003 y EZ 2005 están cercanas al límite máximo con 2.1 y 2.3% de impurezas respectivamente, por lo tanto tendrán deducciones respecto al valor comercial de la cebada.

5.1.3 Densidad

Como se puede observar en la Tabla 17 para la determinación de densidad del grano se tomaron en cuenta dos parámetros que fueron: peso mil granos e índice de flotación.

De acuerdo a las publicaciones de López (2005) y Reyes (2008) la variedad que

presentó menor peso mil granos fue EA 2005 (34.4 g). Siendo ADA 2006 (42.4 g) la variedad de mayor peso mil granos. En las diez variedades analizadas los valores de peso de mil granos oscilan entre 36.2-50.6 g. La variedad que presentó el menor peso de mil granos de las diez variedades fue EA 2008 (36.2 g). Mientras que GLP 2008 (50.6 g) presentó el mayor peso mil granos de todas las variedades. El peso de mil granos es un indicador del tamaño del grano. El peso de mil granos en la cebada suele variar de 20-50 g (Tscheuschner, 2001). De acuerdo a lo anterior todas las variedades se encuentran dentro del rango establecido. También refleja que el grano está íntegro y no ha sido atacado por insectos. Cuando los granos presentan bajo peso de mil granos refleja daño físico debido a insectos o bien por factores climáticos como son: heladas, sequías, granizadas, etc., lo que provoca que el grano no alcance el peso adecuado y como consecuencia el productor no coloque su producto en el mercado.

En la Tabla 17 se muestran los valores respecto al índice de flotación. López (2005) y Reyes (2008) reportaron que las variedades que presentaron menor número de granos suspendidos en la superficie fueron EEZ 2003 (5.5%) y EZ 2005 (1%) respectivamente. En las diez variedades analizadas en el presente trabajo las que presentaron el menor índice de flotación fueron EA 2007 y GLP 2008 con un 3% cada una. Los valores de densidad están relacionados con la calidad del grano, en la cebada se prefieren granos con densidades altas ya que son menos susceptibles al ataque por insectos. De acuerdo a la publicación de Sharp, 1987 al tener mayor densidad indica que en el endospermo existen menos poros de aire o huecos.

De las diecisiete variedades la de menor densidad fue EA 2008, al tener menor peso mil granos, lo cual representa que granos pequeños tienden a flotar más. Además de que en su endospermo existan más huecos de aire. Por lo tanto de ésta variedad se espera menor rendimiento que el resto de las variedades.

GLP 2008 es la variedad más factible para la industria maltera debido a que posee el mayor peso mil granos (50.6 g) y un bajo índice de flotación (3%). Esto es indicativo

de que a mayor peso mil granos el tamaño del grano es mayor por lo tanto hay mayor contenido de endospermo (López, 2005).

5.1.4 Dureza

Los valores de dureza de las diecisiete variedades se muestran en la Tabla 17. Respecto a las variedades analizadas por López (2005) y Reyes (2008) las que presentaron mayor dureza fueron EEZ 2003 (43.2%) y ADA 2006 (31.04%) respectivamente, debido a que los granos tuvieron mayor resistencia a la abrasión teniendo así una menor pérdida de peso. Mientras que EC 2003 (49.9%), EZ 2005 (34.5%) y EA 2005 (34.5%) fueron las variedades que mostraron menor resistencia a dicha propiedad debido a una mayor pérdida de peso. Los valores de dureza por abrasión de las diez variedades se encuentran en un rango de 4.2-12 % de pérdida de peso. La variedad que presentó mayor resistencia a la abrasión fue ACH 2008 (4.2%), por lo que tiene mayor dureza y menor pérdida de peso, mientras que la variedad que perdió más peso fue GTH 2008 (12%). Sharp, en 1987 comprobó que los granos harinosos tienen una menor densidad y dureza que los vítreos. Las condiciones ambientales durante el crecimiento y la maduración representan el factor más importante en el desarrollo del endospermo y la variación de densidad (USDA, 2000).

Es favorable tener granos que presenten mayor dureza. La dureza del grano es un factor importante que influye en la calidad de la cebada ya que mediante esta propiedad se determina la resistencia que posee al quebrado durante la cosecha, transporte y almacenamiento.

5.1.5 Análisis selectivo

Dentro del análisis selectivo se determina la cantidad de granos dañados y quebrados. En la Tabla 19 se presentan los resultados de cada variedad analizada en cuanto a granos dañados.

Tabla 19. Análisis selectivo del grano de cebada.

CÓDIGO	GRANOS DAÑADOS (%)	GRANOS QUEBRADOS (%)
EA 2003	2.6	0.4
EEZ 2003	0.8	1.5
EC 2003	0.3	0.2
EA 2005	1.2	0.5
EZ 2005	1.5	0.5
ADA 2006	2.5	0.6
EA 2006	1.0	0.4
EA 2007	17.7	2.0
EAP 2007	17	1.7
GA 2007	8.5	7.7
GEZ 2007	10.5	1.9
ACH 2008	1.9	5.7
ALP 2008	2.0	5.5
EA 2008	15.8	10
ELP 2008	33.5	4.5
GLP 2008	4.5	7.5
GTH 2008	21.5	1.9

Respecto a las variedades estudiadas anteriormente por López (2005), EC 2003 (0.3%) es la variedad con más bajo contenido de granos dañados. La variedad EA 2003 (2.6%) es la que mostró mayor porcentaje de estos granos. Referente a las variedades estudiadas por Reyes (2008), la variedad que presentó menor contenido

de granos dañados fue EA 2006 (1.0%), mientras que ADA 2006 mostró mayor porcentaje de granos dañados con 2.5%. La norma NMX-FF-043-SCFI-2003 establece 10% como máximo de granos dañados. De acuerdo a la norma todas las variedades se encuentran dentro del rango establecido. Los granos dañados pueden ser resultado de la falta de condiciones adecuadas en la maduración de la espiga, falta de agua o nutrientes, estrés térmico, entre otras variables más (Serna, 2001). Es por esto que se debe de hacer una limpieza del grano muy minuciosa previa a su utilización.

Los valores de las diez variedades de cebada analizadas oscilan entre 1.9-33.5% como se puede observar en la Tabla 19. Las variedades que se encuentran dentro del límite permisible de granos dañados de acuerdo a la norma mencionada anteriormente fueron: ACH 2008 (1.9), ALP 2008 (2.0), GLP 2008 (4.5) y GA 2007 (8.5). Los granos de cebada pueden ser dañados durante su cultivo por agentes meteorológicos como heladas, sequías y granizadas, entre otros. Así mismo cuando son almacenados pueden sufrir daños provocados por una alta temperatura de almacenamiento, así como por ataque de hongos, insectos y roedores.

Como se puede observar en la Tabla 19 se presentan los valores respecto a granos desnudos y quebrados. López (2005) determinó que la variedad EC 2003 (0.2%) presentó la menor cantidad de granos quebrados y EEZ 2003 (1.5%) la de mayor porcentaje. En cuanto a las variedades analizadas por Reyes (2008), EA 2006 presentó el menor porcentaje el cual fue de 0.4% de granos quebrados. ADA 2006 fue la que mostró mayor contenido de estos granos (0.6%). En cuanto a granos desnudos y quebrados la NMX-FF-043-SCFI-2003 permite como máximo de granos quebrados 5 %, de acuerdo a esto ninguna de las variedades se encuentra fuera del límite establecido por la norma antes mencionada.

Los valores de granos quebrados de las variedades analizadas en el presente estudio oscilan entre 1.7-10%. Las variedades que cumplen con el porcentaje máximo de granos desnudos y quebrados de acuerdo a la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 son: EAP 2007 (1.7), GEZ 2007 (1.9), GTH 2008 (1.9), EA 2007 (2.0) y ELP

2008 (4.5), por lo tanto tendrán bonos respecto al valor comercial de la cebada. Los granos que han perdido más de una tercera parte de la cáscara que lo cubre y son pedazos de grano, son resultado de inadecuados tratamientos post-cosecha, por lo tanto para la industria maltera no es adecuado tener un alto porcentaje de granos quebrados debido a que el grano ya no se encuentra en condiciones para germinar.

Aquellas variedades que tienen mayor contenido de granos dañados presentan menor rendimiento en la obtención de harinas y las variedades con mayor cantidad de granos quebrados representan menor número de granos viables para la obtención de malta (López, 2005).

5.1.6 Determinación de germinación

En la Tabla 20 se muestran los resultados de poder de germinación publicados por Reyes (2008) y los obtenidos en este trabajo de investigación.

En cuanto a éste parámetro maltero, Reyes (2008) publicó que en la prueba realizada con H_2SO_4 la variedad con mayor porcentaje de viabilidad de germinación fue EA 2006 con 99.7%. La variedad EA 2005 (72.3%) presentó el menor porcentaje de germinación. En la prueba realizada con H_2O_2 las variedades que presentaron mayor porcentaje de germinación fueron EZ 2005 y ADA 2006 con un 90% cada una. De igual forma la variedad que presentó menor porcentaje de germinación fue EA 2005 (76.7%). De acuerdo a la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 las muestras con 85% de germinación son ideales para la elaboración de malta cervecera. Por lo tanto con base en la norma antes mencionada la variedad EA 2005 no es apta para el malteado ya que el porcentaje de germinación que presenta es menor al 85%.

Respecto a las diez variedades analizadas por el método con H_2SO_4 la variedad que presentó mayor porcentaje de germinación fue ALP 2008 con un 93.7% por lo tanto es apta para la elaboración de malta. Mientras que las variedades que se encuentran fuera de norma en cuanto a este método son: GA 2007, ELP 2008, GLP 2008 y EA 2008. Referente al método con H_2O_2 las variedades que son ideales para realizar el malteado son ALP 2008 y ACH 2008 (97% y 96.7%) por presentar mayor porcentaje

de germinación. Las variedades que se encuentran fuera de norma de acuerdo al mismo método son ELP 2008 y EA 2008.

Tabla 20. Viabilidad de germinación

CÓDIGO	% GERMINACIÓN	
	H ₂ SO ₄	H ₂ O ₂
EA 2005	72.3 (0.58)	76.7 (0.58)
EZ 2005	92.7 (0.58)	90.0 (0.01)
ADA 2006	96.7 (0.58)	90.0 (0.00)
EA 2006	99.7 (0.58)	86.0 (1.00)
EA 2007	90.3 (2.08)	96.0 (2.65)
EAP 2007	90.7 (2.08)	95.0 (1.73)
GA 2007	83.7 (1.15)	87.3 (5.03)
GEZ 2007	86.7 (1.53)	93.3 (2.31)
ACH 2008	93.0 (4.00)	96.7 (1.53)
ALP 2008	93.7 (3.21)	97.0 (2.00)
EA 2008	73.0 (3.00)	78.3 (2.89)
ELP 2008	79.7 (4.04)	82.7 (1.53)
GLP 2008	83.0 (2.00)	86.0 (1.00)
GTH 2008	91.3 (1.53)	95.7 (2.08)

() Desviación estándar

La germinación de la cebada es una prueba importante para evaluar la viabilidad de la semilla y detectar si la semilla es apta o no para el proceso de malteado. El interés fundamental del malteador es obtener una cebada que germine fácilmente y con uniformidad. Durante la germinación se lleva a cabo la activación de las enzimas presentes en el grano, las cuales participarán en la reducción de las largas cadenas

de azúcar que posteriormente serán fermentadas por las levaduras dando lugar a la cerveza.

En general la mayoría de las variedades presentan un porcentaje de germinación mayor a 85% por lo que son aptas para el malteado, a excepción de EA 2005 (75%), EA 2008 (76%) y ELP 2008 (81%) las cuales pueden ser utilizadas para la extracción de almidón o bien activar sus enzimas mediante ácido giberélico.

5.2 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal se emplea en todo el mundo para hacer descripciones de los alimentos y conocer sus componentes químicos mayoritarios (Matissek y col, 1998).

5.2.1 Humedad

En la Tabla 21 se muestran los porcentajes de humedad de las diecisiete variedades de cebada.

Tabla 21. Humedad en granos de cebada

VARIEDAD	HUMEDAD (%)	VARIEDAD	HUMEDAD (%)
EA 2003	10.8 (0.10)	GEZ 2007	9.3 (0.09)
EEZ 2003	10.1 (0.10)	ACH 2008	14.6 (0.05)
EC 2003	10.5 (0.10)	ALP 2008	11.1 (0.20)
EA 2005	12.9 (0.01)	EA 2008	13.7 (0.13)
EZ 2005	9.6 (0.01)	ELP 2008	13.8 (0.17)
ADA 2006	12.5 (0.01)	GLP 2008	12.7 (0.16)
EA 2006	10.7 (0.01)	GTH 2008	13.9 (0.04)
EA 2007	9.1 (0.15)		
EAP 2007	10.6 (0.11)		
GA 2007	9.2 (0.12)		

() Desviación estándar

Los valores de las tres variedades analizadas por López (2005) oscilan entre 10.1% y 10.8% como se observa en la Tabla 21. El contenido de humedad de la cebada puede variar de 10 a 14% (Callejo, 2002), o bien de acuerdo a la NMX-FF-043-SCFI-2003 para ser considerada cebada maltera grado México debe cumplir con un porcentaje de humedad de 11.5% a 13.5%. Para cereales en general se considera como humedad crítica 14% (Serna, 2001). López (2005) presentó que el conjunto de variedades se encuentra entre los valores promedio reportados por distintos autores, los cuales van desde 10-14% (Harol y col, 1987; Andersson y col, 2001). Además las variedades al tener un contenido de humedad menor al crítico implican menos gastos en el manejo del grano, además de ser menos propenso a deteriorarse.

En cuanto a las variedades estudiadas por Reyes (2008) se encuentran en un intervalo de 9.6 a 12.9%. Las muestras EA 2005 (12.9%) y ADA 2006 (12.5%) son las que se encuentran dentro del rango establecido por la norma. En lo que respecta a las muestras EZ 2005 (9.6%) y EA 2006 (10.7%) tuvieron bajos valores en cuanto al contenido de humedad. Es favorable para el productor que presenten un contenido de humedad bajo ya que de acuerdo a la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 tendrán una bonificación de 5 kg/ton (Tabla 13) sobre el valor comercial del grano de cebada.

De las variedades correspondientes al ciclo 2007-2008 podemos observar que los valores de humedad son de 9.1 a 14.6%. Donde ACH 2008 (14.6%) presenta mayor humedad y EA 2007 (9.1%) contiene el menor porcentaje. La variación en el contenido de humedad de las distintas variedades analizadas puede estar influenciada por las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta; su estado de maduración con respecto a su cosecha y por las condiciones de almacenamiento (Molina, 1989; Shewry, 1992).

Por lo tanto de acuerdo a la NMX-FF-043-SCFI-2003 la variedad que cumple dicho parámetro es GLP 2008. Para las variedades que presentan un contenido menor a 11.5% como son GEZ 2007, GA 2007, EAP 2007, EA 2007 y ALP 2008 es recomendable que sean sometidas a un proceso de hidratación para incrementar su humedad, de lo contrario tienden a ser quebradizas siendo no aptas para la

obtención de malta ya que el grano no se encontraría en condiciones ideales para germinar. Para aquellas variedades que presentan un contenido mayor a 14.5% es necesario realizar una aireación para disminuir la humedad. Con ello se pretende evitar que crezcan microorganismos en el grano y puedan alterarlo debido a que el pericarpio es susceptible de ser atacado, además que en condiciones adecuadas de temperatura el grano húmedo pueda germinar. Por lo que no podría ser comercializado.

Las variedades que se encuentran dentro del rango establecido por la NMX-FF-043-SCFI-2003 son: EA 2005 (12.9%), ADA 2006 (12.5%) Y GLP 2008 (12.7%).

5.2.2 Proteína

El contenido de proteína se muestra en la Tabla 22. La cantidad de proteína difiere notablemente en los distintos cereales e inclusive dentro del mismo cereal de unas cosechas a otras. Esto es debido a la fuerte interacción entre el genotipo y las condiciones ambientales que prevalecen durante el desarrollo y maduración del grano. Es de gran importancia conocer el contenido de proteína ya que permite saber cual es el uso más apropiado para cada una de las variedades. La cebada tiene usualmente un contenido proteico de 7.5-15.6% (Dendy y Dobraszczczyk, 2004).

De las variedades analizadas por López (2005) la que presentó menor contenido proteico fue EA 2003 (8.4%). Mientras que la variedad que presentó la mayor cantidad de proteína fue EEZ 2003 (12.2%). Reyes (2008) publicó que las muestras de estudio se encuentran dentro del rango proteico, el cual oscila entre ellas de 8.2 – 10.6%. La muestra con menor contenido proteico fue ADA 2006 (8.2%) y la de mayor fue EZ 2005 (10.6%).

En cuanto al contenido proteico el porcentaje de las variedades analizadas (2007-2008) oscila entre 10.3-13.2%. Las muestras que presentaron menor porcentaje proteico fueron ELP 2008 (10.3%) y EAP 2007 (10.4%), y con un mayor porcentaje GA 2007 (13.2%) y ALP 2008 (13.1%). Todas las variedades se encuentran dentro del rango proteico que contiene el grano de cebada.

Una de las principales características que diferencian a las cebadas malteras de las forrajeras es el contenido proteico. Las variedades malteras contienen un contenido proteico menor, lo que significa una mayor cantidad de carbohidratos fermentables en el grano (Serna, 2001).

Tabla 22. Proteína en granos de cebada

VARIEDAD	PROTEÍNA (%)	VARIEDAD	PROTEÍNA (%)
EA 2003	8.4 (0.70)	GEZ 2007	11.8 (0.51)
EEZ 2003	12.2 (0.20)	ACH 2008	12.2 (0.27)
EC 2003	10.9 (0.10)	ALP 2008	13.1 (0.82)
EA 2005	9.7 (0.07)	EA 2008	11.4 (0.01)
EZ 2005	10.6 (0.06)	ELP 2008	10.3 (0.76)
ADA 2006	8.2 (0.03)	GLP 2008	12.1 (0.30)
EA 2006	8.3 (0.02)	GTH 2008	12.6 (0.34)
EA 2007	12.6 (0.32)		
EAP 2007	10.4 (0.38)		
GA 2007	13.2 (0.18)		

() Desviación estándar

El potencial de extracción de malta disminuye con el aumento en proteína de la cebada, por lo que los requerimientos comerciales normales de cebada para malta estipulan como máximo 11.5% (Hornsey, 2002). De acuerdo a lo anterior las variedades que cumplen son: EA 2003 (8.4%), EC 2003 (10.9%), EZ 2005 (10.6%), EA 2005 (9.7%), EA 2006 (8.3%), ADA 2006 (8.2%), EAP 2007 (10.4%), EA 2008 (11.4%) y ELP 2008 (10.3%). Mientras que las variedades con un contenido mayor a 11.5% son aptas para fines de alimentación animal y panificación. Además las proteínas pueden tener influencia importante en el aporte de turbidez a las cervezas (Hornsey, 2002).

5.2.3 Cenizas

En la Tabla 23 se presenta el contenido de cenizas de las distintas variedades de cebada.

Tabla 23. Cenizas en granos de cebada

VARIEDAD	CENIZAS (%)	VARIEDAD	CENIZAS (%)
EA 2003	2.2 (0.02)	GEZ 2007	2.7 (0.02)
EEZ 2003	2.6 (0.02)	ACH 2008	2.1 (0.11)
EC 2003	2.2 (0.04)	ALP 2008	2.1 (0.13)
EA 2005	3.1 (0.03)	EA 2008	2.2 (0.18)
EZ 2005	2.8 (0.21)	ELP 2008	2.0 (0.13)
ADA 2006	2.8 (0.02)	GLP 2008	2.3 (0.01)
EA 2006	2.3 (0.01)	GTH 2008	2.3 (0.21)
EA 2007	2.2 (0.14)		
EAP 2007	2.5 (0.28)		
GA 2007	2.2 (0.07)		

() Desviación estándar

De las variedades analizadas por López (2005) las que presentaron el menor contenido de materia inorgánica fueron EA 2003 y EC 2003. La variedad que posee una cantidad mayor de materia inorgánica es EEZ 2003 (2.6%). Las variedades EA 2003 y EC 2003 tienen un contenido de 2.2% de cenizas. Estas dos variedades son iguales en contenido de materia inorgánica, pero no significa que presenten el mismo contenido de minerales.

Respecto al contenido de cenizas del conjunto evaluado por Reyes (2008) la variedad EA 2006 (2.3%) fue la que presentó menor contenido de materia inorgánica. La muestra que posee mayor contenido de materia inorgánica es EA 2005 (3.1%).

El contenido de cenizas en las variedades analizadas del ciclo 2007- 2008 varía de 2 a 2.7%. La variedad que presentó menor contenido de cenizas es ELP 2008 (2.0%); y GEZ 2007 (2.7%) siendo la variedad que posee mayor materia inorgánica. La variación entre las variedades puede estar influenciada por la composición del suelo en el cual fueron cultivadas cada una de ellas, los fertilizantes utilizados y otros factores ambientales pueden influir en el contenido de material inorgánico de los cereales, es por ello que existe una variación de cenizas de 2.0-3.1% en cebada (Dendy y Dobraszczyk, 2004; Serna, 2001).

5.2.4 Grasa

En la Tabla 24 se muestran los porcentajes del contenido de lípidos obtenidos en las diferentes variedades de cebada.

Tabla 24. Grasa en granos de cebada

VARIEDAD	GRASA (%)	VARIEDAD	GRASA (%)
EA 2003	2.2 (0.10)	GEZ 2007	0.9 (0.04)
EEZ 2003	3.0 (0.02)	ACH 2008	0.6 (0.01)
EC 2003	1.5 (0.04)	ALP 2008	0.7 (0.43)
EA 2005	1.6 (0.01)	EA 2008	0.6 (0.08)
EZ 2005	1.5 (0.01)	ELP 2008	1.6 (0.84)
ADA 2006	1.4 (0.01)	GLP 2008	0.5 (0.02)
EA 2006	1.5 (0.01)	GTH 2008	0.7 (0.05)
EA 2007	1.3 (0.02)		
EAP 2007	0.1 (0.01)		
GA 2007	1.4 (0.04)		

() Desviación estándar

Las grasas se encuentran en menor proporción respecto a otros constituyentes del grano de cebada. En las muestras de López (2005) se encontró una variación de 1.5-

3.0% (Tabla 24). La menor cantidad de grasas está presente en EC 2003 y la de mayor contenido graso es EEZ 2003.

Para las variedades analizadas por Reyes (2008) la que presentó el porcentaje de grasa más alto respecto al conjunto de muestras fue EA 2005 (1.6%). Por otro lado la de menor porcentaje fue ADA 2006 (1.4%). Las muestras EZ 2005 y EA 2006 son estadísticamente similares en contenido medio de grasas.

En las variedades del 2007 y 2008 se obtuvieron porcentajes que oscilan entre 0.1 y 1.6%. La variedad que presentó un menor contenido lipídico fue EAP 2007 mientras que ELP 2008 es la variedad con mayor contenido.

En general los cereales tienen bajas cantidades de compuestos lipídicos, la cebada se encuentra entre el 1.1-3.1% de lípidos los cuales están presentes principalmente en el germen y la capa de aleurona del grano (Callejo, 2002; Andersson, 1999). Los lípidos presentes en la cebada pueden estabilizar o desestabilizar la espuma de la cerveza, cuando los lípidos están unidos a las proteínas tienden a estabilizar y mejorar la espuma, pero cuando se encuentran libres pueden disminuir la espuma (Hough, 1990).

5.2.5 Fibra

El contenido de fibra de las distintas variedades de cebada se muestra en la Tabla 25. Fibra es otro análisis que se ha determinado en donde López (2005) presentó que la variedad más baja en fibra es EC 2003 (5.3%); y EA 2003 (6.1%) la de mayor valor respecto a este constituyente. Las tres variedades de cebada son altas en fibra, de acuerdo a lo publicado por Dendy y Dobraszczyk, 2004 generalmente el contenido de fibra en cebada es de 3.0-5.9%. En cuanto a las variedades analizadas por Reyes (2008) los valores de fibra oscilan entre 2.5 – 2.6% (Tabla 25). En este caso ninguna de las variedades se encuentra dentro del rango establecido, aun con un porcentaje bajo en fibra las muestras no representan ningún problema para ser utilizadas en la elaboración de maltas.

Tabla 25. Fibra en granos de cebada

VARIEDAD	FIBRA (%)	VARIEDAD	FIBRA (%)
EA 2003	6.1 (0.50)	GEZ 2007	1.7 (0.47)
EEZ 2003	6.0 (0.50)	ACH 2008	3.7 (0.36)
EC 2003	5.3 (0.01)	ALP 2008	3.6 (0.18)
EA 2005	2.5 (0.01)	EA 2008	2.8 (0.32)
EZ 2005	2.5 (0.01)	ELP 2008	3.0 (0.21)
ADA 2006	2.6 (0.01)	GLP 2008	3.5 (1.13)
EA 2006	2.6 (0.03)	GTH 2008	2.5 (0.16)
EA 2007	2.7 (0.48)		
EAP 2007	2.6 (0.82)		
GA 2007	1.7 (0.42)		

() Desviación estándar

En las diez variedades analizadas (2007- 2008) las que presentaron menor contenido de fibra fueron GEZ 2007 y GA 2007 con un porcentaje de 1.7% cada una. ACH fue la variedad que mostró el contenido más alto de fibra (3.7%) dentro de este conjunto. La fibra se localiza exclusivamente en las cubiertas del grano de cebada, actuando principalmente como sustancia estructural por lo que el contenido de esta carece de influencia en la calidad de la cerveza.

2.6 Hidratos de carbono

En la Tabla 26 se muestra el porcentaje de hidratos de carbono presentes en las variedades de cebada analizadas. López (2005) publicó que los resultados oscilan entre 76-81% (Tabla 26). Siendo EEZ 2003 (76%) la variedad con menor contenido de hidratos de carbono y EA 2003 (81%) la de mayor contenido. Los hidratos de carbono son el mayor constituyente de los granos de cereales. En la cebada el contenido de hidratos de carbono oscila entre 70-85% (Callejo, 2002). Por lo tanto

las variedades analizadas por López (2005) se encuentran dentro del rango mencionado anteriormente.

Tabla 26. Hidratos de carbono en granos de cebada

VARIEDAD	H. DE CARBONO (%)	VARIEDAD	H. DE CARBONO (%)
EA 2003	81.0 (0.50)	GEZ 2007	83.0 (0.97)
EEZ 2003	76.0 (0.50)	ACH 2008	81.3 (0.48)
EC 2003	80.0 (0.20)	ALP 2008	80.5 (0.31)
EA 2005	82.9 (0.01)	EA 2008	83.0 (0.18)
EZ 2005	86.8 (0.02)	ELP 2008	83.3 (0.22)
ADA 2006	83.0 (0.03)	GLP 2008	81.5 (1.36)
EA 2006	85.4 (0.01)	GTH 2008	82.0 (0.34)
EA 2007	81.2 (0.91)		
EAP 2007	84.4 (0.83)		
GA 2007	81.6 (0.30)		

() Desviación estándar

De las variedades analizadas por Reyes (2008) las que presentaron bajo contenido de carbohidratos fue EA 2005 (82.9%) y ADA 2006 (83.0%), mientras que la de mayor contenido fue EZ 2005 (86.8%).

El contenido de hidratos de carbono en las variedades del año 2007 y 2008 oscila entre 80.5-84.4%. Siendo ALP 2008 (80.5%) la variedad con menor contenido de hidratos de carbono, y EAP 2007 (84.4%) con mayor contenido. Los hidratos de carbono son el mayor constituyente de los granos de cereales. Constituidos principalmente por almidón en forma de gránulos esféricos. En cervecería es deseable mayor contenido de hidratos de carbono y menor cantidad de proteína, ya que una mayor cantidad de carbohidratos implica mayor cantidad de almidón. El

almidón es necesario para producir la maltosa durante el proceso de germinación en el malteado.

Conforme a lo anterior todas las variedades contienen un porcentaje de hidratos de carbono adecuado, de acuerdo a esto podrían destinarse para ser usadas en la industria cervecera.

5.3 FACTORES AMBIENTALES

Para cultivarse, la cebada necesita un terreno arado y limpio de maleza, ya que es de los cereales más afectados por la vegetación adventicia. Se obtienen mejores resultados cuando es incluida en una rotación posterior a un cultivo con labranza. Como en otros cultivos, en México se tienen dos periodos para la producción de esta gramínea, los mejores niveles de rendimiento se obtienen durante el ciclo Otoño-Invierno en áreas de cultivo con sistemas de riego; aún cuando la mayor producción se cosecha durante el ciclo Primavera-Verano en lugares predominantemente de temporal. Las épocas de siembra y cosecha dependen de la variedad seleccionada y la región en la que se localice el cultivo, siendo para el ciclo P-V de abril a agosto, mientras que para el ciclo O-I abarca los meses comprendidos entre octubre y enero (SAGARPA, 2008).

Durante el periodo de 1941-2008 se registró una precipitación media en la región centro de 776.4 mm, reportando una mínima de 638.8 mm y una máxima de 997.8 mm (SIAP, 2009).

Los principales estados productores de cebada grano en México son: Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, estado de México y Puebla quienes en conjunto obtienen una producción de 766,532 ton en promedio durante el periodo 2003- 2008. Dentro de este grupo, el estado de Guanajuato es el principal productor de cebada grano.

Es importante destacar que la producción de cebada grano así como de otras gramíneas, muchas veces es afectada por los fenómenos meteorológicos que se susciten. Los ciclones tropicales son muy importantes, ya que la mayor parte del transporte de humedad del mar hacia las zonas semiáridas del país ocurre por su

causa o sus condiciones antecedentes. En diversas regiones del país las lluvias ciclónicas representan la mayor parte de la precipitación pluvial anual.

Por otra parte las sequías afectan principalmente a los estados del norte del país. En orden de severidad de sus efectos desfavorables, los estados que son más afectados por las sequías son: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala (CNA, 2010).

El estado de Guanajuato es uno de los estados agrícolas más importantes del país. En cultivos como la cebada es uno de los primeros productores en el ámbito nacional. Las condiciones para el desarrollo agrícola del estado son favorables por las características de suelo y clima con que cuenta, así como por la infraestructura y servicios para la producción y comercialización.

En el año 2003 y 2004 hubo una precipitación de 935 y 869 mm respectivamente, teniendo una producción de cebada de 452,701 y 431,508 ton. En cambio en el año 2005 hubo una precipitación anual de 510 mm lo cual indica que en el estado se presentó una sequía por lo que hubo una menor producción respecto a los años 2003 y 2004. En el ciclo 2006-2008 las precipitaciones se mantuvieron entre 700 y 800 mm con una producción media de 230,969 toneladas.

Tabla 27. Precipitaciones en el estado de Guanajuato (2003-2008)

GUANAJUATO			
Año	Acumulado	Siniestrada	Producción
2003	935	1093	452701
2004	869	535	431508
2005	510	4548	276658
2006	755	32	244588
2007	787	1949	221409
2008	732	800	226910

Elaboración propia. Fuente: SIAP 2009, CNA 2010

El estado de Hidalgo en el año 2005 tuvo la mayor superficie siniestrada (14,085 ha) debido a los fenómenos meteorológicos que se suscitaron. Con una precipitación de

676 mm lo cual indica que se encuentra por debajo de la media anual. Por lo tanto esto se ve reflejado en la baja producción de cebada grano la cual fue de 194,631 ton.

Tabla 28. Precipitaciones en el estado de Hidalgo (2003-2008)

HIDALGO			
Año	Acumulado	Siniestrada	Producción
2003	605	4241	206605
2004	618	3000	224809
2005	676	14085	194631
2006	638	718	295006
2007	851	7069	178209
2008	789	5576	242087

Elaboración propia. Fuente: SIAP 2009, CNA 2010

El 2006 fue el año que presentó la menor superficie siniestrada en el ciclo 2003-2008 teniendo la mayor producción en el estado. Por otro lado el 2007 fue el año que recibió mayor precipitación (851 mm) en dicho estado, con una superficie siniestrada de 7,069 ha y la más baja producción del estado en el ciclo 2003-2008. Las precipitaciones que se presentaron durante agosto de 2007 en México, estuvieron asociadas al paso de nueve ondas tropicales, a sistemas transitorios de baja presión y al huracán Dean que ingresó a México, primero sobre el sur de la Península de Yucatán como categoría V y posteriormente en el norte de Veracruz degradándose rápidamente a tormenta tropical, continuó su avance hacia los estados del centro y sus remanentes afectaron a los estados de la vertiente del Pacífico. Este ciclón ocasionó lluvias máximas puntuales en el período de 24 horas, por ejemplo de 391.0mm en San Luis Potosí, 276.0mm en Campeche, 200.0mm en Hidalgo que superaron los registros históricos de 297.0mm, 117.0mm y 136.0mm respectivamente. Los estados que recibieron las mayores precipitaciones fueron: Hidalgo con anomalía de 116%, San Luis Potosí 132%, Tamaulipas 109% y Guerrero 90%. (CNA, 2010).

En el periodo estudiado las precipitaciones del estado de Puebla se encuentran por arriba de la precipitación máxima anual de la región centro. En el 2006 se reportó la cantidad más alta de siniestros durante el ciclo estudiado presentándose una baja producción de cebada grano.

Tabla 29. Precipitaciones en el estado de Puebla (2003-2008)

PUEBLA			
Año	Acumulado	Siniestrada	Producción
2003	1505	1394	60970
2004	1270	344	57942
2005	1207	11	42713
2006	1105	3257	59538
2007	1338	745	44040
2008	1357	1861	79877

Elaboración propia. Fuente: SIAP 2009, CNA 2010,

En el estado de Tlaxcala la mayor superficie siniestrada se presentó en el año 2003, con la precipitación más baja del ciclo estudiado en dicho estado, la cual fue de 612 mm, esto indica que en dicho año hubo sequía.

Tabla 30. Precipitaciones en el estado de Tlaxcala (2003-2008)

TLAXCALA			
Año	Acumulado	Siniestrada	Producción
2003	612	1014	150626
2004	703	58	93583
2005	668	0	139350
2006	829	164	142532
2007	664	5	82008
2008	679	691	90166

Elaboración propia. Fuente: SIAP 2009, CNA 2010

En general la calidad del grano depende mucho de los factores ambientales que tenga durante su desarrollo. En estudios realizados se ha comprobado que la densidad de los granos se ve afectada por las condiciones ambientales durante su crecimiento y maduración. En el año 2008 en el estado de Hidalgo se registró una precipitación por arriba de la media, por lo tanto esto pudo haber afectado el desarrollo del grano de cebada de la variedad EA 2008 y verse reflejado en la densidad del grano, ya que fue la que presentó menor densidad de todas las variedades analizadas.

La mayoría de las variedades con un alto porcentaje de granos dañados corresponden al ciclo 2007-2008. Esto se debe a que en este ciclo se registraron las mayores precipitaciones en el estado de Hidalgo, por lo tanto debido al exceso de agua el grano de cebada no alcanzó su desarrollo completo, lo que da como resultado granos inmaduros.

Otro factor importante en la calidad de la cebada es el contenido de carbohidratos. En cervecería es deseable mayor contenido de hidratos de carbono y menor cantidad de proteína. El contenido de proteína entre las muestras es variable debido a distintos factores entre los que se encuentran: las condiciones de crecimiento y la relación lineal entre la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado al suelo (Shewry, 1992). Las variaciones climáticas afectan considerablemente el contenido de nitrógeno en el grano (Bellido, 1991; Shewry, 1992), altas temperaturas en etapas de sequía se reflejan en un incremento del porcentaje de proteínas en el grano, mientras que abundantes lluvias durante el periodo de desarrollo del grano propicia un bajo contenido de proteínas (Shewry, 1992). Esto se puede ver reflejado en la variedad ELP 2008 la cual presenta un bajo contenido de proteína (10.3%) debido a que en el estado de Puebla las precipitaciones en el ciclo 2003-2008 se encuentran por encima de la precipitación media anual. ALP 2008 y GLP 2008 presentaron un contenido de proteína alto aunque también fueron cosechadas en la misma región, esto puede atribuirse a que la cantidad de fertilizante nitrogenado utilizado fue mayor.

Otro caso es el de la variedad EAP 2007 (10.4%), de igual forma se presenta un contenido bajo de proteína debido a que en el año 2007 el estado de Hidalgo recibió la mayor precipitación debido al paso de nueve ondas tropicales y al huracán Dean que ingresó a México.

EA 2003, EA 2005, ADA 2006 y EA 2006 presentan un contenido bajo de proteína aunque en el estado de Hidalgo se registró una precipitación menor a la media anual en esos años, el bajo contenido proteico puede deberse a que la mayor precipitación se dió en la región de Apan.



Conclusiones y perspectivas

VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

6.1 CONCLUSIONES

- ❖ La variedad GLP 2008 obtiene grado México debido a que cumple con las especificaciones que indica la NMX-FF-043-SCFI-2003. Debido a su buena calidad física debe tener cierta bonificación.
- ❖ Se debe tener mayor cuidado en el momento de la colecta de la variedad ELP con la finalidad de evitar que tenga alguna deducción en su comercialización.
- ❖ La mayoría de las variedades son aptas para el malteado debido a que presentan un porcentaje de germinación mayor a 85%, a excepción de EA 2005, EA 2008 y ELP 2008.
- ❖ De acuerdo al análisis proximal las variedades EAP 2007, EA 2008 y ELP 2008 son las más apropiadas para la industria maltera ya que presentan un contenido de proteína menor a 11.5%, por lo tanto contienen una cantidad mayor de carbohidratos fermentables.
- ❖ Las variedades con mayor contenido proteico son GA 2007 y ALP 2008, por lo tanto el uso más adecuado para estas es en la industria de la panificación y como alimento para ganado.
- ❖ En el estado de Hidalgo el 2007 fue el año que recibió mayor precipitación teniendo la producción más baja del estado en cebada grano.

- ❖ La mayor cantidad de hectáreas siniestradas en la región centro se presentó en el año 2005 debido a que hubo baja precipitación.
- ❖ En el período 2003-2008 Hidalgo es el segundo estado productor de cebada grano.
- ❖ El 2007 es el año que presenta la más baja producción en la región centro de México.

6.2 PERSPECTIVAS

- ❖ Las variedades que presentan un alto contenido de carbohidratos pero que no son consideradas grado México pueden ser utilizadas para la extracción de almidón.
- ❖ Para mejorar la calidad física de los granos de cebada se recomienda tener mayor cuidado al momento de la separación de los granos con el resto de la planta al momento de la colecta, así mismo durante su transporte y almacenamiento para evitar deducciones sobre su valor comercial.
- ❖ Es importante resaltar que cuando el cultivo recibe mucha agua la calidad del grano de cebada en cuanto a proteína es baja, por lo tanto los productores deben tener en cuenta este factor dependiendo del tipo de cebada que quieran cosechar, ya sea para la industria maltera o bien como forraje.



Bibliografía

VII. BIBLIOGRAFÍA

- **Agama, A. E., Ottenhof, A. M., Farhat, I. A., López, P. O., Cereceres, O. J., Bello, P. L. A.** (2005). Aislamiento y Caracterización de Almidones de Maíces Pigmentados. *Agrociencia*. 39: 419-429
- **Andersson, A. A. M., Cajsa, E., Andersson, R., Regnér, S. y Aman, P.** (1999). Chemical and physical characteristics of different barley samples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79. pp. 979-981.
- **Andersson, A. A. M., Andersson, R. y Aman, P.** (2001). Starch and by-products from a laboratory-scale. Barley starch isolation procedure. *Cereal Chemistry*, Vol. 78, No 5. pp. 507-508.
- **AOAC.** Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1990. 15th edition. Edited by Kenneth Helrich, pp.777-781, 1095-1096.
- **Barrera, H. M. (2009).** Análisis químico de diferentes variedades de cebada. XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Monterrey, Nuevo León.
- **Barrera, H. M. (2009).** Valoración de la calidad maltera de diez diferentes variedades de cebada de acuerdo a la norma NMX-FF-043-SCFI-2003. Primer foro estudiantil “Jóvenes en el desarrollo de la ciencia UAEH- 2009”. Pachuca, Hidalgo.
- **Belitz, H. D y Grosh, W. (1997).** Química de los alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. Pp.725
- **Bellido, L.L.** 1991. Cultivos herbáceos vol.1. Cereales. Editorial Mundi prensa. Madrid. Pp .130-131, 252-255,497-499.
- **Callejo, G. M. (2002).** Industrias de cereales y derivados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 25-35; 67-72; 90-101;191-208;222-232; 725-733
- **Camacho, R. N., Díaz, G. M., Santillo, H. M. y Velásquez M. O.** (2001). Productos de cereales y leguminosas “Manual de prácticas”. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. Pp. 1-12, 40-46.

- **Carpanta, M.O.** (1998). Caracterización de la calidad del trigo (*triticum aestivum*) de temporal en tres regiones del estado de México. Tesis profesional. Universidad de Chapingo. México. Pp. 5-28
- **CNA, 2010.** Comisión Nacional del Agua. Consultado en www.conagua.gob.mx, el día 13 de enero del 2010.
- **Dendy D. A. V., Dobraszczyk B. J.** (2004). Cereales y productos derivados. Química y tecnología. Acribia: Zaragoza, España. pp. 403-421.
- **Desrosier. N. W.** (1999). Elementos de tecnología de alimentos. 1ª edición. Editorial CECSA. Pp. 145-150, 179-185.
- **Dupachak, K.** (2000). Ministerio de Agricultura. Alimentación de Manitota. University Crescent. Winnipeg, Manitota. Canadá. Pp. 204-545
- **FAO (Food and Agriculture Organization).** Consultado en <http://www.fao.org> el día 12 de julio del 2007.
- **Harol, E., Ronald, S. K. y Ronald, S.** (1987). Análisis químico de alimentos de Pearson. Editorial Continental S.A de C.V. México. Pp. 725-731.
- **Hornsey, S. I.** (2002). Elaboración de cerveza. Microbiología, Bioquímica y Tecnología. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp. 9-12
- **Hough, J. S.** (1990). Biotecnología de la cerveza y la malta. Edit. Acribia.
- **Impulsora Agrícola, 2002.** El cultivo de la cebada maltera de temporal. Folleto técnico para productores. México. Pp. 5-14
- **LaBerge, D. E., MacGregor, A. W. y Meredith, W. O. S.** (1973). Changes in the free sugar content barley kernels during maturation. J. Inst. Brew. No 79. Pp. 471-477.
- **López, P.P.** (2005). Evaluación de la calidad de diferentes variedades de cebada (*hordeum sativum jess*) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. Pp.50-86
- **MacGregor, W. A. y Bati, S. R.** (1996). Barley, chemistry and technology. Publisher by the American Association of Cereal Chemists, inc. Minnessota, USA. Pp. 73-75.

- **Matissek, R., Schnepel, F. N. y Steiner, G.** (1998). Análisis de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 1 y 229-232.
 - **Munck, L.** (1993). On the utilization of the renewable resources. Plant breeding. London. Pp. 500-552
 - **Molina C.J.L.** 1989. La cebada. Ediciones mundi-prensa, publicaciones de extensión agraria. Madrid. Pp.427-460
 - **Nonato, V. E.** 1992. Efecto del método de siembra, fertilización y densidad de siembra en la producción de grano y forraje de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo el sistema de labranza mínima en suelos someros en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Departamento de fitotecnia. Pp. 3-15
 - **Norma Mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003.** Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereal-cebada maltera (*Hordeum vulgare* L. y *Hordeum distichum* L.). Especificaciones y métodos de prueba.
 - **Oscá, Li. J.** (2001). Cultivos herbáceos extensivos: Cereales. Edit. U.P.V. Valencia, España. Pp. 120-133.
 - **Poehlman, J. M.** (1985). Adaption and distribution. Barley. Ed. American Society of Agronomy. Madison, WI. pp. 2-17.
 - **Pollock, J. R. A.** (1981). Brewing Science. Vol I. Academic Press. Reino Unido.
 - **Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., Astroth, K. and Bhatti, R. S.** (1991). Relative lipidemic responses in rats fed barley and oat meals and their fractions. Cereal Chem., 68. pp. 548-551.
 - **Reyes, M. A.** (2008). Comparación de 3 métodos de malteado con diferentes variedades de cebada. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. Pp.592-110.
- SAGARPA, 2008.** Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Delegación Hidalgo. Consultado en www.sagarpa.gob.mx, el día 10 de enero del 2010.
- **Serna. S.S.** (2001). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor. México, D.F. pp. 3-23, 47-73 y 79-89.

- **Sharp, P. F.** (1987). Wheat and flour studies, IX. Density of wheat of influenced by freezing, stage of development, and moisture content. *Cereal Chemistry*, 4. pp. 14-46.
- **Shewry, P.R.** (1992). Genetics, Biochemistry, molecular biology and biotechnology. C.A.B International. Department of agricultural sciences. University of Bristol, Long Ashton. Pp 19-23, 302-311, 350-361.
- **SIAP** (2009). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado en www.siap.gob.mx, el día 10 de enero del 2010.
- **Terroba, O.** (1994). Claridades Agropecuarias No 13, septiembre. ACERCA. México, D. F. Pp. 4-6.
- **Tremere, A. W. and Bhatti, R. S.** (1989). Food uses of barley. Proc. Prairie barley Symp. University of Saskatchewan. Saskatoon, Canada. pp. 123-128.
- **Staniforth A.R.** (1980). Paja de cereales. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España. Pp. 17-39.
- **Thomas D. J. y Atwell W. A.** (1998). Starch structure. En: Starches. Practical Guide for the Food Industry. Eagan Press Handbo Series. St. Paul. Mn. USA.
- **Tscheuschner, H. D.** (1999). Fundamentos de tecnología de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 9-15
- **USDA.** Grain inspection packers and stockyards administration. Grain Evaluation. Kansas City, USA. 2000.
- **Wendfort, F., Schild, R., Hadidi, N. E., Close, A. E., Kobusiewicz, M., Wieckowska, H., Issawi, B., y Hass, H.** (1979). Use of barley in the Egyptian late paleolithin. *Science* 205. Pp. 1341-1347

Página de internet

http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada.htm . Consultada el día 13 de marzo 2010.